

# 1 MARS UND DIE PLANETEN

## 1.2 DAS SONNENSYSTEM DIE SCHWERKRAFT AUF DEN PLANETEN



### ZIEL

Mit diesem Experiment lässt sich herausfinden, wie unterschiedlich sich das gleiche Gewicht auf anderen Planeten oder auf dem Mond anfühlt. Dabei lernen die Kinder das Konzept der Fallbeschleunigung kennen.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- kleine Plastikbeutel (ein Beutel pro Kind, mindestens 9 Stück)
- Küchenwaage (bis zu 3 kg)
- Sand oder Kies (mindestens 9 kg)
- wasserfester Stift
- Klebestreifen
- Taschenrechner

### MIT DIESER FORMEL LASSEN SICH FOLGENDE MENGEN BERECHNEN

$$M = 1,0 \text{ kg} \times \frac{a}{g}$$

Himmelskörper	Fallbeschleunigung a (m/s <sup>2</sup> )	zu berechnende Sandmenge M (kg)
Merkur	3,7	0,377
Venus	8,87	0,904
Erde	9,807	1
Mars	3,69	0,376
Jupiter	24,79	2,528
Saturn	10,44	1,065
Uranus	8,87	0,904
Neptun	11,15	1,137
Mond	1,62	0,165

Werte konsistent mit deutscher Wikipedia

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Jedes Kind darf sich zunächst einen der acht Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun) aussuchen, zusätzlich steht noch der Mond zur Auswahl. Jeder Beutel wird mit dem Namen des Himmelskörpers beschriftet. Anschließend wird die Frage diskutiert: Wie schwer fühlt sich 1 kg auf den anderen Himmelskörpern an?

Dann wird erklärt: Die Schwerkraft auf den Himmelskörpern sorgt dafür, dass alle Gegenstände nach unten fallen. Auf jedem Himmelskörper wirkt eine andere »Fallbeschleunigung«, ihr Wert hängt hauptsächlich von der Masse und der Größe des Himmelskörpers ab: je weniger Masse, umso geringer ist die dortige Fallbeschleunigung. Die irdische Fallbeschleunigung heißt »Erdbeschleunigung« und wird mit g abgekürzt. Ihr Wert ist g = 9,807 m/s<sup>2</sup>. Als nächstes schauen die Kinder in der Tabelle nach, welche Fallbeschleunigung auf »ihrem« Himmelskörper wirkt. Mit der Formel für die gesuchte Sand-Masse M rechnen sie dann aus, wie viel Sand benötigt wird, um die Schwerkraft dort nachzustellen.

### WAS PASSIERT

Mit Hilfe der Küchenwaage wird die jeweils errechnete Menge abgewogen, in den korrekten Beutel gefüllt und dieser mit Klebestreifen verschlossen. Anschließend nehmen die Kinder die Beutel in die Hand. Dabei erhalten sie ein Gefühl dafür, ob man sich auf einem Himmelskörper schwer (Jupiter), »normal« (Erde, Venus) oder leicht (Mond, Mars) fühlt. Nun wird auch klar, wieso die Astronauten fast federleicht über die Mondoberfläche hopsen konnten.

### HINTERGRUND

Die Ursache für die alltägliche Erfahrung, dass alles nach unten fällt, ist die Schwerkraft und der Umstand, dass alle Gegenstände eine Masse besitzen. Denn auf diese Masse wirkt die Schwerkraft eines Planeten und sorgt für die sogenannte Fallbeschleunigung. Auf der Erde wirkt eine Fallbeschleunigung von 9,807 m/s<sup>2</sup>, übrigens egal, ob die Gegenstände schwer oder leicht sind – wenn wir beobachten, dass Gegenstände unterschiedlich schnell fallen, liegt die Ursache immer im Widerstand der Luft, die das »normale« Fallen abbremst. Die ungewohnte Einheit der Fallbeschleunigung (m/s<sup>2</sup>) bedeutet, dass beim Fallen pro Sekunde die Geschwindigkeit um 9,807 m/s anwächst. Auf dem Mars, der nur etwa ein Zehntel der Erdmasse besitzt, sind es nur 3,69 m/s<sup>2</sup>. Achtung: Bezüglich Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun hat der Versuch eher den Charakter eines Gedankenexperimentes. Diese Planeten bestehen überwiegend aus Gas und haben keine feste Oberfläche. Hilfsweise wird das sog. Nullniveau genommen, wo der Atmosphärendruck 1 Bar beträgt.

# 2 DER FLUG ZUM MARS

## 2.2 ENTFERNUNG UND FUNK- SPRÜCHE WIE LANGE BRAUCHT EINE E-MAIL ZUM MARS?



### ZIEL

Mit dieser Rechenaufgabe ermitteln die Kinder, wie lange die lichtschnellen Funkwellen zum Mars, einigen Himmelskörpern und zur Voyager-1-Sonde brauchen, die 1977 startete und das am weitesten von der Erde entfernte Raumschiff ist. Sie lernen dazu die Naturkonstante der Lichtgeschwindigkeit kennen.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- Taschenrechner

### MIT DIESER FORMEL LASSEN SICH FOLGENDE LAUFZEITEN BERECHNEN

$$L = d : c$$

Himmelskörper	Distanz d (km)	zu berechnende Laufzeit der Funkwellen L
Mars (Aug. 2003)	55.758.000	3 min 6 s
Mars (Sept. 1976)	368.000.000	20 min 28 s
Neptun (Jan. 2012)	4.616.000.000	~ 4 h 17 min
Voyager 1 (2012)	18.000.000.000	~ 16 h 42 min
Nächster Fixstern der Sonne (Proxima Centauri)	$4,0 \times 10^{13}$ (= 4,2 Lichtjahre)	4,2 Jahre
Polarstern	$4,08 \times 10^{15}$ (= 431 Lichtjahre)	431 Jahre
Mond	384.400	1,28 s

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Zunächst wird mit den Kindern die Frage diskutiert, wie eine E-Mail zum Mars gelangen kann. Ergebnis: Die Hauptstrecke, also die Distanz zwischen den Planeten, wird per Funk zurückgelegt. Die Funkwellen sind jedoch an die Höchstgeschwindigkeit der Natur gebunden: die Lichtgeschwindigkeit. Diese wird mit dem Buchstaben **c** bezeichnet; im luftleeren Weltall (Vakuum) beträgt ihr Wert:  
**c = 299.792 km/s.**

Die Laufzeit **L** der Funkwellen - und damit auch der E-Mail über eine bestimmte Distanz **d** - ermitteln die Kinder mit der angegebenen Formel.

Da die Entfernung zum Mars beträchtlich schwankt, variieren auch die Laufzeiten. Zum Vergleich wird zusätzlich die Funk-Laufzeit zum Mond berechnet. Die errechneten Laufzeiten zum Mars können im Hinblick auf den Funkverkehr mit künftigen Mars-Astronauten diskutiert werden: Ist ein normaler Dialog möglich? Zum Schluss berechnen die Kinder die Laufzeiten zum äußersten Planeten Neptun und der Voyager-Sonde (Startjahr: 1977).

### WEITERMACHEN

Die Kinder erfahren durch den Lehrer: Der hohe Wert der Lichtgeschwindigkeit wird für ein astronomisches Entfernungsmaß benutzt, das Lichtjahr. Es beziffert die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt:  
**1 Lj  $\approx$  9.460.000.000.000 = 9,46 x 10<sup>12</sup> km**

### HINTERGRUND

Im Sommer 2003 war die Distanz Erde-Mars besonders gering, sie betrug weniger als 56 Mio. Kilometer. Die Funkwellen brauchten damals nur 3 min und 6 s bis zum Mars. Als im September 1976 die NASA ihre Sonde »Viking 2« anfunkte, war der Mars erheblich weiter weg, nämlich 368 Mio. Kilometer (Funksignal-Laufzeit über 20 min). Selbst unter günstigsten Bedingungen sind deshalb Gespräche zwischen künftigen Mars-Astronauten und ihren Kollegen im Kontrollzentrum nicht möglich. Die Funkverbindung zu den Apollo-Astronauten war hingegen kaum von der Distanz zwischen Erde und Mond (rund 400.000 km) beeinflusst. Die Funksprüche zwischen der Bodenkontrolle und den Mondfahrern brauchten nur etwa 1,3 s. Die Laufzeiten ins äußere Sonnensystem betragen sogar mehrere Stunden, so zur Voyager-1-Sonde, die sich etwa an der Grenze des Sonnensystems zum interstellaren Raum befindet; zu den Sternen brauchen Funkwellen Jahre oder gar Jahrhunderte. Der hohe Wert der Lichtgeschwindigkeit wird für das Lichtjahr (Lj) benutzt, ein astronomisches Entfernungsmaß. Es beziffert die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt.

### WEITERLESEN

Aktuelle Entfernung zum Mars:

<http://www.physics.emory.edu/astronomy/events/mars/calc.html>



Foto des Versuchsaufbaus

Quelle: DLR\_School\_Lab Lampoldshausen/  
Stuttgart 2010/2011

### ZIEL

Raumschiffe gelangen mit dem Rückstoßprinzip ins Weltall. Hier wird der Rückstoß eingesetzt, um eine Plastikflasche wie eine Rakete starten zu lassen.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- 1 leere Plastikflasche (am besten stabile Mehrwegflasche)
- 1 passender Korken
- 1 leerer Getränkekasten als Startrampe
- 1 alter Fahrradschlauch mit vollständigem Ventil
- 1 Fahrradpumpe (am besten eine Fußpumpe)
- Wasser

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Zunächst wird das Ventil aus dem Fahrradschlauch geschnitten, und zwar so, dass rings herum noch etwas Gummischlauch hängen bleibt: So viel, dass der Korkendurchmesser bedeckt ist. Dann wird der Korken auf die Länge des Ventils gekürzt und ein Loch hinein gebohrt, das so eng ist, dass man das Ventil mit Kraft hindurch quetschen muss.

Jetzt wird die Flasche zu einem Drittel mit Wasser gefüllt, der Korken eingesetzt und die Flasche mit dem Boden nach oben in die »Startrampe« gestellt. Achtung: Die Flasche sollte möglichst senkrecht nach oben zeigen! Jetzt wird die Fahrradpumpe angeschlossen. Am besten ist eine Fußpumpe, damit mehr Abstand zwischen der Person an der Pumpe und der »Rakete« bleibt. Jetzt wird gepumpt. Bald löst sich die Flaschen-Rakete vom Korken und schießt senkrecht in die Luft.

### SICHERHEITSHINWEIS

Achtung, hier wird mit Überdruck gearbeitet! Wer die Wasserrakete aufstellt oder die Luftpumpe bedient, sollte eine Schutzbrille tragen. Die Flaschen-Rakete darf nie auf Menschen gerichtet werden, die Zuschauer müssen mehrere Meter Abstand halten. DLR und ESA haften nicht für Unfälle, Verletzungen oder Sachbeschädigungen, die durch die Benutzung einer nach dieser Vorlage gefertigten Wasserrakete entstanden sind.

### WAS PASSIERT

Durch das Aufpumpen wird die über dem Wasser stehende Luft stark komprimiert und es entsteht in der Flasche ein Überdruck. Der entlädt sich, indem sich die Flasche vom Korken losreißt: Dabei wird das Wasser plötzlich nach unten ausgestoßen.

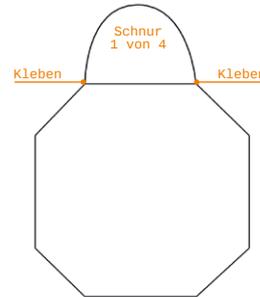
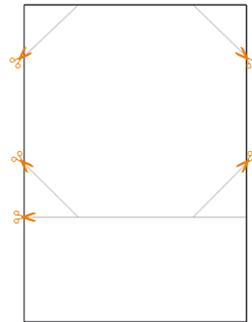
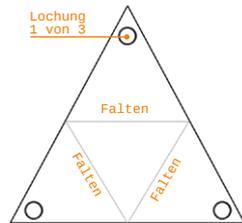
### HINTERGRUND

Die irdische Schwerkraft hält alle Raumfahrzeuge förmlich fest, deshalb braucht man eine starke Schubkraft, um diese Schwerkraft zu überwinden. Einen solchen Schub können nur Raketen liefern. Echte Raketen funktionieren ähnlich wie die Wasserrakete: Weil Treibstoff verbrannt wird, werden große Mengen heißer Gase nach hinten ausgestoßen. Man nennt das »Rückstoßprinzip«. Raketen verbrennen entweder flüssigen Treibstoff, z.B. ein Gemisch aus flüssigem Wasserstoff und Sauerstoff, oder feste Chemikalien. In beiden Fällen entsteht viel Verbrennungsgas, das vom Raketenmotor nach hinten ausgestoßen wird. Das Rückstoßprinzip folgt aus dem 3. Newtonschen Gesetz: **Jede Kraft, die ein Körper A auf einen Körper B ausübt, bewirkt eine entgegengesetzte Kraft gleicher Größe, die von B auf A wirkt (»actio gleich reactio«)**. Ihre hohe Geschwindigkeit behalten die Raumschiffe nach Erreichen des Weltalls mit seinem Vakuum bei, so dass sie ohne weiteren Antrieb in einer Umlaufbahn fliegen und nicht auf die Erde zurückfallen. Etwa so, als ob man ein Gewicht an einer Schnur über dem Kopf wirbelt – der Kopf ist die Erde, das Gewicht ist das Raumschiff in der Umlaufbahn.

### WEITERLESEN

Wie man leistungsstärkere Wasserraketen baut, lest ihr hier unter Downloads:

[http://www.dlr.de/schoollab/en/desktopdefault.aspx/tabid-1985/2833\\_read-4370/](http://www.dlr.de/schoollab/en/desktopdefault.aspx/tabid-1985/2833_read-4370/)



Skizze der Versuchsvorbereitungen

## ZIEL

Bei diesem Experiment soll die gefährliche Marslandung simuliert werden. Ein rohes Ei steht für die empfindliche Nutzlast einer Landesonde.

## BENÖTIGTES MATERIAL

- Pappschachtel einer Cornflakes-Packung
- 4 Luftballons
- 5 m Schnur
- Zeitung
- Klebeband
- Schere
- Lineal
- Stift
- Bürolocher
- 3 rohe Eier

## AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Zuerst wird der Lander gebaut. Dazu wird eine Cornflakes-Packung auseinander gefaltet und ein gleichseitiges Dreieck mit 22 cm Seitenlänge ausgeschnitten. In jede der drei Spitzen wird mit dem Bürolocher ein Loch gestanzt. Aus dem Dreieck wird, wie in der Skizze gezeigt, ein Tetraeder gefaltet - so entsteht der »Eier-Lander«. Dann wird das Ei darin als Nutzlast platziert und die Kanten werden mit Klebeband zugeklebt. Eine Schnur von 1 m Länge verbindet die Löcher an der Spitze. Danach entsteht der Fallschirm: Aus der Doppelseite einer Zeitung wird ein großes quadratisches Blatt geschnitten. Wie in der Skizze werden an den vier Ecken kleine Dreiecke abgeschnitten, so dass ein achteckiges Blatt entsteht. Vier Schnüre (je 1 m lang) werden mit Klebeband an den kleinen Seiten des Achtecks befestigt.

Zuletzt werden aus 4 Luftballonen Airbags hergestellt: Die Ballons werden auf circa 25 cm Durchmesser aufgeblasen. An jeder Seite des Landers werden die »Airbags« mit Klebeband befestigt, welches zu beidseitig klebenden Schlaufen zusammengeklebt wurde. Die vier Schnüre des Fallschirms werden mit der Schnur des Landers verknottet.

## WAS PASSIERT

Das Ei ist jetzt landebereit. Eine Reihe von Fallversuchen aus 2, 3 und 5 m Höhe wird zeigen, ob die Nutzlast - also das Ei - die Landung übersteht. Die Resultate werden dokumentiert. Diskussion: Wie lässt sich der Eier-Lander verbessern?

## HINTERGRUND

Mit unterschiedlichen Methoden haben Sonden unbeschadet die Marsoberfläche erreicht. Eine echte Airbag-Landung läuft so ab: Mit etwa 20.000 km/h erreicht die Landesonde in einer Raumkapsel den Mars. In wenigen Minuten wird die Kapsel durch Reibung mit der Marsatmosphäre auf unter 500 km/h abgebremst. Die enorme Reibungswärme heizt den Hitzeschild der Kapsel auf bis zu 1.500°C auf. Knapp zwei Minuten vor der Landung öffnet sich ein Fallschirm. Kurz darauf wird der Hitzeschild abgesprengt. Ab einer halben Minute vor der Landung misst ein Radargerät an Bord die Bodendistanz. In rund 300 m Höhe werden Airbags aufgeblasen, die den Lander schützend einhüllen. Kleine Raketen bremsen den Fall zusätzlich. Mit 90 km/h kracht der von den Airbags geschützte Lander in die Marslandschaft. Er hüpft etwa ein Dutzend Mal auf und nieder und rollt schließlich zur endgültigen Landestelle.

# 3 AUTOMATISCHE MARSFORSCHER

## 3.1 CURIOSITY UND CO VULKANAUSBRUCH



Olympus Mons, der höchste Mars-Vulkan

Quelle: USGS/NASA

### ZIEL

In diesem Experiment wird ein Vulkanausbruch simuliert. Aus den Substanzen Zitronensäure, Natron und Wasser entsteht Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das den Überdruck für den »Ausbruch« bewirkt.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- Natron
- Kristalline Zitronensäure
- Wasser
- Lebensmittelfarben
- Spülmittel
- Knete
- Tabletts o.ä.
- Schüssel
- Teelöffel
- Pipetten/Tropfflaschen

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Aus einem großen Stück Knete formen die Kinder Vulkankegel, die mindestens 5 cm hoch sind. Diese werden auf Tabletts oder tiefe Teller gestellt. Mit einem Stift bohrt jedes Kind einen Krater in seinen Vulkan. Der Krater darf nicht bis zur Unterlage reichen. In einer Schüssel mischen die Kinder die beiden Pulver Zitronensäure und Natron im Verhältnis 3:1. Die Menge sollte ausreichen, dass alle Kinder ihren Vulkanschlot dreimal »befüllen« können. Mit der Lebensmittelfarbe färben die Kinder nun das Wasser. Zunächst füllen sie ihren Vulkanschlot bis maximal zur Hälfte mit der Pulvermischung. Darauf tropfen sie ca. zwei Tropfen Spülmittel sowie einige Tropfen des farbigen Wassers. Mit Tropfflaschen oder Pipetten ist dies relativ einfach. Das Spülmittel ist für die Schaumbildung verantwortlich, für die Farbe des ausbrechenden »Lavastroms« die Lebensmittelfarbe. Das Ganze kann ruhig mehrfach wiederholt werden. Die Kinder sollen überlegen aus welchen Ausgangsstoffen das CO<sub>2</sub> entsteht und ihre Vermutung durch Tests überprüfen. Dazu sollten ihnen einige zusätzliche Materialien zur Verfügung gestellt werden: Backpulver, Brausepulver, saure Flüssigkeiten.

### WAS PASSIERT

Das Kneten eines kegelförmigen Vulkanbergs mit einem geeignet großen Schlot bedarf meist mehrerer Versuche. Ist nämlich z.B. die Höhe des Kegels oder der Durchmesser des Schlots zu gering, haben die Kinder am Ende nur wenig Platz im Vulkan, um alle Zutaten unterzubringen. Sobald das farbige Wasser und das Spülmittel auf die Pulvermischung getropft werden, entsteht CO<sub>2</sub>.

Das Spülmittel macht das Gas sichtbar, denn das CO<sub>2</sub> lässt das Spülmittel aufblubbern. Schaum entsteht und drängt aus dem Schlot, da es ihm dort zu eng wird.

### HINTERGRUND

Bei einem Vulkanausbruch steigt der Druck tief im Erdinnern und presst Magma, geschmolzenes Gestein, nach oben, das als glühende Lava aus dem Vulkan fließt oder geschleudert wird. Seit vor vier Jahrzehnten die ersten Sonden in den Mars-Orbit einschwenkten ist bekannt, dass es auch auf dem Mars riesige Vulkane gibt. Mit 22 km Höhe ist Olympus Mons sogar der höchste Berg im ganzen Sonnensystem. Offenbar war der Rote Planet in seiner Frühzeit vulkanisch sehr aktiv. Dies belegen nicht nur die zahlreichen Vulkane, sondern auch große Gebiete, die von erstarrter Lava bedeckt sind. Die Auswertung der Bilder aktueller Missionen, zum Beispiel der europäischen Mars-Express-Sonde, zeigten sogar, dass manche Feuerberge noch vor wenigen Millionen Jahren aktiv waren. Für Geologen ist dies ein sehr kurzer Zeitraum, sie vermuten deshalb, dass auch heute noch Ausbrüche stattfinden könnten.

### WEITERLESEN

CO<sub>2</sub>-Experimente im Haus der kleinen Forscher:

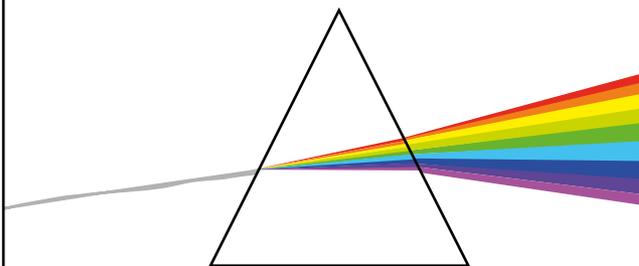
<http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/forscher/praxisideen-experimente/sprudelgas/>



beier+wellach  
projekte

# 3 AUTOMATISCHE MARSFORSCHER

## 3.2 DIE VOGELPERSPEKTIVE VON MARS EXPRESS UNSICHTBARES LICHT



Farbspektrum des Lichts sichtbar gemacht

### ZIEL

Unsichtbare Wellen des elektromagnetischen Spektrums werden sichtbar: Mit einer Handy-Kamera können die Schüler die für das menschliche Auge nicht sichtbare Infrarotstrahlung einer TV-Fernbedienung fotografieren.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- Diaprojektor oder Beamer
- Prisma
- Fernbedienung (z.B. von einem Fernseher)
- Phosphoreszenzpapier (»Phosphor-Papier«)

Für die Fortsetzung zusätzlich:

- Photozelle und Amperemeter

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Erzeugen Sie mit einem Prisma ein Spektrum vom sichtbaren Licht der Lampe eines Diaprojektors oder Beamers und projizieren Sie dieses Farbspektrum in einem verdunkelten Raum an die Wand. Die Kinder sollen nun ein Stück Phosphoreszenzpapier nehmen und dieses neben den Violettbereich des Spektrums legen, also dorthin wo kein Licht zu sehen ist. Das Papier wird aufleuchten.

Prüfen Sie als nächstes die Funktionstätigkeit der Fernbedienung. Dann nehmen die Kinder diese in die Hand und drücken eine beliebige Taste. Gleichzeitig betrachten sie im Sucher einer Digitalkamera oder einer Handy-Kamera die Diode am vorderen Ende der Fernbedienung. Erneut wird eine für das menschliche Auge unsichtbare Strahlung sichtbar. Sie lässt sich sogar fotografieren.

### WAS PASSIERT

Der Grund für das Aufleuchten des Phosphoreszenz-papiers sind die unsichtbaren Ultraviolett-Strahlen (UV), die durch das Prisma neben das violette Licht abgelenkt werden. Das Aufleuchten der Diode im Kamerarasucher und der Lichtfleck an der Stelle der Diode auf den Digitalfotos resultieren von den Infrarotstrahlen (IR), welche die Fernbedienung aussendet. Anders als unsere Augen, sind die Sensoren von Digitalkameras auch für IR-Strahlen empfindlich.

### WEITERMACHEN

Nehmen Sie nun das Amperemeter und die Photozelle und stellen Sie diese neben den Rot-Bereich des Spektrums. Obwohl dort nichts zu sehen ist, wird das Amperemeter einen Strom anzeigen. Dieser »Photostrom« wird von der unsichtbaren infraroten Strahlung des Spektrums verursacht.

### HINTERGRUND

Die Wellenlängen des sichtbaren Lichts liegen zwischen etwa 0,7 (Rot) und 0,4 (Violett)  $\mu\text{m}$ ; dieses Längenmaß entspricht einem Tausendstel Millimeter:  $1\mu\text{m} = 0,001\text{ mm}$ . Noch kurzweiliger ist die ultraviolette Strahlung. Die Mars-Express-Sonde benutzt die UV-Wellen des Sonnenlichts, um die Marsatmosphäre zu untersuchen. Bei Wellenlängen von 0,25  $\mu\text{m}$  werden diese Wellen beispielsweise von Ozon-Molekülen ( $\text{O}_3$ ) absorbiert – ein untrüglicher »spektraler Fingerabdruck«, der die Anwesenheit dieses Gases in der Mars-Luft beweist.

Bei den längeren Wellen, jenseits des Roten, liegen die infraroten Wellen (IR). Auch sie sind für das menschliche Auge unsichtbar. IR-Strahlung ist uns zum Beispiel als Wärmestrahlung vertraut – wenn man seine Hand über eine heiße Herdplatte hält, spürt man die Strahlung des »thermalen Infrarot«. Das vollständige IR-Spektrum ist (ebenso wie das UV-Spektrum) nur vom Weltraum aus, oberhalb der Erdatmosphäre zugänglich. Die Mars-Express-Sonde benutzt IR-Wellen beispielsweise, um in der Mars-Luft Wasserdampf nachzuweisen. Dieser hinterlässt seinen spektralen Fingerabdruck bei einer Wellenlänge von 1,38  $\mu\text{m}$ .

### WEITERLESEN

<http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=50198>



# 4 MENSCHEN AUF DEM MARS

## 4.1 SCHWERKRAFT DAS MARSJAHR UND DAS 3. GESETZ KEPLERS



### ZIEL

Bei dieser Aktivität wird ein Modell des inneren Sonnensystems gebastelt; danach werden die Grenzen des Modells aufgezeigt und mit dem 3. Keplerschen Gesetz die korrekten Umlaufdauern der inneren Planeten berechnet.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- 3 Styroporkugeln (2 x Ø 10 cm, 1 x Ø 4,5 cm, mit einer durchgehenden zentralen Bohrung versehen)
- 1 Holzkugel (mit Bohrung; Ø 5 cm)
- ca. 1 m Schnur
- Filzstift

### ERGEBNISSE FÜR DIE UMLAUFEITEN

Himmelskörper	Distanz d (Mio. km)	zu berechnende Umlaufzeit T (Jahre)
Mars	228	1,87
Erde	150	1
Venus	108	0,61
Merkur	58	0,24

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Zunächst werden die Kugeln beschriftet: Erde: 10-cm-Kugel, Venus: 10-cm-Kugel, Mars: 5-cm-Holzkugel, Merkur: 4,5-cm-Kugel. Danach wird mit den Kindern die folgende Frage diskutiert: Wenn alle Planeten wie auf einer 1m-Schnur aufgereiht wären und der Mars am Schnurende wäre, wo müssten die übrigen Planeten plaziert sein? Antwort: Die Reihenfolge lautet: Mars (1 m), Erde (66 cm), Venus (47 cm), Merkur (25 cm), die richtigen Abstände sind jeweils in Klammern angegeben: Nun werden die korrekten Planetenpositionen auf der Schnur markiert und die Kugeln an diesen Stellen befestigt. Achten Sie darauf, dass alle Kugeln, insbesondere die Holzkugel, sicher fixiert sind!

### WAS PASSIERT

Jetzt können Sie das Schnur-Modell in Drehung versetzen, indem Sie es am Schnuranfang, also dort wo die Sonne wäre, halten und über Ihrem Kopf rotieren lassen (Achtung: Platzbedarf!). Dann können die Kinder diese Rotation vorsichtig selbst ausprobieren. Diskutieren Sie nun die Frage, was an diesem Modell realistisch ist (Größen der Planeten, Abstandsverhältnisse der Planeten untereinander) und was unrealistisch ist (Mars zu schwer im Vergleich zu den anderen Planeten, Erdmond und die beiden Marsmonde fehlen, etc.). Insbesondere ist die Rotation der Planeten falsch, denn diese dauert im Schnur-Modell bei allen Planeten gleich lang. Anders im echten Sonnensystem, wo innen ein kompletter Umlauf schneller absolviert wird als weiter außen.

Die korrekten Umlaufzeiten können mit dem 3. Keplerschen Gesetz berechnet werden. Es setzt die Umlaufzeiten zweier Planeten zu deren jeweiligen Abständen von der Sonne in Beziehung. Für Erde und Mars lautet es beispielsweise:

$$T^2 / T^2 = a^3 / a^3$$

Wie kann damit die Umlaufzeit des Mars, also die Dauer des Marsjahres ausgerechnet werden? Durch Umformung enthält man:

$$T = T \sqrt{a^3/a^3}$$

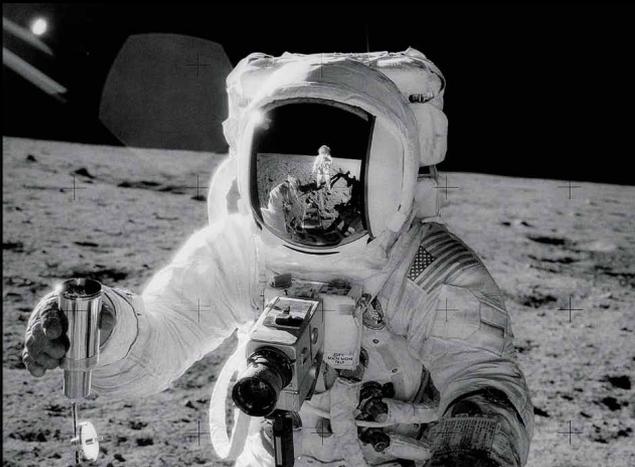
Für Mars erhält man eine Dauer von 1,87 Jahre. Danach können die Kinder auch die Umlaufzeiten für Venus und Merkur ausrechnen. Ergebnisse siehe Tabelle.

### HINTERGRUND

Die drei Keplerschen Gesetze beschreiben die Bewegung der Planeten im Sonnensystem. Das 1. Gesetz besagt lediglich, dass die Planeten die Sonne auf Ellipsen umrunden. Das 2. Gesetz, der sogenannte Flächensatz, ist schon etwas komplizierter, er beschreibt das Tempo eines Planeten auf seinem elliptischen Orbit. Er lautet: **Die Verbindungslinie Sonne-Planet überstreicht in gleichen Zeitabschnitten die gleichen Flächen.** Das 3. Gesetz ist bereits oben erläutert. Alle drei Gesetze folgen aus dem Gravitationsgesetz, das allerdings erst nach Kepler von Isaac Newton entdeckt wurde.

# 4 MENSCHEN AUF DEM MARS

## 4.2 RAUMANZÜGE TEMPERATUR UND FARBE



Weißer Raumanzug auf dem Mond

Quelle: Charles Conrad/Apollo 12/NASA

### ZIEL

Bei diesem Versuch lernen die Kinder, dass verschiedene Farben Strahlung unterschiedlich aufnehmen oder reflektieren.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- 1 weißer Bogen Papier
- 1 schwarzer Bogen aus gleich dickem Papier
- 1 Tacker und Heftklammern
- 2 Thermometer
- 1 Schachtel ohne Deckel
- direktes Sonnenlicht

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Zunächst werden aus beiden Bögen die Umschläge gebastelt, und zwar so, dass an einer langen Seite durch zwei Heftklammern eine kleine Öffnung entsteht, durch die man ein Thermometer schieben kann. Dann diskutieren die Kinder am Beispiel ihrer Kleidung, ob Farben Einfluss auf die Temperatur haben können: Ist es heute draußen eher kalt oder eher heiß? Sind die meisten Jacken der Kinder hell oder dunkel?

Nun kommt der eigentliche Versuch: Die Thermometer werden in die Umschläge gesteckt und – falls es sich um klassische Quecksilber-Thermometer handelt – aufrecht in die Schachtel gestellt. Nach zehn Minuten wird die Temperatur abgelesen und notiert. Danach wird die Schachtel mit den beiden Umschlägen und den beiden Thermometern ins Sonnenlicht gestellt, entweder auf die Fensterbank oder draußen. Nach wiederum etwa zehn Minuten werden die Ergebnisse abgelesen, notiert und diskutiert: Unterscheiden sich die Resultate? Und warum?

### WAS PASSIERT

Bei der ersten Messung dürften beide Thermometer etwa den gleichen Wert anzeigen – nahe der Umgebungstemperatur. Die zweite Messung, nach der Belichtung mit direktem Sonnenlicht, dürfte eine höhere Temperatur im schwarzen Umschlag liefern, da dieser ein besserer Absorber für die Sonnenstrahlung darstellt.

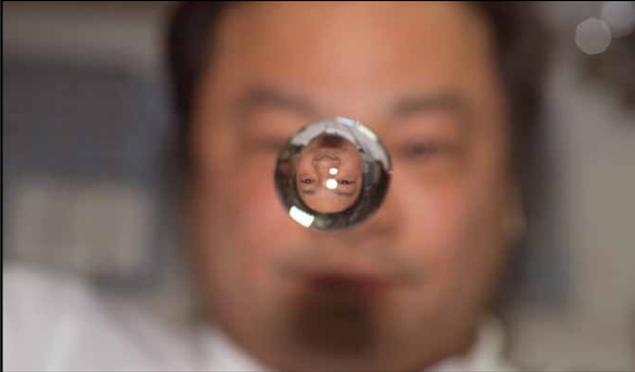
### HINTERGRUND

Strahlung die auf einen undurchsichtigen Körper fällt, wird teils reflektiert und teils absorbiert. Wenn der Körper viel Strahlung aufnimmt, erhöht sich seine Temperatur stärker. Bei der Einstrahlung durch die Sonne ist die Oberflächenfarbe des Körpers entscheidend, denn dunkle Flächen absorbieren Strahlung besser und erwärmen sich deshalb auch stärker als helle Flächen. Jeder kennt den Effekt: schwarze Autos erwärmen sich in der Sonne stärker als weiße, dunkler Sand am Strand ist heißer als heller Sand.

Im Weltraum findet man starke Temperaturgegensätze: Im Sonnenlicht kann die Temperatur leicht 100 Grad Celsius überspringen, im Schatten oder weit weg von der Sonne herrschen Minusgrade. Deshalb haben Raumanzüge nicht nur einen künstlichen Innendruck und eine Sauerstoffversorgung, sondern auch ein Heiz- bzw. Kühlsystem. Zusätzlich hilft die Farbe des Raumanzugs: Da die Mondfahrer alle am warmen Mond-Tag landeten, trugen sie weiße Anzüge, die das Sonnenlicht reflektierten. Marsfahrer werden wohl eher in dunkleren Raumanzügen unterwegs sein, damit ihre Kleidung das spärlichere Sonnenlicht auf dem Mars stärker absorbiert. In einem Raumschiff sind es dagegen angenehme 20 bis 30 Grad, so wie im Innenraum gemessen. Im Raumschiff tragen die Astronauten keine Raumanzüge, sondern Overalls, meist sogar nur T-Shirts und kurze Hosen; nur beim Start und während der Landung tragen sie Raumanzüge.

# 4 MENSCHEN AUF DEM MARS

## 4.3 WASSER WASSER FÜR DEN MARS



Wassertropfen in Schwerelosigkeit

Quelle: NASA

### ZIEL

Die Wasserversorgung der Astronauten gehört zu den großen Herausforderungen der bemannten Raumfahrt, nur durch Mehrfachnutzung kann sie gewährleistet werden. Hier lernen die Kinder, wie man Schmutzwasser filtert.

### BENÖTIGTES MATERIAL

- 1 Kaffeefilter
- Kaffeefilterpapier
- mehrere leere, saubere 1,5 l Plastikflaschen
- mehrere Stücke Gaze
- Gummibänder
- feiner, sauberer Sand
- Kies
- Watte
- 1 große Kanne
- Wasser
- 1 Flasche fertige Kräuter-Salatsauce (Essig/Öl)
- 4 große Plastikbecher
- mehrere Lackmus-Teststreifen
- Farbtafel zum Ablesen der Teststreifen

### AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Als erstes stellen die Kinder in der großen Kanne Schmutzwasser her. Dafür wird ein Teil Fertig-Salatsauce mit 5 Teilen Wasser gemischt. Die Kinder ermitteln mit einem Lackmus-Teststreifen den pH-Wert des klaren Wassers (wahrscheinlich zwischen 6,5 und 7,5, siehe Farbtafel) und des Schmutzwassers; beides wird notiert.

Nun werden drei »Wasserfilter« aufgebaut: Beim ersten wird das Kaffeefilterpapier in den Kaffeefilter eingesetzt und auf einen großen Plastikbecher gestellt. Bei dem Becher wird ein Loch kurz unterhalb des Randes gestanzt, damit Luft entweichen kann.

Dann werden bei zwei Wasserflaschen die Böden abgeschnitten, oben der Deckel entfernt und dort durch ein bis zwei Schichten Gaze ersetzt, die mit Gummibändern fixiert werden. Beide Flaschen werden mit der Gaze nach unten auf die Becher (mit Loch) gestellt und zu einem Drittel mit Filtermaterial gefüllt: einmal mit einer Sand-Kies-Mischung, einmal mit Wattebäuschen. Vorsichtig wird in jede Filtervorrichtung ungefähr gleich viel Schmutzwasser gefüllt. Das Ergebnis wird auf Geruch und Trübung untersucht und mit dem anfänglichen Schmutzwasser verglichen. Zum Schluss erfolgt ein Lackmustest: Je näher das Ergebnis an den Wert des sauberen Wassers kommt, um so besser funktioniert der Filter.

### WAS PASSIERT

Mit den Filtermaterialien werden sowohl größere als auch mikroskopisch kleine Verunreinigungen aus dem Wasser gefiltert. Die Ergebnisse der selbst gebauten Filter werden diskutiert: Welches Material hat den pH-Wert am besten normalisiert? Was bringt ein erneuter Durchgang mit dem gleichen, neuen Material? Wer möchte, kann den Filtervorgang mit Kaffee, verdünntem Zitronensaft oder Milch wiederholen.

### HINTERGRUND

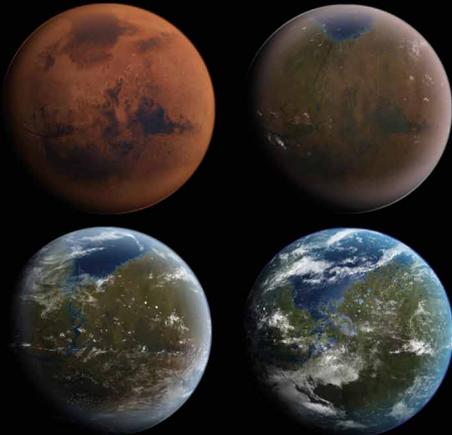
Menschen brauchen zum Überleben ausreichend Trinkwasser. Bereits heute wird auf der Internationalen Raumstation ISS in großem Umfang Wasser recycelt: Wasch- und Toilettenwasser sowie Kondenswasser werden so lange gefiltert, bis das Wasser hygienisch sauber und geruchsfrei ist. Das wiedergewonnene Wasser kann erneut als Trinkwasser benutzt werden. Ähnliche Verfahren müssten auf dem Mars angewendet werden, denn Schmutzwasser zu filtern benötigt viel weniger Energie als Bodeneis zu schmelzen oder Wasserdampf aus der Marsluft zu kondensieren.

### WEITERLESEN

weiterführende Aspekte in:

[http://esamultimedia.esa.int/images/edukit/german/Edukitchap3\\_G.pdf](http://esamultimedia.esa.int/images/edukit/german/Edukitchap3_G.pdf)

# 4 MENSCHEN AUF DEM MARS



Mögliche Umgestaltung des Mars durch den Treibhauseffekt

Quelle: Daein Ballard

## ZIEL

Die Kinder stellen selbst Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) her. Das Treibhausgas ist schwerer als Luft und sinkt deshalb nach unten. Zwar ist  $\text{CO}_2$  unsichtbar, seine Wirkung als »Feuerlöscher« demonstriert jedoch seine Anwesenheit.

## BENÖTIGTES MATERIAL

- Backpulver
- Zitronensaft
- Teelöffel
- Trichter
- Durchsichtige, enghalsige Flaschen (Glas/Hartplastik)
- Luftballons
- Schraubgläser (z.B. von Marmelade oder Gurken)
- Schälchen
- Teelichter
- Feuerzeug

# 4.5 TERRAFORMING TREIBHAUSGASE UND TERRAFORMING

## AUFGABEN UND BEOBACHTUNGEN

Mit einem Trichter füllen die Kinder zwei gehäufte Teelöffel Backpulver und mindestens ebenso viel Zitronensaft in eine Flasche. Während ein Kind die Flasche hält, stülpt ein zweites schnell einen Luftballon über den Flaschenhals. Durch vorsichtiges Schwenken der Flasche können die Kinder den Prozess der Bildung des Kohlendioxids vorantreiben, weil so beide Stoffe besser in Kontakt kommen. Helfen Sie den Kindern beim Abnehmen des mit  $\text{CO}_2$  gefüllten Ballons vom Flaschenhals. Da möglichst kein Gas aus dem Ballon entweichen soll, sollte das Mundstück des Ballons verschlossen werden. Nun lassen die Kinder den Balloninhalt vorsichtig in das leere, geöffnete Schraubglas strömen. **ACHTUNG:** Strömt das Gas zu schnell, entweicht es über den Glasrand. Das Glas wird mit dem Deckel verschlossen. In den kleinen Schälchen werden Teelichter angezündet. Die Kinder öffnen ihre Gläser und »gießen« das unsichtbare  $\text{CO}_2$  langsam in die Schälchen.

## WAS PASSIERT

Am Anfang dehnt sich der Ballon auf dem Flaschenhals aus, weil er sich mit Kohlendioxid füllt. Wird später das  $\text{CO}_2$  aus dem Schraubglas über die Flamme gegossen, passiert folgendes: Da  $\text{CO}_2$  schwerer als Luft ist (wenn beide die gleiche Temperatur haben), sammelt es sich in den Glasschälchen, wobei die Luft und damit auch der Luftsauerstoff darin verdrängt werden. Ohne Sauerstoff erstickt die Flamme im  $\text{CO}_2$ -Bad – sie erlischt.



## HINTERGRUND

$\text{CO}_2$  ist ein starkes Treibhausgas. Die Luft besteht nur zu 0,038 % aus  $\text{CO}_2$ , doch dieser geringe Prozentsatz bewirkt etwa 20 % des natürlichen Treibhauseffektes auf der Erde. Bei der Idee des Terraforming auf dem Mars geht es um dessen technische Umgestaltung mit dem Ziel, den kalten Planeten zu erwärmen und somit leichter bewohnbar zu machen. Zentraler Ansatzpunkt wäre es, die Treibhauswirkung der Marsatmosphäre zu verstärken. Dazu müssten dort große Mengen  $\text{CO}_2$  (und andere Treibhausgase) freigesetzt werden. Dies könnte beispielsweise durch speziell gezüchtete Mikroben geschehen. Nach anderen Planspielen könnten die Polarkappen durch eine Rußschicht so verändert werden, dass dort mehr Sonnenwärme aufgenommen und als Folge gefrorenes Kohlendioxid verdampfen würde. Das würde ebenfalls eine Verstärkung des Treibhauseffektes bewirken würde.

## WEITERLESEN

$\text{CO}_2$ -Experimente im Haus der kleinen Forscher:

<http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/forschen/praxisideen-experimente/sprudelgas/>