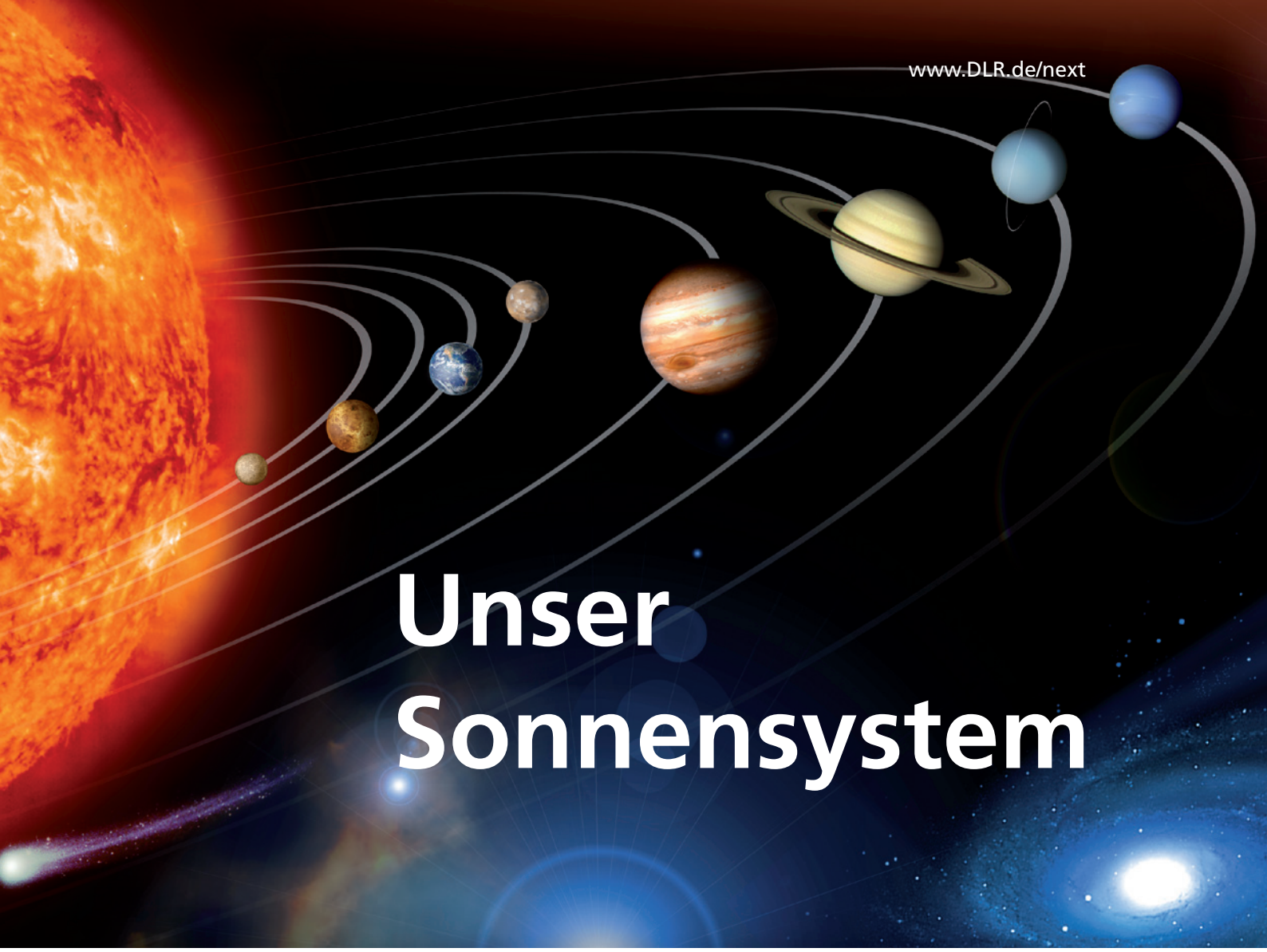


www.DLR.de/next

Unser Sonnensystem

Lehrermaterialien und Mitmach-Experimente

mit DVD

Klassen 3 bis 6

DLR_School_Info
Raumfahrt

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Klett MINT

Unser Sonnensystem

Lehrermaterialien
und Mitmach-Experimente
mit DVD

Klassen 3 bis 6

Bildquellennachweis
Wo nicht anders angegeben, stammen die Fotos vom Schülerforschungszentrum Südwürttemberg Bad Saulgau SFZ.

Diesem Band beigefügt ist eine 3D-Brille, die die Betrachtung der dreidimensionalen Bilder und Videos auf der beiliegenden DVD ermöglicht. Werden weitere Brillen benötigt, können diese als Klassensatz von 15 Stück unter dlr@klett-mint.de nachbestellt werden. Der Versand erfolgt jeweils zum Monatsanfang. Alternativ können die Brillen von den Kindern selbst gebastelt werden. Bastelanleitungen finden Sie auf S. 7 und im Internet.

1. Auflage 2014

Eine Zusammenarbeit des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Klett MINT GmbH
© Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln, und Klett MINT GmbH, Stuttgart, in Kooperation mit dem Schülerforschungszentrum Südwürttemberg in Bad Saulgau (SFZ®)

Autoren: Heidrun Boll, Marita Lehn, Christa Müller, Margret Tomczyk (alle Schülerforschungszentrum Südwürttemberg in Bad Saulgau SFZ®), Ulrich Köhler, Dr. Volker Kratzenberg-Annies (beide DLR)

Lektorat: Karin Rossnagel, Stuttgart
Gestaltung: Bettina Herrmann, Stuttgart
Projektkoordination und Herstellung: Stefanie Bernhardt, Dr. Benny Pock
Illustrationen: Daniel Scherer, Landau
Presswerk: Osswald GmbH & Co., Leinfelden-Echterdingen
Druck: C. Maurer Druck und Verlag GmbH & Co. KG, Geislingen an der Steige

Bestellung: Das Unterrichtsmaterial „Unser Sonnensystem" können Sie kostenlos unter dlr@klett-mint.de bestellen. Sie erhalten ein Paket mit den Bänden „Unser Sonnensystem" und „Erde und Mond".

Haftungsausschluss
Die in dieser Broschüre beschriebenen Mitmach-Experimente wurden sorgfältig ausgearbeitet. Sie können jedoch auch bei ordnungsgemäßer Durchführung und Handhabung mit Gefahren verbunden sein. Die hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente sind ausschließlich für den Einsatz im Schulunterricht vorgesehen. Ihre Durchführung sollte in jedem Fall durch eine Lehrkraft betreut werden. Die Richtlinien zur Sicherheit im Schulunterricht sind dabei einzuhalten. Das DLR kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Durchführbarkeit der hier beschriebenen Experimente geben. Das DLR übernimmt keine Haftung für Schäden, die bei Durchführung der hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente entstehen. Das DLR übernimmt keine Verantwortung oder Gewähr für die Richtigkeit der Inhalte auf genannten Webseiten Dritter.

Hinweis zur Genehmigung des Nachdrucks
Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Für nicht-kommerzielle schulische Zwecke ist das Kopieren der Materialien erlaubt und erwünscht. Kopieren, Nachdruck oder Vervielfältigung, auch auszugsweise, außerhalb des Unterrichtseinsatzes nur mit schriftlicher Genehmigung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des Verlages. Hinweis § 52a UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Genehmigung eingescannt und in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen.

Vorwort

Was haben Kinder und Wissenschaftler gemeinsam? Die Frage mag Sie überraschen – und doch gibt es interessante Parallelen: Denn wie erwachsene Forscher wollen auch Kinder die Welt verstehen. Sie sind neugierig und stellen Fragen nach dem „Wie" und „Warum". Und sie streben danach, den Horizont ihres Wissens zu erweitern – ganz ähnlich, wie dies auch in einer Forschungseinrichtung wie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) der Fall ist. Schülerinnen und Schüler dabei schon frühzeitig zu ermuntern, die Welt zu hinterfragen und „Forscherdrang" zu entwickeln – das ist in mehrfacher Hinsicht von Bedeutung: Es kann ein wichtiger Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung junger Menschen sein. Es kann aber auch dazu führen, dass Kinder die Scheu vor Naturwissenschaften und Technik abbauen bzw. gar nicht erst entwickeln. Nicht nur der schulische Erfolg kann dadurch günstig beeinflusst werden; auch ganz langfristig eröffnen sich so Perspektiven bis ins Berufsleben hinein. Denn wir wissen alle, wie wichtig eine gute Ausbildung und die Wahl besonders qualifizierter Berufe sind – und die Weichen werden oftmals früh gestellt.

Was hat das alles mit dem Weltraum und insbesondere dem Sonnensystem zu tun – dem Thema dieses Bandes, den das DLR und Klett MINT gemeinsam herausgeben? Vom Blick in den Nachthimmel geht gerade für viele junge Menschen eine ganz besondere Faszination aus. Unser Sonnensystem ist dabei so etwas wie unsere kosmische Nachbarschaft. Ihre Erforschung ist das Anliegen vieler wissenschaftlicher Disziplinen: Geologen analysieren die Beschaffenheit der Planeten und Monde, Biologen suchen nach Hinweisen auf außerirdisches Leben, und Ingenieure konstruieren und bauen die Satelliten und Sonden, um all diese Projekte zu realisieren. Damit bieten sich zahlreiche Anknüpfungspunkte zu verschiedensten Unterrichtsinhalten und -fächern an – und das spannende Thema Weltraum kann so ideal dazu dienen, Kinder ganz allgemein für Naturwissenschaften und Technik zu interessieren.

Gab oder gibt es Leben auf dem Mars? Warum entwickelte sich unser Nachbarplanet Venus so ganz anders als die Erde? Wie entstand der Mond? Und wussten Sie schon, dass alle Atome, aus denen wir Menschen bestehen, einmal im Innern einer Sonne waren? Ob im DLR oder bei Klett MINT – ein wichtiges Anliegen unserer Arbeit besteht darin, unsere eigene Begeisterung für all diese fesselnden Fragen und Themen an junge Menschen weiterzugeben. Das vorliegende Unterrichtsmaterial bietet Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern dabei ganz besondere Möglichkeiten, denn es beinhaltet eine Vielzahl von Mitmach-Experimenten, bei denen die Kinder selbst zu Forschern werden und sich so aktiv eine faszinierende Welt erschließen. Für die Lehrkräfte enthält es daneben kompakt alle wichtigen Hintergrund-Informationen.

Die Experimente wurden von Pädagoginnen am Schülerforschungszentrum Südwürttemberg in Bad Saulgau (SFZ) erarbeitet, mit Grundschülerinnen und -schülern ausführlich erprobt und gemeinsam mit dem DLR und Klett MINT für diese Lehrerhandreichung verfeinert. Ein weiteres Produkt dieser Zusammenarbeit aus schulischer Praxis, Verlagskompetenz und wissenschaftlichem Know-how ist der Band „Erde und Mond", der parallel zu dieser Veröffentlichung erscheint und Ihnen zahlreiche weitere Vorschläge für Mitmach-Experimente bietet.

Wir wünschen Ihnen nun viel Freude beim Einsatz des Materials und beim Experimentieren mit Ihren Schülern. Ihnen und den Kindern wird sich eine wirklich spannende Thematik eröffnen! Und wer weiß? Vielleicht ebnen Sie damit ja einigen Ihrer Schülerinnen und Schülern tatsächlich einen Lebensweg, auf dem aus wissbegierigen Kindern eines Tages neugierige Wissenschaftler werden.

Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner
Vorsitzender des Vorstands des
Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V.

Dr. rer. nat. Dierk Suhr
Geschäftsführer
Klett MINT GmbH

Einleitung 6

1. Das Sonnensystem im Überblick 9

1.1 Mitmach-Experiment: Bildung unseres Sonnensystems 11
1.2 Vorwissen zu den Planeten abfragen 12
1.3 Mitmach-Experiment: Massevergleich innerhalb des Sonnensystems 13
1.4 Mitmach-Experiment: Die Reihenfolge der Planeten 14
1.5 Mitmach-Experiment: Vergleich der Durchmesser von Sonne und Erde 15
1.6 Mitmach-Experiment: Auf dem Schulhof 15
1.7 Mitmach-Experiment: Außenversuch 16
Möglichkeiten zur Vertiefung 18

Unser Sonnensystem (Wortkarten für die Mitmach-Experimente 1.2 bis 1.4) 19

2. Sonne 21

2.1 Mitmach-Experiment: Konvektionsversuch ... 24
2.2 Mitmach-Experiment: Granulenbildung 25
Möglichkeiten zur Vertiefung 26

Wie im Karussell 27

Auf der Sonnenoberfläche brodelt es 28

GESTEINSPLANETEN

3. Merkur 29

3.1 Mitmach-Experiment: Temperaturvergleich ... 31
Möglichkeiten zur Vertiefung 32

Der Sonne am nächsten 33

4. Venus 34

4.1 Mitmach-Experiment: Treibhauseffekt 36
Möglichkeiten zur Vertiefung 37

Hier herrscht „dicke Luft“ 38

5. Erde 40

5.1 Mitmach-Experiment: Jahreszeiten 42

Frühling, Sommer, Herbst und Winter 44

6. Mars 46

6.1 Mitmach-Experiment: Roter Planet 48
6.2 Mitmach-Experiment: Schüttversuch 49
Möglichkeiten zur Vertiefung 50

Der Rote Planet 51

Unglaublich hoch! 52

7. Asteroiden 53

7.1 Mitmach-Experiment: Asteroidengürtel 55

Das „Reich der Asteroiden“ 57

GASPLANETEN

8. Jupiter 58

8.1 Mitmach-Experiment: Volumenvergleich 60
Möglichkeiten zur Vertiefung 61

Ein wahrer Riese 62

9. Saturn 63

9.1 Mitmach-Experiment: Saturn-Ringe 65
Möglichkeiten zur Vertiefung 66

Der Herr der Ringe 67

10. Uranus 68

10.1 Mitmach-Experiment: Uranus-Bahn 69
Möglichkeiten zur Vertiefung 71

Das rollende Fass 72

11. Neptun 73

11.1 Mitmach-Experiment: Mond Triton 75
Möglichkeiten zur Vertiefung 76

Ein eisiger Begleiter 77

12. Zwergplaneten und Kometen 78

12.1 Mitmach-Experiment: Kometen 80

Wie schmutzige Schneebälle 81

ANHANG

Ergebnissicherung 82

Weltraum-Quiz 83

Weltraum-Kartenlegespiel 85

Kreuzworträtsel zum gesamten Band „Unser Sonnensystem" .. 87

Das Wichtigste merke ich mir 89

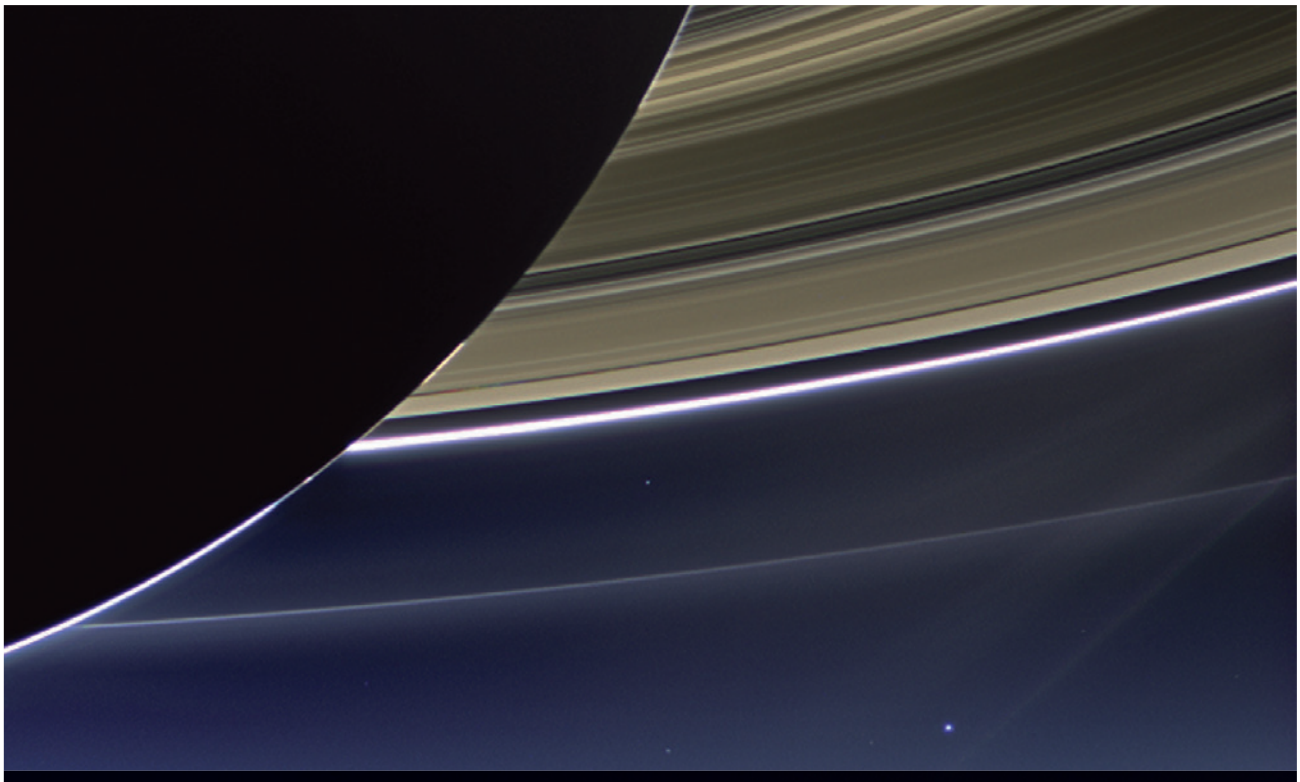
Einkaufszettel für die Mitmach-Experimente 92

Unser Sonnensystem: eine interaktive Reise in unsere kosmische Nachbarschaft

Wie groß ist die Sonne? Wie heiß oder kalt wird es auf anderen Planeten? Warum ist der Mars so rot? Und woher hat der Saturn seine Ringe?

All das sind Fragen, die bereits Kinder beschäftigen. In diesem Band nehmen wir Sie und Ihre Schülerinnen und Schüler mit auf eine Reise, auf der die Kinder viele faszinierende Aspekte rund um das Sonnensystem selbst erforschen können, und zwar „hands on" in Form von altersgerechten Mitmach-Experimenten. Dazu gleich vorweg eine gute Nachricht für alle Lehrerinnen und Lehrer, die mit naturwissenschaftlichen Themen nicht so vertraut sind: Auch ganz ohne Vorkenntnisse können Sie sich und Ihren Schülerinnen und Schülern diese spannenden Inhalte erschließen! Denn die in den einzelnen Kapiteln angebotenen Hintergrund-Informationen fassen für Sie als Lehrkraft alle wichtigen Fakten zusammen – und die Experimente vermitteln den Kindern die verschiedenen Phänomene auf altersgerechte Weise. Wir hoffen so, mit diesem Band zuallererst bei Ihnen selbst die Begeisterung für die Thematik Sonnensystem mit all seinen Facetten zu wecken – damit Sie diese Begeisterung dann auch an Ihre Schülerinnen und Schüler weitergeben können …

Diese Lehrerhandreichung ist für den Einsatz in den Klassenstufen 3 bis 6 konzipiert. Sie entstand unter maßgeblicher Beteiligung von Lehrkräften des Schülerforschungszentrums Südwürttemberg in Bad Saulgau (SFZ®) und Experten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). In vielfältigen Experimenten werden die Kinder dabei mit interessanten Phänomenen unseres Sonnensystems und Besonderheiten der einzelnen Himmelskörper bekannt gemacht. Dabei lernen sie auch methodisches Vorgehen quasi im vorwissenschaftlichen Sinn: Sie stellen vorab Vermutungen über den Verlauf der Versuche an und überprüfen dann diese Annahmen, sie beobachten, messen und rechnen – und sie ziehen logische Schlüsse und eignen sich so elementares Basiswissen an. Der Grundschule und Unterstufe an weiterführenden Schulen entsprechend erfolgt die Erarbeitung der Lernziele durch eine handlungsorientierte Arbeitsweise. Im wahrsten Sinne des Wortes „begreifen" die Kinder die Zusammenhänge und erschließen sich auf aktive Weise unsere kosmische Nachbarschaft: angefangen mit der Sonne, über die einzelnen Planeten und deren Monde, bis zu Asteroiden und Kometen.



Dieses Bild des Planeten Saturn wurde von der Raumsonde *Cassini* am 19. Juli 2013 aufgenommen.
Es zeigt rechts unterhalb des Planeten einen kleinen hellen Punkt: unsere Erde! Bild: NASA/JPL-Caltech/SSI

Hier ein kurzer Überblick, welche Hilfsmittel Sie in diesem Band finden:

- Jeder Himmelskörper wird in Form von Hintergrund-Infos für die Lehrkraft vorgestellt, sodass Sie inhaltlich bestens vorbereitet und auch für Schülerfragen präpariert sind.
- Detaillierte Beschreibungen erklären den Aufbau und die Durchführung der zahlreichen Mitmach-Experimente zu den verschiedenen Himmelskörpern – einschließlich Angaben zu den entsprechenden Lernzielen und optionalen Vertiefungsmöglichkeiten.
- Farbig unterlegte Schülerseiten für den Unterricht finden Sie am Ende jeder Einheit als Ausdruck im Buch und zusätzlich als PDF zur Vervielfältigung auf der beiliegenden DVD. Diese Arbeitsblätter beziehen sich auf die jeweiligen Mitmach-Experimente, sind zu deren Begleitung gedacht und geben auch Tipps zur Durchführung und Auswertung. Dabei genügt ein einziger Ausdruck, der gegebenenfalls laminiert wird. Diese Handreichung erhält dann immer die Gruppe von idealerweise vier bis fünf Kindern, die sich gerade mit dem Mitmach-Experiment beschäftigt.
- An mehreren Stellen wird das erworbene Wissen zur Vertiefung spielerisch abgefragt – ergänzt um eine Zusammenfassung unter der Überschrift „Das Wichtigste merke ich mir" ganz am Ende des Bandes.
- Diesem Band beigefügt ist eine DVD, die sämtliche Inhalte des Heftes einschließlich der Schülerseiten umfasst – mit „Bonusmaterial" etwa in Gestalt vieler faszinierender Aufnahmen vom Mars und anderen Himmelskörpern. Hinweise zu dem DVD-Material finden Sie an den entsprechenden Stellen im Heft. Übrigens: Einige Bildmaterialien sind dabei in eindrucksvollen 3D-Ansichten verfügbar. Eine 3D-Brille finden Sie in diesem Band anbei. Weitere Brillen können Sie als Klassensatz bestellen (siehe Impressumseite) oder die Kinder leicht selbst basteln lassen. Dazu wird die vorliegende Brille als Schablone für zusätzliche Exemplare verwendet. Sie werden aus mittelfestem Karton ausgeschnitten, wobei wie im Muster hinter die Felder für die „Brillengläser" rote und cyanfarbene Folien geklebt werden. Solche „Anaglyphenfolien" sind in gut sortierten Bastelgeschäften erhältlich.

Die Materialien, die Sie für die Durchführung der Experimente benötigen, sind in Schulen oder Haushalten vorhanden bzw. einfach zu beschaffen. Eine Materialliste ist in jeder Einheit aufgeführt. Am Ende des Buches und auf der DVD werden all diese „Einkaufszettel" noch einmal gesammelt aufgeführt. Bei den Versuchen können Sie selbst entscheiden, welche Sie im Plenum vorführen möchten und welche Sie die Kinder selbst durchführen lassen – diese Entscheidung hängt letztlich auch vom Alter Ihrer Schülerinnen und Schüler ab. Bei Versuchen mit Gefahrenpotenzial, z. B. durch Hitzeentwicklung, sollten Sie in jedem Fall selbst die Durchführung überwachen und die Kinder zur Vorsicht anleiten! Da einige Versuche auch die Sonne behandeln, hier ein wichtiger Hinweis vorab: Die Beobachtung der Sonne ist mit dem bloßen Auge und erst recht mit optischen Geräten wie Ferngläsern oder Teleskopen sehr gefährlich für die Augen.

Das Projekt ist so gestaltet, dass es als Ganzes oder nur in Auszügen im regulären Unterricht – z. B. im Sachunterricht der Grundschule oder in den naturwissenschaftlichen Fächern der weiterführenden Schulen – umsetzbar ist. Es kann auch als Thema einer Arbeitsgemeinschaft oder als Schwerpunkt einer Projektwoche mit anschließender Ausstellung für die Schulgemeinschaft usw. eingesetzt werden. Ebenso bietet es sich als Thema einer Schülerpräsentation an.

Für das gesamte Themengebiet mit allen Mitmach-Experimenten sollten mindestens fünf bis sechs Schulstunden vorgesehen werden. Davon entfallen:

- zwei Schulstunden auf den Einstieg zum Sonnensystem
- ein bis zwei Schulstunden auf die Mitmach-Experimente zur Sonne
- eine Schulstunde auf die Gesteinsplaneten und die Asteroiden
- eine Schulstunde auf die Gasplaneten sowie Kometen und Zwergplaneten.

Dieser zeitliche Rahmen gelingt aber nur, wenn die Mitmach-Experimente bereits von den Lehrkräften vorbereitet wurden (wobei ältere Schüler natürlich auch dabei helfen können). Der Fantasie sind aber keine Grenzen gesetzt, das vorliegende Material auch anders einzusetzen: etwa nur kapitelweise in Auszügen oder auch ausgedehnter im Sinne einer ganzen „Weltraum-Projektwoche".

1. Das Sonnensystem im Überblick

Unser Sonnensystem in einer stark vereinfachten, nicht maßstabsgetreuen Darstellung. Sie zeigt von der Sonne aus (von links nach rechts) die Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Bild: NASA/JPL

Hintergrund-Info

Unser Sonnensystem entstand vor etwa 4,6 Milliarden Jahren aus einer rotierenden Wolke aus kosmischem Gas und Staub. Die einzelnen Teilchen übten aufeinander Anziehungskräfte aus und verdichteten sich immer mehr. Möglicherweise hat die Explosion eines anderen Sterns in der Nähe dazu den Anstoß gegeben – im wahrsten Sinne des Wortes: Die Druckwelle könnte durch die Gas- und Staubansammlung „gewandert" sein und die Verdichtung so beschleunigt haben.

Fast die gesamte Masse des kosmischen Nebels konzentrierte sich nun im Zentrum: Immer stärker wirkten hier die gegenseitigen Anziehungskräfte, immer dichter wurde diese Ansammlung von Wasserstoff, Helium und Staubpartikeln – und so formte sich allmählich die Sonne. Der Druck in ihrem Innern erhöhte sich und löste schließlich eine Kettenreaktion aus, bei der Energie freigesetzt wurde. Der junge „Protostern" begann zu glühen und Wärme und Licht abzustrahlen. Diese enorme Masseansammlung im Zentrum hatte Auswirkungen auf die Reste der kosmischen Wolke um den jungen Stern herum: Wie bei einem Eiskunstläufer, der bei einer Pirouette die Arme anlegt und sich so immer schneller dreht, rotierte die restliche Materie immer schneller um die junge Sonne und bildete – von der Zentrifugalkraft nach außen gezogen – eine flache Scheibe. Darin stießen die Materieteilchen immer wieder zusammen und verklumpten so allmählich, zogen weitere Teilchen an und bildeten über viele Millionen Jahre hinweg sogenannte Protoplaneten. Sie durchliefen je nach Entfernung vom Zentralstern ganz unterschiedliche Entwicklungen und wurden schließlich zu den Planeten, wie wir sie heute kennen – einschließlich unseres eigenen Planeten Erde.

Was sich nicht zu Planeten formte, schwirrte zunächst auf teils chaotischen Bahnen durchs junge Sonnensystem – Himmelskörper aus Gestein wie die Asteroiden, aber auch große Brocken aus einem Gemisch von Eis und Staub: die Kometen. In dieser frühen Phase des Sonnensystems kam es zwischen all den verschiedenen Körpern häufig zu Kollisionen. Asteroiden schlugen auf die Planeten und Monde ein und bildeten dort Krater, wie man sie noch heute zum Beispiel auf unserem Mond gut sieht. Kometen stürzten auf die Oberflächen – und mit ihrem Eis könnte auch ein beträchtlicher Teil des Wassers auf die Erde gekommen sein. Bei einem sehr frühen Zusammenstoß mit einem recht großen Himmelskörper wurden gewaltige Mengen an Materie aus der Erde herausge-

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

schleudert – so dürfte unser Mond entstanden sein. Andere Monde – etwa die beiden winzigen Mars-Monde und einige kleine Monde von Jupiter und Saturn – wurden quasi im Vorbeiflug eingefangen: Sie kamen diesen Planeten zu nahe, und deren große Anziehungskraft zwang sie dazu, auf Kreisbahnen einzuschwenken.

Erst allmählich nahmen die Planeten geordnetere Bahnen ein und bildeten das Sonnensystem in seiner heutigen Form:

- die Sonne als Zentralstern in der Mitte
- acht Planeten um sie herum
- viele Monde, die als Begleiter um die meisten Planeten kreisen
- Asteroiden und Kometen plus viele Zwergplaneten.

Spannend!

Die Sonne ist nur einer von 100 bis 300 Milliarden Sternen, die alle zusammen die Milchstraße bilden: unsere Heimatgalaxie. Alle Sterne, die wir mit bloßem Auge am Nachthimmel sehen, gehören der Milchstraße an (insgesamt sind in klaren Nächten und von einem guten Standort bis zu 5000 Sterne sichtbar). Außer der Milchstraße gibt es noch Milliarden anderer Galaxien im All. Die Milchstraße bildet mit einigen Nachbar-Galaxien die sogenannte „Lokale Gruppe" – eine Ansammlung von Galaxien. Darunter ist auch die Andromeda-Galaxie. Dieser schwache Lichtpunkt ist das einzige mit bloßem Auge erkennbare Objekt am nördlichen Nachthimmel, das nicht in der Milchstraße liegt. Nur südlich des Äquators sieht man noch andere Galaxien, nämlich die beiden Magellanschen Wolken. Alle anderen Galaxien kennen wir nur aus der Beobachtung mit Fernrohren oder Weltraum-Teleskopen, die wie *Hubble* oder *Spitzer* weit ins Universum blicken. Dabei ist ein Effekt bemerkenswert: Je weiter Sterne oder gar Galaxien von uns entfernt sind, desto weiter ist der Weg, den das Licht zurückgelegt hat, bevor es bei uns eintrifft: oft Jahrzehnte oder gar Jahrmillionen! Wir sehen also diese Objekte nicht so, wie sie im Moment sind, sondern blicken in die Vergangenheit des Alls.

Die Sonne ist dabei ein Stern wie Milliarden andere Sterne (wobei es Unterschiede in der Größe, der Masse und der Leuchtkraft von Sternen gibt). Die acht Planeten werden in zwei Gruppen unterteilt:

- die vier inneren Gesteinsplaneten (Merkur, Venus, Erde und Mars)
- die vier äußeren Gasplaneten (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun).

Hinzu kommen einige Zwergplaneten – Pluto ist wohl der bekannteste unter ihnen. Außerdem umkreist eine größere Zahl von Asteroiden die Sonne zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter, wo sie einen Ring bilden: den Asteroidengürtel. Zahlreiche Kometen ziehen weit draußen jenseits der Planeten im sogenannten „Kuipergürtel" (gesprochen: „Keupergürtel") ihre Bahnen um die Sonne – wobei manche von ihnen gelegentlich ins Innere des Sonnensystems wandern und dann in der Nähe der Sonne den typischen leuchtenden Schweif ausbilden. Solche Kometen haben Umlaufzeiten von bis zu 200 Jahren. Noch weiter draußen befindet sich die „Oortsche Wolke" – eine Ansammlung von kleinen Körpern aus Eis, Gestein, Staub und Kohlenstoff. Auch von dort dringen gelegentlich Kometen ins innere Sonnensystem vor.

Spannend!

Wahrscheinlich sind viele Sterne von Planeten umgeben. Solche Planeten, die andere Sterne umkreisen, nennt man „Exoplaneten". Mehr als 1000 solcher fernen Planeten sind inzwischen – trotz der enormen Distanzen in unserer Milchstraße – nachgewiesen worden. Sie „verraten" sich, indem sie ihren Stern (von uns aus gesehen) kurzzeitig leicht verdunkeln, wenn sie vor ihm vorbeiziehen. Das ist, als ob eine kleine Motte nachts um eine Straßenlaterne flattert – betrachtet aus vielen Kilometern Entfernung! Eine andere Nachweismethode: Nicht nur der große Stern übt auf seine vergleichsweise kleinen Planeten Anziehungskraft aus; auch die Planeten ziehen ganz leicht mit ihrer Schwerkraft an „ihrem" Stern, der dadurch minimal „schwankt". Und dieses „Torkeln" des Sterns verrät, dass er von Planeten umkreist wird.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Die Entfernungen im Sonnensystem sind gewaltig: Die Erde ist rund 150 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt – man nennt das auch eine „Astronomische Einheit“ (kurz AE). Der äußerste Planet, Neptun, ist 30 AE weit von der Sonne weg. Der Kuipergürtel dehnt sich über eine Distanz von 30 bis 50 AE aus. Und die Oortsche Wolke könnte sich bis zu 100 000 AE oder anderthalb Lichtjahre von der Sonne erstrecken.

Zur Didaktik

- Anhand einfacher Mitmach-Experimente entwickeln die Schüler ein Grundverständnis für unsere kosmische Nachbarschaft im All: das Sonnensystem.

Der Einstieg in das Thema Sonnensystem wird im Plenum behandelt. Daher gibt es für die folgenden Mitmach-Experimente bis auf die Wortkarten keine gesonderten Schülerseiten.

1.1 Mitmach-Experiment: Bildung unseres Sonnensystems

Wie entstand unser Sonnensystem?

Hinweis: Ein Bild der Milchstraße finden Sie im Original sowie als Strichzeichnung auf der DVD. Diese Blätter werden ausgedruckt, passend zusammengeklebt, gegebenenfalls wie folgende Abbildung ausgemalt und dienen nun als Unterlage. Der gemahlene Pfeffer im Experiment stellt die gesamte Materie in unserem Sonnensystem dar.

Materialien

- Bild der Milchstraße
- kleines Glasschälchen mit Wasser, Durchmesser ca. 10 cm
- grob gemahlener Pfeffer
- Stift oder Stab

Durchführung

1. Auf dieses Bild wird an die Stelle, an der sich in etwa unser Sonnensystem befindet, ein kleines Schälchen mit Wasser gestellt.
2. Nun wird der gemahlene Pfeffer in das Wasser gegeben.
3. In dem noch ruhigen Wasser schweben die Teilchen ungeordnet herum.
4. Nun beginnt ein Schüler mit einem Stab oder Stift, das Wasser gegen den Uhrzeigersinn in Drehung zu bringen.
5. Allmählich erkennt man: Alle Pfefferteilchen beginnen sich im Zentrum der Schüssel zu sammeln.

Bild: NASA/JPL-Caltech

Erläuterung

Aus einer Gas- und Staubwolke, die sich zu drehen begann, bildete sich unser Sonnensystem. Die Materie verdichtete sich dabei immer mehr. In der Mitte formte sich so die Sonne.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

1.2 Vorwissen zu den Planeten abfragen

Was gehört zu unserem Sonnensystem alles dazu? An dieser Stelle sollten Sie ausloten, welches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler zum Thema Sonnensystem haben, und ihnen die Möglichkeit geben, ihre Kenntnisse einzubringen. In der Regel werden sie die Namen von Planeten oder Worte wie Sonne, Mond oder vielleicht auch Asteroid etc. nennen. Diese Begriffe werden mithilfe von vorbereiteten Wortkarten (siehe Schülerseite am Ende dieser Einheit sowie DVD) ungeordnet gesammelt. Sollten Begriffe genannt werden, die auf keinem Kärtchen vorbereitet sind, so werden sie auf einem neuen Kärtchen notiert und dazugelegt. Begriffe wie Sonne, Stern, Planet und Mond werden geklärt. Es wird besprochen, wie sich die einzelnen Himmelskörper unterscheiden (siehe Hintergrund-Info).

Einzelne Kinder kennen vielleicht schon den Merksatz für die Reihenfolge der Planeten: „**M**ein **V**ater **e**rklärt **m**ir **j**eden **S**onntag **u**nseren **N**achthimmel." Dieser bekannte Merksatz eignet sich zum Einstieg ins Thema, damit sich die Schülerinnen und Schüler die richtige Reihenfolge der Planeten von der Sonne nach außen leicht merken können. Die Anfangsbuchstaben stehen dabei für die Planeten, also das **„M"** von „Mein" für „Merkur", das **„V"** von „Vater" für „Venus" usw. Sobald der Satz auswendig beherrscht wird, kann man dazu auch eine nette Ergänzung erarbeiten: Jetzt denken sich alle zusammen einen alternativen Merkspruch aus, der gerne auch lustig und völlig sinnfrei sein darf. Er könnte beginnen mit „Manche Vögel essen morgens Joghurt …". Aber sicher fällt Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern noch etwas Lustigeres ein – und dann hat die Klasse ihren eigenen Spruch und Spaß!

Die Wortkarten mit den Planetennamen können nun in die richtige Reihenfolge gelegt werden.

Hinweis: Wie viel Zeit für diesen Abschnitt verwendet wird, hängt stark vom Vorwissen der Kinder ab. Trifft das Thema auf großes Interesse und damit auf den Wunsch nach weiteren Informationen, kann auch eine Ecke zum Schmökern eingerichtet werden – etwa mit astronomischen Büchern voller interessanter Bilder aus dem Weltall. Oder Sie verwenden das Material auf der beigefügten DVD.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

1.3 Mitmach-Experiment: Massevergleich innerhalb des Sonnensystems

Wie schwer ist die Sonne im Vergleich zu allen anderen Himmelskörpern des Sonnensystems?

Durchführung

Für die Sonne und die übrigen Himmelskörper des Sonnensystems stehen insgesamt 1000 Würfel zur Verfügung. Die Schülerinnen und Schüler dürfen raten: Wie viele von diesen 1000 Würfeln verteilen sich auf die Sonne – und wie viele bleiben für die acht Planeten und den ganzen Rest des Sonnensystems übrig?

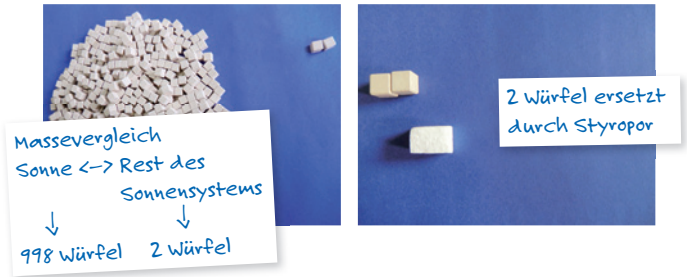
Man bildet Gruppen von vier bis fünf Kindern, die sich zur Beantwortung untereinander beraten. Danach beginnt die erste Gruppe, in der Kreismitte „ihr" Sonnensystem aus den Würfeln zu bilden. Die Kinder merken sich das Ergebnis. Anschließend werden alle Würfel wieder zusammengeschoben, und die nächste Gruppe darf die Würfel nach ihrer Vermutung aufteilen.

Materialien

- großer Papierbogen (blau oder schwarz als Untergrund)
- 1000 Würfelchen à 1 cm^3 (z. B. Tausenderwürfel von Montessori)
- 1 kleiner Styroporquader 2 cm^3
- Messer und Brettchen

Erläuterung

Wenn sich alle Schülergruppen eine Aufteilung überlegt haben, lösen Sie auf:



Lösung: 998 Würfel entsprechen der Masse der Sonne, nur zwei Würfel bleiben für den Rest des Sonnensystems mit allen Planeten, Monden etc. Diese beiden Würfel werden nun für den letzten Teil dieser Übung durch ein Stück Styropor gleicher Größe ersetzt (weil es sich besser zerteilen lässt).

Das Styroporstück wird nun aufgeteilt: 2/3 bilden den Jupiter, 1/3 den Rest. Dieser Rest wird zerkrümelt und den verbleibenden 7 Planeten zugeordnet. Der allerletzte Rest verbleibt z. B. für Monde, Asteroiden- und Kuipergürtel.

Zusatzaufgabe: Am Schluss können noch die Styroporkrümel den zuvor ausgelegten Wortkarten zugeteilt werden.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

1.4 Mitmach-Experiment: Die Reihenfolge der Planeten

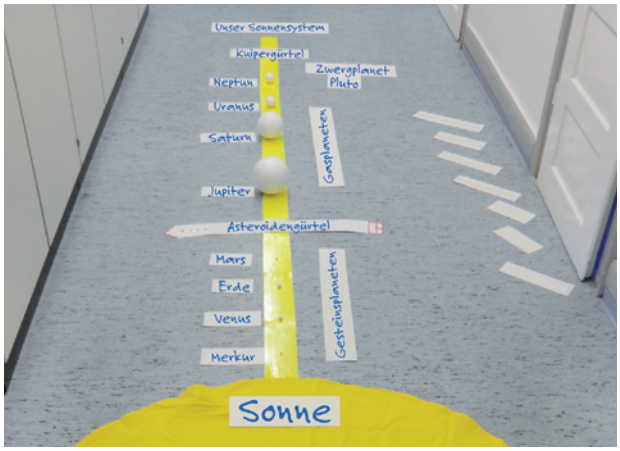
Unsere Sonne und ihre Planeten werden hier in die richtige Reihenfolge gebracht. Dabei sind die Größenverhältnisse der Himmelskörper maßstabsgerecht dargestellt, nicht aber die Entfernungen.

Materialien

- 1 Stoff-Sonne mit 1,40 m Durchmesser (gelber Stoff)
- 1 gelber Streifen aus Papier (als „Sonnenstrahl")
- 8 Kugeln für die 8 Planeten (z. B. aus Styropor, Watte oder Holz)
  - ca. 14 cm Durchmesser für Jupiter
  - ca. 12 cm Durchmesser für Saturn
  - ca. je 5 cm für Uranus und Neptun
  - ca. je 12 mm für Erde und Venus
  - ca. 7 mm für Mars
  - ca. 5 mm für Merkur
- 1 Streifen (evtl. in Gürtelform) für den Asteroidengürtel
- erneute Verwendung der Wortkarten (siehe Schülerseite am Ende dieser Einheit und auf DVD)

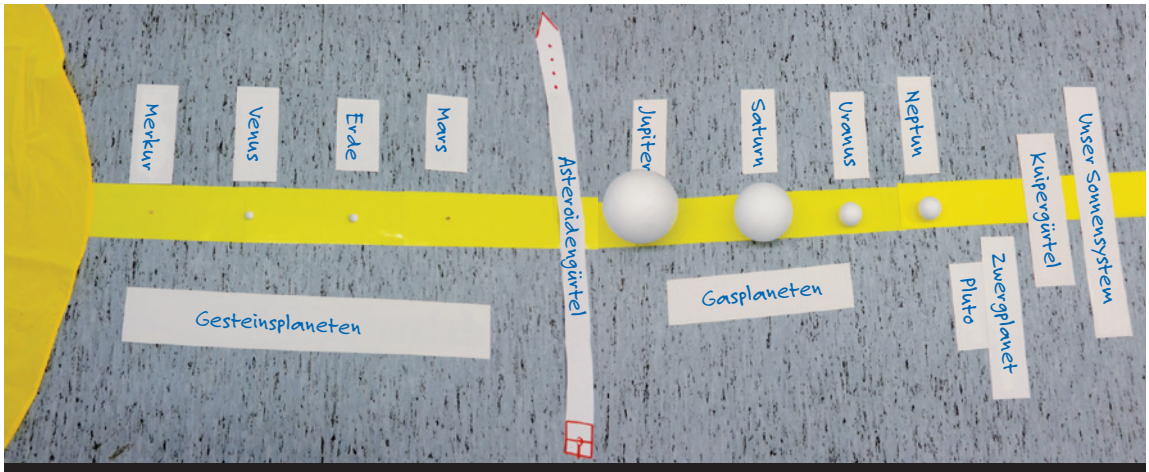
Hinweis: Die Entfernungen sind nicht maßstabsgetreu. Es geht hier nur um die Reihenfolge der Himmelskörper von der Sonne aus gesehen.

Durchführung



Zur Vorbereitung fertigen Sie (eventuell mit den Kindern) eine „Sonne" aus gelbem Stoff mit 1,40 Meter Durchmesser an.

1. Die „Stoff-Sonne" mit einem Durchmesser von 1,40 Meter wird auf den Boden gelegt.
2. Ein gelber „Sonnenstrahl" geht von ihr aus.
3. Die „Planeten-Kugeln" werden zusammen in die Mitte (z. B. auf ein Tablett) gelegt.
4. Die Wortkarten mit den Planetennamen werden in der richtigen Reihenfolge neben den „Sonnenstrahl" gelegt.
5. Die Kinder ordnen die Kugeln den einzelnen Planeten-Wortkarten zu, wobei sie ihre Entscheidungen immer artikulieren und begründen, welche Kugelgröße zu welchem Planeten passt.
6. Ebenso werden nun die Begriffe „Gesteinsplaneten" und „Gasplaneten" zugeordnet und erklärt. Außerdem kann die Wortkarte des Asteroidengürtels, in Form eines Gürtels, dazugelegt werden.



Detailansichten der Planeten auf dem Sonnenstrahl in der richtigen Reihenfolge

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

1.5 Mitmach-Experiment: Vergleich der Durchmesser von Sonne und Erde

Wie viele Erden passen entlang des Sonnendurchmessers aufgereiht in die Sonne?

Durchführung

1. Zunächst sollten die Kinder schätzen, wie viele Erden wohl entlang des Sonnendurchmessers Platz hätten.
2. Die Kinder können nun die Kette selbst auffädeln.
3. Zur Lösung wird die „Stoff-Sonne" ausgelegt und die (vorbereitete) Perlenkette genau auf den Sonnendurchmesser gespannt.

Lösung: Eine Perlenschnur aus 109 Perlen wird in die Sonne gelegt. So oft passt die Erde nebeneinander in die Sonne.

Materialien

- Stoff-Sonne, Durchmesser 1,40 m
- 109 Perlen, Durchmesser ca. 13 mm
- ca. 1,70 m Garn zum Auffädeln der Perlen
- Nadel zum Auffädeln
- Schere

1.6 Mitmach-Experiment: Auf dem Schulhof

Die Entfernungen im Sonnensystem

Durchführung

Auf dem Schulhof malen die Kinder mit Kreide das Sonnensystem – genauer die Sonne und die Planeten sowie den Erd-Mond – auf. Als Maßstab wird dabei die Entfernung der Erde zur Sonne (150 Millionen Kilometer = 1 Astronomische Einheit, kurz 1 AE) mit 1 Meter angesetzt. Die Himmelskörper werden dabei nur als Punkte aufgemalt (zur besseren Sichtbarkeit kann man Bälle oder Kugeln auf die Markierungen legen). Natürlich geht das auch auf einem Sportplatz oder einem anderen ausreichend großen Platz.

Die mittleren Entfernungen von der Sonne:

- Merkur: 0,4 m
- Venus: 0,7 m
- Erde: 1 m (mit dem Erd-Mond direkt daneben, da er bei diesem Maßstab nur ca. 0,3 cm von der Erde entfernt ist)
- Mars: 1,5 m
- Jupiter: 5,2 m
- Saturn: 9,5 m
- Uranus: 19,1 m
- Neptun: 30 m

Materialien

- Kreide
- Bandmaß
- Planetenkugeln

Übrigens: Der nächste Stern – Proxima Centauri – wäre dann rund 265 Kilometer weit weg (in Realität 4,2 Lichtjahre, das sind ungefähr 4-mal 10 Billionen km).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

1.7 Mitmach-Experiment: Außenversuch

Wie weit sind Merkur, Venus, Erde und Mars von der Sonne entfernt?

Dieses Modell des Sonnensystems zeigt die Größen der Planeten und auch die Entfernungen zur Sonne im selben Maßstab auf eindrucksvolle Weise. Es entspricht damit in etwa dem, was ein „Planetenweg" leistet, wie es ihn in einigen Städten gibt (vielleicht sogar in Ihrer Nähe). Allerdings beschränken wir uns hier auf die vier inneren Gesteinsplaneten Merkur, Venus, Erde und Mars im Abstand zur Sonne.

Materialien

- eine „Stoff-Sonne" (gelber Stoff)
- 4 Kugeln für die Gesteinsplaneten und eine Kugel für den Mond (Größen siehe Tabelle auf nächster Seite)
- 4 Abroll-Leinen, z. B. reißfestes Baumwollgarn oder Paketschnur (Längen siehe Tabelle)
- 4 große Papprollen o. Ä.
- Akkuschrauber zum Aufwickeln
- evtl. Handy (oder mit Handzeichen arbeiten)
- Bandmaß

Abb. 1 Die Kinder rollen vom Ausgangspunkt – der Sonne – die vorbereiteten Schnüre ab. Jeder Planet befindet sich als kleine Kugel am Ende einer Schnur, die die maßstabsgerechte Länge hat.

Neben der Stoff-Sonne werden Styroporkugeln für die vier Gesteinsplaneten benötigt (unten in der Tabelle finden Sie die Größenangaben). Die Entfernung der Planetenkugeln von der Stoff-Sonne ergibt sich aus der Länge der vier Schnüre, die jeweils getrennt auf einer Papprolle aufgewickelt sind (Schnurlängen siehe Tabelle).

Tipp: Achten Sie bei den Schnüren darauf, dass sie reißfest sind. Zum Aufwickeln der Leinen auf der Rolle kann ein Akkuschrauber gute Dienste leisten. Die Planetenkugeln werden am Ende der Schnur befestigt (z. B. durch ein Loch, das man in die Styroporkugeln sticht). Wenn die Kinder dann beim Außenversuch in Gruppen mit „ihrem" Planeten loslaufen, zeigt die Länge der Schnur an, wann die richtige Entfernung erreicht ist.

	Durchmesser	mittlere Entfernung (gerundet)
Sonne	1,4 m	
Merkur	0,5 cm	58 m
Venus	1,2 cm	108 m
Erde	1,2 cm	150 m
Mars	0,7 cm	228 m

Zur Info:

Jupiter	14 cm	778 m
Saturn	12 cm	1433 m
Uranus	5 cm	2872 m
Neptun	5 cm	4495 m

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Hinweis: Wenn Sie der Erde noch den Erd-Mond zur Seite stellen wollen: Er hat in diesem Maßstab eine Größe von 3,5 mm und ist 40 cm von der Erde entfernt.

Durchführung

Für die Durchführung dieses Außenversuches benötigt man eine möglichst gerade Strecke von ca. 230 Meter Länge – im Idealfall ohne Autoverkehr. Es sollten in jedem Fall mehrere Begleitpersonen mitgenommen werden. Zur Kommunikation sollten Verständigungszeichen für „Stopp“ und „Weiter“ vereinbart oder Handys mitgeführt werden.

Die „Stoff-Sonne“ wird entfaltet und eine Gruppe von Kindern (samt erwachsener Begleitperson) bleibt an diesem Ausgangspunkt stehen. Die vier Papprollen mit aufgewickelten Schnüren und den Planetenkugeln am Schnurende sind vorbereitet. Jetzt laufen die Kinder nacheinander in kleinen Gruppen mit „ihrem“ jeweiligen Planeten in der Hand los, während die Papprolle bei der Sonne bleibt und so gehalten wird, dass sie abgerollt werden kann (Abb. 1). Die „Merkur-Kinder“ sollten beginnen, bis die Schnur abgewickelt und damit die richtige Entfernung dieses sonnennächsten Planeten erreicht ist. Dann folgen die anderen Gruppen nacheinander (immer von einem Erwachsenen begleitet).

Abb. 2 Die „Venus-Kinder“ halten die am Ende der 108 m langen Schnur angebundene „Venus-Kugel“.

Erläuterung

Manche Modelle des Sonnensystems zeigen nur die richtigen Größenverhältnisse der Planeten, aber nicht die entsprechenden Entfernungen. Dieses Modell hat den großen Vorteil, beides – Planetengrößen und Abstände zur Sonne – im selben Maßstab zu zeigen: nämlich in 1:1 Milliarde. Damit erhalten die Kinder ein wichtiges Verständnis von den Dimensionen unserer kosmischen Nachbarschaft.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Möglichkeiten zur Vertiefung

Mit dem ICE zum Mars?

Hier kann man älteren Schülerinnen und Schülern Rechenaufgaben folgender Art stellen:

- Wie lange dauert ein Flug zum Mars mit heutigen Raumschiffen?
- Wie lange bräuchte dazu ein ICE?
- Wie lange braucht das Licht?

Dazu folgende Angaben:

Entfernung Erde – Mars: Die Entfernung schwankt zwischen 60 und 400 Millionen Kilometern, da beide Planeten die Sonne umrunden und der Mars dafür etwa doppelt so lang braucht wie die Erde. Stark vereinfacht kann man hier eine mittlere Entfernung von 200 Millionen Kilometern ansetzen. In der Realität wird die Dauer eines Fluges zum Mars natürlich dadurch verkompliziert, dass sich Erde und Mars auf ihren Umlaufbahnen weiterbewegen. Eine Raumsonde benötigt daher 6 bis 8 Monate, bis sie den Mars erreicht.

Geschwindigkeit heutiger Raumschiffe: Satelliten und Sonden bewegen sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Setzen Sie 40 000 km/h als realistischen Mittelwert an.

Geschwindigkeit eines ICE: ca. 200 – 300 km/h

Lichtgeschwindigkeit: Licht bewegt sich mit 300 000 Kilometer pro Sekunde durchs All.

Was ist ein Tag und was ist ein Jahr?

Für Kinder – und auch Erwachsene – ist es spannend zu erfahren: Ein Tag und auch ein Jahr dauern auf verschiedenen Himmelskörpern unterschiedlich lange. Hier zunächst für Sie als Lehrkraft dazu einige Erläuterungen – und unten dann einige Anregungen für Mitmach-Aktionen.

Planeten ziehen auf ihren Bahnen um die Sonne. Nebenbei: Diese Bahnen sind keine exakten Kreisbahnen, wie man früher dachte, sondern sie sind Ellipsen. Daher schwankt die Entfernung eines Planeten zur Sonne mehr oder weniger stark – je nach seiner aktuellen Position auf der elliptischen Bahn, die ihn mal näher an die Sonne führt, mal weiter weg. Die Distanzen der Planeten zur Sonne werden deshalb häufig in „mittlerer Entfernung“ angegeben.

Ein Jahr dauert auf den verschiedenen Planeten unterschiedlich lange: etwa auf Merkur 88 Erden-Tage und auf Neptun 165 Erden-Jahre. Denn die Einheit „Jahr“ bezeichnet die Zeitspanne, die ein Planet benötigt, um die Sonne einmal zu umrunden. Im Falle der Erde sind das bekanntlich 365 Tage plus ein viertel Tag (weshalb unser Kalender alle vier Jahre einen Schalttag einfügt).

Vereinfacht gesagt ist ein Tag die Dauer, die ein Himmelskörper für eine Rotation um die eigene Achse benötigt – auf der Erde also 24 Stunden. Streng genommen ist ein Tag eine Zeitspanne, die sich am Höchststand der Sonne orientiert: von dem Moment, wenn die Sonne im Zenit steht, bis zum nächsten Sonnenstand im Zenit.

Mitmach-Aktion „Tag“:

Ein Kind spielt Planet und stellt sich in der Mitte auf, ein anderes Kind hält einige Meter entfernt eine Taschenlampe (Sonne) auf den „Planeten“ gerichtet. Das „Planet-Kind“ blickt Richtung „Sonne“ und dreht sich dann langsam um sich selbst, bis es wieder genau in Richtung „Sonne“ schaut. Damit hat es exakt einen Tag imitiert.

Mitmach-Aktion „Jahr“:

Hier wird eine Lichtquelle in der Mitte des (abgedunkelten) Raumes platziert. Ein Kind läuft langsam um diese „Sonne“, bis es wieder seine Startposition (Klebestreifen am Boden) erreicht hat. So hat es genau ein Jahr imitiert. Man kann die Übung auch nutzen, um die Dauer eines Jahres etwa auf der Erde und dem Mars im Vergleich darzustellen: Ein Kind (Erde) läuft etwas näher, ein anderes Kind (Mars) etwas weiter entfernt um die „Sonne“ herum. Das Mars-Kind muss dabei doppelt so lange unterwegs sein, bis es seine Startposition wieder erreicht hat (das Erden-Kind überrundet das andere also innen und absolviert zwei Umläufe um die „Sonne“, während das Mars-Kind zeitgleich nur einen Umlauf absolviert). Wir lernen: Auf der Erde sind zwei Erden-Jahre vergangen, während auf dem Mars nur ein „Mars-Jahr“ vergangen ist.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Unser Sonnensystem

Planeten

Sonne

Venus

Merkur

Mars

Erde

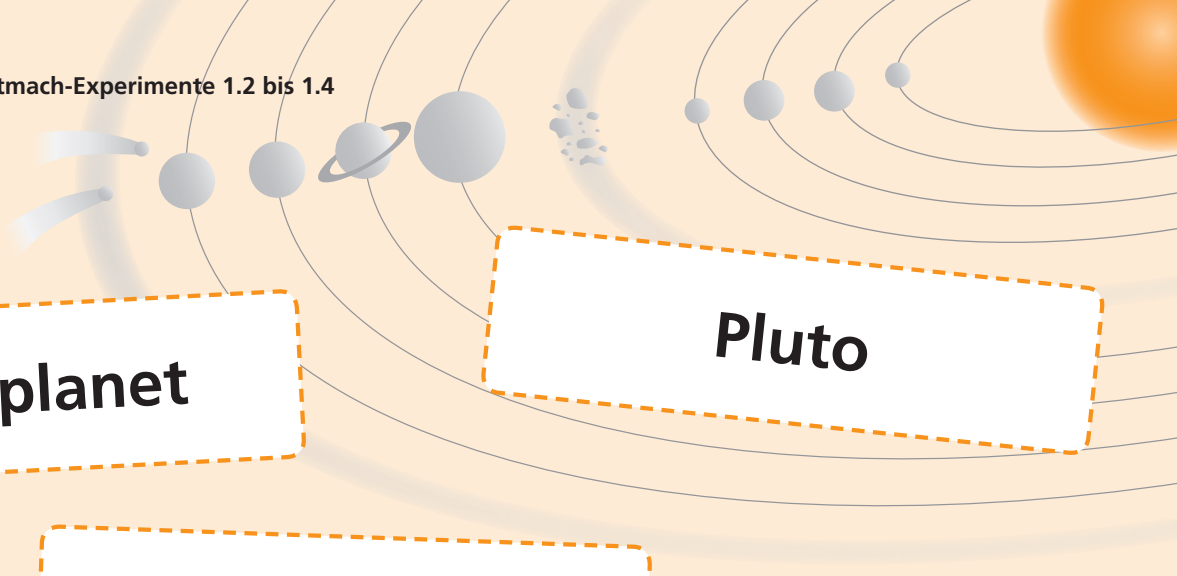
Saturn

Jupiter

Uranus

Neptun

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014



Zwergplanet

Pluto

Asteroiden

Kometen

Kuipergürtel

Oortsche Wolke

Stern

Monde

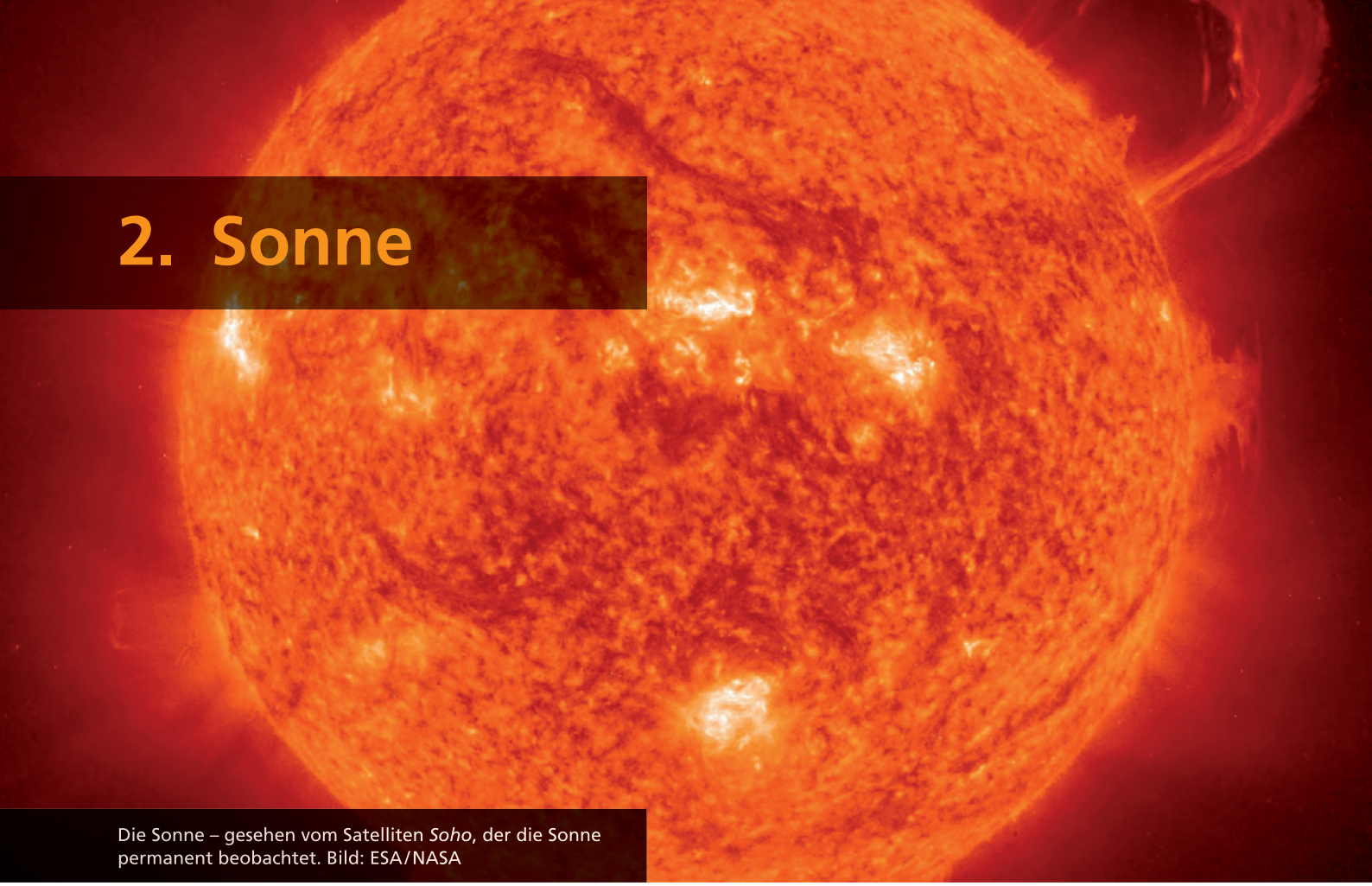
Gasplaneten

Gesteinsplaneten

Asteroidengürtel

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

2. Sonne



Die Sonne – gesehen vom Satelliten *Soho*, der die Sonne permanent beobachtet. Bild: ESA/NASA

Hintergrund-Info

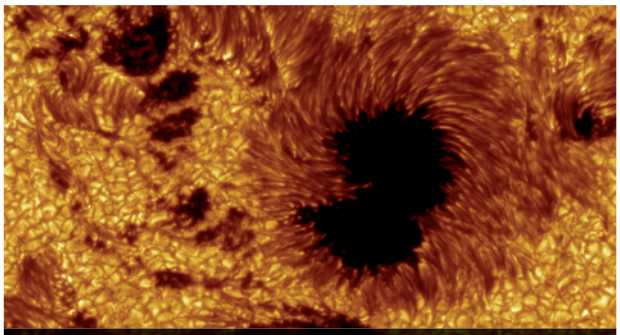
Die Sonne ist ein recht durchschnittlicher Stern. Es gibt im Universum größere und auch kleinere. Dennoch ist sie im Vergleich zur Erde natürlich riesig: Entlang des Durchmessers von rund 1,4 Millionen Kilometern könnten 109 Erdkugeln aufgereiht werden. Vom Volumen her ließe sich die Sonne mit 1,3 Millionen Erdkugeln füllen. Und man würde 335 000 Erdkugeln benötigen, um sie aufzuwiegen. Im Innern der Sonne findet bei enormem Druck und extremen Temperaturen (15 Millionen °C) eine Kernfusion statt. Dabei wird Wasserstoff in Helium umgewandelt – ein Prozess, der gewaltige Energiemengen erzeugt. Übrigens: Bis diese Energie, die da permanent im Innern entsteht, von der Sonne abgegeben wird, dauert es sehr lange. Sie wird über viele Tausend Jahre hinweg vom Kern an die Oberfläche transportiert und dann in unterschiedlicher Form abgestrahlt: als Wärme, als sichtbares Licht sowie in anderen Wellenlängen wie zum Beispiel der für unser menschliches Auge unsichtbaren UV-Strahlung.

All diese sehr komplizierten Abläufe dauern seit der Entstehung der Sonne vor etwa 4,6 Milliarden Jahren an und werden sich im Wesentlichen etwa weitere 5 Milliarden Jahre so fortsetzen. Dabei befinden sich die Kräfte innerhalb der Sonne – nämlich einerseits der Gasdruck, der nach außen wirkt, und andererseits die Schwerkraft, die nach innen gerichtet ist – in einer ausgeglichenen Balance. Aus der Beobachtung ähnlicher Sterne wissen wir, was dann passieren wird: Wenn sämtlicher Wasserstoff – der „Brennstoff" der Sonne – verbraucht ist, bricht das Gleichgewicht der Sonne zusammen. Sie kollabiert kurzzeitig unter ihrer eigenen Masse, erhöht dadurch aber den Druck im Innern so enorm, dass sie sich gewaltig aufbläht und zu einem sogenannten „Roten Riesen" wird. Die Sonne dehnt sich dabei sogar über die Bahnen der inneren Planeten hinweg aus – um ganz am Ende dieses Prozesses zu einem „Weißen Zwerg" von der Größe der Erde zu schrumpfen, der so gut wie keine Energie mehr abgibt. Der Stern „Sonne" ist dann erloschen.

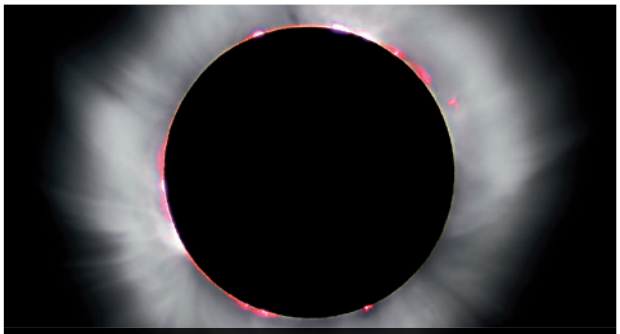
Steckbrief

Durchmesser:
1 392 700 km (am Äquator)
Rotationsdauer:
25 Tage (Oberfläche am Äquator) bis
31 Tage (an den Polen)
Oberflächentemperatur (Fotosphäre):
5500 bis 7000 °C

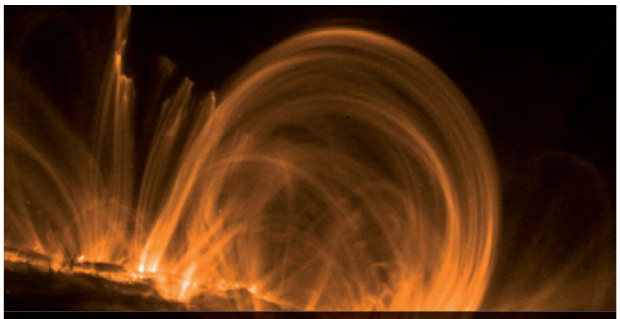
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014



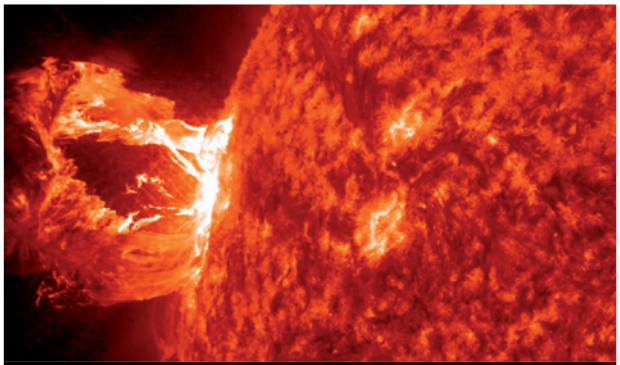
Auf diesem Bild erkennt man die großen Sonnenflecken und auch die feinkörnige Granulenstruktur. Bild: Royal Swedish Academy of Sciences



Die Korona der Sonne. Man sieht sie mit bloßem Auge nur, wenn sich bei einer Sonnenfinsternis der Mond vor die Sonne schiebt. Bild: Luc Viatour/www.Lucnix.be



Viele Tausend Kilometer lange Filamente von heißem Gas-Plasma, das den Verlauf der Magnetfeldlinien anzeigt – aufgenommen vom Satelliten *Trace*.
Bild: M. Aschwanden et al. (LMSAL), Trace, NASA



Eine Sonneneruption. Bild: NASA/*SDO* and AIA, EVE and HMI Science Teams

Die „Oberfläche" der Sonne besteht aus bis zu 7000 °C heißem Plasma (ionisiertem Gas). Sie wird von der sogenannten Fotosphäre gebildet, die die Grenzschicht zur Sonnenatmosphäre darstellt. Diese Atmosphäre besteht ebenfalls aus extrem heißem Gas und wird Chromosphäre genannt. Weit außen geht sie schließlich in die Korona über: Das ist eine Art Strahlenkranz, der besonders gut bei einer Sonnenfinsternis beobachtet werden kann.

Die Fotosphäre ist von verschiedenen Phänomenen gekennzeichnet: zum einen von den „Granulen", die der Sonnenoberfläche das Aussehen einer breiigen Suppe aus lauter kleinen Körnchen verleihen. Besonders auffallend sind aber die Sonnenflecken – dunkle Zonen mit unregelmäßigem Umriss, deren Größe oft ein Vielfaches der Erde ausmacht. Weil sie über die Sonne zu wandern scheinen, folgerte man schon im Altertum, dass die Sonne eine rotierende Kugel ist – und keine Scheibe. Die Sonnenflecken erreichen in einem elfjährigen Zyklus ein Maximum, was mit kleineren Klimaschwankungen auf der Erde (wohlgemerkt nicht mit dem ernsten Problem des Klimawandels) in Verbindung gebracht wird und sich bekanntlich auch an Baumringen ablesen lässt. Die Ursache für diesen Elf-Jahres-Zyklus hat mit einem eigentümlichen Phänomen zu tun: Wie die Erde besitzt auch die Sonne magnetische Pole. Aber ihr Nord- und Südpol wechseln im Rhythmus von elf Jahren die Orientierung – und das lässt auch die Sonnenaktivität leicht variieren. Außerdem verwirbeln sich nach jedem Umpolen die Magnetfelder rasch über den ganzen Himmelskörper hinweg, was für ein dynamisches Wechselspiel sorgt. Spektakulär sind dabei die Protuberanzen: gewaltige Wurfbögen von Sonnenmaterie, deren Form den Verlauf einzelner Magnetfeldlinien erkennen lässt. Manchmal brechen diese lokalen Magnetfelder unter der großen Masse regelrecht zusammen. Dann geben sie große Mengen von Plasma ins Weltall frei – und bei diesen Sonneneruptionen werden auch geladene Partikel ins All geschleudert, die als „Sonnensturm" sogar die Erde erreichen können.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Eigentlich sind wir auf der Erde durch unser Magnetfeld gut gegen den Sonnensturm geschützt. Aber vor allem die Elektronik von Satelliten, die unseren Planeten außerhalb dieses Magnetfelds umkreisen, kann vom Sonnensturm beschädigt werden. Und wenn der „Sturm" zu stark wird, kann auch das Magnetfeld nicht alles abhalten. In solchen Extremfällen können sogar Kraftwerke lahm gelegt oder der Funkverkehr gestört werden – weshalb dann insbesondere Transatlantikflüge, also Routen nahe des Nordpols, manchmal abgesagt werden. Denn an den Polen reicht der Magnetfeld-Schutz der Erde nicht so hoch wie in anderen Regionen. Dadurch entsteht dort übrigens auch ein harmloser und schöner Nebeneffekt des Sonnensturms: Wenn die Sonnenteilchen entlang der irdischen Magnetfeldlinien auf die oberen Luftschichten der Erdatmosphäre treffen, lösen sie Polarlichter aus – manchmal auch schon, wenn es kein „Sturm", sondern nur ein normaler „Sonnenwind" ist, wie ihn die Sonne in moderater Weise permanent abstrahlt.

Spannend!

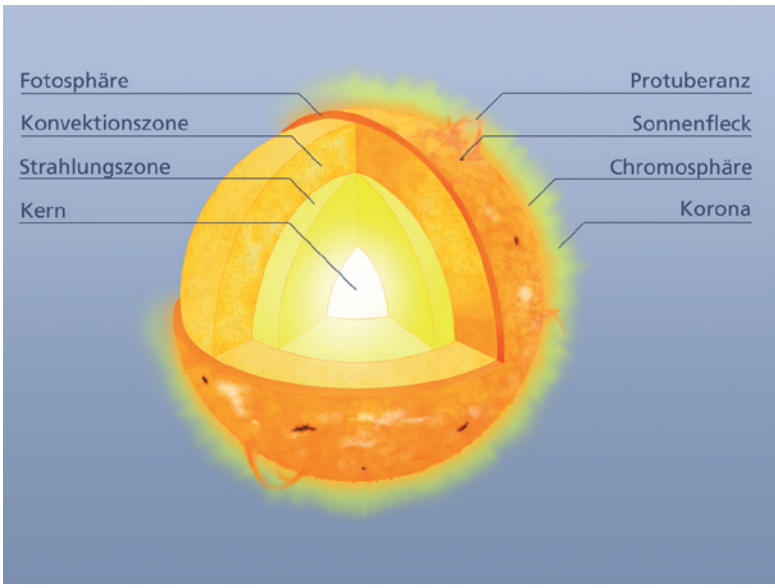
Der NASA-Satellit *SDO* liefert rund um die Uhr Livebilder der Sonne – siehe http://sdo.gsfc.nasa.gov/ Wenn man diese Bilder über mehrere Tage betrachtet oder sich ein Zeitraffer-Video (ebenfalls auf diesen *SDO*-Webseiten) ansieht, erkennt man auch, wie die Sonne rotiert: Sie dreht sich in etwa 25 Tagen einmal um sich selbst – allerdings weit „oben" bzw. „unten" in ihren nördlichen und südlichen Regionen mit bis zu 31 Tagen etwas langsamer (was möglich ist, weil die Sonne keine feste Oberfläche hat, sondern eher wie ein zäher „Brei" beschaffen ist). Satelliten wie *SDO* untersuchen die Sonne aus zwei Gründen: Erstens kann man so frühzeitig vor einem Sonnensturm warnen, was z. B. für die Luftfahrt und die Sicherheit der Kommunikationssatelliten wichtig ist. Zweitens kann man anhand der Sonne aus vergleichsweise nächster Nähe einen Stern im Detail studieren und so mehr über diese Himmelskörper und das Universum lernen.

Zur Didaktik

Im ersten Mitmach-Experiment:
- Durch Beobachtung erkennen, wie Wärmetransport durch Konvektion funktioniert.
- Die Vorgänge direkt unter der Sonnenoberfläche kennenlernen.

Im zweiten Mitmach-Experiment:
- Die Kinder sollen eine Vorstellung von den dynamischen Abläufen auf der Sonnenoberfläche entwickeln.

Vorsicht! Niemals darf die Sonne mit dem bloßen Auge beobachtet werden! Das gilt für die Beobachtung ohne technische Hilfsmittel – man darf also auch nicht mit der Hand über den Augen in die Sonne blinzeln. Und viel mehr noch gilt dies für die Beobachtung mit einem Fernglas oder einem Teleskop. Die Augen könnten sehr stark geschädigt werden – bis hin zum Erblinden. Bitte machen Sie dies auch den Kindern unbedingt klar! Für die Beobachtung von Sonnenflecken oder Sonneneruptionen mit einem Teleskop gibt es im einschlägigen Versandhandel spezielle Schutzfolien zu kaufen, die das Sonnenlicht stark abgeschwächt passieren lassen (siehe in Zeitschriften für Hobby-Astronomen bzw. auf Astronomie-Internetseiten).



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

2.1 Mitmach-Experiment: Konvektionsversuch

Dieser Versuch demonstriert die Vorgänge in der sogenannten Konvektionszone der Sonne.

Unter Konvektion versteht man den Transport von Materie oder auch Wärme in einer Art „Strömung". So wird auch die enorme Hitze, die im Kern der Sonne erzeugt wird, durch Ströme von heißem Plasma in Richtung der Oberfläche transportiert und von dort ins Weltall abgestrahlt.

Achtung: Wegen Verbrennungsgefahr nur unter Aufsicht einer Lehrkraft ausführen. Nicht mit dem Gesicht zu nah an den Topf gehen!

Materialien

- Herdplatte
- großer, flacher Topf oder Pfanne (ein heller Boden eignet sich besonders gut)
- Wasser
- grob gemahlener Pfeffer (aus Pfeffermühle)
  Hinweis: Nicht jeder Pfeffer eignet sich für diesen Versuch. Probieren Sie unbedingt vorher verschiedene Sorten aus. Grundsätzlich sollte man den Pfeffer nicht zu fein mahlen.

Durchführung

1. Der Topf wird ca. 2 cm hoch mit Wasser gefüllt.
2. Auf die Wasseroberfläche wird Pfeffer gemahlen.
3. Die Herdplatte wird auf höchster Stufe eingeschaltet und man wartet eine Zeit lang.
4. Alle Kinder beobachten eine Weile die Pfefferkörner.
5. Wie bewegen sich die Pfefferkörner im heißen Wasser?

Anmerkung: Hier werden die Beobachtungen gleich besprochen und in der Plenumsrunde noch einmal wiederholt und vertieft.

Tipp: Das Wasser sollte nicht zu sehr kochen, sonst lassen sich die Konvektionsbewegungen nicht mehr gut beobachten.

Erläuterung

Die Pfefferkörner veranschaulichen die Materieströme des Wassers beim Erhitzen: Erwärmtes Wasser steigt nach oben, kühleres Wasser sinkt nach unten. Im Topf bilden sich mehrere „Konvektions-Zellen" eines solchen Kreislaufs. Durch das genaue Beobachten sollen die Kinder herausfinden, was Konvektion ist und wie sie stattfindet. Das Geschehen im Topf soll dabei eine Zeit lang (ca. 2 Minuten) beobachtet werden. Die Pfefferkörner werden mit dem erhitzten Wasser an die Oberfläche getragen (das erhitzte Wasser steigt von unten nach oben und nimmt die Pfefferkörner mit). An der Oberfläche angekommen, wird das Wasser etwas abgekühlt und fällt wieder zurück nach unten. Die Pfefferkörner werden wiederum mitgenommen. Es entsteht eine leicht kreisförmige Bewegung der Pfefferkörner. Diesen physikalischen Prozess nennt man **Konvektion**.

Die Übertragung des Versuchsgeschehens auf die Sonne kann den Kindern folgendermaßen erläutert werden):

- Bei diesem Versuch entspricht die Herdplatte dem Sonnenkern, in dem die Kernfusion stattfindet (Energiequelle).
- Der Topfboden entspricht der Strahlungszone (Übertragung der Energie).
- Das Wasser mit den gemahlenen Pfefferkörnern entspricht der Konvektionszone (Wärmetransport).
- Die Oberfläche entspricht der Fotosphäre, die im anschließenden Granulationsversuch noch deutlicher dargestellt wird.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

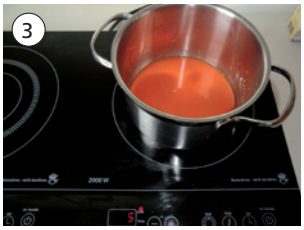
2.2. Mitmach-Experiment: Granulenbildung

Auf der Oberfläche der Sonne brodelt es ganz schön. Wie es dort in etwa aussieht und was es mit den „Granulen“ auf der Oberfläche auf sich hat, lässt sich in diesem Versuch gut veranschaulichen.

Achtung: Auch dieser Versuch darf nur unter Aufsicht einer Lehrkraft durchgeführt werden!

Durchführung

1. Der Topf wird etwa ½ cm hoch mit rot gefärbtem Wasser gefüllt.
2. Es wird 1 Esslöffel Stärke in das Wasser gegeben und mit einem Schneebesen so lange gerührt, bis die Stärke ganz aufgelöst ist.
3. Die Herdplatte wird auf Stufe 5 eingeschaltet (bei einem Induktionsherd; sonst auf höchster Stufe).
4. Nach einer Weile beginnt die Phase der genauen Beobachtung. Was sich im Topf abspielt, findet so ähnlich auf der Sonnenoberfläche statt – in viel größerem Maßstab.



Hinweis: Nicht anbrennen lassen! Topf rechtzeitig von der Herdplatte nehmen und ausschalten.

Materialien

- Herdplatte (sehr gut geeignet ist eine Induktionsplatte)
- Topf (ca. 8 cm hoch und ca. 20 cm Durchmesser)
- Messbecher oder anderes Gefäß (zum Anrühren der Flüssigkeit)
- ca. 500 ml Wasser (pro Versuch ca. 100 ml, je nach Topfgröße)
- Lebensmittelfarbe (Rot, Gelb oder Orange)
- (Speise-)Stärke
- 1 Esslöffel
- Lineal oder anderes Messgerät, um 1/2 cm zu messen
- Schneebesen oder Gabel

Erläuterung

Die sogenannte „Granulenbildung“ oder Granulation auf der Sonnenoberfläche ist neben den Sonnenflecken und den Eruptionen ein faszinierender Vorgang, der die Dynamik der Prozesse auf der Sonnenoberfläche verdeutlicht. Auch wenn es sich hierbei nur um einen einfachen „Küchenversuch“ handelt, so können die Kinder dennoch eine Vorstellung entwickeln, wie es auf der Sonnenoberfläche aussieht. Allerdings erreichen dort die entstehenden Blasen (Granulen) einen Durchmesser von ca. 1000 km und könnten damit ganz Deutschland bedecken. Die Sonne besteht aus flüssigem, sehr heißem Gas, das wie hier im Topf kocht und auf der Oberfläche bis zu 7000 °C heiß ist.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Möglichkeiten zur Vertiefung

Die Sonne – ein Stern wie viele andere

Die Sonne ist ein Stern wie Milliarden andere auch. Alle Lichtpunkte, die wir am Nachthimmel sehen, sind Sonnen – vom Mond und den fünf Planeten, die man mit bloßem Auge gut erkennen kann, einmal abgesehen. Sie wirken nur wegen der großen Entfernung eben kleiner als unsere Sonne. Für Kinder ist das zunächst nicht nachvollziehbar, lässt sich aber leicht verdeutlichen: Wir gehen in die Turnhalle oder noch besser auf den Sportplatz – alle mit einem runden gelben Stück Karton oder Papier in der Hand. Alle diese „Sonnen" wurden vorher von den Kindern mit exakt der gleichen Größe gefertigt (z. B. einheitlich 50 cm Durchmesser). Jetzt stellen wir uns in einem großen Kreis auf – und alle Kinder erkennen sofort: Die Sonne nebenan ist groß, die weit entfernten Sonnen wirken kleiner. Und je weiter sich die Kinder voneinander aufstellen, je deutlicher fällt der (eben nur scheinbare) Größenunterschied auf.

Ältere Schülerinnen und Schüler können auch die Sonne und einige andere Sterne in maßstabsgerechter Größe zeichnen. Hier einige Sterne zum Vergleich:

Sirius:	ca. 1,7-facher Sonnendurchmesser
Wega:	2,7-facher Sonnendurchmesser
Capella:	ca. 10-facher Sonnendurchmesser
Polarstern:	ca. 50-facher Sonnendurchmesser

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Wie im Karussell

Die Sonne besitzt viel Energie. Aus ihrem Inneren strahlt sie große Hitze nach außen ab – so wie die Herdplatte in unserem Versuch.

Was passiert, wenn das Wasser erhitzt wird?

1. Gießt in einen Topf etwa 2 cm hoch Wasser.
2. Nun verteilt ihr mit einer Pfeffermühle grob gemahlenen Pfeffer auf die Wasseroberfläche.
3. Stellt euch in sicherer Entfernung so um den Herd, dass ihr gut in den Topf schauen könnt.
   Achtung: Den Versuch nur zusammen mit eurer Lehrerin bzw. eurem Lehrer ausführen, damit sich niemand verbrennt!
4. Schaltet die Herdplatte auf höchster Stufe ein und wartet eine Zeit lang.
   Tipp: Das Wasser sollte nicht zu sehr kochen, denn sonst können die Bewegungen nicht mehr gut beobachtet werden.
5. Betrachtet die Pfefferkörner eine Weile, wie sie sich im Wasser bewegen.
6. Zunächst solltet ihr einfach nur in Ruhe beobachten. Dann könnt ihr auch über eure Entdeckungen reden.
7. Besprecht eure Beobachtungen anschließend in der gemeinsamen Runde.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Auf der Sonnenoberfläche brodelt es

Dass es auf der Sonne sehr heiß ist, könnt ihr euch sicher vorstellen.
Oft steht sie als glutroter Ball am Himmel oder ihre Strahlen brennen auf eurer Haut.

Wie sieht es aber wohl tatsächlich auf der Oberfläche der Sonne aus?

1. Füllt den Topf etwa ½ cm hoch mit rotem Wasser. Dieses hat eure Lehrerin oder eurer Lehrer schon vorher mit roter Lebensmittelfarbe eingefärbt.

2. Gebt 1 Esslöffel Stärke in das Wasser und rührt so lange, bis die Stärke ganz aufgelöst ist.

3. Schaltet die Platte auf Stufe 5 (Induktionsherd) bzw. auf höchster Stufe ein.
Achtung: Dieser Versuch darf nur mit eurer Lehrerin bzw. eurem Lehrer durchgeführt werden, damit sich niemand verbrennt!

4. Was beobachtet ihr?
Hinweis: Nicht anbrennen lassen! Nehmt den Topf rechtzeitig von der Herdplatte und schaltet diese aus.

5. Nun könnt ihr in einer gemeinsamen Runde besprechen, was ihr alles entdeckt habt.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

3. Merkur

Der Planet Merkur – aufgenommen von der amerikanischen Raumsonde *Messenger*. Bild: NASA/JHU-APL/Carnegie Institution of Washington

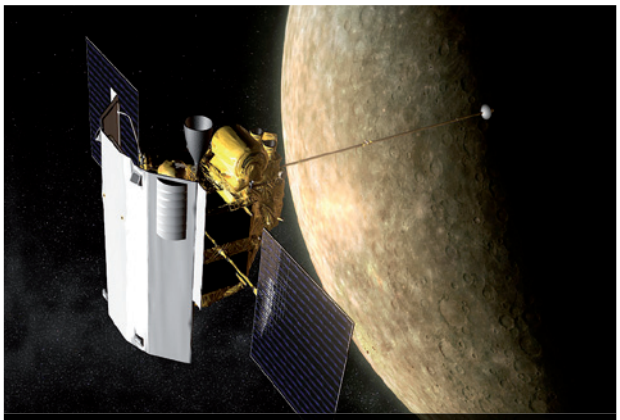
Hintergrund-Info

Merkur ist der kleinste der acht Planeten. Und er ist der Sonne am nächsten. Wo Sonnenstrahlen auf die Oberfläche treffen, ist es extrem heiß: bis zu +420 °C. Auf der Nachtseite kühlt die Merkur-Oberfläche dagegen bis auf -170 °C ab, und zwar weil sie ohne eine Atmosphäre, die die extremen Temperaturen ausgleichen könnte, keinerlei „Isolation" hat. Hinzu kommt, dass sich der Planet nur sehr langsam um die eigene Achse dreht: während einer Umkreisung der Sonne (also in einem Merkur-Jahr) nur 1,5-mal – oder besser während zweier Merkur-Jahre genau dreimal. Die Oberfläche wird also auf der einen Seite sehr lange aufgeheizt und kühlt auf der anderen entsprechend lange ab.

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
58 Mio. km
Durchmesser:
4880 km
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
88 Tage (in Erden-Tagen)
Rotationsperiode:
58 Tage, 15 Stunden und 36 Minuten
Monde:
keine

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014



Diese künstlerische Darstellung zeigt die Sonde *Messenger*, die den Merkur erkundet. Bild: NASA

Spannend!

Lange Zeit wusste man gar nicht, wie der Merkur aussieht. Und als 1974 die Raumsonde *Mariner 10* endlich den Planeten fotografierte, konnte sie auch noch nicht die gesamte Oberfläche aufnehmen. Warum ist das beim Merkur wohl so schwierig? Die Antwort: Wenn eine Raumsonde nah an den Merkur heranfliegt, kommt sie dabei ja automatisch auch der Sonne sehr nahe. Deren Anziehungskraft wirkt wie ein Magnet – man benötigt also viel Energie, die Sonde vor dem Sturz in die Sonne abzubremsen. Außerdem benötigt sie einen besonderen „Sonnenschutzfaktor" – also eine besonders gute Isolation der Instrumente an Bord. Erst die amerikanische Sonde *Messenger* konnte im Jahr 2011 in eine Umlaufbahn um den Planeten einschwenken und ihn komplett fotografieren.

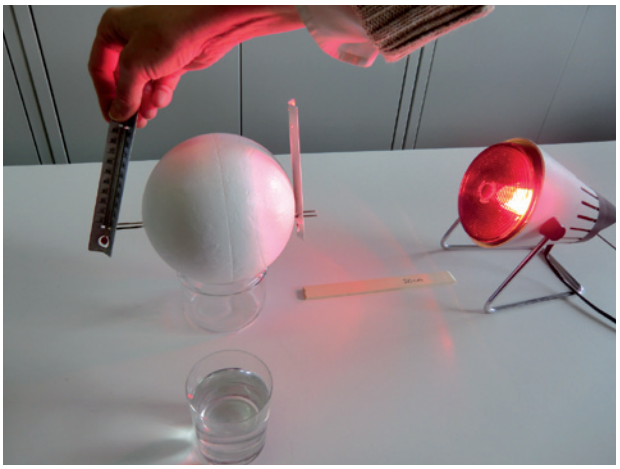
Zur Didaktik

- Für jüngere Kinder genügt es zunächst zu verstehen, dass Merkur der Sonne so nah ist, dass dort auf der „Sonnenseite" sehr hohe Temperaturen entstehen – viel zu heiß für Wasser und dadurch auch für Leben. Damit entwickeln die Kinder bereits ein Vorverständnis für das, was Planetenforscher die „habitable Zone" nennen und was wir später bei der Erde ausführlicher behandeln werden: Damit auf einem Planeten Leben entstehen kann, muss er unter anderem den richtigen Abstand zur Sonne haben.
- Das Mitmach-Experiment zeigt: Während es auf der „Sonnenseite" sehr heiß ist, ist es auf der „Nachtseite" sehr kalt. Die Kinder können leicht nachvollziehen: Nur wenn sich der Planet ausreichend schnell drehen würde und auch noch eine Atmosphäre als Schutzschicht hätte, würden diese extremen Temperaturunterschiede milder ausfallen.
- Das Mitmach-Experiment macht zugleich mit methodischem Vorgehen vertraut: sorgsamer Experiment-Aufbau, Bildung einer Hypothese zu Verlauf und Resultaten, Beobachtung und Notierung der Ergebnisse sowie schließlich Auswertung, Diskussion und Schlussfolgerung im Team.
- Für etwas ältere Schülerinnen und Schüler bieten sich einige Vertiefungen an (siehe unten). Dabei kann die Oberfläche von Merkur untersucht werden, was Beobachtungsgabe und Fähigkeiten zu logischen Schlussfolgerungen fördert. Und mit einem Vergleich zu anderen Himmelskörpern wird der Unterschied zwischen Volumen und Masse klar – eventuell auch anhand eines kleinen und ganz simplen Zusatz-Experiments (siehe Möglichkeiten zur Vertiefung).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

3.1 Mitmach-Experiment: Temperaturvergleich

Das Mitmach-Experiment verdeutlicht die Temperaturunterschiede auf der Tag- und Nachtseite von Merkur an einem einfachen Modell.



Materialien

- 1 Styroporkugel (Vollkugel oder 2 Halbschalen, Durchmesser ca. 15 cm)
- 2 dünne Stricknadeln oder Klebestreifen
- 1 Glas zum Auflegen der Merkur-Kugel
- 1 weiteres Glas mit kaltem Wasser
- 2 Thermometer
- 1 Rotlichtlampe oder Baustrahler
- 1 Lineal, 20 cm
- Stromanschluss

Hinweis: Je nach Typ kann man die Thermometer eventuell mit Klebestreifen fixieren oder – wenn die Thermometer zwei Löcher haben – an zwei Stricknadeln befestigen, die die Lehrkraft vor dem Experiment durch die Styroporkugel sticht (siehe Abb.). Prüfen Sie vor dem Versuch, welche Befestigungsart bei Ihren Thermometern geeignet ist.

Achtung: Weisen Sie bitte die Kinder darauf hin, dass das Wasser nicht an die Steckdose gelangen darf. Unterweisen Sie sie auch über den korrekten Umgang mit der Rotlichtlampe oder dem Baustrahler.

Durchführung

1. Ein Glas wird mit gekühltem Wasser (ca. 15 °C) gefüllt.
2. Beide Thermometer werden ins Wasserglas gestellt.
3. Die Styroporkugel – unser „Merkur" – wird auf das andere Glas gelegt (das Glas dient nur als Halter für die Kugel und bleibt leer).
4. Die Lampe – unsere „Sonne" – wird im Abstand von 20 cm vor den „Merkur" platziert und genau in Richtung des Planeten ausgerichtet. **Hinweis:** Die Lampe muss noch ausgeschaltet sein!
5. Ein Thermometer wird auf die zur Sonne zeigende Seite des Merkur gesteckt oder anderweitig dort befestigt, das andere Thermometer genau gegenüber an der Nachtseite des Planeten.
6. Die Kinder sollen Vermutungen äußern: Was wird wohl passieren, wenn man die Lampe gleich einschaltet? Und warum?
7. Die Lampe wird nun eingeschaltet und beide Thermometer werden eine Zeit lang beobachtet. Was kann man feststellen? Die Temperaturen der beiden Thermometer werden aufgeschrieben – erst nach 1 Minute und dann nach 5 Minuten noch einmal. Abschließend werden die Ergebnisse besprochen.

Erläuterung

Durch diesen Versuch sollen die Kinder den enormen Temperaturunterschied zwischen Tag- und Nachtseite auf dem Merkur nachvollziehen können. Nach ca. 1 Minute Beobachtungsdauer zeigt das eine Thermometer ca. 15 °C und das andere ca. 25–30 °C an, nach ca. 5 Minuten bis zu 40 °C.

Um bei mehreren Versuchsdurchgängen jedem Beobachter gleiche Voraussetzungen zu bieten, müssen die beiden Thermometer die gleiche Ausgangstemperatur anzeigen und daher nach jedem Versuch zur Abkühlung wieder in das Wasserglas gestellt werden.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Möglichkeiten zur Vertiefung

Je nach Alter der Schüler lassen sich mehrere interessante Fragen besprechen, die auch einige grundsätzliche Denkanstöße geben:

Oberfläche

Wir betrachten Aufnahmen des Planeten Merkur – aus dem Internet oder der Materialsammlung (siehe DVD im Anhang). Warum hat wohl Merkur – etwa im Vergleich zur Erde – so viele Krater? Gibt es andere Himmelskörper, die ähnlich aussehen?

Die Antwort: Die Krater stammen von Asteroiden und Kometen, sind also Einschlagskrater (und keine Vulkankrater, die es ja auf anderen Planeten wie etwa Venus und Mars auch gibt). Sie stammen überwiegend aus der frühen Phase des Sonnensystems, als alles noch recht ungeordnet zuging und es häufiger zu Einschlägen solcher „herumirrender" kleiner Himmelskörper kam. Auf der Erde haben Wind und Wetter viele dieser Krater abgetragen und „verwischt". Auf dem Merkur, wo es keine Atmosphäre gibt, sind sie bis heute fast unverändert erhalten geblieben. Apropos Atmosphäre: Sie schützt uns auf der Erde – im Gegensatz zu Merkur – auch vor vielen Einschlägen, da kleinere Felsbrocken in der Erdatmosphäre verglühen und gar nicht den Boden erreichen. Und an welchen Himmelskörper erinnert Merkur nun? Natürlich an unseren Mond, der ebenfalls keine Atmosphäre besitzt und viele Krater aufweist.

Volumen und Masse

Merkur ist ein sehr kleiner Planet – kleiner sogar als die beiden größten Monde des Sonnensystems, nämlich der Jupiter-Mond Ganymed und der Saturn-Mond Titan. Aber: Merkur ist deutlich „schwerer" als diese beiden Monde! Um genau zu sein: Er hat mehr Masse – mehr als doppelt so viel im Vergleich zu diesen Monden. Wie kann das sein?

Die Antwort: Merkur besteht aus ganz anderen Stoffen. Er ist ein Gesteinsplanet mit einem recht großen Eisenkern im Innern. Die genannten Monde Ganymed und Titan bestehen dagegen aus leichtem Eis mit einem Gesteinskern im Innern und haben deshalb insgesamt deutlich weniger Masse. Mit zwei kugelförmigen Objekten – etwa mit einer Apfelsine und einer etwas größeren Styroporkugel – kann man das schön illustrieren. Legt man sie auf eine Waage, zeigt sich: Die kleinere „Merkur-Apfelsine" ist schwerer als der größere „Styropor-Mond" Ganymed oder Titan! Damit erfahren die Schüler bereits, dass zwei Körper bei gleicher Größe unterschiedliche Masse haben können und sogar ein größerer Körper „leichter" als ein kleiner sein kann. Auch wird deutlich: Die Stoffe, aus denen Himmelskörper aufgebaut sind, können eine unterschiedliche Dichte besitzen. Nebenbei: Der Vergleich des kleinen Planeten mit den großen Monden ruft auch die Definition solcher Himmelskörper in Erinnerung. Nicht die Größe entscheidet, ob es ein Planet oder Mond ist, sondern: Wer umkreist wen? Planeten umkreisen die Sonne, Monde umkreisen die Planeten (siehe „Das Wichtigste merke ich mir").

Nur für Lehrkräfte als Hintergrundwissen und im Falle von Nachfragen: Der Eisenkern von Merkur ist verglichen mit anderen Planeten überproportional groß – eigentlich also viel zu groß für diesen kleinen Planeten. Die Ursache ist nicht abschließend geklärt. Vielleicht war Merkur früher einmal größer und hat bei einer Kollision mit einem anderen Himmelskörper einen Teil seiner äußeren Gesteinsschale verloren. Auf einen solchen „Zusammenstoß" deuten auch einige Strukturen auf der Oberfläche hin, die gewissermaßen die „Narben" des damaligen „Crashs" sein könnten.

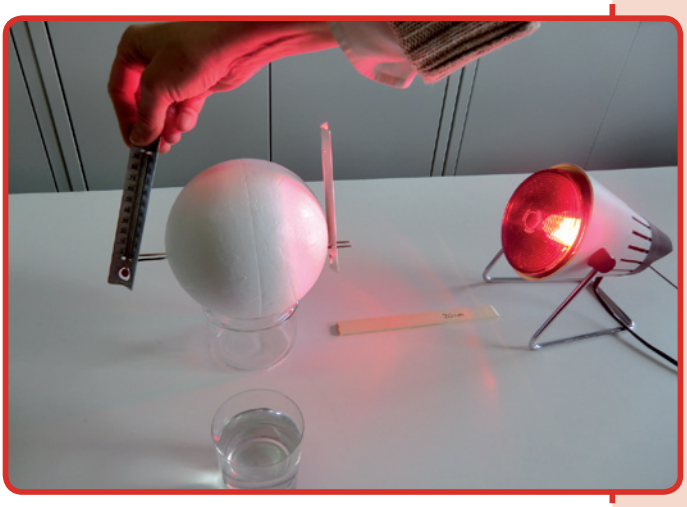
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Der Sonne am nächsten

Der Temperaturunterschied auf dem Merkur ist enorm.
Er beträgt fast 600 °C, von -170 °C bis +420 °C.

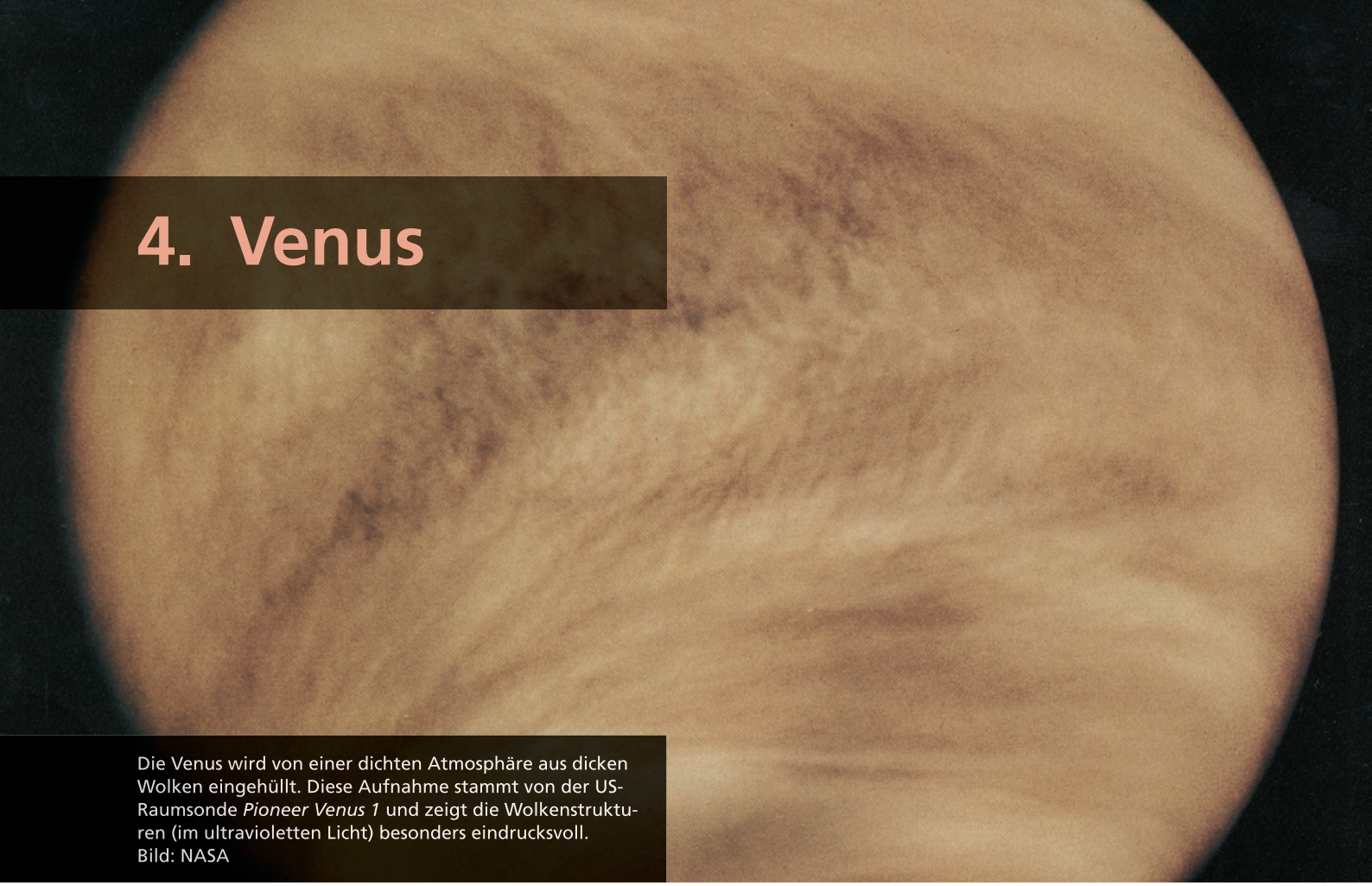
Wie kommt es zu diesen Temperaturen?

1. Füllt ein Glas mit kühlem Wasser (ca. 15 °C).
2. Stellt beide Thermometer ins Wasserglas.
3. Legt die Styroporkugel – unseren „Merkur" – auf das andere Glas (das Glas dient nur als Halter für die Kugel und bleibt leer).
4. Stellt die Rotlichtlampe – unsere „Sonne" – im Abstand von 20 cm vor den „Merkur" und richtet sie genau in Richtung des Planeten aus.
   Hinweis: Die Lampe muss noch ausgeschaltet sein!
5. Befestigt ein Thermometer auf der Seite des Merkur, die zur Sonne zeigt, und das andere Thermometer genau gegenüber an der Nachtseite des Planeten. Falls eure Thermometer unten Löcher haben, könnt ihr sie auch auf zwei Stifte stecken wie in der Abbildung.
6. Jetzt überlegt, was wohl passieren wird, wenn ihr die Lampe gleich einschaltet. Was werdet ihr wohl beobachten? Und warum?
7. Schaltet nun die Rotlichtlampe ein und beobachtet beide Thermometer eine Weile. Was stellt ihr fest? Schreibt euch die Temperaturen der beiden Thermometer auf – erst nach 1 Minute und dann nach 5 Minuten. Besprecht die Ergebnisse.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

4. Venus



Die Venus wird von einer dichten Atmosphäre aus dicken Wolken eingehüllt. Diese Aufnahme stammt von der US-Raumsonde *Pioneer Venus 1* und zeigt die Wolkenstrukturen (im ultravioletten Licht) besonders eindrucksvoll.
Bild: NASA

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
108 Mio. km
Durchmesser:
12 110 km
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
225 Tage
Rotationsperiode:
243 Tage und 27 Minuten
Monde:
keine

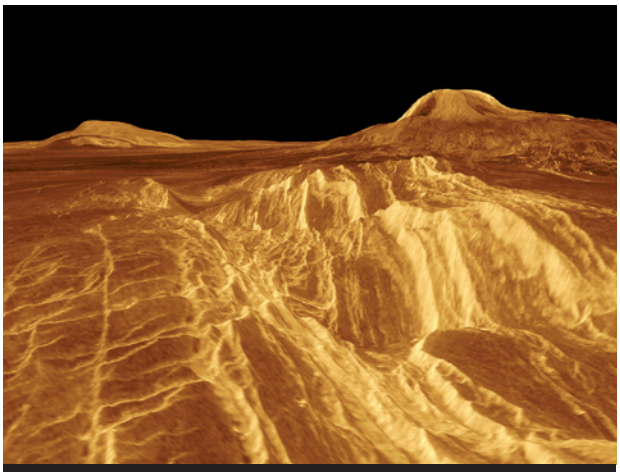
Hintergrund-Info

Die Venus ist von der Sonne aus der zweite Planet. Sie ist unser nächster „Nachbar" – vom Mond einmal abgesehen – und auch ungefähr so groß wie die Erde. Doch während sich bei uns eine lebensfreundliche Welt entwickelt hat, wurde die Venus zu einer „heißen Hölle": Auf dem Planeten herrschen Tag und Nacht Temperaturen von etwa 460 °C. Das ist so heiß, dass sogar Blei schmelzen würde. Ausgelöst wird das nicht nur durch die Nähe zur Sonne, sondern auch durch einen enormen Treibhauseffekt: Die Venus hat eine dichte Atmosphäre, die überwiegend aus Kohlendioxid besteht und in der die Wolken aus Schwefelsäure sind. Mit dem Auge, Teleskopen oder normalen Fotoapparaten kann man da nicht durchsehen. Diese Gashülle ist am Boden mehr als 90-mal so dicht wie die Atmosphäre der Erde. Hier entsteht ein Druck, der im Meer in ca. 900 Metern Tiefe herrscht. Nur wenige unbemannte Raumsonden sind bisher auf der Venus gelandet – und sie überlebten nur wenige Stunden, bevor sie durch den hohen Druck regelrecht „zerquetscht" wurden. Aus diesen Daten – und von anderen Sonden, die die Venus in sicherer Entfernung umkreisten – haben wir jedoch inzwischen viele Informationen über unseren „Schwester-Planeten" gesammelt, der uns so gar nicht ähnlich ist. Mit Radar-Instrumenten, die durch

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

die Wolkenhülle „hindurchsehen“ können, wurde auch die Oberfläche genau untersucht. Es gibt dort Tiefebenen, Hochplateaus, Vulkane und erstarrte Lavaströme sowie einige Krater und Gräben.

Die Ursachen des starken Treibhauseffekts sind noch nicht abschließend verstanden. Neben diesem dominierenden Phänomen gibt es im Falle der Venus viele andere Besonderheiten – etwa die Bahn um die Sonne und die Eigenrotation betreffend –, die aber für die hier angesprochenen Altersstufen zu kompliziert sind. Daher nur einige Stichworte für Sie als Lehrkraft zu Ihrem eigenen Hintergrund: Die Venus ist der einzige Planet, der sich im Uhrzeigersinn um die eigene Achse dreht (wenn man auf den Nordpol blickt), alle anderen rotieren gegen den Uhrzeigersinn. Die Venus rotiert – während sie gleichzeitig die Sonne umkreist – also rückläufig (retrograd). Daher geht die Sonne auf der Venus, anders als auf der Erde, im Westen auf und im Osten unter.



Dieses Bild sieht aus, als ob die Kamera ganz dicht über der Venus-Oberfläche gewesen wäre. Tatsächlich aber befand sie sich an Bord der US-Sonde *Magellan*, die in mehreren hundert Kilometern Höhe den Planeten umkreiste. Die Aufzeichnungen des Radars, die die Sonde zur Erde funkte, wurden dann am Computer in diese Schrägansicht umgerechnet. Bild: NASA/JPL

Spannend!

Die Venus lässt sich gut am Himmel beobachten – und zwar abends kurz nach Sonnenuntergang oder morgens vor Sonnenaufgang. Dann ist sie oft das hellste Objekt am Himmel. Man nennt sie daher auch Morgen- bzw. Abendstern – obwohl sie gar kein Stern ist! **Hinweis:** Hier sollte man den Kindern noch einmal den Unterschied zwischen einem Stern, der selbst leuchtet, und einem Planeten, der das Licht nur reflektiert, in Erinnerung rufen. Die Venus funkelt nur so hell am Himmel, weil sie von der Sonne angestrahlt wird.

Zur Didaktik

- Durch diesen Versuch sollen die Kinder erkennen, weshalb auf der gesamten Venus so unglaublich hohe Temperaturen herrschen. Verantwortlich dafür ist ihre dichte Atmosphäre mit einem enormen Treibhauseffekt, der kein Abkühlen ermöglicht.
- Ganz spielerisch vermittelt das Experiment eine grundlegende wissenschaftliche Methode, nämlich die Durchführung eines Versuchs in verschiedenen Anordnungen – hier mit und ohne Glas.

Grundlegend dafür ist das Wissen, was ein Treibhauseffekt ist, wie also ein Treibhaus funktioniert: Es lässt Wärme hinein, nicht aber wieder heraus. Bei „echten“ Treibhäusern ist das erwünscht, weil Pflanzen dadurch gut gedeihen. Bei Planeten mit einer Atmosphäre verhindert ein moderater Treibhauseffekt ein Auskühlen. Ohne einen natürlichen Treibhauseffekt gäbe es zum Beispiel auf der Erde ständig Temperaturen unter dem Gefrierpunkt. Fällt der Treibhauseffekt aber zu stark aus, kommt es zur Aufheizung der Atmosphäre wie eben bei der Venus.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

4.1 Mitmach-Experiment: Treibhauseffekt

Wie wirkt sich die Atmosphäre auf die Temperaturen auf der Venus aus?

Das Mitmach-Experiment konzentriert sich auf den sicher spannendsten Aspekt des Planeten, nämlich den Treibhauseffekt. Anhand eines Venus-Modells mit Atmosphäre (in einem Glas) und eines zweiten ohne Atmosphäre (ohne Glas) wird das im Vergleich thematisiert.

Materialien

- 2 Gläser
- 1 Stopfen (Abdeckung) aus Styropor
- 2 Thermometer
- 1 Holzklammer oder andere Befestigungsmöglichkeit für eines der beiden Thermometer
- 2 kleine Watte- oder Styroporkugeln (Durchmesser ca. 15 mm) auf Drahtgestell
- 2 Stücke weicher Draht (für Drahtgestell)
- 1 Lineal oder Zollstock (für die Abstandsmessung)
- 1 Baustrahler
- Stromanschluss

Für eine interessante Variante des Versuchs benötigen Sie außerdem

- 1 Gefäß mit ca. 1/8 l Wasser
- 1 Brausetablette, z. B. Vitamin- oder Magnesiumtablette, zur Herstellung von CO_2
- 1 Holzstab, z. B. Schaschlikstab
- Streichholz oder Feuerzeug

Durchführung

Tipp: Es ist zu empfehlen, den Versuchsaufbau schon vorab von der Lehrkraft vorzubereiten. Denn bis ein Temperaturunterschied ablesbar ist, muss das geschlossene Glas mindestens eine halbe Stunde beschienen werden. Allenfalls älteren Schülerinnen und Schülern kann der Versuchsaufbau übertragen werden.

1. Eine Wattekugel, die auf ein Stück gebogenen Draht (als Halterung) gesteckt ist, wird in ein Glas gegeben – die Kugel ist die Venus, das Glas stellt die Atmosphäre dar. In einen Stopfen aus Styropor bohrt man ein Loch, das gerade groß genug ist, um ein Thermometer hindurchzustecken. Damit wird das Glas mit der Venus darin verschlossen. Dieses Glas kann in einer interessanten Versuchsvariante mit Kohlendioxid gefüllt werden. Dann ist das Ergebnis noch eindeutiger. Dazu löst man z. B. in einem weiteren Gefäß eine Brausetablette in ca. 1/8 l Wasser auf (alternativ kann CO_2 auch mit Essig und Backpulver hergestellt werden). Das entstandene Kohlendioxid (CO_2) wird in das zu schließende Glas „umgegossen". Da CO_2 schwerer als Luft ist, funktioniert das recht gut. **Hinweis:** Die Brauseflüssigkeit darf nicht mitgeschüttet werden.
2. Die zweite „Venus" hat zum Vergleich keine Atmosphäre. Deshalb stellt man diese „Venus" einfach nur unter das zweite Thermometer. Das Glas in der Abbildung dient nur als Thermometerhalterung (andere Halterungsvorrichtungen sind natürlich auch möglich).
3. Alles wird nebeneinander angeordnet und beide Thermometer werden in der gleichen Höhe über den „Venuskugeln" platziert.
4. In ca. 60 cm Entfernung wird eine Lampe (Baustrahler) aufgebaut. **Achtung:** Weisen Sie die Kinder auf die Verbrennungsgefahr hin! Ordnen Sie am besten den Versuchsaufbau so an, dass die Kinder nicht in die Nähe der Lampe kommen können!
5. Was wird wohl passieren, wenn man die Lampe einschaltet?
6. Nach einer letzten Prüfung, ob alles genau gleich weit von der Lampe entfernt steht, schaltet die Lehrkraft die Lampe ein. Die Kinder notieren die Anfangstemperaturen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

7. Nach einer guten halben Stunde werden die Thermometer erneut abgelesen und das Ergebnis notiert.
8. Nach einem Vergleich der Werte erfolgt eine gemeinsame Besprechung mit Kindern und Lehrkraft.

Erläuterung

Die beiden Versuchsaufbauten stellen den Planeten einmal mit und einmal ohne Atmosphäre dar. Die Venus im Glas hat also eine Atmosphäre, die Venus ohne Glas keine Atmosphäre um sich herum.
Hinweis: Bei diesem Versuch kann nur ein weißes Licht als Sonnenersatz verwendet werden, kein Rotlicht! Der zu beobachtende Unterschied ergibt nach ca. 30–40 Minuten:

Mit Luft im geschlossenen Glas:
- Venus mit Atmosphäre: ca. 35 °C
- Venus ohne Atmosphäre: ca. 29 °C

Mit Kohlendioxid im geschlossenen Glas:
- Venus mit Atmosphäre: bis zu 40 °C
- Venus ohne Atmosphäre: ca. 29 °C

Wenn Sie mit Brausetabletten Kohlendioxid erzeugen, bietet sich zusätzlich ein interessanter Versuch zum Nachweis dieses Gases an: Zünden Sie dazu einfach einen Holzstab an und halten Sie ihn über die Brauseflüssigkeit im Glas. Die Flamme geht aus.

Möglichkeiten zur Vertiefung

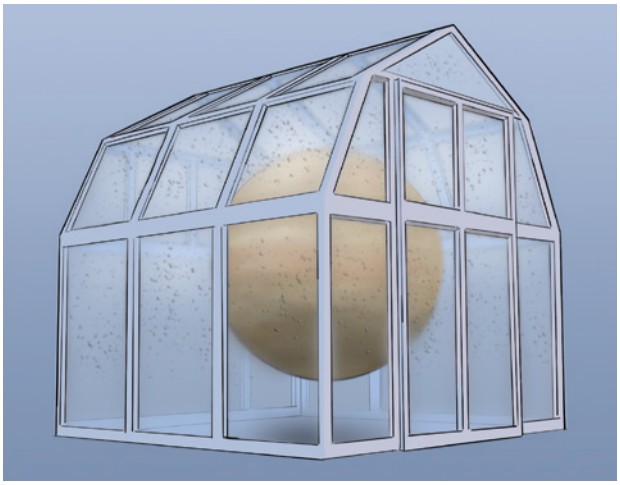
Hier zwei ergänzende Schüleraktivitäten, die gemeinsam oder individuell stattfinden können.

Beobachtung der Venus:

Da die Venus am Himmel mit bloßem Auge leicht zu erkennen ist, können die Kinder zu Beobachtungen aufgefordert werden. Dazu empfehlen wir folgendes Vorgehen: Die Lehrkräfte prüfen zuvor, wann die Venus wo zu sehen ist. Das kann aus eigener Kenntnis oder über Hinweise zum aktuellen Sternenhimmel geschehen, wie sie in vielen Zeitungen und auch im Internet regelmäßig veröffentlicht werden. Lehrkräften, die über ein Smartphone verfügen, empfehlen wir die kostenlose App DLR_next – mit Liveansichten zum Sternenhimmel über Ihrem Standort. Eine Alternative: www.stellarium.org ist ein kostenfreies Programm für den PC, das ebenfalls einen hervorragenden Überblick über den Sternenhimmel liefert. Wenn eine Phase mit guter Sichtbarkeit der Venus gegeben ist, gibt man den Kindern einfach Hinweise, zu welcher Uhrzeit der Planet in welcher Himmelsrichtung zu sehen ist. Die Kinder können dann mit Kompass oder orientiert am Sonnenauf- bzw. -untergang die Venus beobachten – ein schönes Erlebnis, wenn man vorher schon das Experiment durchgeführt und viel über den Planeten erfahren hat.

Exkursion in ein Treibhaus:

Wenn man den Treibhauseffekt thematisiert, liegt natürlich die Exkursion in ein echtes Treibhaus nahe – sei es in einem botanischen Garten oder in einer Gärtnerei. Dort erfahren die Schülerinnen und Schüler schon beim Betreten, was ein Treibhaus bewirkt: Draußen mag es kühl sein, drinnen schlägt einem warme Luft entgegen. Und man kann sich leicht vorstellen: Ein moderater Treibhauseffekt ist gut, damit es nicht kalt wie auf der Nachtseite des Merkur ist – aber zu viel Treibhauseffekt wie auf der Venus ist dann eben zu viel des Guten.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Hier herrscht „dicke Luft“

Die „Luft“ auf der Venus ist sehr dicht und besteht hauptsächlich aus dem Gas Kohlendioxid und Schwefelsäure-Wolken. Man kann durch diese Atmosphäre nicht hindurchschauen.

Wie wirkt sich diese Atmosphäre auf die Temperaturen auf der Venus aus?

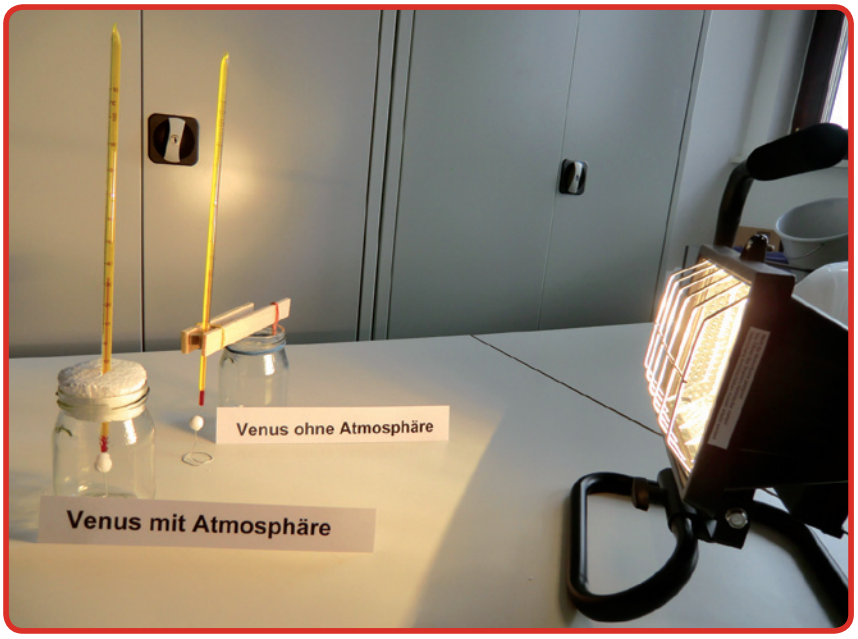
1. Gebt eine Wattekugel, die auf ein Stück gebogenen Draht gesteckt ist, in ein Glas – die Kugel ist die Venus, das Glas stellt die Atmosphäre dar. In den Stopfen (die Abdeckung) bohrt ihr ein Loch, das gerade groß genug ist, um ein Thermometer hindurchzustecken. Dann verschließt ihr das Glas mit der Venus drin.
   Hinweis: Man kann das Glas auch mit Kohlendioxid füllen, dann ist das Ergebnis noch eindeutiger. Dazu löst ihr in einem Glas oder Becher eine Brausetablette auf. Das entstandene Kohlendioxid (CO_2) wird in das zu schließende Glas „umgegossen“. Da CO_2 schwerer als Luft ist, funktioniert das recht gut. (Die Brauseflüssigkeit darf nicht mitgeschüttet werden.)
2. Als Vergleich nehmt ihr eine zweite „Venus“ – aber ohne Atmosphäre! Deshalb stellt ihr diese „Venus“ einfach nur unter das andere Thermometer. Das Glas im Bild dient nur als Thermometer-Halterung (andere Halterungsvorrichtungen sind natürlich auch möglich).
3. Stellt alles nebeneinander und achtet darauf, dass beide Thermometer die gleiche Höhe über den „Venus-Kugeln“ haben.
4. Die beiden Venus-Kugeln müssen auch die gleiche Entfernung von der „Sonne“ (einer großen Lampe bzw. einem Baustrahler) haben – und zwar ca. 60 cm entfernt.
5. Überlegt und besprecht, was passieren wird, wenn man die Lampe einschaltet.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

6 Wenn ihr sicher seid, dass beide Gläser genau gleich weit von der Lampe entfernt stehen, wird sie von eurer Lehrerin bzw. eurem Lehrer eingeschaltet. Notiert oder merkt euch vorher aber die Anfangstemperaturen. **Achtung:** Verbrennt euch nicht an der Lampe!

7 Lest nach einer guten halben Stunde die Thermometer noch einmal ab und notiert das Ergebnis.

8 Vergleicht die Werte und besprecht alles in gemeinsamer Runde mit eurer Lehrerin bzw. eurem Lehrer.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

5. Erde

Die Erde. Da ein Großteil der Oberfläche von Wasser bedeckt ist, wird die Erde auch der „Blaue Planet“ genannt. Das Bild wurde von Astronauten gemacht, die auf dem Rückflug vom Mond waren. Bild: NASA

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
150 Mio. km
Durchmesser:
12 756 km
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
365 Tage (genauer 365,25, d. h. 365 Tage und 6 Std.)
Rotationsperiode:
23 Stunden, 56 Minuten und 4,1 Sekunden
Monde:
1

Hintergrund-Info

Die Erde ist der dritte Planet – immer von der Sonne aus gesehen. Sie besitzt einen Mond, der wahrscheinlich bei der Kollision der jungen Erde mit einem anderen Himmelskörper etwa von der Größe des Mars entstanden ist. Bei diesem Zusammenstoß verdampfte ein beträchtlicher Teil des Erdmantels. Als das Material kondensierte, sich also wieder verfestigte, bildete es zunächst einen Ring um die Erde, in dem sich dann die Teilchen allmählich gegenseitig anzogen und so den Mond formten.

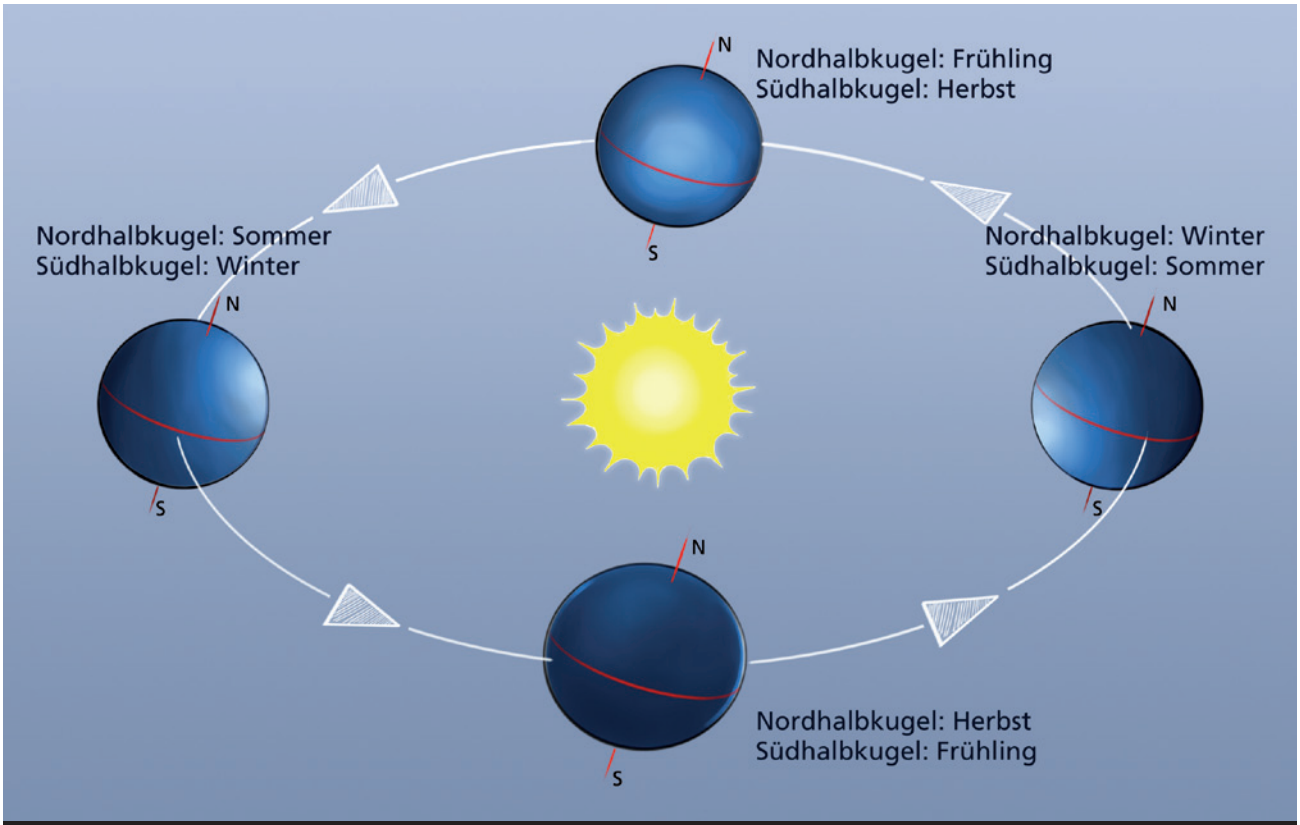
Nach heutigem Stand des Wissens ist die Erde der einzige Himmelskörper im Sonnensystem, auf dem es Leben gibt. Damit es hier dazu kommen konnte, mussten viele Voraussetzungen erfüllt sein. Das betrifft zunächst einmal den Abstand zur Sonne: nicht zu nah, wo es zu heiß ist, nicht zu weit weg in der Kälte der sonnenfernen Regionen. Den Bereich, der in idealer Distanz zu einem Stern Leben ermöglicht, nennt man die „habitable Zone“. Der entscheidende Punkt: Hier kommt Wasser – eine grundlegende Bedingung für Leben, wie wir es kennen – nicht nur als Wasserdampf oder Eis vor, sondern vor allem als Flüssigkeit. Daneben gibt es noch viele andere Faktoren, die vermutlich die Entstehung von Leben begünstigen: der „richtige“ Stern, der lange genug mit ausreichender „Wärme“ brennt, ein schützendes Magnetfeld gegen zu aggressive Strahlung und natürlich eine geeignete Atmosphäre und vieles mehr.

Wir leben also auf einem Planeten, der durch moderate Temperaturen gekennzeichnet ist. In den nördlichen und südlichen Breiten sind sie allerdings nicht konstant, sondern den jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Aber wie kommt es überhaupt zu den Jahreszeiten? Da das Mitmach-Experiment dies behandelt, hierzu eine einleitende Erklärung, die wir bewusst der Experimentbeschreibung voranstellen:

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Selbst viele Erwachsene glauben, die Erde sei im Sommer einfach der Sonne näher. Das ist aber falsch! Und man kann den Irrtum auch schnell deutlich machen: Denn wenn wir auf der Nordhalbkugel Sommer haben, herrscht bekanntlich auf der Südhalbkugel Winter – und umgekehrt. Des Rätsels Lösung hat vielmehr mit der Schrägstellung der Erdachse zu tun. Zur Verdeutlichung: Stellen Sie sich die Bahn der Erde um die Sonne wie einen runden Tisch vor – mit der Sonne in der Mitte und der Erde als Kugel nahe am Rand. Auf dieser Bahnebene (Tischplatte) steht nun unsere Erdachse – die man sich wie einen Stab vom Nord- zum Südpol durch den Erdball hindurch denken kann – nicht genau senkrecht. Sondern sie ist leicht schräg um 23° zur Senkrechten geneigt. Lassen Sie jetzt gedanklich die Erde langsam um die Sonne wandern, so wie das im Laufe eines Jahres geschieht. Und lassen Sie – das ist der entscheidende Punkt – die leicht schräge Achse dabei immer konstant in dieselbe Richtung zeigen (man kann sich da im Raum eine entfernte Ecke der Zimmerdecke quasi als Fixpunkt wählen). Dann versteht man: Mal „streckt" die Erde ihre nördliche Halbkugel der Sonne entgegen und mal die südliche – und zwar genau auf der anderen Seite der Bahn. Dort bekommt man dann mehr Sonnenstrahlung mit, weil sie steiler auf die Erde trifft, während die Strahlen auf die andere Hemisphäre nur flach auftreffen. Deshalb „klettert" die Sonne ja auch im Winter nie sehr hoch über den Horizont und ist nur kürzer zu sehen.

Diese Grafik verdeutlicht den Sachverhalt, der im folgenden Mitmach-Experiment noch besser nachzuvollziehen ist. Für das Experiment benötigen Sie ein Erde/Sonne-Modell – etwa ein präpariertes Tellurium oder eine selbst gefertigte Konstruktion, wie wir sie Ihnen hier vorstellen.



Die Jahreszeiten entstehen durch die Schrägstellung der Erdachse.

Zur Didaktik

- Durch das Experiment erfahren die Kinder, wie die Jahreszeiten entstehen.
- Das Experiment schult räumliches Vorstellungsvermögen und logisches Denken.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

5.1 Mitmach-Experiment: Jahreszeiten

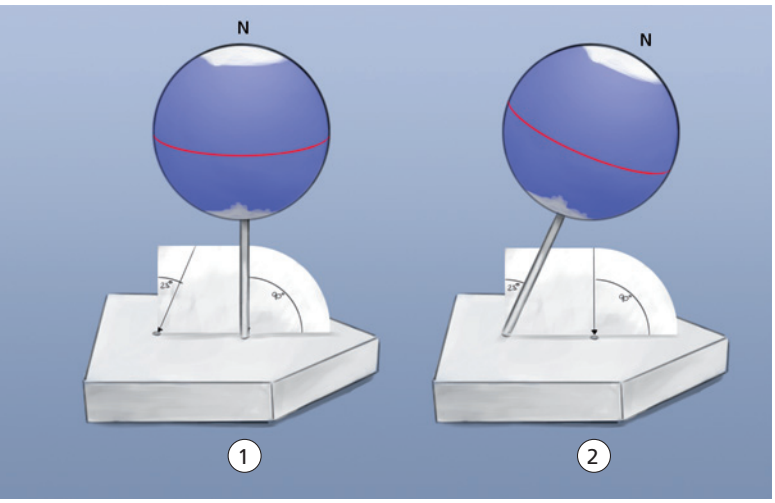
Wie entstehen die Jahreszeiten?

Dieses Experiment verdeutlicht sehr anschaulich, wie es zu den Jahreszeiten kommt. Der Versuchsaufbau besteht aus einem Erdmodell und einer Vorlage, die die Positionen der Erde bei Umkreisung der Sonne vorgibt.

Bau eines einfachen Erdmodells

Materialien

- 1 Styroporkugel, Durchmesser ca. 12–15 cm
- 1 Holzstab (z. B. langer Schaschlikstab)
- 1 Styroporplatte ca. 10 x 20 x 3 cm (Pfeilform)
- Filzstift zum Einzeichnen des Äquators
- hellblaue Farbe und Pinsel zum Anmalen
- Karton mit eingezeichneten Winkeln (einmal senkrecht und einmal um 23° von der Senkrechten in Richtung Blockpfeilspitze geneigt)
- Messer oder Styropor-Schneidegerät
- Klebepunkt (zur Markierung des eigenen Standorts auf der Erde)



Arbeitsschritte

- Als Erdmodell (siehe Abb. 1 und 2) dient eine Styroporkugel, die hellblau angemalt wird, wobei die Polregionen weiß bleiben. **Tipp:** Wählen Sie kein zu dunkles Blau, da der Lichteinfall dann nicht so gut zu erkennen ist.
- Der Äquator wird eingezeichnet (dicker Filzstift) und auch die Bezeichnungen „Nordpol“ und „Südpol“ werden eingetragen.
- Die Kugel wird auf einen Stab gesteckt (z. B. Schaschlikstab). Dieser Stab entspricht der Erdachse.
- Aus einer mindestens 3 cm dicken Styroporplatte wird ein Blockpfeil (10 x 20 cm) ausgeschnitten.
- In diesen Blockpfeil wird das Erdmodell mit dem Stab gesteckt – und zwar nacheinander bei zwei Durchläufen in zwei verschiedenen Winkeln, die auf einem Stück Karton zuvor markiert werden (siehe Abbildungen):

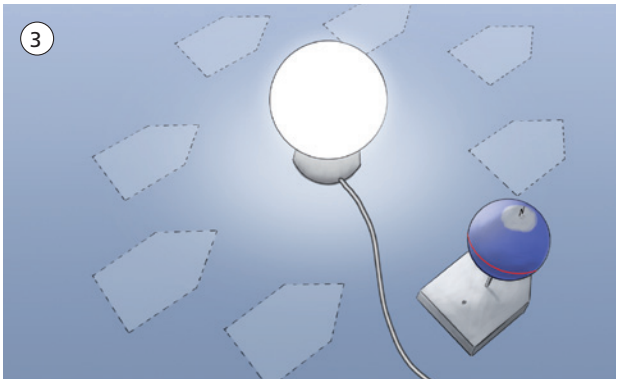
  – **Abb. 1:** Die Erdachse steht genau senkrecht im 90°-Winkel zum Boden. Wenn diese „senkrechte“ Erde die Sonne umkreist, wird sich zeigen: Auf der Tagseite der Erde (die Nachtseite interessiert hier nicht) erhalten die Nord- und die Südhalbkugel immer gleich viel Licht. Einen Wechsel der Jahreszeiten kann es so nicht geben.
  – **Abb. 2:** Die Erdachse steht jetzt nicht senkrecht, sondern sie ist (der Realität entsprechend) um 23° von der Senkrechten in Richtung zur Spitze des Blockpfeils geneigt. Beim Umlauf um die Sonne wird sich herausstellen: Auf der Tagseite der schräg stehenden Erde kommt – je nach der Position, die die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne gerade einnimmt – mal im Norden und mal im Süden mehr Licht an. Und wo mehr Licht ankommt, wird es wärmer. Dort herrscht daher Sommer.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Aufbau der Umlaufbahn / Bahnebene

Materialien

- Tonpapier, ca. 70 x 70 cm
- 8 (weiße) Blockpfeile aus Papier, ca. 10 x 20 cm
- kugelförmige Tischleuchte (als Sonne)
- Stromanschluss



Arbeitsschritte

- Aus Tonpapier wird ein ca. 70 x 70 cm großes Quadrat geschnitten. (Ersatzweise kann auch direkt auf dem Boden gearbeitet werden.)
- Aus (weißem) Papier werden in der exakten Größe des Styropor-Blockpfeils (siehe Erdmodell) 8 Blockpfeile zugeschnitten.
- Die Pfeile werden alle in derselben (!) Ausrichtung rund herum auf das Tonpapierquadrat aufgeklebt (siehe Abb. 3) – und zwar so, dass die Erde immer die ungefähr gleiche Entfernung zur Sonne in der Mitte hat.

Durchführung

1. Eine „Sonnen-Lampe“ wird in die Mitte des Tonpapierquadrats gestellt und eingeschaltet. **Hinweis:** Der Äquator der Sonne sollte sich auf gleicher Höhe wie der Äquator der Erde befinden.
2. Das Erdmodell mit Styroporplatte wird auf einen ersten Blockpfeil gestellt. **Hinweis:** Begriffe wie „Äquator“, „Nordpol“, „Südpol“ oder „Nord- und Südhalbkugel“ sollten vorab erklärt werden. Und es sollte auch verdeutlicht werden: Wenn wir jetzt die Erde Schritt für Schritt um die Sonne wandern lassen, entspricht eine Umkreisung genau einem Jahr.
3. Die Styroporplatte mit dem Erdmodell wird nun gegen den Uhrzeigersinn rund um die Sonne geschoben, wobei der Styropor-Blockpfeil immer genau auf den nächsten Papier-Blockpfeil gestellt wird. Dabei wird dieser Versuch nacheinander erst mit der senkrecht stehenden Erde (Abb. 1) und dann mit der schräg gestellten Erdachse (Abb. 2) durchgeführt.
4. Die Kinder beobachten den ersten Durchgang mit senkrechter Erde. Sie achten dabei nur auf die Tagseite der Erde und werden schnell erkennen: Auf der Nord- und auf der Südhalbkugel kommt immer gleich viel Licht an – gleichgültig, wo die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne steht. Auf dieser Erde wäre es an einem Ort immer gleichmäßig warm bzw. kalt – das ganze Jahr über. Es gäbe also keinen Wechsel der Jahreszeiten.
5. Jetzt wird der Versuch wiederholt – aber der Realität entsprechend mit schräg gestellter Erdachse. Mit den Kindern wird dabei besprochen: Je nachdem, wo die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne steht, kommt mal mehr und mal weniger Licht auf der Nord- bzw. Südhalbkugel an. Wo viel Licht ankommt, herrscht Sommer (und auf der anderen Halbkugel Winter). Und ein halbes Jahr später ist es genau umgekehrt. Sommer und Winter haben also nichts mit der Entfernung der Erde von der Sonne zu tun, sondern damit, dass die Erde etwas schräg steht.

Erläuterung

Die Jahreszeiten entstehen durch die Winkelneigung der Erdachse gegenüber der Bahnebene, auf der unsere Erde um die Sonne kreist. Durch den Vergleich der unterschiedlichen Winkelstellungen der Erdachse bei 23° (schräg stehend) und bei 0° (senkrecht stehend) können die Kinder selbst leicht erkennen: Die Erde mit Schrägstellung zeigt deutlich, wie zum Beispiel auf der Nordhalbkugel mal Sommer und mal Winter herrschen (und auf der Südhalbkugel die jeweils andere Jahreszeit). Würde die Erde dagegen senkrecht stehen, gäbe es keine Jahreszeiten – das ganze Jahr lang käme überall dieselbe „Dosis“ der Sonneneinstrahlung an. **Hinweis:** Um den Vergleich von Sommer und Winter (auf Nord- und Südhalbkugel und bei 23° bzw. 0°) zu erleichtern, kann man das Experiment auch etwas vereinfachen: Die Kinder markieren dabei anfangs mit einem Klebepunkt ihren Wohnort (also Deutschland bzw. Mitteleuropa). Nur die Lichtverhältnisse an diesem Punkt werden nun betrachtet – die Südhalbkugel also erst einmal ausgeklammert. Und noch ein **Tipp:** Achten Sie auch darauf, dass sich die Kinder auf die der Sonne zugewandten Tagseite der Erde konzentrieren (die Nachtseite sollte hier völlig ignoriert werden).

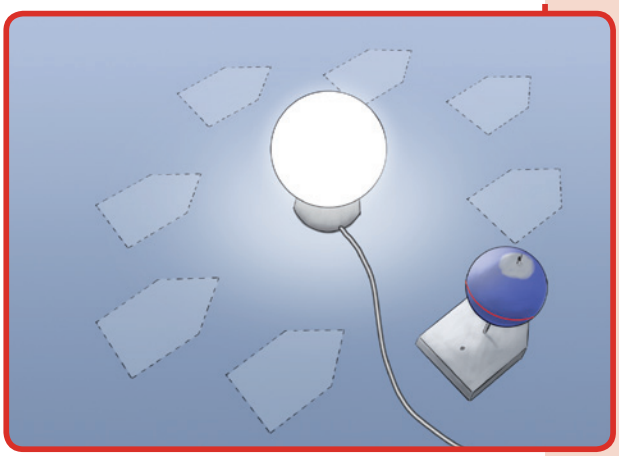
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Frühling, Sommer, Herbst und Winter

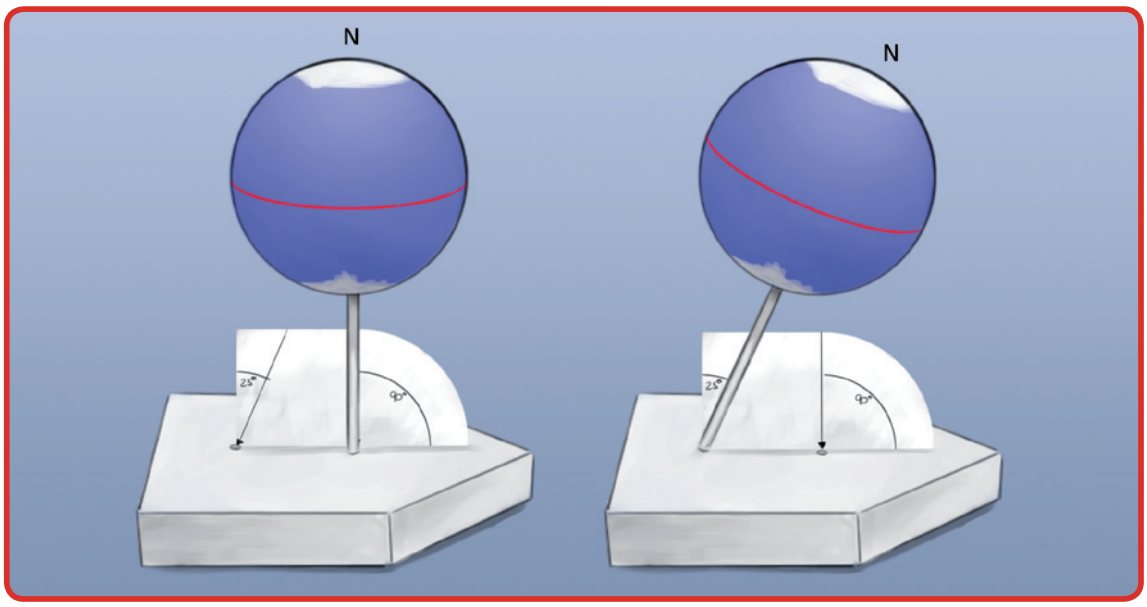
Ihr erlebt es jedes Jahr: Im Sommer ist es warm, im Winter ist es kalt.
Aber warum gibt es überhaupt Jahreszeiten?

Wie entstehen auf unserer Erde die Jahreszeiten?

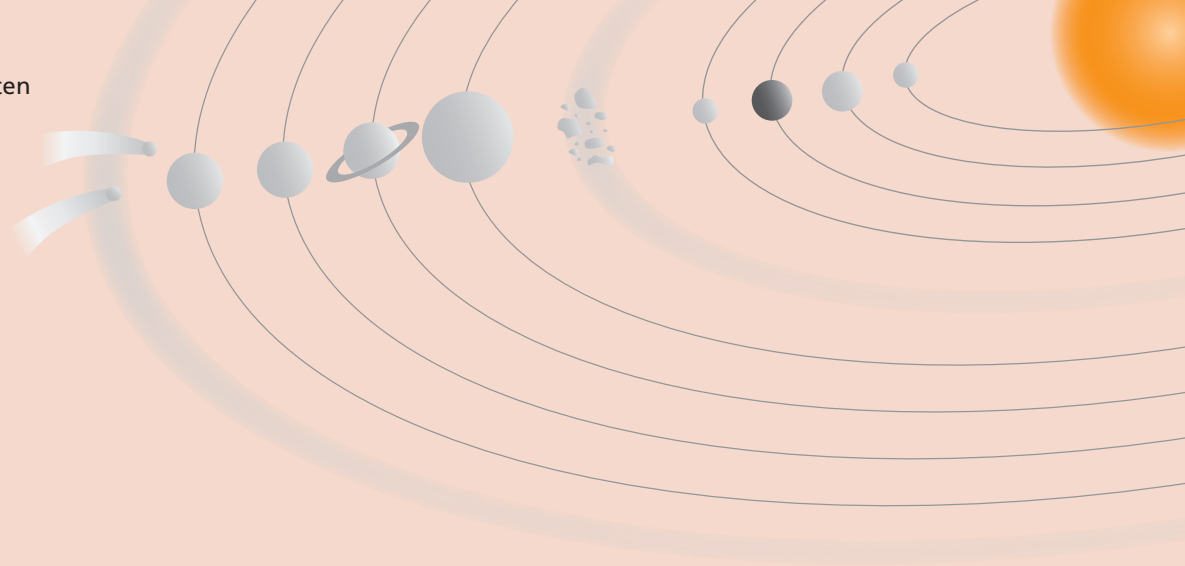
Mit folgendem Modell könnt ihr das leicht herausfinden.



1. Stellt eine „Sonnen-Lampe“ in die Mitte und schaltet sie ein.
2. Stellt die Styroporplatte mit der Erde auf einen Pfeil.
3. Lasst nun die Erde gegen den Uhrzeigersinn um die „Sonne“ wandern. Schiebt sie dazu immer um ein Feld weiter.
4. Macht diesen Versuch mit der Erde in Loch 1 (Erdachse steht senkrecht). Macht diesen Versuch ebenfalls mit der Erde in Loch 2 (Erde steht schräg).



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014



5 Beobachtet genau die Tagseite der Erde!

Wenn die Erde beim ersten Versuch senkrecht steht:

- Wo kommt wie viel Sonnenlicht an?
- Gibt es da Unterschiede zwischen der Nord- und der Südhalbkugel der Erde?
- Ändert sich etwas, wenn die Erde die Sonne umkreist? Wie sieht die Sache z. B. nach einer halben Umkreisung (also einem halben Jahr) aus?

Wenn die Erde beim zweiten Versuch etwas schräg steht:

- Kommt jetzt auf der Nord- und auf der Südhalbkugel gleich viel Licht an? Oder erhält der Norden oder der Süden der Erde nun mehr Sonnenlicht? Merkt euch gut, was ihr beobachtet! **Tipp:** Achtet nur auf die Seite der Erde, die zur Sonne zeigt!
- Was ändert sich, wenn ihr die Erde jetzt allmählich um die Sonne bewegt? Wie sieht die Sache ein halbes Jahr später (also nach einer halben Umkreisung der Sonne) aus? Welche Halbkugel der Erde bekommt jetzt mehr Licht?

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

6. Mars

Der Mars wird auch der „Rote Planet" genannt, weil er mit dem bloßen Auge betrachtet am Sternenhimmel rötlich schimmert. Aus der Nähe betrachtet sieht er allerdings eher ockerfarben aus. Bild: NASA/MSSS

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
228 Mio. km
Durchmesser:
6790 km
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
687 Tage
Rotationsperiode:
24 Stunden, 37 Minuten und 22 Sekunden
Monde:
2

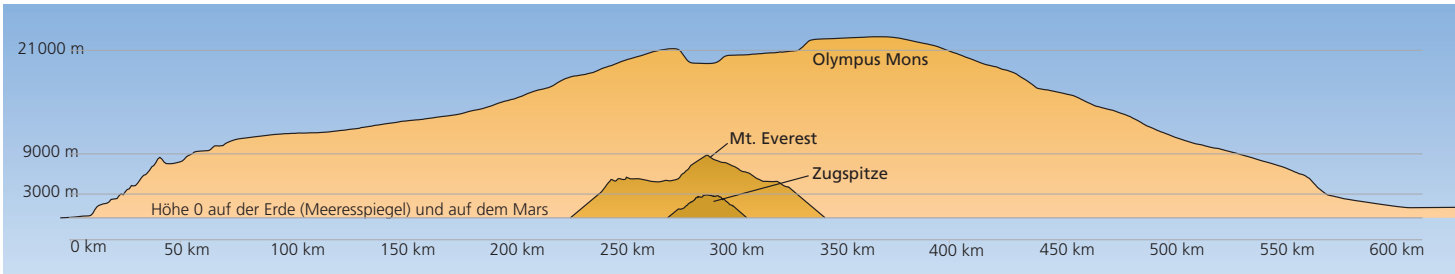
Der Mars-Rover *Curiosity*. Er ist das größte bisher auf dem Mars abgesetzte automatische Fahrzeug: groß wie ein Auto und rund eine Tonne schwer. Bild: NASA/JPL-Caltech

Hintergrund-Info

Der Mars ist der vierte Planet und damit mit der Venus einer unserer beiden Nachbar-Planeten. Er hat zwei sehr kleine Monde, Phobos und Deimos. Kein anderer Planet wurde so intensiv untersucht – und das aus gutem Grund: Denn der Mars gilt als möglicher Kandidat für außerirdisches Leben. Seine Oberfläche zeigt ausgetrocknete Flussläufe, sodass es dort einmal größere Mengen an Wasser gegeben haben muss. Und da Wasser als Voraussetzung für Leben gilt, liegt die Frage nahe: Gab oder gibt es dort vielleicht einfache Lebensformen?

Mit Raumsonden wurde und wird der Planet daher erforscht. Auch mehrere Landegeräte und automatische Fahrzeuge, sogenannte Mars-Rover, wurden auf seiner Oberfläche abgesetzt. Diese Rover – wie ganz aktuell *Curiosity* – haben den Vorteil, den Mars-Boden mit vielen Bordinstrumenten nicht nur an der Landestelle selbst analysieren zu können, sondern auch mehrere Kilometer weit besonders interessante Gesteinsformationen anzusteuern. Sie nehmen dort Proben und funken die Ergebnisse zur Erde. Sonden, die den Planeten aus großer Höhe untersuchen und mit Kameras fotografieren, liefern wichtige ergänzende Informationen. Das gilt auch für *Mars Express*, eine Sonde der Europäischen Weltraumorganisation

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014



Hier sieht man die Ausmaße von Olympus Mons im Vergleich zum höchsten Berg der Erde (Mount Everest) und der höchsten Erhebung in Deutschland (Zugspitze).

ESA, auf der sich eine vom DLR entwickelte Stereokamera befindet. Sie macht besonders hoch aufgelöste Farbbilder, die am Computer dann auch in 3D-Ansichten verwandelt werden können (dazu finden Sie auf der beigefügten DVD einige eindrucksvolle Beispiele, die man mit Rot-Cyan-Brille betrachten muss und die die Kinder begeistern dürften).

All diese Raumfahrt-Missionen haben unsere Kenntnisse über den Mars in den letzten Jahren enorm erweitert. Das Wichtigste über den Planeten in aller Kürze: Der Mars ist etwa halb so groß wie die Erde (Durchmesser). Ein Jahr dauert dort etwa doppelt so lang wie bei uns, ein Tag nur ca. eine halbe Stunde länger. Auf dem Mars gibt es Jahreszeiten, wobei die Temperaturen von +23 °C (am Äquator) bis –80 °C pendeln. An den Polen kann es sogar bis zu –130 °C kalt werden. Die Atmosphäre ist extrem dünn und besteht zu 95 % aus Kohlendioxid. Es gibt auf dem Mars mehrere fast 20 Kilometer hohe Berge – und mit dem Olympus Mons, einem 21 Kilometer aufragenden erloschenen Vulkan, sogar den höchsten Berg des Sonnensystems. Auch die tiefsten Täler findet man auf dem Mars: Das Canyon-System Valles Marineris ist fast 4000 Kilometer lang (so lang wie die USA breit sind) und bis zu 11 Kilometer tief – fast viermal so tief wie der Grand Canyon! Der Süden des Mars ist von vielen Kratern überzogen – meist durch Einschläge von Asteroiden verursacht, aber gelegentlich auch vulkanischen Ursprungs. Insgesamt ist der Mars – außer an den vereisten Polkappen – von einer rötlichen Staubschicht eingehüllt. Er ist ein Wüstenplanet, dessen Farbe eine auch für Kinder spannende Erklärung hat: Der Mars-Sand enthält viel Eisenoxid, also Rost.

Abschließend der Hinweis: Viele Rätsel zum Thema Mars sind noch nicht gelöst. So weiß man noch nicht, wohin das Wasser verschwunden ist, das an zahlreichen Stellen seine Spuren hinterlassen hat. Möglicherweise ist es teils ins Weltall entwichen, teils in den Boden gesickert, wo es sich als Permafrost – also dauerhaft gefroren – befinden könnte. Auch die Suche nach Leben hat bisher noch kein Ergebnis erbracht. Antworten wird möglicherweise erst eine bemannte Mission zum Mars erbringen, die aber noch eine Vision ist und erst in einigen Jahrzehnten stattfinden könnte. Zwei der genannten Aspekte – den Mars als „Rost-Planet“ und den riesigen Vulkan Olympus Mons – behandeln die nachfolgenden Mitmach-Experimente.

Zur Didaktik

- Das erste Experiment vermittelt Wissen über die Bodenbeschaffenheit des Mars – so verstehen die Kinder auch, dass verschiedene Planeten aus unterschiedlichen Materialien bestehen (Bezug zur Geologie). Zugleich werden sie mit der Methode einer Langzeit-Beobachtung vertraut gemacht.
- Das zweite Experiment schult im Vergleich von drei „prominenten“ Bergen – Zugspitze, Mount Everest und Olympus Mons – das räumliche Vorstellungsvermögen und vermittelt zugleich den präzisen Umgang mit Materialien. Wenn die Kinder die Grundfläche der drei Berge in einer Karte ihrer Heimatregion eintragen, üben sie dabei auch geografische und mathematische Anwendungen einschließlich des Umgangs mit Zirkel und Kartenmaßstäben.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

6.1 Mitmach-Experiment: Roter Planet

Warum ist der Mars so rot?

Früher hat es auf dem Mars einmal flüssiges Wasser gegeben. Heute ist er ein Wüstenplanet, der von rotem Sand und Staub überzogen ist. Aber warum ist der Mars so rot? Mit diesem Experiment sollen die Kinder das herausfinden. Dazu nimmt jedes Kind das vorbereitete Schälchen mit nach Hause, um es ständig feucht zu halten und zu beobachten. Der Rostvorgang dauert einige Tage, wobei schon am nächsten Morgen die ersten Rostflecken erkennbar sind.

Materialien

- Stahlwolle (rostend)
- Quarzsand
- Gefäß mit Wasser und Pipette
- Schere
- Schälchen, verschließbar (200–250 ml)
- Esslöffel
- Filzstift

Durchführung

1. Ein kleines Schälchen wird mit 3 Esslöffeln Quarzsand gefüllt.
2. Nun schneidet man mit einer Schere ein Stückchen Stahlwolle klein und gibt alles in das Schälchen.
3. Der Sand und die zerschnittene Stahlwolle werden gut vermischt. Man gibt mit der Pipette vorsichtig etwas Wasser dazu.
4. Jedes Kind schreibt seinen Namen auf einen Deckel, verschließt das Schälchen damit und nimmt alles mit nach Hause. Dort wird der Sand gleichmäßig feucht gehalten.
5. Nach ein paar Tagen bringen alle ihre Schälchen in den Unterricht mit und erzählen von ihren täglichen Beobachtungen.

Erläuterung

Im Versuch lassen Wasser und Sauerstoff das Eisen in der Stahlwolle rosten (diesen Vorgang nennt man Oxidation). Dasselbe geschah auf dem Mars. Der Mars-Boden enthält viel Eisen, das durch Wasser oxidiert ist und die Marsoberfläche rötlich gefärbt hat. Neueste Ergebnisse der Daten des Mars-Rovers *Curiosity* zeigen übrigens: Der Mars-Boden enthält auch heute noch recht viel Wasser. Allerdings ist es gefroren und – außer an den beiden Polen – nur unter der Oberfläche vorhanden.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

6.2. Mitmach-Experiment: Schüttversuch

Wie groß ist Olympus Mons im Vergleich zu Bergen auf der Erde?

Auf dem Mars gibt es sehr hohe Berge. Der höchste Berg ist Olympus Mons, ein erloschener Vulkan. Er ist etwa 21 km hoch und somit auch der höchste Berg in unserem Sonnensystem.

Damit ein Berg so hoch werden kann, braucht er als Grundfläche ausreichend Platz und für die Höhe viel Material. Die drei Markierungen auf dem Stab (siehe Materialliste) entsprechen folgenden drei Bergen:

1. **Zugspitze**, höchster Berg Deutschlands, ca. 3000 m, auf dem Stab 3 cm
2. **Mount Everest**, höchster Berg der Erde, ca. 8800 m, auf dem Stab 8,8 cm
3. **Olympus Mons**, höchster Berg auf dem Mars, ca. 21 km, auf dem Stab 21 cm

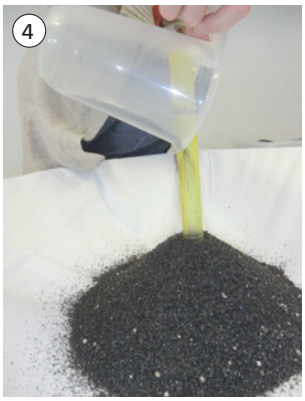
Materialien

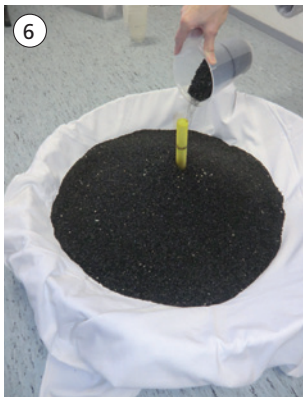
- Stab, selbststehend (z. B. Küchenpapierhalter oder anderer Rollenhalter)
- eingeteilt mit cm-Strichen und Markierungen für
  1. Zugspitze: bei ca. 3 cm
  2. Mount Everest: bei ca. 9 cm
  3. Olympus Mons: bei ca. 21 cm
- ca. 30 kg schwarzer, nicht zu feiner Glanzkies (Aquarium-Bedarf)
- große Schale, ca. 1 m Durchmesser
- dicht gewobenes (Bett-)Tuch (um die Schale damit auszulegen und den Kies wieder zurückzuschütten)
- bis zu 4 Messbecher mit 500-ml-Angabe

Durchführung

Für jeden Berg sind folgende Schritte auszuführen:

1. Das Tuch wird in die Schale gelegt, sodass es über den Rand hinausragt (am besten doppelt gelegt).
2. Nun stellt man den Stab in die Mitte der Schale.
3. Der Messbecher wird immer mit ca. 500 ml Kies gefüllt.
4. Achten Sie darauf, dass die Kinder den Becher immer dicht am Stab und knapp über der Bergspitze ausleeren, damit der Kies nicht zu sehr verläuft.
5. Der Stab sollte dabei immer aus dem höchsten Punkt des Berges herausschauen.
6. Wie viele Becher werden für jeden der drei Berge benötigt?





Da der Schüttversuch sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, sollte er im Plenum mit allen Kindern ausgeführt werden.

Lösung: Um einen Berg von 3 cm Höhe aufzuschütten, braucht man einen halben Messbecher à 500 ml schwarzen Glanzkies. Für eine Höhe von 9 cm werden ca. 15 Messbecher, für eine Höhe von 21 cm werden ca. 35 Messbecher benötigt.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Zusatzaufgabe:

Damit die Kinder eine Vorstellung davon bekommen, welche Grundfläche jeder der drei Berge einnimmt, ist ein Vergleich mit einer Landkarte hilfreich. Am besten wird die Kopie einer Deutschlandkarte verwendet. Für die Berechnung des richtigen Radius ist jeweils Unterstützung durch die Lehrkraft hilfreich.

Folgende Kreise müssten gezeichnet werden:

- Die Zugspitze hat eine Grundfläche mit einem Durchmesser von ca. 25 km.
- Der Mount Everest hat eine Grundfläche mit einem Durchmesser von ca. 64 km.
- Der Olympus Mons hat eine Grundfläche mit einem Durchmesser von ca. 600 km.

Möglichkeiten zur Vertiefung

Beobachtung

Wie die Venus kann auch der Mars am Nachthimmel beobachtet werden – wobei er nicht so hell leuchtet wie die Venus, aber durch seine Farbe auffällt. Zum Auffinden von Planeten am Sternenhimmel siehe Hinweise im Kapitel Venus, Seite 37. Vielleicht erklären sich ja einige Eltern als Begleitung für eine Nachtwanderung mit Himmelsbeobachtung bereit (vor allem im Herbst oder Frühjahr geeignet, weil es dann bei akzeptablen Temperaturen früh dunkel wird).

Bilder und Kostüme

Der Mars bietet mit der faszinierenden Frage nach außerirdischem Leben viele Anknüpfungspunkte auch für eher künstlerische Betätigungen: So können gerade jüngere Kinder Fantasie-Bilder von Außerirdischen malen oder gar Kostüme anfertigen – vielleicht gibt es sogar eine „Mars-Party“ zum Abschluss des Projekts.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Der Rote Planet

Früher hat es auf dem Mars einmal Wasser gegeben, das Flüsse und vielleicht auch Seen und Meere gebildet hat. Heute ist der Mars ein Wüstenplanet, der von rotem Sand und Staub überzogen ist.

Aber warum ist der Mars so rot?

Dieses Mitmach-Experiment ist für zu Hause gedacht, denn du musst die Veränderungen ein paar Tage lang beobachten. Das Schälchen selbst bereitest du im Unterricht vor.

1. Nimm dir ein kleines Schälchen und fülle es mit 3 Esslöffeln Quarzsand.
2. Zerschneide mit einer Schere ein Stückchen Stahlwolle und gib sie ebenfalls in das Schälchen.

3. Mische den Sand und die zerschnittene Stahlwolle gut untereinander und gib vorsichtig mit der Pipette etwas Wasser dazu. Während des gesamten Versuchs gleichmäßig feucht halten!
4. Schreib deinen Namen auf einen Deckel und verschließe das Schälchen damit. Nun kannst du es mit nach Hause nehmen.

5. Bring dein Schälchen wieder in den Unterricht mit und erzähle von deinen täglichen Beobachtungen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Unglaublich hoch!

Auf dem Mars gibt es sehr hohe Berge. Der höchste Berg ist Olympus Mons.
Er ist etwa 21 km hoch – viel höher als die höchsten Berge auf der Erde!
Er ist sogar der höchste Berg in unserem ganzen Sonnensystem.

Vergleicht Olympus Mons mit zwei „Riesen“ auf unserer Erde.

Damit ein Berg so hoch werden kann, braucht er unten ausreichend Platz und für die Höhe viel Material. Nun schüttet ihr selbst einmal Berge – und zwar gleich mehrere nacheinander.

Die Markierungen an dem Stab entsprechen folgenden drei Bergen:

- **Zugspitze**, höchster Berg Deutschlands, ca. 3000 m, auf dem Stab 3 cm
- **Mount Everest**, höchster Berg der Erde, ca. 8800 m, auf dem Stab 8,8 cm
- **Olympus Mons**, höchster Berg auf dem Mars, ca. 21 km, auf dem Stab 21 cm

1. Legt das Tuch in die Schale, sodass es über den Rand hinausragt.
2. Stellt den Stab in die Mitte der Schale.
3. Füllt den Messbecher immer bis zur Hälfte (ca. 500 ml) mit Kies.
4. Leert die Becher immer dicht am Stab und knapp über der Bergspitze aus, damit der Kies nicht zu sehr verläuft.
5. Der Stab soll immer aus dem höchsten Punkt des Berges herausschauen.
6. Wie viele Becher braucht ihr für jeden der drei Berge? Zählt mit oder legt eine Strichliste dazu an.
7. Besprecht eure Ergebnisse mit eurer Lehrerin oder eurem Lehrer.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

7. Asteroiden

Wie in dieser künstlerischen Darstellung kann man sich den Asteroidengürtel in der Frühzeit des Sonnensystems vorstellen (denn man sieht auf dem Bild noch einen Staubring nahe der Sonne, den es heute nicht mehr gibt). Bild: NASA/JPL-Caltech

Hintergrund-Info

Zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter umkreisen Millionen von Asteroiden die Sonne. Die meisten davon sind kleine Felsbrocken, einige aber auch mehrere Kilometer groß und wenige messen sogar über 100 Kilometer. Oft sind sie unregelmäßig geformt und sehen wie überdimensionale „Kartoffeln" aus.

Lange Zeit rätselten Wissenschaftler, warum zwischen Mars und Jupiter ein Planet „fehlt" – denn das Sonnensystem hat in dieser Region auf den ersten Blick eine Lücke. Im 19. Jahrhundert starteten Astronomen sogar eine regelrechte Jagd nach dem „fehlenden Planeten". Als man schließlich die Asteroiden fand (zuerst die größten wie z. B. Ceres, der inzwischen als Zwergplanet bezeichnet wird), war klar: Es gibt da nicht den einen großen Himmelskörper, sondern ein wahres Trümmerfeld aus vielen kleineren und größeren Brocken. Die Frage war nun, ob die Asteroiden Überreste einer gewaltigen Kollision sind oder ob sich hier nie ein Planet gebildet hatte. Heute ist sich die Forschergemeinde einig: Hier kam es wohl gar nicht zur Planetenentstehung, weil der massereiche Jupiter mit seiner enormen Anziehungskraft verhinderte, dass sich in seiner Nähe ein einziger großer Himmelskörper formen konnte.

Der etwa 60 km lange Asteroid Ida – fotografiert von der NASA-Sonde *Galileo*. Bild: NASA/JPL

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Die Asteroiden sind aus mehreren Gründen interessant:

Erstens sind sie für viele Krater verantwortlich, die man auf anderen Himmelskörpern findet – weil einzelne Asteroiden nämlich gelegentlich von ihrer Bahn abgelenkt wurden und dann auf die Planeten und Monde des Sonnensystems gestürzt sind. Planetenforscher ermitteln aufgrund der Kraterhäufigkeit übrigens das Alter der Oberflächen einzelner Himmelskörper.

Zweitens stellen Asteroiden – was man Kindern (wenn überhaupt) nur sehr behutsam vermitteln sollte – auch heute und in Zukunft eine mögliche Gefahr für die Erde dar. Es gibt fast Zehntausend von ihnen, die die Erdbahn kreuzen bzw. uns recht nahe kommen. Zwar ist zurzeit kein Asteroid bekannt, der sich auf direktem Kollisionskurs mit der Erde befindet – aber das kann sich theoretisch schnell ändern, denn es werden immer wieder neue Objekte entdeckt. Mittlerweile wird in mehreren Initiativen untersucht, wie man solche „Near Earth Objects" (NEOs) frühzeitig erkennen und was man im Falle einer drohenden Kollision dagegen tun kann. Die Szenarien reichen von der großflächigen Evakuierung der bedrohten Region auf der Erde (bislang die einzige Möglichkeit) über die Ablenkung des Asteroiden von seinem Crash-Kurs bis zur Zerstörung des Himmelskörpers.

Drittens könnten Asteroiden in ferner Zukunft als „Rohstoff-Lieferanten" interessant sein. Das klingt zwar noch nach Science-Fiction. Aber die NASA plant bereits eine Mission, bei der ein sehr kleiner, etwa hausgroßer Asteroid „eingefangen" und kontrolliert in die Nähe unseres Mondes „geschleppt" wird – zunächst natürlich nur zu Forschungszwecken und nicht zum Rohstoff-Abbau.

Der Asteroid Vesta – aufgenommen von einer deutschen Kamera auf der NASA-Sonde *Dawn*.
Bild: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA

Zur Didaktik

- In diesem Experiment geht es darum, einen Asteroidengürtel in Miniaturform nachzubauen. Dadurch lernen die Kinder eine Technik kennen, die auch in der Forschung eine wichtige Rolle spielt: den Modellbau. Modelle vergegenständlichen in vereinfachter Form ein abstraktes Objekt und ermöglichen Diskussionen und Hypothesenbildungen. Nebenbei werden die motorischen und handwerklichen Fähigkeiten Ihrer Schülerinnen und Schüler gefördert.
- Inhaltlich erfahren die Kinder in diesem Experiment, dass der Asteroidengürtel aus unterschiedlich großen Gesteinsbrocken besteht und räumlich begrenzt ist.
- Je nach Vertiefungsgrad und Alter der Kinder lässt sich bei diesem Experiment der Zusammenhang zwischen Schwerkraft des Jupiters und Bildung des Asteroidengürtels thematisieren: Der Jupiter ist verantwortlich dafür, dass sich im Zwischenraum zum Mars kein größerer Himmelskörper bilden konnte.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

7.1 Mitmach-Experiment: Asteroidengürtel

Ein Modell des Asteroidengürtels

Der Asteroidengürtel zeigt eine für das Sonnensystem ganz eigene Charakteristik: Während sich an anderen Stellen Planeten und Monde geformt haben, befindet sich zwischen Mars und Jupiter ein „chaotisches" Trümmerfeld. Durch die Herstellung eines Modells kann der Asteroidengürtel dargestellt und diskutiert werden. Wahlweise kann man diesen selbstgebastelten Asteroidengürtel auch noch um ein ganzes Sonnensystem-Modell erweitern.

Durchführung

Herstellung des Drahtgestells des Sonnensystems

Das Drahtgestell fungiert als Modell des Sonnensystems und sollte nicht von den Kindern, sondern von der Lehrkraft vorab gebaut werden. Dazu wird die Sonne (Styroporkugel, z. B. 10 cm Durchmesser) auf einen Ständer gesteckt. Anschließend steckt man für jeden Planeten feste Drähte auf Höhe des Sonnenäquators in die Sonne. Dabei haben die Drähte unterschiedliche Längen, gemäß den jeweiligen Abständen zur Sonne. Hier kommt es nicht auf exakte Abstandsverhältnisse an. Entscheidend ist, dass Sie zwischen Mars und Jupiter so viel Platz lassen, dass der Ringkarton, den die Kinder herstellen, in diesen Zwischenraum passt. Anschließend werden die Planeten (als Styroporkugeln) auf die Drähte gesteckt – und fertig ist das Sonnensystem-Modell.

Hinweis: Falls nur der Asteroidengürtel (ohne Sonnensystem) gebastelt wird, empfiehlt sich die Verwendung bunter Perlen – einfach weil es Kindern mehr Spaß macht. Wenn Sie aber den Asteroidengürtel ins Modell des Sonnensystems einpassen, sollten die Perlen eher dunkel sein. Stattdessen malen die Kinder dann die Sonne und die Planeten bunt an und gestalten so ihr eigenes Sonnensystem in recht naturgetreuen Farben.

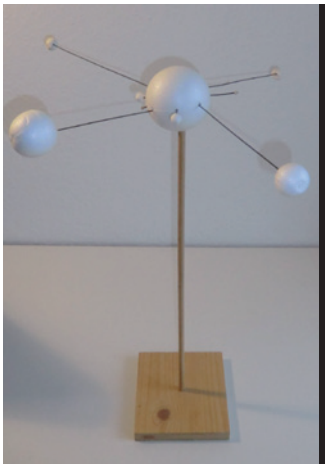
Material

Für das Drahtmodell des Sonnensystems:

- Ständer, z. B. Stativfuß, Holzklotz
- Holzstab in Ständer (für Sonnenbefestigung)
- feste Drähte in unterschiedlichen Längen (als Abstandshalter für Planeten und Auflage für den „Asteroidengürtel")
- Kugeln aus Styropor oder anderen Materialien für die Planeten und die Sonne mit folgenden (nicht maßstabsgerechten) Durchmessern
  - Sonne: 10 cm
  - Merkur, Mars: 0,5 cm
  - Venus, Erde: 1 cm
  - Jupiter: 5 cm
  - Saturn: 3 cm
  - Uranus, Neptun: 2 cm

Für das Modell des Asteroidengürtels:

- Perlen in verschiedenen Größen und Formen
- Ringkarton, ca. 4 cm breit mit etwa 20 cm Innendurchmesser (vielfach gelocht)
- mehrere (Kunststoff-)Schnüre, etwa 30-cm-Stücke, mit einem Ende bereits am Ringkarton festgeknotet



Die kleinen Kugeln ganz nah an der „Sonne" stellen die Gesteinsplaneten dar, die größeren Gasplaneten sind in etwas weiterem Abstand angebracht. Hier vorne links Jupiter und rechts Saturn, hinten an den längsten Drähten Uranus und Neptun.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Basteln des Asteroidengürtels

Im Mitmach-Experiment „nähen“ die Kinder Perlen auf den „Gürtel“ (Ringkarton).

1. Dabei fädeln sie jeweils eine Perle auf die Schnur, ziehen die Schnur dann durch ein vorbereitetes Loch und ziehen wieder eine Perle auf.
2. Die Schnur wird nun in entgegengesetzter Richtung durch den Karton gezogen und erneut eine Perle aufgesteckt.
3. Dieser Vorgang wird mehrere Male wiederholt – und das für alle Schnüre.
4. Am Ende sollte der Gürtel oben und unten mit „Asteroiden“ reich verziert sein.

Ringkarton mit Löchern und einigen ersten Perlen

Das Modell von unten fotografiert.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Das „Reich der Asteroiden“

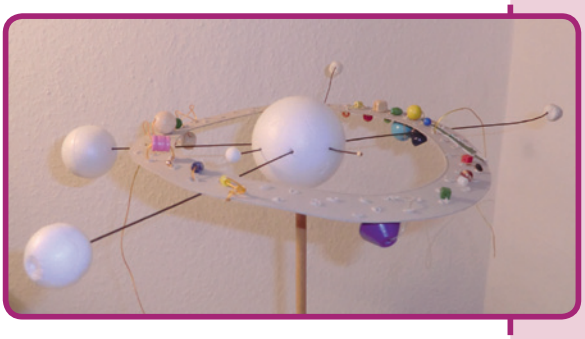
Zwischen Mars und Jupiter gibt es keinen weiteren Planeten.
Hier ist das Reich der Asteroiden, ein wahres Trümmerfeld aus vielen Felsbrocken – manche so groß wie ein Auto, andere so groß wie ein Gebirge.

Baue ein kleines Modell des Asteroidengürtels!

In diesem Experiment stellen die Perlen die Asteroiden dar, die zwischen den Planeten Mars und Jupiter um die Sonne kreisen.

„Nähe“ nun Perlen auf den „Gürtel“ (Ringkarton):

1. Fädle dazu immer eine Perle auf eine Schnur und ziehe diese durch ein Loch des Kartons.
2. Dann fädelst du wieder eine Perle auf die Schnur und ziehst sie in die andere Richtung durch ein Loch im Karton.
3. Wiederhole diesen Vorgang mehrmals, und das mit mehreren Schnüren.
4. Am Ende sollte der Gürtel oben und unten mit „Asteroiden“ reich verziert sein.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

8. Jupiter

Jupiter – gesehen von der Sonde *Cassini*. Bild: NASA/JPL/ Space Science Institute

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
778 Mio. km
Durchmesser:
142 984 km am Äquator
(133 708 km von Pol zu Pol)
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
11 Jahre und 315 Tage
Rotationsperiode:
9 Stunden, 55 Minuten und 30 Sekunden
Monde:
über 60, davon 4 große innere Monde
(Galileische Monde)

Hintergrund-Info

Jupiter ist der größte Planet des Sonnensystems. Von der Sonne aus gesehen ist er der fünfte Planet – und nach den vier inneren Gesteinsplaneten der erste der vier Gasplaneten. Über 300 Erden wären nötig, um ihn aufzuwiegen. Dabei hat Jupiter – wie alle Gasplaneten – keine feste Oberfläche, sondern nur Wolken- und Gasschichten, die nach innen hin immer dichter werden. Ganz im Innern befindet sich dann vermutlich ein fester Kern aus Gestein, der etwa so groß wie die Erde sein könnte. Die Außenhülle des „Gas-Riesen" ist durch turbulente Wolkenbilder gekennzeichnet, die sich in Streifen und Bändern um den Planeten winden. Wegen der großen Entfernung zur Sonne ist die äußerste, rund 50 Kilometer mächtige Wolkenschicht -120 °C kalt. Interessant ist, dass sich die Wolkenbänder unterschiedlich schnell um den Planeten bewegen. Auffällig ist ferner der sogenannte „Große Rote Fleck", ein Wolkenwirbel, in den die Erde mehr als zweimal hineinpassen würde und der schon vor 350 Jahren gesichtet wurde.

Über 60 Monde umkreisen Jupiter. Neben vielen sehr kleinen Trabanten zählen dazu die vier inneren Monde Io, Europa, Ganymed (der größte Mond des ganzen Sonnensystems) und Kallisto. Man erkennt sie schon mit einfachen Fernrohren – und es war

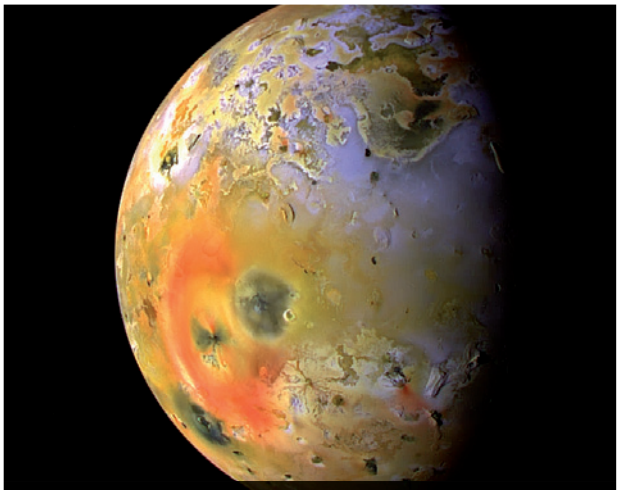
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Galileo Galilei, der als erster Mensch (im Jahre 1610) ein Fernrohr auf den Jupiter richtete und sie entdeckte. Die Beobachtung dieser vier kleinen Punkte, die Jupiter umkreisten, widerlegte endgültig das geozentrische Weltbild und brachte Galilei in Konflikt mit der katholischen Kirche. Denn damit war bewiesen: Nicht alle Himmelskörper drehen sich um den Erdball.

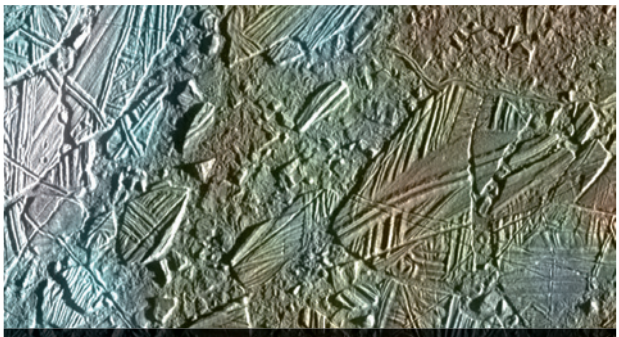
Aufgrund der gewaltigen Entfernung zur Erde haben nur wenige Raumsonden den Jupiter aus der Nähe erforscht – immer nach jahrelanger Reise durchs All. Zunächst waren das 1973 die NASA-Sonden *Pioneer 10* und *11*, ehe *Voyager 1* und *Voyager 2* 1979 erste Detail-Aufnahmen und weitere Messdaten vom Jupiter lieferten. Am Rande bemerkt: Diese beiden im Jahre 1977 gestarteten Sonden funktionieren auch heute noch und haben inzwischen die äußeren Regionen des Sonnensystems erreicht – *Voyager 1* befindet sich mittlerweile sogar im sogenannten „interstellaren Raum", dem Raum zwischen den Sternen. An Bord ist auch eine „Botschaft für Außerirdische": eine Datenplatte (ähnlich einer CD oder Langspielplatte), die wegen ihres Gold-Überzugs „Golden Record" genannt wird und die viele Bilder, Grußbotschaften und auch Musikstücke von der Erde beinhaltet. Es handelt sich dabei um eine eher symbolische „kosmische Flaschenpost" – denn es ist unwahrscheinlich, dass sie eines Tages wirklich von Außerirdischen in Empfang genommen wird.

Im Abstand mehrerer Jahre folgten noch zwei andere Sonden. Zunächst war dies die Raumsonde *Galileo* (Start 1989), die zehn Instrumente und eine Atmosphären-Eintauchkapsel an Bord hatte und den Planeten zum ersten und einzigen Mal aus der Umlaufbahn untersuchte (während andere Sonden nur an ihm vorbeiflogen). Sie nahm aus der Nähe spektakuläre Bilder der Galileischen Monde auf. So zeigt Io eine von sehr aktiven Vulkanen geprägte Oberfläche (er ist der geologisch aktivste Himmelskörper im Sonnensystem). Europa ist dagegen von einer Eiskruste überzogen, unter der Wissenschaftler einen bis zu 200 km tiefen Wasser-Ozean vermuten, was den Mond (neben dem Mars) zu einem interessanten Kandidaten für potenzielles Leben macht. Auch die anderen inneren Monde und die Atmosphäre von Jupiter wurden untersucht, bevor die Sonde kontrolliert und geplant in die Gashülle des Planeten stürzte und dort verglühte. Schließlich passierte die Doppelsonde *Cassini-Huygens* auf ihrem Weg zum Saturn im Jahr 2000 den Jupiter – und 2007 auch die Pluto-Sonde *New Horizons*.

Der „Große Rote Fleck" – ein gigantischer Wolkenwirbel vom doppelten Durchmesser der Erde. Die Aufnahme lieferte die Sonde *Voyager 1*. Bild: NASA/JPL



Der Jupiter-Mond Io – aufgenommen von der amerikanisch-deutschen Sonde *Galileo*. Bild: NASA/JPL



Die eisige Oberfläche des Jupiter-Mondes Europa. Bild: NASA/JPL

Zur Didaktik

- Das Experiment vermittelt eine ungefähre Vorstellung der Größenverhältnisse von Jupiter und Erde.
- Der Volumenvergleich schult räumliches Denken und genaues Messen und Rechnen als Grundlagen für (vor-)wissenschaftliche Experimente.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

8.1 Mitmach-Experiment: Volumenvergleich

Wie oft passt unsere Erde in den Jupiter?

Der Jupiter (wie auch der Saturn) unterscheiden sich durch ihre enorme Größe von den übrigen Planeten. Aus diesem Grund vergleichen wir in diesem Versuch das Volumen der Erde mit dem des Jupiters, indem wir den Jupiter „halbieren" und die beiden Halbschalen mit „Erd-Kugeln" füllen.

Materialien

- 2 (Metall-)Schüsseln als Jupiter-Halbschalen, Durchmesser ca. 20 cm, Höhe ca. 10 cm, mit jeweils einem Fassungsvermögen von ca. 1700 ml
- ca. 1400 Wattekugeln mit 1,5 cm Durchmesser (auf Bestellung erhältlich im Bastelgeschäft)
- Behältnis für die 1400 Wattekugeln
- kleinere Gefäße (Plastikbecher, 250 ml), die ca. 100 Wattekugeln fassen
- Bleistift und Papier

Durchführung

Der Jupiter ist der größte Planet in unserem Sonnensystem.

Erläutern Sie den Schülerinnen und Schülern, dass die zwei Metallschüsseln zusammengesetzt den Jupiter darstellen sollen. Jede der kleinen Wattekugeln entspricht dann größenmäßig der Erde.

Die Kinder sollen nun schätzen, wie oft unsere Erde in den Jupiter hineinpasst.

1. Dazu werden die Plastikbecher gut bis zum Rand mit Erd-Kugeln (das sind ca. 100 „Erden") gefüllt.
2. Auf einer Strichliste wird jeder Becher mit einem Strich notiert.
3. Nun werden die Erd-Kugeln aus den Bechern in die beiden Metallschüsseln (Jupiter) geschüttet, bis beide Halbkugeln voll sind.
4. Wenn beide Hälften voll sind, werden sämtliche Striche gezählt. Wie viele Becher wurden gefüllt? Wie viel Erden passen also ungefähr in den Jupiter?

Erläuterung

Die Halbschalen und Erd-Kugeln müssen einander unbedingt im Volumenverhältnis entsprechen. Was immer Sie an Schalen oder „Erd-Kugeln" nehmen: Es müssten insgesamt ca. 1330 „Erden" in den „Jupiter" (bzw. zusammen in seine zwei Hälften) passen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Möglichkeiten zur Vertiefung

Einige Berechnungen

Jupiter ist so etwas wie eine „verhinderte Sonne“: Denn er besteht im Prinzip aus fast dem gleichen Material (Wasserstoff und Helium). Doch der Druck im Innern ist wegen der zu geringen Masse zu niedrig, um eine Kernfusion auszulösen (dafür müsste Jupiter ca. 50- bis 70-mal „schwerer“ sein). Dennoch: Jupiter hat immerhin doppelt so viel Masse wie alle anderen sieben Planeten zusammen. Im Vergleich zur Erde hat er 318-mal mehr Masse, aber nur etwa den tausendsten Teil der Sonnenmasse.

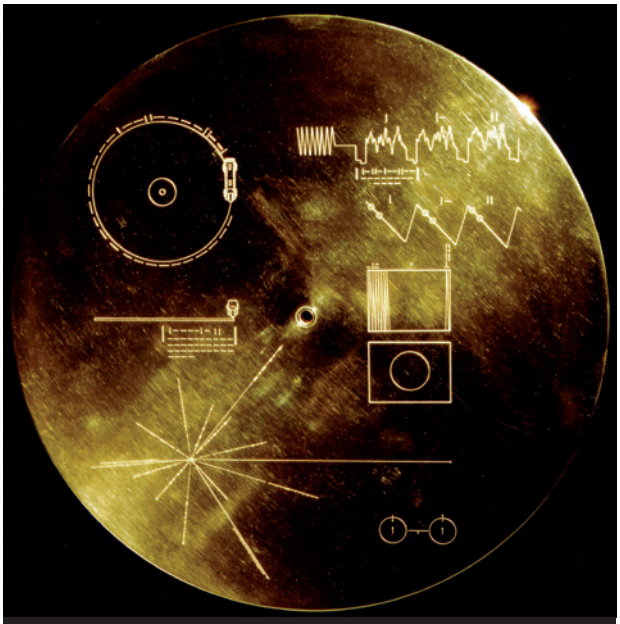
Hieran kann man für ältere Schüler einige einfache Rechenaufgaben knüpfen – etwa: Wie groß ist dann das Masseverhältnis der Erde zur Sonne? Schließlich kann man die Masse von Jupiter im Verhältnis zur Sonne und Erde auch durch Gewichte anschaulich vergleichen: Würde Jupiter 1 Kilogramm wiegen, wie „schwer“ wäre dann die Sonne? Und wie „leicht“ die Erde? Kennen die Schüler vielleicht sogar Objekte, die so viel (oder wenig) wiegen?

Die Jupiter-Uhr

Knapp zwölf Erden-Jahre dauert ein Jahr auf Jupiter, denn so lange braucht er, um die Sonne einmal zu umkreisen. Wer auf der Erde zwölf Jahre alt ist, würde also auf Jupiter gerade zum ersten Mal Geburtstag feiern. Und wie alt sind die Kinder Ihrer Klasse nach Jupiter-Maßstab? Oder Sie als Lehrerin bzw. Lehrer? Den Kindern macht es Spaß, so etwas auszurechnen – zumal Lehrkräfte dann nach Jupiter-Zählung „jünger“ sind als ihre Schüler nach irdischen Jahren. Und man kann das natürlich auch mit allen anderen Planeten durchrechnen.

Grüße an Außerirdische

Auf den *Voyager*-Sonden, die unter anderem den Jupiter erkundet haben, befindet sich eine Art Langspielplatte mit symbolischen Grüßen an Außerirdische sowie Fotos und anderen Informationen über die Erde. Das kann man zum Anlass für eine gemeinsame Überlegung in der Klasse nehmen: Wie würden die Kinder einem Außerirdischen das Leben auf der Erde beschreiben? Wie sieht unser Planet aus? Was sind die wichtigsten Informationen über unsere Welt?



Als „Golden Record“ wird dieser Datenträger bezeichnet, der auf den *Voyager*-Sonden durchs All fliegt. Bild: NASA

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Ein wahrer Riese

Der Jupiter hat eine enorme Größe im Vergleich zu den übrigen Planeten.

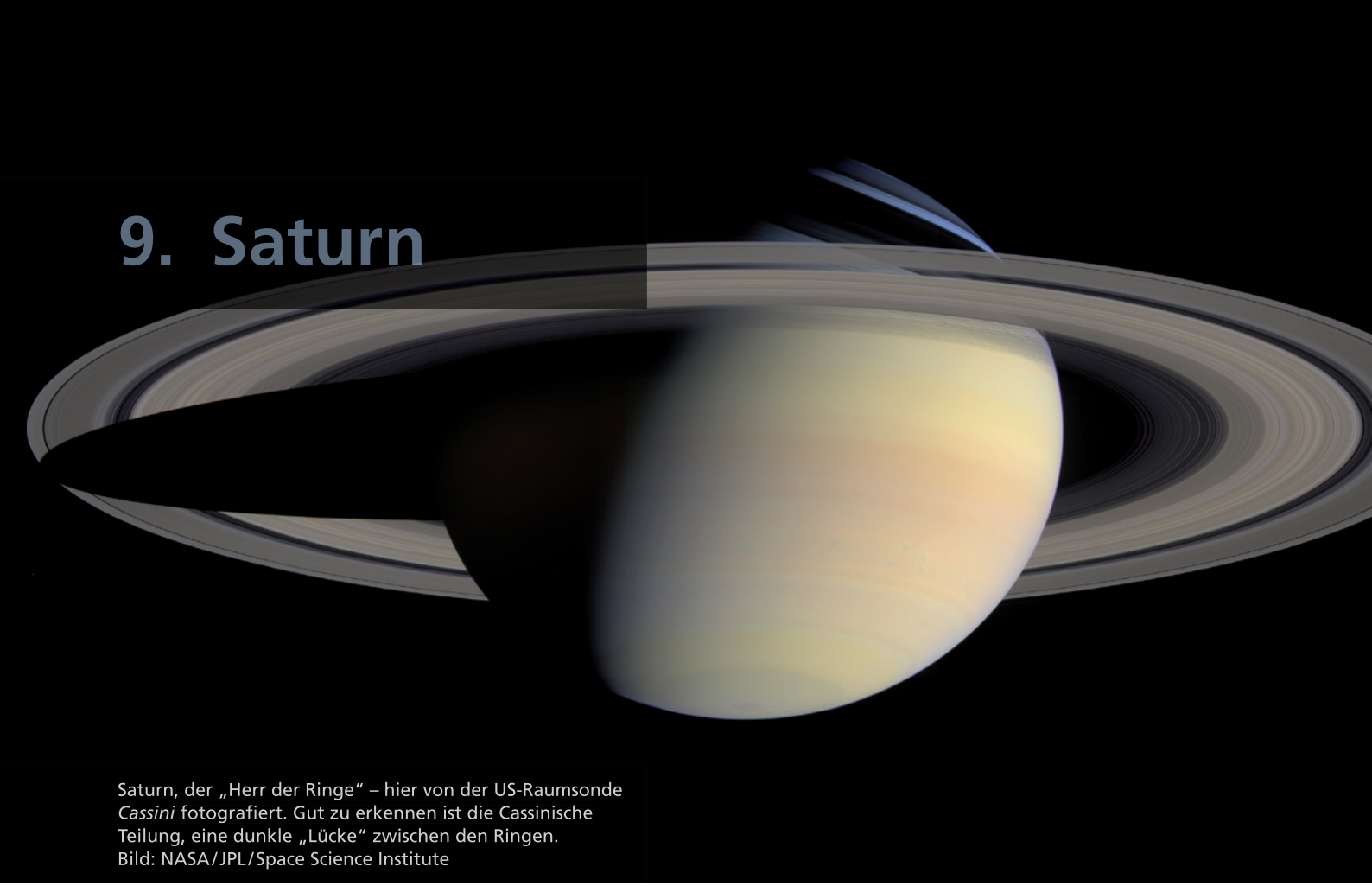
Wie oft passt unsere Erde in den Jupiter?

Die beiden Metallschüsseln stellen hier – wenn man sie zusammenfügt – den Jupiter dar. Im Verhältnis zu diesem „Riesen“ unter den Planeten ist die Erde dann klein wie eine der Wattekugeln.

1. Schätzt einmal, wie viele Erden in diese beiden Jupiter-Halbkugeln passen.
2. Und nun wird nachgeprüft: Füllt dazu die Plastikbecher gut bis zum Rand mit Erd-Kugeln (das sind ca. 100 „Erden“)
3. Macht pro Becher einen Strich auf einer Strichliste.
4. Schüttet die Erd-Kugeln aus den Bechern in die beiden Metallschüsseln (Jupiter), bis beide Halbkugeln voll sind.
5. Wenn beide Hälften voll sind, zählt ihr eure Striche.
6. Wie viele Becher habt ihr gefüllt? Wie viele Erden passen also ungefähr in den Jupiter?

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

9. Saturn



Saturn, der „Herr der Ringe“ – hier von der US-Raumsonde *Cassini* fotografiert. Gut zu erkennen ist die Cassinische Teilung, eine dunkle „Lücke“ zwischen den Ringen. Bild: NASA/JPL/Space Science Institute

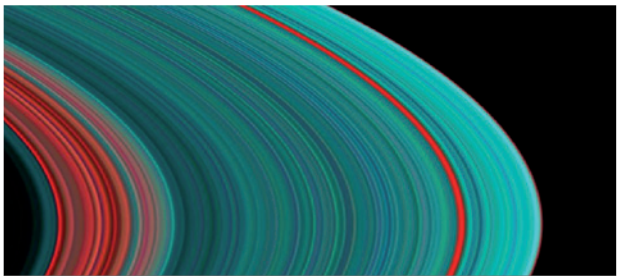
Hintergrund-Info

Saturn, der sechste Planet des Sonnensystems und nach Jupiter der zweitgrößte, bietet mit seinen Ringen einen spektakulären Anblick. Wie Jupiter (und auch Uranus und Neptun) ist er ein Gasplanet ohne feste Oberfläche. Noch dazu ein sehr „leichter“. Genauer formuliert hat er eine äußerst geringe mittlere Dichte: Ein Kubikzentimeter „Saturn-Masse“ wiegt im Durchschnitt gerade einmal 0,7 Gramm. Das ist weniger als der Wert von Wasser (1 Gramm), sodass der Saturn in einer überdimensionalen Badewanne auf dem Wasser schwimmen würde.

Die Ringe des Saturn wurden – wie die großen Jupiter-Monde – im Jahr 1610 von Galileo Galilei entdeckt, der sie jedoch für „Henkel“ am Planeten hielt. Erst Christiaan Huygens erkannte 1655, dass es sich um frei schwebende Ringe handelt. Sie sind möglicherweise die Überreste eines oder mehrerer Monde, die von Asteroiden oder Kometen getroffen und zerstört wurden. Es ist auch denkbar, dass sie von der enormen Schwerkraft in der Nähe des Planeten zerrieben wurden. Aus der Distanz durchs Teleskop betrachtet sehen die Ringe wie ein massives Gebilde aus. Tatsächlich aber bestehen sie aus unzähligen kleinen Eis- und Gesteinsbrocken, die den Planeten innerhalb weniger Stunden umkreisen. Auf

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
1,4 Milliarden km
Durchmesser:
120 536 km am Äquator
(108 728 km von Pol zu Pol)
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
29 Jahre und 166 Tage
Rotationsperiode:
10 Stunden und 47 Minuten
Monde:
über 60



Dieses Falschfarbenbild zeigt, dass das Ringsystem aus vielen einzelnen Ringen besteht und fein strukturiert ist. Grüne Farben stehen hier übrigens für Ringe aus Eis, Rot steht für höhere Anteile von Staub. Bild: NASA/JPL/University of Colorado

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

neuen Bildern der *Cassini*-Sonde lassen sich Tausende einzelner Ringe unterscheiden.

Interessant ist, dass die Ringe auch größere „Lücken" aufweisen. Besonders groß ist dabei die fast 5000 Kilometer breite Cassinische Teilung – so nach ihrem Entdecker benannt. Daneben gibt es mit der Keeler- und Encke-Lücke zwei weitere Teilungen. Verursacht werden diese „Lücken" durch die Schwerkraftwirkung des außerhalb der Ringe befindlichen Mondes Mimas und durch kleinere Monde innerhalb der Ringe selbst. Das unten stehende Mitmach-Experiment veranschaulicht dieses Phänomen auf stark vereinfachte Weise.

Spannend!

Nach der Landung auf Titan übermittelte die ESA-Sonde *Huygens* neben vielen Daten auch dieses eine Bild, bevor sie wie erwartet in dieser fast -180 °C kalten Welt schnell verstummte. Dies war übrigens die am weitesten entfernte Landung einer Sonde auf einem anderen Himmelskörper: weit über eine Milliarde Kilometer weg von der Erde!

Bild des Saturn-Mondes Titan, aufgenommen von der ESA-Sonde *Huygens*. Bild: NASA/JPL/ESA/ University of Arizona

Der Planet weist viele Wolkenwirbel auf, die sich für einige Zeit halten, dann teilweise aber auch wieder verschwinden. An den Polen wurden auch Polarlichter entdeckt. Unter den vielen Monden sind neben Mimas zwei besonders interessant: zum einen der kleine 500 Kilometer große Enceladus, der wie ein Golfball aussieht. An seinem Südpol schießen Wasserfontänen aus Eisspalten ins All. Das Wasser gefriert sofort und rieselt in Form hauchfeiner Eispartikel auf den Mond oder wandert in den äußersten Saturn-Ring. Und zum anderen Titan, mit einem Durchmesser von ca. 5000 Kilometern der zweitgrößte Mond des Sonnensystems (größer als der Planet Merkur). Titan ist der einzige Mond mit einer dichten Atmosphäre. In gewisser Weise ähnelt sie der Atmosphäre auf der jungen Erde, bevor hier Leben entstand. Daher war Titan als besonders spannendes Forschungsobjekt das Ziel der europäischen Sonde *Huygens*, die im Huckepackverfahren mit der US-Sonde *Cassini* zum Saturn flog und dann sogar 2005 auf Titan landete. Wir wissen heute, dass es auf Titan Flüsse, Seen und Niederschlag gibt. Allerdings regnet es dort – anders als bei uns – kein Wasser, sondern im Prinzip flüssiges Erdgas. Leben wird sich auf diesem fast -180 °C kalten Mond nie entwickeln können: Der Prozess, der auf der Erde zu einer lebensfreundlichen Umgebung geführt hat, scheint auf Titan für immer eingefroren. Allerdings könnte es unter dem Eis mit Flüssigkeiten gefüllte Hohlräume geben, in denen die Existenz von Leben nicht vollkommen ausgeschlossen ist.

Zur Didaktik

- Am Beispiel der Saturn-Ringe und -Monde geht es um ein Vorverständnis dafür, wie Himmelskörper sich gegenseitig durch ihre Schwerkraft beeinflussen.
- Die Kinder sollen sich merken, dass der Saturn ein ganz besonderes Ringsystem hat.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

9.1 Mitmach-Experiment: Saturn-Ringe

Der Saturn ist vielleicht der schönste Planet im Sonnensystem – von unserer Erde natürlich einmal abgesehen! Er hat nämlich riesige Ringe um seinen „Bauch“ herum.

Von der Erde aus betrachtet sehen die Ringe völlig gleichmäßig aus. Es sind aber unzählige Teilchen und Klumpen aus Gestein, Staub und Eis – manche klein wie ein Sandkorn, andere groß wie ein Haus. Sie alle umrunden den Saturn. Zwischen den Bahnen gibt es an einigen Stellen Lücken – und wie sie entstanden sind, kann man mit diesem Experiment herausfinden.

Materialien

- Drehplatte mit einer halbierten und aufgeklebten Styroporkugel in der Mitte
- eine Packung Milchreis
- „Mond-Stäbe“ (4 unterschiedliche Watte- oder Styroporkugeln als Monde auf Schaschlikstäbe gesteckt)
- runder (weißer) Karton, Durchmesser ca. 30–40 cm

Durchführung

1. Der ganze Milchreis wird zu einer gleichmäßigen Fläche auf dem weißen Karton rund um den Saturn verteilt.
2. Die Kugeln auf den Stäben stellen Monde dar. Diese „Mond-Stäbe“ dienen dazu, dass man die Monde in den Milchreis halten kann. Verschiedene Kinder halten nacheinander ihren Mond an unterschiedlichen Stellen in die Reiskörner.
3. Nun wird die Scheibe gleichmäßig gegen den Uhrzeigersinn gedreht.
4. Die Beobachtungen der Kinder werden anschließend gemeinsam besprochen.

Erläuterung

Dieser Versuch, bei dem Milchreis die Materie symbolisiert, die den Saturn in Ringform umrundet, demonstriert den Effekt der Cassinischen Teilung und der anderen Lücken in den Ringen eher intuitiv. So begreifen die Kinder das Zusammenspiel verschiedener Phänomene wie eben von Monden und Ringen. Tatsächlich entstehen die „Lücken“ in der Ringstruktur allerdings nicht durch pure „Verdrängung“. Vielmehr ziehen der Saturn-Mond Mimas und andere kleine Monde Partikel aus den Ringen an, fliegen dann aber so schnell weiter, dass die kleinen Teilchen nicht auf die Monde selbst stürzen, sondern durch die Gravitation hinweggeschleudert und regelrecht aus der Bahn geworfen werden.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Möglichkeiten zur Vertiefung

Der „Stern“ von Bethlehem

Saturn leuchtet wie Jupiter hell an unserem Nachthimmel. Dabei kommen sich die beiden Planeten von der Erde aus gesehen etwa alle 20 Jahre recht nahe (in Wirklichkeit liegen natürlich Hunderte Millionen Kilometer zwischen ihnen). Eine solche Konstellation, bei der beide Planeten zu einem Lichtpunkt zu verschmelzen scheinen, wird als recht plausible Erklärung für den Stern von Bethlehem angesehen (der also kein „Stern“ und wohl auch kein Komet oder Ähnliches war). Im verdunkelten Klassenzimmer (Tische und Stühle werden vorher an den Rand geräumt) können die Schülerinnen und Schüler das mit Taschenlampen auf einfache Art nachstellen. Ein Kind spielt dabei Jupiter, ein anderes (etwas weiter entfernt) Saturn. Beide umkreisen den Rest der Klasse mit je einer Taschenlampe, die sie hoch über den Kopf halten und auf die Mitschüler richten. Jupiter braucht dazu eigentlich 12 Jahre, Saturn 30 Jahre. Hier im Spiel vereinfachen wir das: Jupiter benötigt etwa eine Minute, Saturn rund doppelt so lange. Beide starten leicht versetzt, damit die „Nahkonstellation“ nicht gleich zu Anfang eintritt. Irgendwann sind beide Lichter aus Sicht der Mitschüler recht nah beieinander, und alle rufen „Stopp!“. Jetzt haben wir die „Bethlehem-Konstellation“ nachgestellt (wobei sich die Kinder, die in der Mitte stehen und Erde spielen, der Einfachheit halber nicht bewegen).

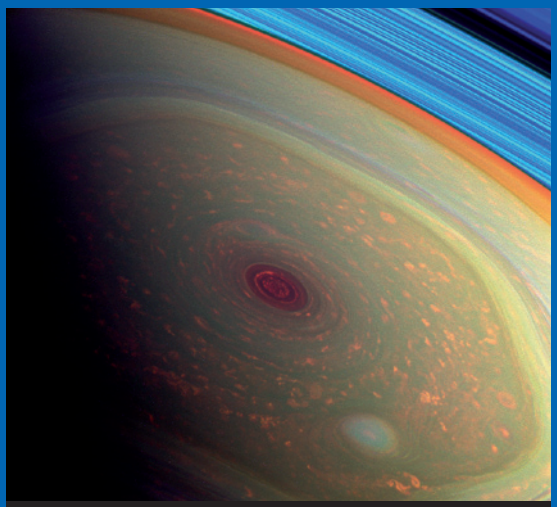
Hinweis: Natürlich können Sie das Spiel auch mit mehr Planeten (und Taschenlampen) spielen. Ein ganz verblüffendes Ergebnis erzielen Sie dabei, wenn Sie das Geschehen im gut abgedunkelten Klassenzimmer mit einer Kamera in einem Bild festhalten. Das Foto muss dann als Langzeitbelichtung (ca. eine Minute) per Stativ oder anderer fester Positionierung aufgenommen werden – am besten aus erhöhter Perspektive.

Der „leichte“ Saturn

Vom Volumen her würde die Erde ca. 765-mal in den Saturn passen, der Ringplanet ist aber nur rund 95-mal schwerer als die Erde. Das liegt an seiner geringen spezifischen Dichte. Dieses Thema des spezifischen Gewichts lässt sich zunächst ganz spielerisch behandeln. So kann man zum Beispiel einfach mehrere Bälle und Kugeln in einen größeren Behälter mit Wasser geben und vergleichen: Eine schwere Metallkugel (vom Boule-Spiel, aus der Physiksammlung oder vom Kugelstoßen beim Sportlehrer ausleihen) sinkt zu Boden, eine leichte – auch wenn sie größer ist – schwimmt oben auf. Deutlich ältere Schüler können auch verschiedene Rechenaufgaben lösen: Auf Grundlage des Volumens und des mittleren Gewichts von Saturn (mittlere Dichte 0,7 g/cm^3) und Erde (mittlere Dichte 5,5 g/cm^3) kann man die Masse beider Himmelskörper ausrechnen und vergleichen.

Spannend!

Am Nordpol des Saturn formen die Winde einen Wolkenwirbel zu einer ganz seltsamen Form: nämlich zu einem „Sechseck“. Wissenschaftler rätseln noch immer, wie es zu dieser mysteriösen Struktur kommt.



Der Wolkenwirbel über dem Saturn-Nordpol.
Bild: NASA/JPL-Caltech/SSI

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Der Herr der Ringe

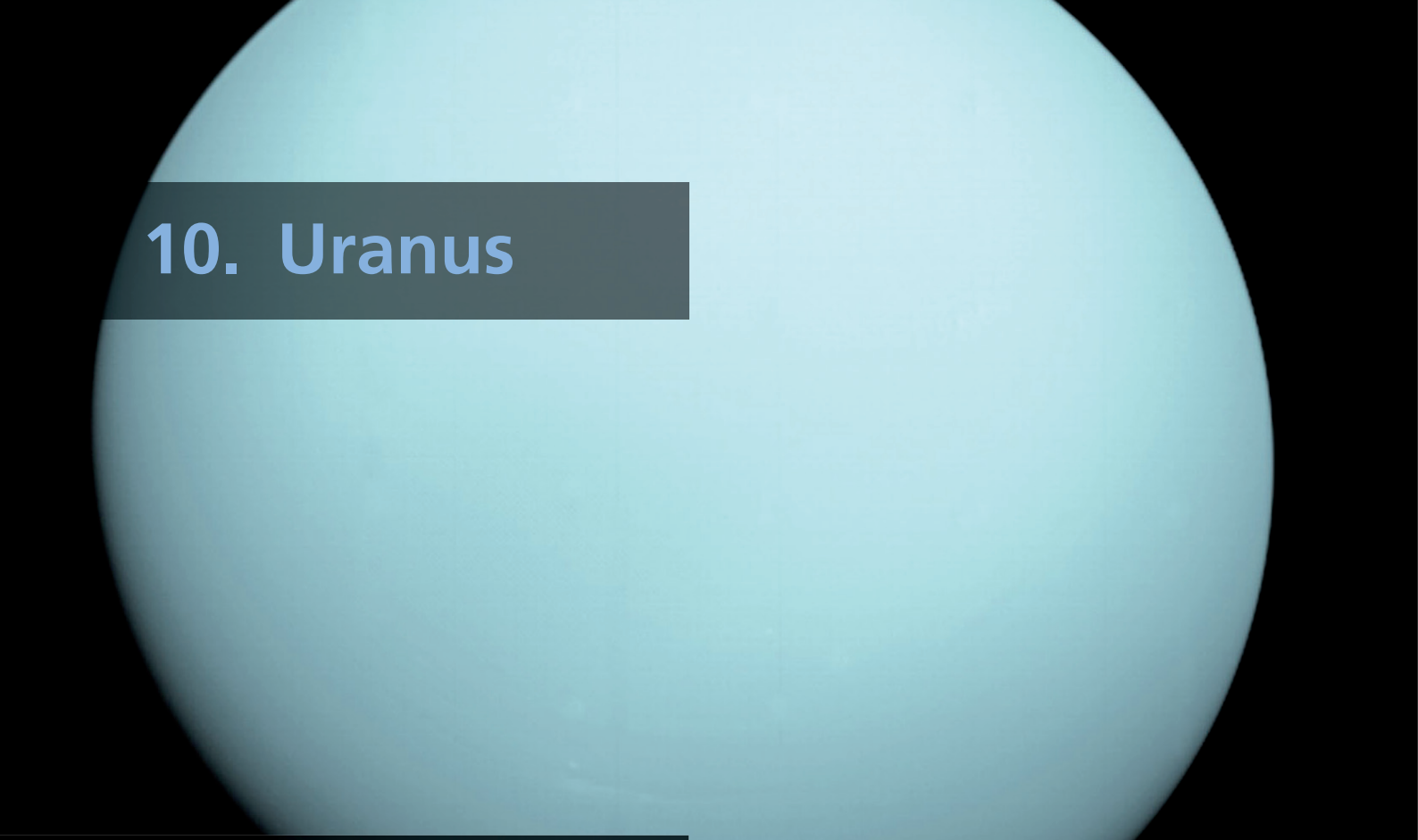
Der Saturn besitzt riesige Ringe um seinen „Bauch“ herum. Von der Erde aus betrachtet sehen die Ringe völlig gleichmäßig aus. Es sind aber unzählige Teilchen und Klumpen aus Gestein, Staub und Eis – manche klein wie ein Sandkorn, andere groß wie ein Haus. Und zwischen den einzelnen Ringen gibt es kleine Lücken.

Wie könnten die „Lücken“ zwischen den Ringen entstanden sein?

1. Verteilt den ganzen Milchreis zu einer gleichmäßigen Fläche auf dem weißen Karton rund um den Saturn.
2. Die Kugeln auf den Stäben stellen Monde dar. Nehmt euch verschiedene Mond-Stäbe und haltet die Monde in den Milchreis.
3. Dreht die Scheibe nun gleichmäßig gegen den Uhrzeigersinn.
4. Beobachtet, was passiert. Sprecht in gemeinsamer Runde und mit eurer Lehrerin oder eurem Lehrer darüber.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

10. Uranus



Uranus – fotografiert von der NASA-Sonde *Voyager 2*.
Bild: NASA/JPL

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
2,9 Milliarden km
Durchmesser:
51 118 km am Äquator
(49 946 km von Pol zu Pol)
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
ca. 84 Jahre
Rotationsperiode:
17 Stunden, 14 Minuten und 24 Sekunden
Monde:
mindestens 27

Hintergrund-Info

Uranus ist ein Gasplanet – allerdings längst nicht so groß wie Jupiter und Saturn, aber doch sehr viel größer als die Erde. Wegen der gewaltigen Entfernung zur Sonne sind hier die Temperaturen noch niedriger als beim Jupiter und Saturn, weshalb der Uranus und auch sein äußerer Nachbar Neptun gerne als „Eisriesen" bezeichnet werden. Die Art, wie Uranus die Sonne umkreist, weist eine Besonderheit auf: Seine Achse ist so stark geneigt, dass sie fast in der Bahnebene liegt und der Planet quasi um die Sonne rollt. Bei 84 Jahren pro Umlauf um die Sonne heißt das: Mal zeigt die Achse mit dem Nordpol zur Sonne, danach werden die Regionen rund um den Äquator beschienen, anschließend ist der Südpol zur Sonne ausgerichtet und dann wieder der Äquator und die mittleren Breiten. Man kann sich Uranus also wie ein rollendes Fass vorstellen, wobei aber die Längsachse nicht immer zur Sonne zeigt, sondern gewissermaßen im Raum fixiert ist und immer stur in dieselbe Richtung weist.

Die ungewöhnliche Art der Uranus-Bahn ist Gegenstand des Mitmach-Experiments.

Zur Didaktik

- Das Experiment schult räumliches Vorstellungsvermögen.
- Die Kinder lernen in Teams zusammenarbeiten, denn nur zu Mehreren klappt das Experiment.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

10.1 Mitmach-Experiment: Uranus-Bahn

Wie Uranus um die Sonne „rollt“

Bei diesem Mitmach-Experiment umkreisen die Kinder mit einer „Uranus-Kugel“ die „Sonne“ – und zwar so, dass die Achse des Planenten immer nur in eine Richtung zeigt. So imitieren sie die seltsame Bahnbewegung des Planeten.

Durchführung

1. Ein Kind zieht sich das gelbe T-Shirt an und stellt sich als Sonne in die Mitte (siehe Abb. 1).
2. Zwei Kinder legen sich den Stab mit dem Uranus auf die Schulter (siehe Abb. 1).
3. Die Uranus-Kinder stellen sich neben der Sonne auf. Hier ist Start und später nach einer Umrundung der Sonne auch wieder Ziel (siehe Abb. 2).
4. Die Uranus-Kinder schauen immer in dieselbe Richtung und bleiben stets hintereinander (siehe Fußstellungen). Der Stab zeigt immer in dieselbe Richtung.
5. Sie umkreisen die Sonne gegen den Uhrzeigersinn.

Hinweis: Zur Verdeutlichung sollte man Nord- und Südpol des Uranus mit N und S markieren (dicht neben den Stellen, wo der Holzstab aus der Kugel ragt). Auch eine Äquatorlinie mit einem großen „Ä“ ist hilfreich.

Es ist wichtig, dass die Kinder, die den Uranus tragen, immer in dieselbe Richtung blicken. Sie können sich dafür zum Beispiel an der Tür des Klassenraums oder an der Tafel orientieren, auf die der Holzstab immer ausgerichtet bleibt. Die Kinder bleiben immer in derselben Aufstellung hintereinander und laufen gegen den Uhrzeigersinn um die Sonne – teils dann auch rückwärts.

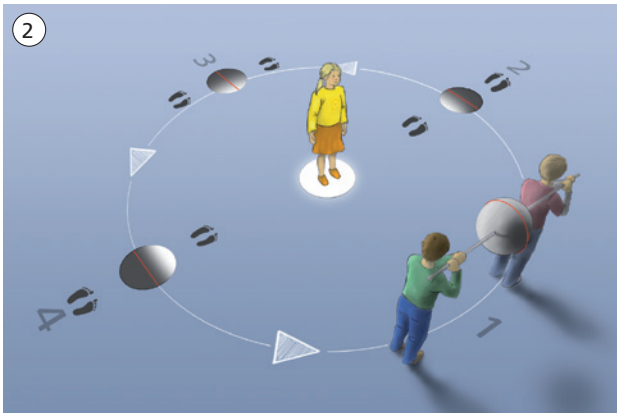
1. vorwärts (aus der Startposition heraus)
2. seitwärts (hier nach links)
3. rückwärts (auf der anderen Seite der Sonne)
4. wieder seitwärts (hier nach rechts)
5. dann wieder vorwärts bis zur Startposition

Materialien

- gelbes T-Shirt für das „Sonnen-Kind“ (einfach am Vortag verabreden, wer ein gelbes Hemd hat und Sonne spielt)
- Holzstab, ca. 1 m lang, als Rotationsachse
- große Kugel (z. B. Styroporkugel mit ca. 30 cm Durchmesser), die als „Uranus“ auf den Holzstab gesteckt wird
- Stift (zur Beschriftung der Uranus-Kugel mit Nordpol, Südpol, Äquator)

1

2



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Die Kinder werden zur Beobachtung und daraus resultierenden Überlegungen angehalten:

1. An welchen der vier Positionen werden welche Gebiete des Uranus von der Sonne beschienen?
2. Eine Runde dauert in Wirklichkeit ca. 84 Jahre. Wie lange scheint die Sonne zum Beispiel auf den Südpol?

Erläuterung

Der Uranus umrundet als einziger Planet die Sonne mit fast liegender Rotationsachse.

- Beim „Start" (Position 1 in Abb. 2) wird der Äquator beschienen.
- Nach einer viertel Umrundung (Position 2) bekommt der Südpol viel Sonnenlicht ab.
- Nach einer halben Umrundung (Position 3) ist es wieder der Äquator.
- Nach einer drei viertel Umrundung wird der Nordpol beschienen (Position 4).
- Nach einer ganzen Umrundung geht es wieder mit dem Äquator los.

Eine komplette Umrundung (ein Uranus-Jahr) dauert rund 84 (Erden-)Jahre. Somit wird jeder der Pole jeweils ein halbes Uranus-Jahr, also 42 Erden-Jahre lang beschienen.

Zur Verdeutlichung des Bewegungsablaufs bei der gespielten Uranus-Umrundung befindet sich auf der beiliegenden DVD ein Video, das eine Gruppe von Kindern bei diesem Vorgang zeigt.

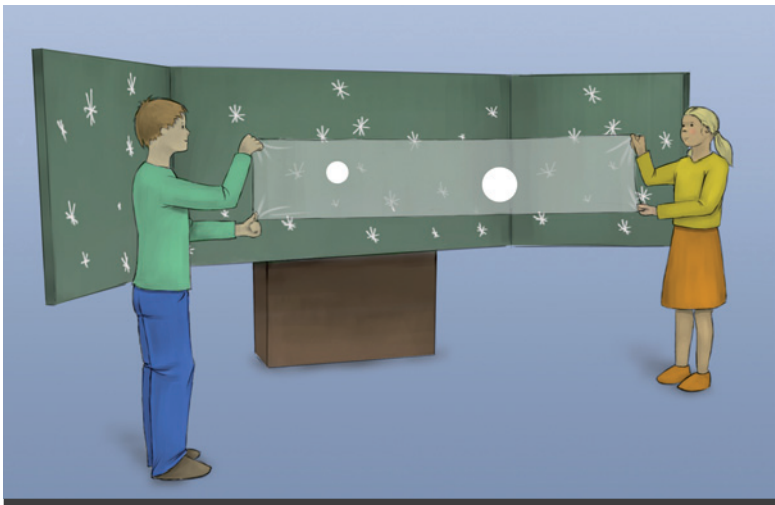
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Möglichkeiten zur Vertiefung

Woran erkennt man am Nachthimmel Planeten?

Uranus ist nur ganz schwach mit bloßem Auge zu erkennen – und das nur in sehr klaren Nächten und wenn man genau weiß, wo man suchen muss. Besser geht das natürlich mit einem Fernrohr. Und auf diese Weise wurde Uranus schon 1690 von einem Astronomen namens John Flamsteed gesichtet, der ihn aber für einen Stern hielt und „34 Tauri" taufte. Erst rund 100 Jahre später erkannte man, dass es sich um einen Planeten handeln musste.

Wie aber kann man überhaupt Planeten von Sternen unterscheiden? Die Antwort: Betrachtet man den Nachthimmel, so scheinen die Sterne fix am „Himmelszelt" zu haften – weshalb sie auch Fixsterne genannt werden. Sie verändern ihren Abstand zueinander nicht merklich und bilden immer die gleichen Konstellationen, darunter auch die bekannten Sternbilder. Denn sie sind so enorm weit von uns entfernt, dass unsere oder auch ihre Eigenbewegung gar nicht von Bedeutung ist. Man kennt das von Auto- oder Zugfahrten: Was ganz weit weg am Horizont ist, ändert kaum die Position, während Bäume und Sträucher am Straßenrand schnell „vorbeihuschen". Ganz ähnlich ist dies bei Sternen und Planeten: Vor dem gleichbleibenden Hintergrund der Fixsterne ändern die Planeten (das Wort steht für „Wanderer" – abgeleitet aus dem Griechischen) von Nacht zu Nacht allmählich ihre Position, denn sie sind uns nah genug, damit sich ihre Eigenbewegung bemerkbar macht.



Im Hintergrund aufgemalte Sterne auf der Tafel, davor Planeten auf einer Folie – so erkennt man mit einfachen Mitteln, warum Planeten von Nacht zu Nacht allmählich ihre Position vor den Sternen ändern.

Etwas älteren Kindern kann man das an einem kleinen Versuch demonstrieren: Auf die Tafel werden dabei viele kleine Kreidepunkte – die Fixsterne – gemalt. In einigem Abstand (1–2 m) davor hält man eine durchsichtige Folie (schon einfache Frischhaltefolie funktioniert da recht gut), auf die man vorher einige Punkte – die Planeten – aufgeklebt hat. Bewegt man nun ganz langsam die Folie zur Seite und verändert dabei auch minimal durch Kopfbewegungen nach links oder rechts die eigene Position (der Erde), so verschiebt sich die Position der Planeten gegen den Sternenhintergrund. Mit mehreren Folien (jede mit einem einzigen Planeten in Form eines Klebepunktes) kann man das Experiment natürlich noch perfektionieren. Und wenn die Planeten und Sterne (Deko-Artikel für Kinderzimmer) auch noch leuchten, nachdem man sie vorher ins Licht gehalten hat, verwandeln Sie das abgedunkelte Klassenzimmer fast schon in ein Planetarium!

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Das rollende Fass

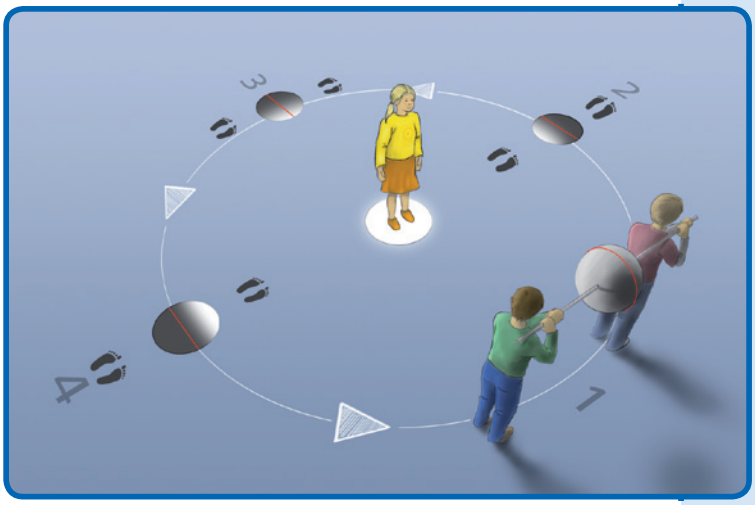
Der Uranus braucht etwa 84 Jahre, bis er einmal die Sonne umrundet hat.

Wie lange scheint dabei wohl auf Uranus am Südpol die Sonne?

1. Ein Kind darf sich mit gelbem T-Shirt als Sonne in die Mitte stellen.

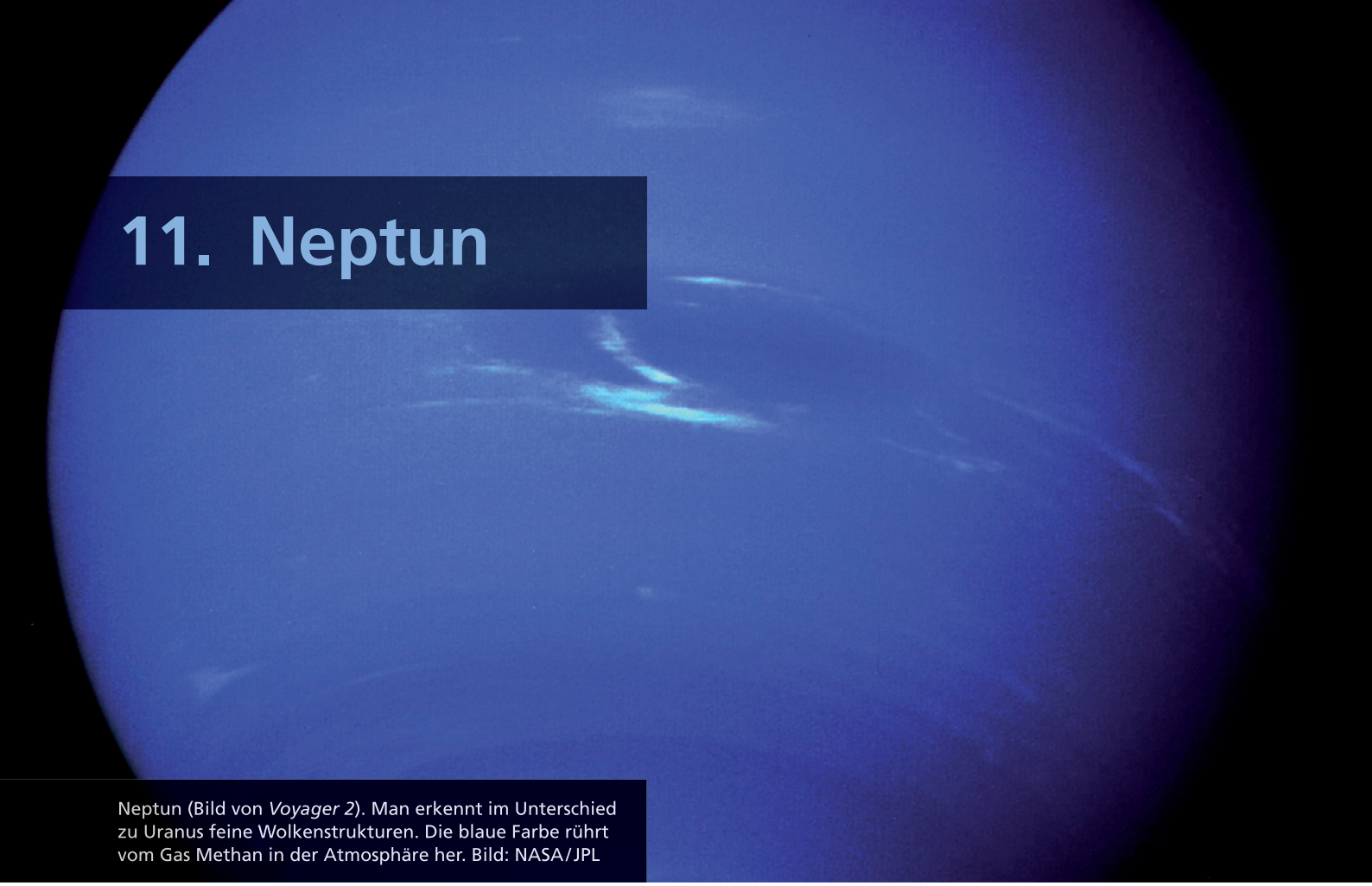
2. Wählt zwei weitere Kinder aus, die sich den Stab mit dem Uranus auf die Schultern legen und nach dieser Anweisung laufen:
   - Stellt euch neben der Sonne auf. Start und Ziel.
   - Schaut beide in dieselbe Richtung und bleibt immer hintereinander.
   - Umkreist nun die Sonne gegen den Uhrzeigersinn. Wichtig: Der Stab, auf dem Uranus steckt, muss immer in dieselbe Richtung zeigen! Wie ihr an den Fußabdrücken auf diesem Bild sehen könnt, müsst ihr dabei manchmal auch rückwärts gehen.

3. Beobachtet und überlegt:
   - Welche Bereiche des Uranus werden jeweils an den einzelnen Positionen 1 bis 4 von der Sonne beschienen?
   - Wie lange scheint die Sonne auf den Südpol?
   - Denkt daran: Eine Runde dauert in Wirklichkeit ca. 84 Jahre.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

11. Neptun



Neptun (Bild von *Voyager 2*). Man erkennt im Unterschied zu Uranus feine Wolkenstrukturen. Die blaue Farbe rührt vom Gas Methan in der Atmosphäre her. Bild: NASA/JPL

Hintergrund-Info

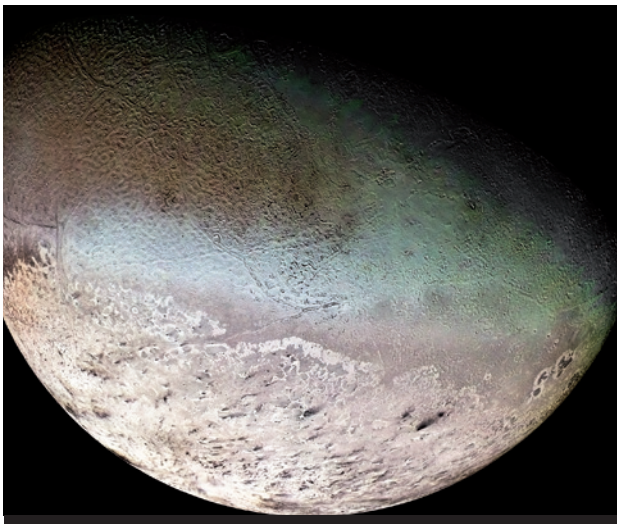
Seit Pluto nicht mehr als Planet gilt, ist Neptun der äußerste aller Planeten (wobei Pluto auch ganz unabhängig davon der Sonne gelegentlich ein wenig näher kommt als Neptun). Hier draußen – Neptun ist rund 30-mal weiter von der Sonne entfernt als die Erde – leuchtet unser Zentralgestirn nur noch wie ein heller Stern. Auf Neptun herrschen die stärksten Stürme des ganzen Sonnensystems mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 2000 Kilometern pro Stunde und manchmal sogar mehr.

Neptun wurde im Jahr 1846 entdeckt – und zwar auf bemerkenswerte Art in einem mathematischen „Forschungskrimi“: Nachdem man Uranus als Planet identifiziert und inzwischen seine Bahn recht genau vermessen hatte, stellte man fest, dass die vorausberechneten Werte nicht exakt mit den Beobachtungen übereinstimmten. Uranus war nicht genau da, wo er hätte sein sollen! Daraus ließ sich nur folgern: Noch ein anderer Planet weiter außen musste da mit seiner Anziehungskraft im Spiel sein und an Uranus „ziehen“. Auch die Position des „neuen“ Planeten konnte berechnet werden – und so fand ihn dann der Berliner Astronom Johann Gottfried Galle in der Nacht vom 23. auf den 24. September recht schnell. Neptun ist damit der erste Planet, der nicht durch Beobachtung, sondern durch eine „mathematische Fahndung“ entdeckt wurde – auch wenn man hinzufügen muss: Per Fernrohr gesichtet hat ihn wohl schon Galileo Galilei – ohne aber zu erkennen, dass es sich um einen Planeten handelt.

Steckbrief

mittlere Entfernung zur Sonne:
4,5 Milliarden km
Durchmesser:
49 528 km am Äquator
(48 682 km von Pol zu Pol)
Dauer eines Umlaufs um die Sonne:
ca. 165 Jahre
Rotationsperiode:
15 Stunden, 57 Minuten und 59 Sekunden
Monde:
mindestens 14

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014



Der Neptun-Mond Triton – gesehen von *Voyager 2*.
Bild: NASA/JPL

Neptun (vorne) und sein Mond Triton – der vielleicht kälteste Himmelskörper des Sonnensystems.
Bild: NASA/JPL

Der größte Neptun-Mond, Triton, wurde schon wenige Tage nach seinem Mutterplaneten entdeckt. Er ist einer der kältesten Himmelskörper des Sonnensystems, vielleicht sogar der kälteste: -237,6 °C sind zumindest der tiefste bislang gemessene Wert. Dass es auf ihm wahrscheinlich sogar Vulkane gibt, ist allerdings kein Widerspruch: Sie stoßen keine heiße Lava aus, sondern flüssigen Stickstoff. Diesen kalten Vulkanismus, den man auch von anderen Monden wie dem Saturn-Mond Enceladus kennt, nennt man Kryo-Vulkanismus (vom griechischen Wort „kryos" für kalt). Triton, um den es auch im folgenden Mitmach-Experiment geht, ist mit einem Durchmesser von ca. 2700 km kleiner als unser Erd-Mond (3476 km) und umrundet seinen Planeten in 354 000 km Distanz (ungefähr also die Entfernung unseres Mondes zur Erde). Es handelt sich wohl um einen „eingefangenen" Mond, also einen Himmelskörper aus den äußeren Regionen des Sonnensystems, der wie der Zwergplanet Pluto dort seine Bahn zog und dann in die Nähe von Neptun geriet, der ihn mit seiner Anziehungskraft ins „Schlepptau" nahm. Triton wird übrigens immer stärker von Neptun angezogen und in mehreren Millionen Jahren auf den Planeten aufschlagen – allerdings vorher in Stücke zerrissen werden. Unser Mond hat übrigens einen anderen Weg eingeschlagen: Er entfernt sich pro Jahr um wenige Zentimeter von der Erde.

Zur Didaktik

- Die Temperatur ist eine wichtige physikalische Größe – auch bei Himmelskörpern. Am Extremfall des Neptun-Mondes Triton lernen die Kinder spielerisch einige diesbezügliche Phänomene kennen.
- Auf dem Neptun-Mond Triton herrschen nach heutigem Wissensstand die kältesten Temperaturen unseres Sonnensystems.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

11.1 Mitmach-Experiment: Mond Triton

Neptun hat einen Mond mit Namen Triton. Es ist der kälteste bekannte Ort unseres Sonnensystems. Dort herrschen -237 °C.

Was geschieht bei so tiefen Temperaturen?

Durchführung

1. Jede Gruppe nimmt sich einen tiefgefrorenen Luftballon aus der Kühltasche. Diese Luftballone stellen in unserem Versuch den Neptun-Mond Triton dar.
2. **Hinweis:** Reißverschluss der Kühltasche immer sofort wieder schließen! Gebrauchte Ballone bleiben draußen.
3. Die Kinder beobachten, was auf der Oberfläche des Luftballons passiert. Diese Beobachtungen dienen später als Grundlage für das Gespräch im Stuhlkreis.
4. Im Falle eines nochmaligen Beobachtungsgangs muss die Oberfläche erst vorsichtig trocken gewischt werden.
5. Wenn alle Kinder ihre Beobachtungen abgeschlossen haben, werden die Luftballone in das bereitgestellte Gefäß gelegt.
6. Nun können die Erkenntnisse in einer gemeinsamen Runde ausgetauscht werden.

Der Ballon, frisch aus der Kühltasche geholt.

Bereits nach wenigen Sekunden setzt sich der erste Raureif ab.

Nach ca. 1/2 Minute ist der gesamte Ballon von einer Schicht aus Raureif überzogen.

Materialien

- (mit Wasser gefüllte) tiefgefrorene, dunkle Luftballone, 5–8 cm Durchmesser, in Kühltasche mit Kühl-Akkus
- Geschirrtuch
- Gefäß für benutzte Ballone

Erläuterung

Neptuns Mond Triton ist nach heutigem Wissen der kälteste Ort unseres Sonnensystems. Die Luftballone stellen diesen Mond des Neptun dar. Im Versuch sollen die Kinder beobachten, wie sich die Feuchtigkeit als Reif auf der Luftballon-Oberfläche absetzt. So wie flüssiger Stickstoff den Mond Triton überzieht, geschieht dies hier mit der Luftfeuchtigkeit auf der Oberfläche des Ballons. Erzählen Sie den Kindern von den „Eis-Vulkanen" auf Triton, und sie werden den Zusammenhang verstehen.

Hinweise: Damit alles gut zu beobachten ist, ist es sinnvoll, dunkle Luftballone zu verwenden. Beim Befüllen mit Wasser ist darauf zu achten, dass die Ballone ohne Lufteinschließungen eingefroren werden. Die Luftblasen bilden beim Einfrieren scharfe Kanten, an denen die Hülle des Ballons leicht reißt. Auch kann sich an diesen Stellen kein Reif bilden. Je nach Beobachtungsdauer lässt sich der Versuch höchstens 2- bis 3-mal durchführen. Wichtig: Der Ballon darf nur am Knoten gehalten werden.

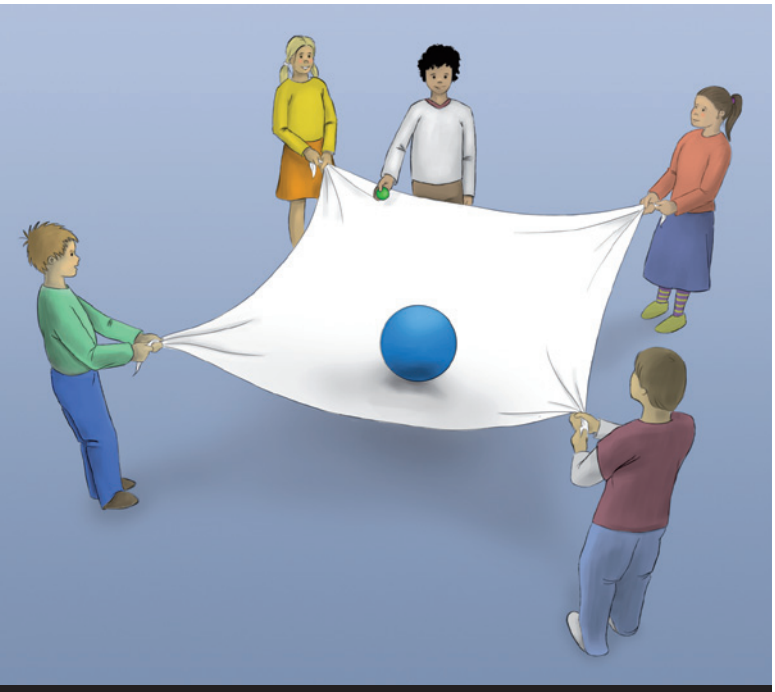
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Möglichkeiten zur Vertiefung

Wie fängt man einen Mond ein?

Triton wurde vom Neptun durch die Schwerkraft des Planeten eingefangen und auf eine Kreisbahn um ihn herum gezwungen. Dieses Schicksal teilt er mit einigen Monden anderer Planeten, zum Beispiel Phobos und Deimos, den Monden des Mars, oder dem Saturn-Mond Phoebe: Zuvor zogen sie ihre Bahnen durchs Sonnensystem, dann aber kamen sie einem Planeten zu nahe und seitdem sitzen sie in der „Anziehungsfalle".

Mit einem einfachen Experiment kann man das nachstellen: Man nimmt zum Beispiel ein großes Spannbetttuch, das von den Kindern am Rand straff gehalten wird. In die Mitte kommt eine Kugel oder ein Ball als Planet, der das Tuch leicht eindellt. Nun rollt ein Kind eine kleinere Kugel (den Mond) am Planeten vorbei – erst einmal mit viel Schwung wie beim Kegeln und in sicherer Distanz zum Planeten, sodass der Mond einen Mitschüler auf der gegenüberliegenden Seite erreicht. Bei weiteren Durchgängen wird der Mond näher am Planeten vorbeigerollt – und zwar auch mit etwas weniger Schwung. Bei entsprechender Richtung und mit etwas Geschick kann dann der Effekt erzielt werden, um den es hier geht: Der Mond wird in eine Kreisbahn um den Planeten einschwenken und von ihm „eingefangen". Das Ganze geht natürlich auch mit einem großen Stück aus weichem Schaumstoff, das dann einfach auf dem Boden liegt, und einer größeren Kugel in der Mitte. Wichtig ist nur, dass die Kugel in ihrem Umfeld zu einer Eindellung führt und die Monde darum herum noch ausreichend Platz zum Kreisen haben. Und sicher sind einige Versuche nötig, bis alles klappt.



Ein Mond (kleine Kugel) kommt einem Planeten (große Kugel) zu nah und wird von ihm eingefangen.

Nebenbei bemerkt und als Information nur für die Lehrkräfte: Dieses Mitmach-Experiment stellt die Schwerkraft auf die Art und Weise dar, wie Albert Einstein dies in seiner Relativitätstheorie erkannt hat. Danach krümmt ein massereicher Körper wie die Sonne den Raum in seiner Umgebung – als ob man eine schwere Eisenkugel (Sonne) auf eine weiche Matratze (Raum) legen und die Unterlage dadurch verformen würde. Diese Krümmung des Raumes um einen massereichen Körper wurde inzwischen auch schon mehrfach bewiesen: Die Lichtstrahlen weit entfernter Galaxien erreichen uns tatsächlich nicht immer auf geradem Weg, sondern machen eine Art „Kurve" um große Materie-Ansammlungen herum, die zwischen diesen fernen Sternen und uns liegen. All das ist natürlich schwer nachvollziehbar. Aber auch ganz ohne diesen komplizierten Aspekt verstehen die Kinder, wie Anziehungskräfte im Sonnensystem wirken – und nur darauf kommt es in diesem Experiment an.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Ein eisiger Begleiter

Neptun hat einen Mond mit Namen Triton.
Es ist der kälteste Ort unseres Sonnensystems. Dort herrschen -237 °C.

Was geschieht bei so tiefen Temperaturen?

1. Um zu beobachten, was auf der Oberfläche des Mondes Triton passiert, nimmt sich jede Gruppe einen tiefgefrorenen Luftballon aus der Kühltasche. Diese Luftballone stellen in unserem Versuch den Neptun-Mond dar.
2. **Achtung:** Reißverschluss der Kühltasche immer sofort wieder schließen! Gebrauchte Ballone bleiben draußen.
3. Was beobachtet ihr auf der Oberfläche des Luftballons?
4. Um den Versuch noch einmal beobachten zu können, nehmt ihr ein Tuch und wischt die Oberfläche erst vorsichtig trocken.
5. Wenn ihr mit euren Beobachtungen fertig seid, legt die Luftballone in das bereitgestellte Gefäß.
6. Besprecht in einer gemeinsamen Runde mit eurer Lehrerin oder eurem Lehrer, was ihr beobachtet habt.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

12. Zwergplaneten und Kometen

Der berühmte Komet Hale-Bopp. Eigentlich sind Kometen dunkle Himmelskörper. Der hell leuchtende Schweif entsteht, wenn sie in die Nähe der Sonne geraten. Bild: NASA

Hintergrund-Info

Im Jahre 1930 wurde Pluto entdeckt. Er wurde lange Zeit als der neunte Planet geführt. Doch dann fand man Anfang des 21. Jahrhunderts immer mehr Himmelskörper in dieser äußeren Zone des Sonnensystems – manche ähnlich groß wie Pluto. Sollten sie alle ebenfalls als Planeten gelten? Statt einer solchen „inflationären" Verwendung des Begriffs entschloss sich die Internationale Astronomische Union zu einem radikalen Schritt in die umgekehrte Richtung: Man erkannte Pluto den Status als „Planet" ab, weil er sich in manchen Eigenschaften von den acht „großen" Planeten unterscheidet. Seit 2006 wird er nur noch als „Zwergplanet" geführt – wie auch einige andere Objekte. Und unser Sonnensystem hat nun nur noch acht Planeten.

Oft wird vereinfachend gesagt, Pluto befinde sich am Rande des Sonnensystems. Das ist in mehrfacher Hinsicht nicht ganz korrekt. Erstens führt ihn seine Bahn gelegentlich sogar näher an die Sonne als Neptun – sofern man in dieser Distanz von „nah" sprechen kann, wo die Sonne nur noch als größerer Stern erscheint. Und zweitens erstreckt sich darüber hinaus eine andere Region noch viel weiter ins All: der sogenannte „Kuipergürtel" (gesprochen: „Keupergürtel"), oder wissenschaftlich korrekt nach den beiden Entdeckern auch als „Kuiper-Edgeworth-Gürtel" bezeichnet. Er besteht aus unzähligen kleineren und einigen größeren Objekten: Materie, die sich weit von der Sonne entfernt nie zu einem Planeten formte. Auch viele Kometen befinden sich in dieser Randzone des Sonnensystems in einer Distanz von 30 bis 50 Astronomischen Einheiten. Zur Erinnerung: Eine Astronomische Einheit (kurz AE) entspricht der Entfernung der Erde zur Sonne (ca. 150 Mio. km).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Kometen sind so etwas wie „schmutzige Schneebälle“: eine Mischung aus Eis, Kohlenstoff sowie zahlreichen anderen Substanzen, die in der großen Entfernung zur Sonne allesamt tiefgefroren sind. Weit draußen im All sind Kometen unauffällige, meist sehr dunkle „Brocken“. Doch manche von ihnen ziehen Bahnen, die sie gelegentlich ins Innere des Sonnensystems führen. Dabei sorgen sie für einen spektakulären Anblick: In Sonnennähe bilden sie ihren charakteristischen leuchtenden Schweif aus. Dann sind sie auch von der Erde aus hell am Himmel zu sehen. Der Schweif entsteht, weil Materie von der Oberfläche des Kometen durch den Sonnenwind regelrecht ins All „weggeblasen“ und von der Sonne erleuchtet wird. Daher zeigt der Schweif übrigens immer von der Sonne weg – egal, ob sich der Komet noch auf dem Weg in Richtung Sonne oder danach wieder zurück in die Tiefe des Alls bewegt.

Spannend!

Immer wieder kommt es zu Missverständnissen, wenn von Kometen die Rede ist. Kinder, aber auch Erwachsene verwechseln sie nämlich oft mit einer anderen leuchtenden Himmelserscheinung: den Sternschnuppen. Der Unterschied: Ein Komet – oft mehrere Kilometer groß und meist sehr weit von der Erde entfernt – strahlt viele Nächte lang vom Himmel, während er sich allmählich der Sonne nähert und dann wieder von ihr entfernt. Eine Sternschnuppe ist dagegen nur ein kleines Staubkorn, das in die Erdatmosphäre eindringt und dort in Sekundenschnelle verglüht. Die Gemeinsamkeit: Jene Staubkörner, die Sternschnuppen erzeugen, sind oftmals Überbleibsel von zerbrochenen Kometen. Oder es handelt sich um Überreste des vom Sonnenwind hinweggewehten Kometen-Materials, das einst den leuchtenden Schweif gebildet hatte. Wenn die Erde eine solche „Staubbahn“ kreuzt, kommt es zu einer Häufung von Sternschnuppen – wie etwa den Perseiden im August oder den Leoniden im November.

Spannend!

Mit ihrer Mischung aus Eis und Staub sind Kometen so etwas wie „kosmische Tiefkühltruhen“: Sie tragen die Ur-Materie, aus der einst das Sonnensystem entstand, unverändert in sich – während auf der Erde viele geologische Prozesse alles regelrecht „durchgeknetet“ haben. Der Wissenschaft erlauben sie so faszinierende Einblicke in die Frühzeit unseres Sonnensystems. Eine Reise zu einem Kometen ist gewissermaßen auch eine Reise in die Vergangenheit der Erde! Kometen waren daher das Ziel mehrerer Raumsonden und wurden teils auch schon aus der Nähe untersucht. So flog die Sonde *Giotto* der Europäischen Weltraumorganisation ESA im Jahr 1985 sogar durch den Schweif des Halleyschen Kometen hindurch und übertrug viele Messdaten und Fotos. Noch anspruchsvoller ist die ESA-Mission *Rosetta* – mit einem vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelten Landegerät namens *Philae*. Es soll sogar Bodenproben eines Kometen – genannt „67P/Tschurjumow-Gerasimenko“ – nehmen, vor Ort analysieren und die Daten zur Erde funken.

Szenario der Mission *Rosetta*. Bild: ESA/AOS Medialab

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Auch der Kuipergürtel bildet noch lange nicht den „Rand" des Sonnensystems. Die Oortsche Wolke (nach dem Astronomen Jan Oort benannt) ist eine Region, die sich noch um ein Vielfaches weiter ins All erstreckt. Auch sie beherbergt Kometen und unzählige kleinste „Bruchstücke" aus der Entstehungszeit des Sonnensystems. Wo dann das Sonnensystem wirklich „endet", ist noch nicht bekannt. Der Sonnenwind jedenfalls – jene Partikelströmung, die die Sonne in alle Richtungen aussendet – bildet zusammen mit dem Magnetfeld der Sonne quasi eine „Blase" um das gesamte Sonnensystem herum. Sie stellt eine Übergangszone zum interstellaren Raum dar, also zum Raum zwischen den Sternen. Die 1977 gestartete NASA-Sonde *Voyager 1* hat diese Grenzzone inzwischen durchquert und gilt nun als das erste von Menschen gebaute Objekt, das sich im interstellaren Raum befindet: etwa 20 Milliarden Kilometer von uns entfernt!

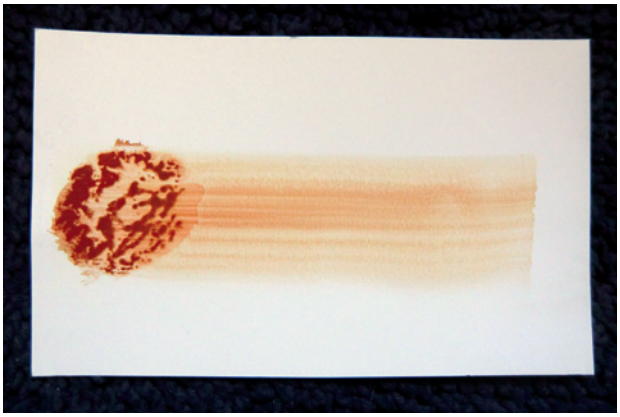
12.1 Mitmach-Experiment: Kometen

Wie bildet sich der Kometenschweif?

Hier eine ganz einfache und eher künstlerische Mitmach-Aktion, die recht gut die Entstehung eines Kometenschweifs darstellt.

Durchführung

1. Man mischt braune oder eine andere dunkle Wasserfarbe dick an, malt einen Farbklecks von ca. 5 cm Durchmesser auf ein weißes Papier (nicht genau in die Mitte, sondern eher etwas in Richtung Rand) und lässt die Farbe gut antrocknen.
2. Nun feuchtet man einen Schwamm leicht an.
3. Man streicht damit einmal über den angetrockneten Farbklecks und verwischt die Farbe mit einer kräftigen Bewegung seitlich zu einem Schweif.



Materialien

- weißes Papier (mit möglichst glatter Oberfläche), DIN A5
- braune oder andere dunkle Wasserfarbe (Deckfarbe)
- Wasser
- Pinsel
- feuchter Schwamm

Erläuterung

Kometen sind eigentlich recht dunkle Himmelskörper am Rande des Sonnensystems. Gelangen sie in die Nähe der Sonne, entwickeln sie ihren weithin sichtbaren Schweif. Er besteht aus Staub und anderen Partikeln, die der Sonnenwind – jene Teilchenstrahlung, die die Sonne aussendet – geradezu aus der Oberfläche des Kometen „wegpustet". Von der Sonne werden sie dann angestrahlt und leuchten daher hell. Der feuchte Schwamm stellt in unserem Experiment den Sonnenwind dar. Dieser lässt den Schweif am Kometen entstehen. Das Verstreichen der Farbe stellt das „Ausgasen" dar.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Wie schmutzige Schneebälle

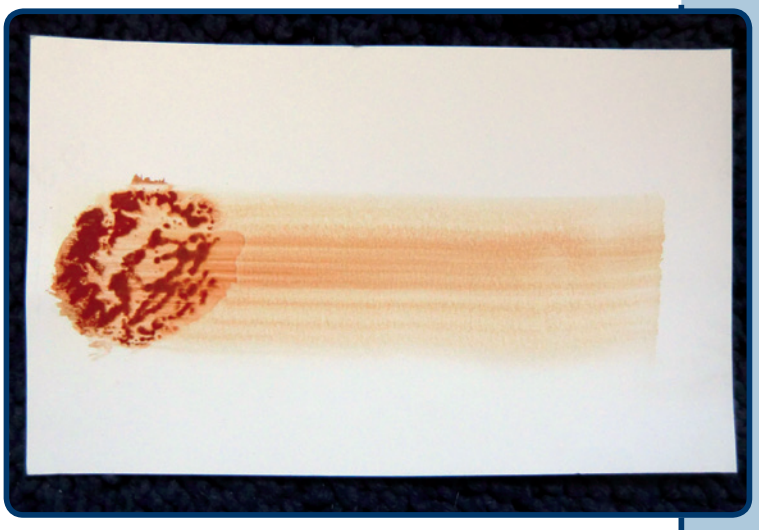
Kometen bestehen aus Eis und anderen Stoffen, die tiefgefroren zusammenhalten. Damit sind sie so etwas wie „schmutzige Schneebälle“ – oft aber viele Kilometer groß wie ein Berg.

Wie bildet sich der Kometenschweif?

Kommt ein Komet in die Nähe der Sonne, bläst der Sonnenwind Material von seiner Oberfläche weg – wie starker Wind manchmal am Strand den Sand wegweht. Die Teilchen leuchten dann im Licht der Sonne, und so entsteht der Schweif des Kometen.

Mit deinem Versuch spielst du einmal Sonnenwind:

1. Mische braune oder eine andere dunkle Wasserfarbe dick an, male einen Farbklecks mit ca. 5 cm Durchmesser seitlich auf ein weißes Papier und lass die Farbe gut antrocknen. Das ist jetzt der Komet.
2. Feuchte einen Schwamm leicht an.
3. Fahre einmal kräftig über den angetrockneten Farbklecks und verwische die Farbe zu einem Schweif.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Ergebnissicherung

Um das Wissen der Kinder zu festigen, bieten wir Ihnen an dieser Stelle Rätsel und ein Spiel zu den einzelnen Themenfeldern an. Diese können Sie zu einem von Ihnen gewählten Zeitpunkt mit Ihrer Klasse gemeinsam bearbeiten oder den Kindern als Hausaufgabe mitgeben.

Lösung zum Weltraum-Quiz auf Seite 83

Richtig sind folgende Aussagen:
1. **A**, 2. **S**, 3. **T**, 4. **E**, 5. **R**,
6. **O**, 7. **I**, 8. **D**, 9. **E** und 10. **N**

Damit lautet das Lösungswort: **ASTEROIDEN**

Anleitung für das Kartenlegespiel zum Abschnitt „Gesteinsplaneten“ auf Seite 85

Für das Kartenlegespiel zu den vier Gesteinsplaneten finden Sie auf den Schülerseiten Vorlagen zum Kopieren. Zu allen Planeten gibt es dabei je vier Bild-Kärtchen und auch je vier Kärtchen mit den entsprechenden Merkmalen – insgesamt also 16 Bild- und 16 Merkmal-Kärtchen.

Hinweis: Die Kärtchen können auf etwas stärkerem Papier kopiert und ausgedruckt, entlang der Linien ausgeschnitten und für den wiederholten Einsatz laminiert werden. Verwenden Sie beim Drucken für die Merkmal-Kärtchen helles, farbiges Papier und für die Bild-Kärtchen weißes Papier. Kleine Symbole zeigen zur Kontrolle an, ob es sich um ein passendes Paar handelt.

Spielregeln: Alle Karten werden verdeckt ausgelegt. Anschließend deckt ein Kind zwei Karten auf: ein Bild-Kärtchen und ein Merkmal-Kärtchen. Wurde ein passendes Paar aufgedeckt, darf das Kind die Karten behalten. Wenn dies nicht der Fall ist, werden die Karten wieder umgedreht, und das nächste Kind ist an der Reihe. Das Spiel geht so lange, bis alle Paare gefunden wurden. Das Kind mit den meisten Kärtchen gewinnt.

Dieses Spiel kann auch in anderen Varianten eingesetzt werden:

- als Frage-Antwort-Spiel in Partnerarbeit: Ein Kind liest einen Steckbrief vor, das andere sucht die zugehörige Bildkarte. Oder umgekehrt: Ein Kind benennt einen Planeten, das andere Kind muss einen passenden Steckbrief finden.
- in Gruppenarbeit: Die Textkarten liegen verdeckt auf einem Stapel, die Bildkarten liegen offen und verteilt aus. Nacheinander darf jedes Kind je ein Textkärtchen vorlesen. Wer als Erstes die Antwort weiß oder auf ein richtiges Bild zeigt, erhält die entsprechende Bildkarte.
- als Zuordnungsspiel in Einzelarbeit und mit offenen Karten.

Lösung zum Kreuzworträtsel auf Seite 87

1 **Raumschiff**
2 **Universum**
3 **Milchstraße**
4 **Kometen**
5 **Zwergplaneten**
6 **Astronaut**
7 **Asteroiden**
8 **Neptun**
9 **Granulen**
10 **Erde**
11 **Venus**
12 **Gas**
13 **Olympus Mons**
14 **Gestein**
15 **acht**
16 **Stern**
17 **Monde**

Die Lösung in der senkrechten Kästchenreihe heißt:
Unser Sonnensystem

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Weltraum-Quiz

Findest du die passende Antwort zu jeder Frage?
Wenn du die Lösungsbuchstaben in die Kästchen unten einträgst, erfährst du, was sich zwischen Mars und Jupiter befindet.

1 Welcher Planet ist der Sonne am nächsten?

- **A** Merkur
- **B** Erde
- **C** Venus

2 Woraus entstand unser Sonnensystem?

- **Q** Aus Pfefferkörnern
- **R** Aus einem großen Gesteinsbrocken
- **S** Aus einer sich drehenden Staub- und Gaswolke

3 Wie oft passt die Erde nebeneinander in einer Reihe auf die Sonne?

- **S** 19-mal
- **T** 109-mal
- **U** 1090-mal

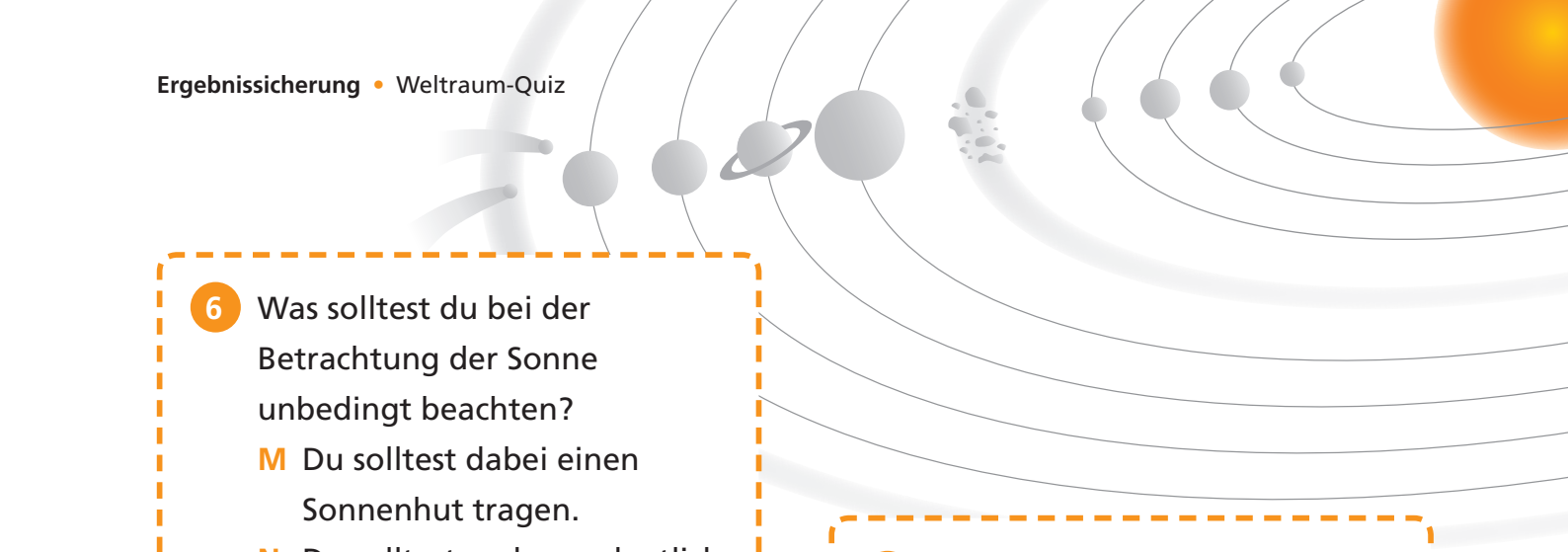
4 Was ist eine „Astronomische Einheit“?

- **E** Die Entfernung der Erde zur Sonne (= 150 Millionen Kilometer)
- **F** Ein anderes Wort für „Sonnensystem“
- **G** Die Besatzung eines Raumschiffs

5 Wie heiß ist es auf der Sonnenoberfläche?

- **Q** 100 bis 150 Grad Celsius
- **R** 5000 bis 7000 Grad Celsius
- **S** 10 000 bis 100 000 Grad Celsius

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014



6 Was solltest du bei der Betrachtung der Sonne unbedingt beachten?

- **M** Du solltest dabei einen Sonnenhut tragen.
- **N** Du solltest vorher ordentlich gefrühstückt haben.
- **O** Du darfst sie niemals mit bloßem Auge betrachten.

7 Welches ist der größte Planet im Sonnensystem?

- **G** Merkur
- **H** Erde
- **I** Jupiter

8 Welches ist der kleinste Planet im Sonnensystem?

- **D** Merkur
- **E** Erde
- **F** Jupiter

9 Wie heißt der Planet mit den Ringen?

- **D** Venus
- **E** Saturn
- **F** Mars

10 Welcher Berg ist am höchsten?

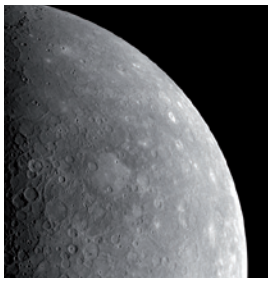
- **D** Zugspitze
- **E** Mount Everest
- **N** Olympus Mons

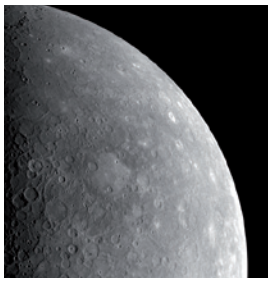
LÖSUNGSWORT:

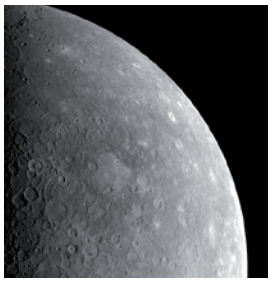
Lösung siehe Seite 82

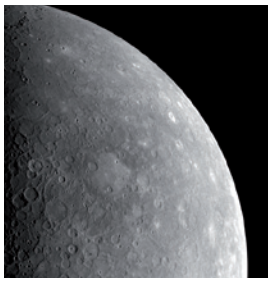
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

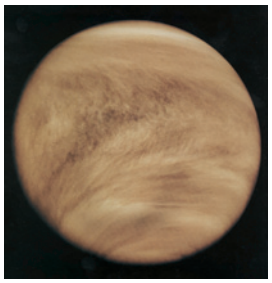
Weltraum-Kartenlegespiel

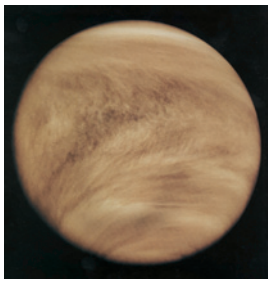

Merkur ☿

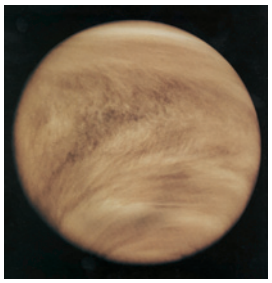

Merkur ☿

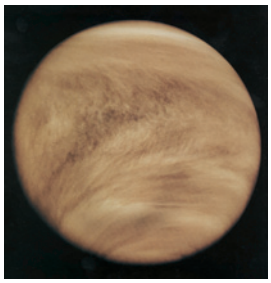

Merkur ☿


Merkur ☿


Venus ♀


Venus ♀


Venus ♀

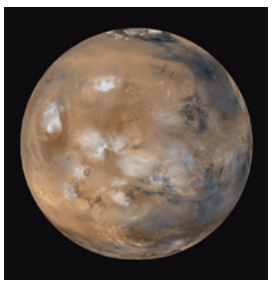

Venus ♀

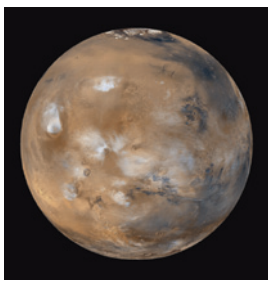
Erde ♁

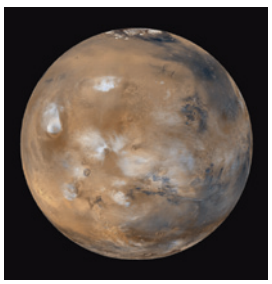
Erde ♁

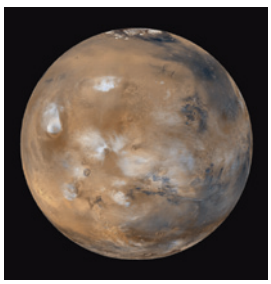
Erde ♁

Erde ♁

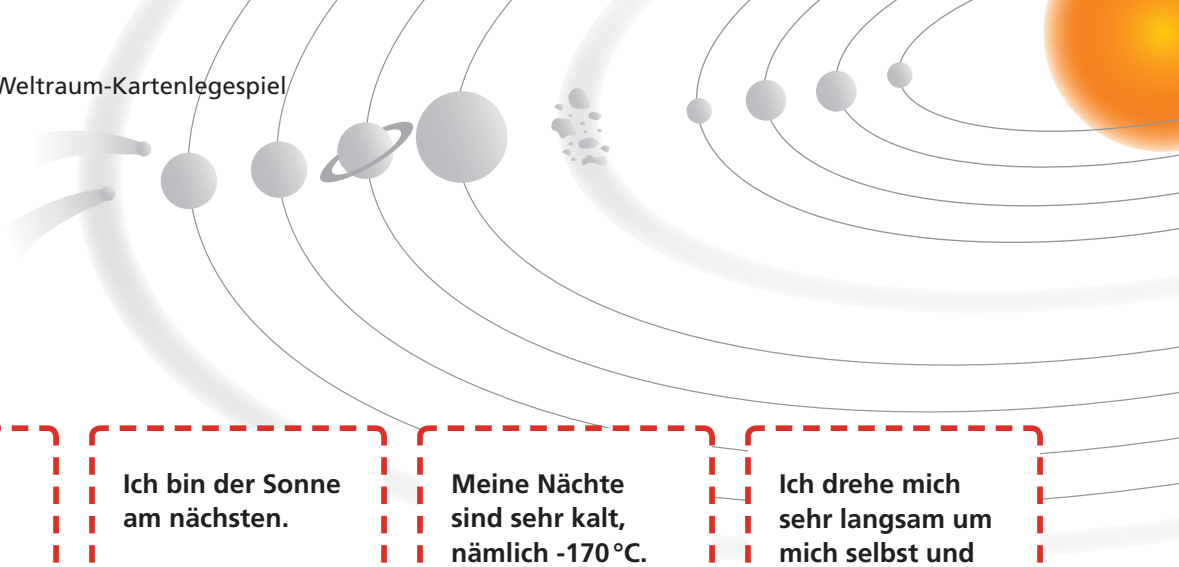

Mars ♂


Mars ♂


Mars ♂


Mars ♂

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

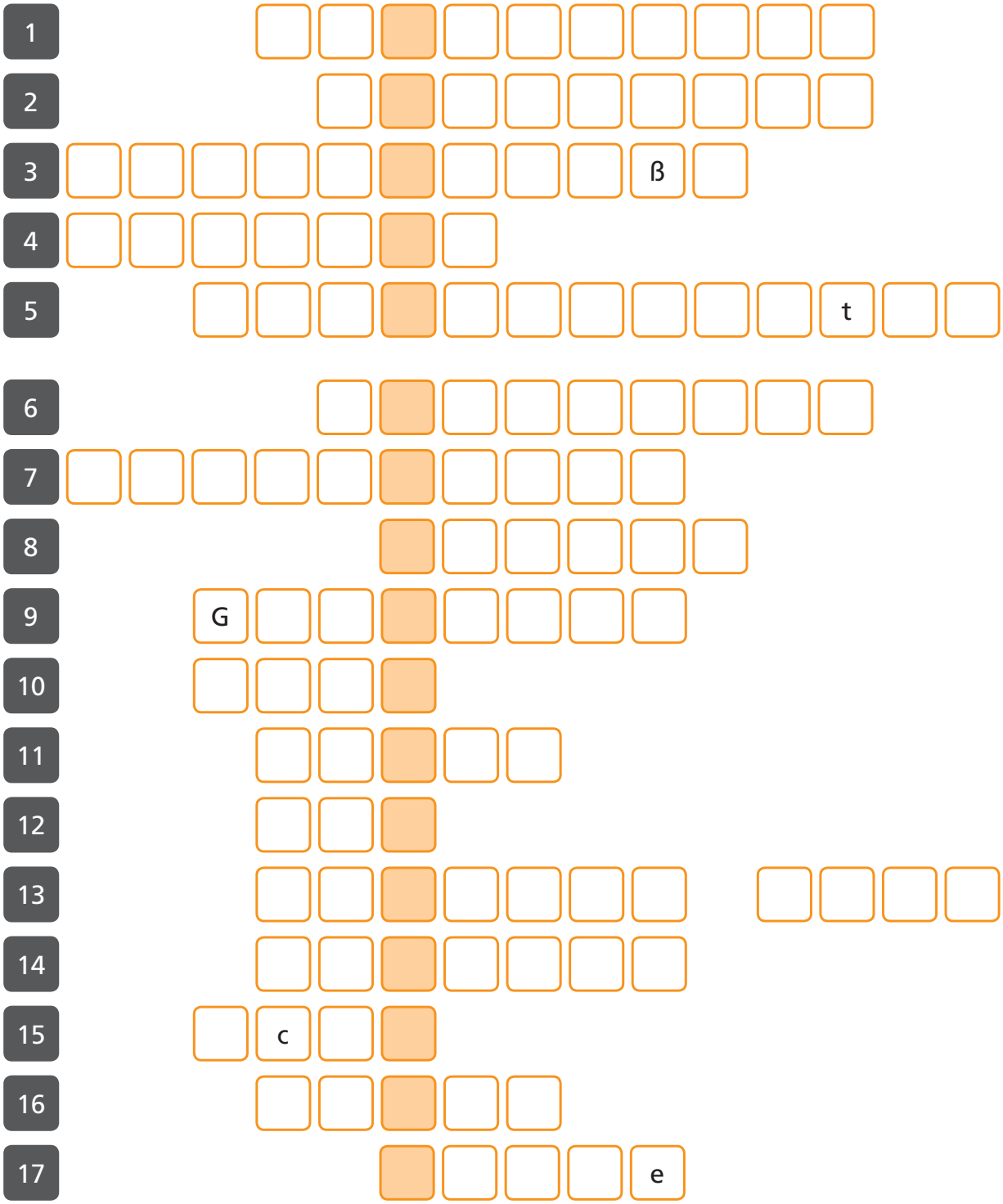


Ich bin der kleinste Planet. ☿	Ich bin der Sonne am nächsten. ☿	Meine Nächte sind sehr kalt, nämlich -170 °C. Am Tag ist es mit +420 °C sehr heiß. ☿	Ich drehe mich sehr langsam um mich selbst und habe viele Krater. ☿
Ich bin für meinen Treibhauseffekt bekannt. ♀	Obwohl ich ein Planet bin, nennt man mich Morgen- und Abendstern. ♀	Ich bin der heißeste Planet. Auf mir herrschen Temperaturen von über +450 °C. ♀	Man nennt mich auch den „Schwester-planet“ der Erde. Ich bin fast so groß wie sie. ♀
Auf mir gibt es sehr viel flüssiges Wasser. ♁	Ich bin dein Heimatplanet. ♁	Ich bin der einzige bekannte Planet, auf dem es Lebe-wesen gibt. ♁	Ich bin der dritte Planet von der Sonne aus gesehen. ♁
Man nennt mich den „Roten Planeten“. ♂	Auf mir gibt es die höchsten Berge und tiefsten Täler im Sonnensystem. ♂	Ich bin der vierte Planet von der Sonne aus gesehen und der letzte Gesteins-planet. ♂	Auf mir gab es früher mal viel flüssiges Wasser. ♂

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Kreuzworträtsel zum gesamten Band „Unser Sonnensystem“

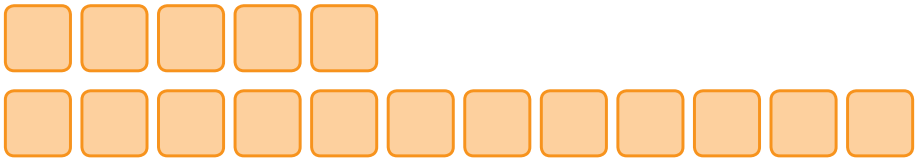
Haben dir die ganzen Mitmach-Experimente Spaß gemacht? Und findest du die ganzen Informationen spannend? Dann kannst du hier testen, wie gut du dich nun in unserem Sonnensystem auskennst.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

1 Damit fliegen Astronauten in den Weltraum
2 Ein anderes Wort für Weltraum
3 Name unserer Galaxie
4 Welche Himmelskörper bilden einen leuchtenden Schweif?
5 Pluto gehört zu den sogenannten …
6 Ein anderes Wort für Raumfahrer
7 Zwischen Mars und Jupiter befinden sich die …
8 Welches ist der äußerste Planet?
9 Wie heißen die körnigen Strukturen auf der Sonnenoberfläche?
10 Wie heißt unser Heimatplanet?
11 Welches ist unser nächster Nachbarplanet in Richtung Sonne?
12 Die vier äußeren Planeten bestehen hauptsächlich aus …
13 Wie heißt der höchste Berg auf dem Mars?
14 Die vier inneren Planeten bestehen hauptsächlich aus …
15 Wie viele Planeten gibt es in unserem Sonnensystem? (als Wort schreiben)
16 Die Sonne ist ein …
17 Wie heißen die „Begleiter“, die Planeten umkreisen?

Lösung:



Lösung siehe Seite 82

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Das Wichtigste merke ich mir!

Begriffe

Sonne
Die Sonne ist ein Stern. Sterne leuchten selbst.

Planet
Planeten umrunden die Sonne. Planeten leuchten nur deshalb am Nachthimmel, weil sie von der Sonne angestrahlt werden.

Mond
Ein Mond ist ein meist kleinerer Himmelskörper, der um einen Planeten kreist. Monde leuchten (wie die Planeten) nur deshalb, weil sie von der Sonne angestrahlt werden.

Asteroid
Asteroiden sind Felsbrocken, die zwischen Mars und Jupiter die Sonne umkreisen – manche sind viele Kilometer groß, andere recht klein.

Komet
Kometen bestehen aus Eis und Staub. Wenn sie in die Nähe der Sonne kommen, entsteht ihr heller Schweif. Die Kometen können groß wie ein Berg sein.

Sternschnuppe
Sternschnuppen sind nur kleine Staubkörner oder Steinchen, die in die Atmosphäre der Erde eindringen und dort blitzschnell verglühen. Meteoriten sind größere Sternschnuppen, deren Reste nicht vollständig verglühen, sondern als Steine auf die Erde fallen.

Galaxie
Viele Sterne bilden zusammen eine Galaxie. Unsere Galaxie ist die Milchstraße. Alle Sterne, die wir mit bloßem Auge am Nachthimmel sehen, gehören zur Milchstraße.

Weltall
Das Weltall ist der Raum, in dem sich Galaxien, Sterne und Planeten und alles andere befinden. Im Weltall gibt es keine Luft. Nur manche Planeten wie die Erde haben eine Lufthülle (Atmosphäre) um sich herum, sodass man atmen kann. Andere Wörter für das Weltall sind der Weltraum, der Kosmos oder auch das Universum.

Satellit
Ein Satellit kreist um die Erde oder um einen anderen Himmelskörper. Er hat keine Astronauten an Bord, sondern Kameras und andere Instrumente wie Bordcomputer und Antennen.

Sonde
Eine Sonde (auch Raumsonde genannt) kreist nicht um die Erde, sondern fliegt zu anderen Himmelskörpern.

Rover
Rover sind Fahrzeuge, die von einer Sonde auf einem anderen Planeten (vor allem dem Mars) abgesetzt werden. Nach der Landung fahren sie dort ferngesteuert herum und untersuchen die Oberfläche des Planeten.

Raumschiff
Ein Raumschiff kann Astronauten in den Weltraum bringen. So sind Menschen auch schon bis zum Mond geflogen – weiter aber bisher noch nicht. Heute fliegen Astronauten mit Raumschiffen hauptsächlich zur Internationalen Raumstation *ISS*, die die Erde umkreist.

Rakete
Raketen bringen Satelliten oder Sonden und auch Raumschiffe in den Weltraum. Dazu müssen sie die Anziehungskraft der Erde überwinden.

Umlaufbahn
Der Weg, auf dem zum Beispiel ein Planet um die Sonne zieht – oder auch ein Satellit um die Erde.

Anziehungskraft
Die Kraft, mit der zum Beispiel die Erde dafür sorgt, dass ein Ball (oder ein anderer Gegenstand) auf den Boden fällt. Auch Himmelskörper ziehen sich gegenseitig an – wie die Erde den Mond und die Sonne die Planeten. Körper mit mehr Masse üben eine größere Anziehungskraft aus als Körper mit kleinerer Masse.

Erdachse
Man kann sie sich wie einen Stab vorstellen, den man durch die ganze Erde hindurch vom Nordpol bis zum Südpol stecken würde. Die Erde dreht sich um diese Achse.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Das Sonnensystem

- Das Sonnensystem entstand vor sehr langer Zeit (vor über 4,5 Milliarden Jahren) aus einer Wolke aus Gas und Staub.
- Die Gas- und Staubteilchen zogen sich gegenseitig an und klumpten aneinander. Ganz langsam bildeten sich so zunächst die Sonne und dann die Planeten – und auch Monde, Asteroiden und Kometen.
- Von der Erde aus gesehen ist der nächste Himmelskörper in unserem Sonnensystem unser Mond. Als Astronauten zum Mond geflogen sind, hat der Hinflug nur vier Tage gedauert. Andere Himmelskörper sind viel weiter weg: Der Flug bis zum Mars würde beispielsweise schon über ein halbes Jahr dauern – zu Jupiter oder Saturn sogar viele Jahre. Und noch viel weiter entfernt sind die anderen Sterne – dann wäre ein Raumschiff Tausende von Jahren unterwegs.

Die Sonne: „unser" Stern

- Die Sonne ist ein Stern, denn sie leuchtet aus eigener Kraft. Sie ist extrem heiß!
- Die Sonne sieht nur deshalb viel größer als die anderen Sterne am Himmel aus, weil sie uns viel näher ist.
- Die Sonne wird von acht Planeten umkreist. Im Vergleich zu den Planeten ist die Sonne riesig!
- Aus dem Inneren der Sonne steigt glühend heiße Materie an die Oberfläche, wo es kocht und brodelt.

Die vier Gesteinsplaneten

- Merkur ist der kleinste Planet und der Sonne sehr nah. Mit seinen vielen Kratern sieht er unserem Mond ähnlich. Auf dem Merkur gibt es keine Luft. Auf der „Sonnenseite" des Merkur ist es sehr heiß, auf seiner Nachtseite sehr kalt.
- Unser Nachbar-Planet Venus ist etwa so groß wie die Erde, aber sehr heiß. Denn die Venus ist der Sonne viel näher als die Erde. Außerdem lässt ihre dichte Wolkendecke das Sonnenlicht herein, nicht aber wieder heraus – wie in einem Treibhaus. Die „Luft" auf der Venus kann man nicht atmen, weil sie für Menschen giftig ist.
- Die Erde hat genau den richtigen Abstand zur Sonne, damit es hier Wasser in flüssiger Form und deshalb auch Leben geben kann. In einem Jahr kreist die Erde einmal um die Sonne. Die Erde hat einen Mond. Er umrundet die Erde in knapp einem Monat. Auf dem Mond sind sogar schon Astronauten gelandet. Auf der Erde gibt es Jahreszeiten, weil die Erdachse schräg steht und deshalb mal der Norden und mal der Süden mehr Sonnenlicht und Wärme erhalten.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

- Der Mars ist unser anderer Nachbarplanet. Heute ist er ein Wüstenplanet aus rotem, rostigem Sand mit riesigen erloschenen Vulkanen und tiefen Tälern. Früher hat es dort aber mal Wasser gegeben. Wissenschaftler schicken Sonden und automatische Fahrzeuge (Rover) zum Mars. So wollen sie herausfinden, ob es dort einmal einfaches Leben gegeben hat oder vielleicht sogar noch gibt. Der Mars hat es den höchsten Berg im ganzen Sonnensystem.

Felsbrocken im All: die Asteroiden

- Würde man noch weiter von der Sonne wegfliegen, trifft man nach dem Mars auf den Asteroidengürtel. Die Asteroiden sind Felsbrocken – manche so groß wie ein Auto, andere so groß wie ein Berg.

Die „Riesen“: vier Gasplaneten

- Jupiter ist der größte Planet im Sonnensystem. Die Erde würde über 1300-mal in den Jupiter passen. Jupiter ist ein Gasplanet. Das heißt: Er hat keine feste Oberfläche, sondern eine dichte Schicht aus Wolken und Gas. Jupiter hat viele Monde. Die vier größten Monde entdeckte der Astronom Galileo Galilei vor 400 Jahren, während er als erster Mensch den Jupiter durch ein Fernrohr betrachtete.
- Saturn hat um seinen Äquator wunderschöne Ringe. Sie bestehen aus Staub und Eis. Er ist der zweitgrößte Planet und wie Jupiter ein Gasplanet mit vielen Monden. Einige der Monde sorgen dafür, dass die Ringe des Saturn Lücken haben.
- Uranus ist ebenfalls ein Gasplanet. Er rollt auf eigenartige Weise um die Sonne. Mit seiner fast liegenden Achse, um die er sich dreht, zeigt er dabei immer in dieselbe Richtung.
- Neptun ist der Gasplanet ganz außen – von allen Planeten am weitesten von der Sonne entfernt. Sein Mond Triton ist der kälteste Ort im Sonnensystem.

Zwergplaneten und Kometen

- Ganz weit draußen am Rand des Sonnensystems ziehen der kleine Pluto und andere Zwergplaneten ihre Bahnen um die Sonne. Dafür brauchen sie Hunderte von Jahren. Außer den Zwergplaneten gibt es dort auch viele Kometen. Sie bestehen aus Eis und Staub und sind eigentlich recht dunkel. Nur wenn ein Komet zufällig Richtung Sonne fliegt, fängt er zu leuchten an. Dann sieht man ihn auch bei uns manchmal am Nachthimmel.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Einkaufszettel für Mitmach-Experimente

Kapitel 1, Das Sonnensystem im Überblick

Mitmach-Experiment 1.1
Bildung unseres Sonnensystems

- Bild der Milchstraße (siehe DVD)
- kleines Glasschälchen mit Wasser, Durchmesser ca. 10 cm
- grob gemahlener Pfeffer
- Stift oder Stab

Mitmach-Experiment 1.3
Massevergleich innerhalb des Sonnensystems

- großer Papierbogen (Blau oder Schwarz als Untergrund)
- 1000 Würfelchen à 1 cm^3 (z. B. Tausenderwürfel von Montessori)
- 1 kleiner Styroporquader 2 cm^3
- Messer und Brettchen

Mitmach-Experiment 1.4
Die Reihenfolge der Planeten

- 1 Stoff-Sonne mit 1,40 m Durchmesser (gelber Stoff)
- 1 gelber Streifen aus Papier (als „Sonnenstrahl")
- 8 Kugeln für die 8 Planeten (z. B. aus Styropor, Watte oder Holz)
  - ca. 14 cm Durchmesser für Jupiter
  - ca. 12 cm Durchmesser für Saturn
  - ca. je 5 cm für Uranus und Neptun
  - ca. je 12 mm für Erde und Venus
  - ca. 7 mm für Mars
  - ca. 5 mm für Merkur
- 1 Streifen (evtl. in Gürtelform) für den Asteroidengürtel
- erneute Verwendung der Wortkarten (Planeten-Namen usw. siehe DVD)

Mitmach-Experiment 1.5
Vergleich der Durchmesser von Sonne und Erde

- Stoff-Sonne, Durchmesser 1,40 m
- 109 Perlen (Durchmesser ca. 13 mm)
- ca. 1,70 m Garn zum Auffädeln der Perlen
- Nadel zum Auffädeln
- Schere

Mitmach-Experiment 1.6
Auf dem Schulhof

- Kreide
- Bandmaß
- Planetenkugeln

Mitmach-Experiment 1.7
Außenversuch

- eine „Stoff-Sonne" (gelber Stoff)
- 4 Kugeln für die Gesteinsplaneten und eine Kugel für den Mond (Größen siehe Tabelle)
- 4 Abroll-Leinen, z. B. reißfestes Baumwollgarn oder Paketschnur (Längen siehe Tabelle)
- 4 große Papprollen o. Ä.
- Akkuschrauber zum Aufwickeln
- evtl. Handy (oder mit Handzeichen arbeiten)
- Bandmaß

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Kapitel 2, Sonne

Mitmach-Experiment 2.1
Konvektionsversuch

- Herdplatte
- großer, flacher Topf oder Pfanne (ein heller Boden eignet sich besonders gut)
- Wasser
- grob gemahlener Pfeffer (aus Pfeffermühle)

Mitmach-Experiment 2.2
Granulenbildung

- Herdplatte (sehr gut geeignet ist eine Induktionsplatte)
- Topf (ca. 8 cm hoch und ca. 20 cm Durchmesser)
- Messbecher oder anderes Gefäß (zum Anrühren der Flüssigkeit)
- ca. 500 ml Wasser (pro Versuch ca. 100 ml, je nach Topfgröße)
- Lebensmittelfarbe (Rot, Gelb oder Orange)
- (Speise-)Stärke
- 1 Esslöffel
- Lineal oder anderes Messgerät, um 1/2 cm zu messen
- Schneebesen oder Gabel

Kapitel 3, Merkur

Mitmach-Experiment 3.1
Temperaturvergleich

- 1 Styroporkugel (Vollkugel oder 2 Halbschalen, Durchmesser ca. 15 cm)
- 2 dünne Stricknadeln oder Klebestreifen
- 1 Glas zum Auflegen der Merkur-Kugel
- 1 weiteres Glas mit kaltem Wasser
- 2 Thermometer
- 1 Rotlichtlampe oder Baustrahler
- 1 Lineal, 20 cm
- Stromanschluss

Kapitel 4, Venus

Mitmach-Experiment 4.1
Treibhauseffekt

- 2 Gläser
- 1 Stopfen (Abdeckung) aus Styropor
- 2 Thermometer
- 1 Holzklammer oder andere Befestigungsmöglichkeit für eines der beiden Thermometer
- 2 kleine Watte- oder Styroporkugeln (Durchmesser ca. 15 mm) auf Drahtgestell
- 2 Stücke weicher Draht (für Drahtgestell)
- Lineal oder Zollstock (für die Abstandsmessung)
- 1 Baustrahler
- Stromanschluss

Für eine interessante Variante des Versuchs außerdem

- 1 Gefäß mit ca. 1/8 l Wasser
- 1 Brausetablette, z. B. eine Vitamin- oder Magnesiumtablette, zur Herstellung von CO_2
- 1 Holzstab, z. B. Schaschlikstab
- Streichholz oder Feuerzeug

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Kapitel 5, Erde

Mitmach-Experiment 5.1
Jahreszeiten

Für das Erdmodell:
- 1 Styroporkugel, Durchmesser ca. 12–15 cm
- 1 Holzstab (z. B. langer Schaschlikstab)
- 1 Styroporplatte ca. 10 x 20 x 3 cm (Pfeilform),
- Filzstift zum Einzeichnen des Äquators
- hellblaue Farbe und Pinsel zum Anmalen
- Karton mit eingezeichneten Winkeln (einmal senkrecht und einmal um 23° von der Senkrechten in Richtung Blockpfeilspitze geneigt)
- Messer oder Styropor-Schneidegerät
- Klebepunkt (zur Markierung des eigenen Standorts auf der Erde)

Für die Bahnebene
- Tonpapier, ca. 70 x 70 cm
- 8 (weiße) Blockpfeile aus Papier, ca. 10 x 20 cm
- kugelförmige Tischleuchte (als Sonne)
- Stromanschluss

Kapitel 6, Mars

Mitmach-Experiment 6.1
Roter Planet

- Stahlwolle (rostend)
- Quarzsand
- Gefäß mit Wasser und Pipette
- Schere
- Schälchen, verschließbar (200–250 ml)
- Esslöffel
- Filzstift

Mitmach-Experiment 6.2
Schüttversuch

- Stab, selbststehend (z. B. Küchenpapierhalter oder anderer Rollenhalter) eingeteilt mit cm-Strichen und Markierungen für
  1. Zugspitze: bei ca. 3 cm
  2. Mount Everest: bei ca. 9 cm
  3. Olympus Mons: bei ca. 21 cm
- ca. 30 kg schwarzer, nicht zu feiner Glanzkies (Aquarium-Bedarf)
- große Schale, ca. 1 m Durchmesser
- dicht gewobenes (Bett-)Tuch (um die Schale damit auszulegen und den Kies wieder zurückzuschütten)
- bis zu 4 Messbecher mit 500-ml-Angabe

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Kapitel 7, Asteroiden

Mitmach-Experiment 7.1
Asteroidengürtel

Für das Drahtmodell des Sonnensystems
- Ständer, z. B. Stativfuß, Holzklotz
- Holzstab in Ständer (für Sonnenbefestigung)
- feste Drähte in unterschiedlichen Längen als Abstandshalter für Planeten und Auflage für „Asteroidengürtel"
- Kugeln aus Styropor oder anderen Materialien für die Planeten und die Sonne mit folgenden (nicht maßstabsgerechten) Durchmessern
  - Sonne: 10 cm
  - Merkur, Mars: 0,5 cm
  - Venus, Erde: 1 cm
  - Jupiter: 5 cm
  - Saturn: 3 cm
  - Uranus, Neptun: 2 cm

Für das Modell des Asteroidengürtels
- Perlen in verschiedenen Größen und Formen
- Ringkarton, ca. 4 cm breit mit etwa 20 cm Innendurchmesser (vielfach gelocht)
- mehrere (Kunststoff-)Schnüre, etwa 30-cm-Stücke, mit einem Ende bereits am Ringkarton festgeknotet

Kapitel 8, Jupiter

Mitmach-Experiment 8.1
Volumenvergleich Jupiter – Erde

- 2 (Metall-)Schüsseln als Jupiter-Halbschalen, Durchmesser ca. 20 cm, Höhe ca. 10 cm, mit jeweils einem Fassungsvermögen von ca. 1700 ml
- ca. 1400 Wattekugeln mit 1,5 cm Durchmesser (auf Bestellung erhältlich im Bastelgeschäft)
- Behältnis für die 1400 Wattekugeln
- kleinere Gefäße (Plastikbecher, 250 ml), die ca. 100 Wattekugeln fassen
- Bleistift und Papier

Kapitel 9, Saturn

Mitmach-Experiment 9.1
Saturn-Ringe

- Drehplatte mit einer halbierten Styroporkugel in der Mitte
- eine Packung Milchreis
- „Mond-Stäbe" (4 unterschiedliche Watte- oder Styroporkugeln als Monde auf Schaschlikstäbe gesteckt)

Kapitel 10, Uranus

Mitmach-Experiment 10.1
Uranus-Bahn

- gelbes T-Shirt für das „Sonnen-Kind" (verabreden wer ein gelbes Hemd hat und Sonne spielt)
- Holzstab, ca. 1 m lang, als Rotationsachse
- große Kugel (z. B. Styroporkugel mit ca. 30 cm Durchmesser), die als „Uranus" auf den Holzstab gesteckt wird
- Stift (zur Beschriftung der Uranus-Kugel mit: Nordpol, Südpol, Äquator)

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Kapitel 11, Neptun

Mitmach-Experiment 11.1
Mond Triton

- (mit Wasser gefüllte) tiefgefrorene, dunkle Luftballone, 5–8 cm Durchmesser, in Kühltasche mit Kühl-Akkus
- Geschirrtuch
- Gefäß für benutzte Ballone

Kapitel 12, Zwergplaneten und Kometen

Mitmach-Experiment 12.1
Kometen

- weißes Papier (mit möglichst glatter Oberfläche), DIN A5
- braune oder andere dunkle Wasserfarbe (Deckfarbe)
- Wasser
- Pinsel
- feuchter Schwamm

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2014

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist eine der größten und modernsten Forschungseinrichtungen in Europa. Neben Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luft- und Raumfahrt ist es auch in der Energie- und Verkehrsforschung tätig. Darüber hinaus ist das DLR im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten insgesamt zuständig. Zudem sind im DLR zwei Projektträger zur Forschungsförderung angesiedelt.

Das DLR engagiert sich in besonderer Weise für die Nachwuchsförderung. So betreibt es – teils zusammen mit befreundeten Hochschulen – zwölf Schülerlabore: In diesen DLR_School_Labs werden über 30 000 Schülerinnen und Schüler (meist aus weiterführenden Schulen) pro Jahr durch eigenes Experimentieren mit der „Faszination Forschung" bekannt gemacht. Daneben betreuen die DLR-Institute, die es in Deutschland an 16 Standorten gibt, Schülerinnen und Schüler im Rahmen von berufsorientierenden Praktika. Mit der DLR_School_Info gibt das DLR regelmäßig Unterrichtsmaterialien heraus, die von Schulen gratis bezogen werden können. Im Internet bietet das Jugendportal DLR_next – siehe www.DLR.de/next – Kindern und Jugendlichen allgemein verständliche Informationen und viele spannende multimediale Inhalte an. Lehrerworkshops, Schülerwettbewerbe und viele andere Angebote ergänzen das DLR-Nachwuchsprogramm, das schließlich auch viele Maßnahmen für Studierende und Doktorand(inn)en umfasst.

DLR_School_Info

DLR