www.DLR.de/next

Erde und Mond

+++ Sonderheft +++ 50 Jahre Apollo-Mondlandungen +

50 Jahre

Lehrermaterialien und Mitmach-Experimente

Klassen 3 bis 6

DLR_School_Info
Raumfahrt

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Klett MINT

Dieses Heft ist auch in Form eines digitalen Lernmediums in der App „DLR_School_Info“ erschienen. Darin sind viele Videos und zusätzliche Inhalte direkt abrufbar.

Die App ist im App Store und im Google Play Store erhältlich, außerdem ist sie als Browserversion verfügbar.

Alle Links dazu finden Sie auf

www.dlr.de/next/erdeundmond

Erde und Mond

Lehrermaterialien und Mitmach-Experimente

Klassen 3 bis 6

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

6. Auflage Mai 2021

Eine Zusammenarbeit des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und 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)
Mit Unterstützung von: Dr. Christoph Pawek, DLR

Redaktion: Hanne Lier, Medienwerk Lier, Stuttgart
Projektkoordination und Herstellung: Petra Wöhner

Gestaltung: Bettina Herrmann, Stuttgart
Illustrationen: Daniel Scherer, Landau
Lektorat: Karin Rossnagel, Stuttgart
Druck: C. Maurer Druck und Verlag GmbH & Co. KG, Geislingen an der Steige

Bestellung: Das Unterrichtsmaterial „Erde und Mond" sowie die weiteren Bände „Unser Sonnensystem" und „Mit Astronauten ins Weltall" können Sie kostenlos über www.mint-zirkel.de/unterrichtsmaterialien/weltraum-zum-greifen-nah/ bestellen.

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

Man nehme eine Styroporkugel, ein paar Zahnstocher und eine Taschenlampe. Das sind die „Zutaten“ für ein faszinierendes Mitmach-Experiment, das in Anlehnung an einen legendären Versuch aus der Antike beweist: Die Erde ist eine Kugel und keine Scheibe. So einfach und gleichzeitig spannend kann Wissenschaft sein! Viele solcher Versuche, die Sie ohne großen Aufwand und mit „Bordmitteln“ im Unterricht umsetzen können, haben wir in diesem Buch für Sie entwickelt und ausgearbeitet. Thema dieser Unterrichtsmaterialien ist die Erde – zusammen mit dem Mond, unserem kosmischen „Begleiter“.

Entstanden ist dieses Buch in einer Zusammenarbeit des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), des Klett MINT Verlages und des Schülerforschungszentrums Südwürttemberg in Bad Saulgau (SFZ). Es knüpft an den Band „Unser Sonnensystem“ an, der im Frühjahr 2014 ebenfalls in dieser Reihe erschienen und auf eine enorm positive Resonanz bei vielen Lehrkräften gestoßen ist. Das hat uns sehr gefreut und in dem Konzept bestärkt, das beiden Büchern gemeinsam ist und das aus fachlich fundierten Informationen, praxiserprobten Unterrichtseinheiten sowie leicht zu realisierenden „Hands-on-Experimenten“ besteht.

Entdecken Sie mit Ihren Schülerinnen und Schülern unsere Welt mit neuen Augen! Zum Beispiel mit den „Augen“ von Satelliten, die unsere Erde aus der faszinierenden Perspektive des Weltalls zeigen – oft mit wichtigen Anwendungsbezügen etwa zur Umweltforschung. Gehen Sie auf eine „Gedankenreise“ durch die Zeit – von der Entstehung unseres Planeten bis heute! Betrachten Sie den Mond aus der Nähe; Raumsonden machen es mit brillanten Bildern möglich. Wir garantieren Ihnen: Über so manche Sachverhalte und Erklärungen werden auch Sie selbst staunen! Denn vieles, was uns selbstverständlich erscheint, ist es bei genauerer Betrachtung dann doch nicht. So kennt zwar jedes Kind den „Mann im Mond“ – jenes „Gesicht“, das wir im Vollmond zu erkennen glauben. Doch woher kommen eigentlich diese hellen und dunklen Flecken auf dem Mond? Wir alle wissen, dass sich die Erde in 24 Stunden einmal um sich selbst dreht. Aber warum dreht sich die Erde überhaupt? Dass es Gezeiten gibt, weil der Mond die Wassermassen der Erde anzieht – ja, so erklärt man üblicherweise, wie die Flut in den Weltmeeren entsteht. Aber warum gibt es auf der entgegengesetzten Seite der Erde, die ja vom Mond abgewandt ist, gleichzeitig einen zweiten „Flutberg“?

Haben wir Sie mit diesen wenigen Fragen ins „Grübeln“ gebracht und neugierig gemacht? Gut! Genau das gelingt Ihnen ganz sicher auch bei Ihren Schülerinnen und Schülern! Alles Hintergrundwissen, das Sie zur Beantwortung dieser spannenden „Rätsel“ benötigen, und auch die Antworten auf viele andere Fragen finden Sie zusammen mit zahlreichen Anregungen zur Vermittlung in diesem Heft. Eröffnen Sie den Kindern und Jugendlichen eine faszinierende Welt – ihre eigene!

Prof. Dr. Ing. Anke Kaysser-Pyzalla
Vorstandsvorsitzende Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Dr. Benny Pock
Geschäftsführer Klett MINT

Einleitung 6

TEIL A: ERDE

1. Die Erde im Überblick 9

1.1 Mitmach-Experiment:
Die Erde – Kugel oder Scheibe?
Experiment mit einem Schiff am Horizont 11
Die Erde – Kugel oder Scheibe?
Experiment mit einem Schiff am Horizont 12

1.2 Mitmach-Experiment:
Die Erde – Kugel oder Scheibe?
Das legendäre Experiment aus der Antike 14
Die Erde – Kugel oder Scheibe?
Experiment mit Zahnstochern 17

1.3 Mitmach-Experiment:
Die „Abplattung" der Erde 19

1.4 Mitmach-Experiment: Die „habitable Zone"
Der richtige Abstand zur Sonne 20

2. Die Entwicklung der Erde 21

2.1 Mitmach-Experiment: Der Zeitstrahl 23
Eine Zeitreise
vom Anfang der Erde bis heute 25

2.2 Mitmach-Experiment:
hell und dunkel – kalt und warm 27
Der Flaschen-Test:
hell und dunkel – kalt und warm 28

3. Der Aufbau der Erde 30

3.1 Mitmach-Experiment:
Schichtmodell der Erde I
Ein gefüllter „Wasserball" als Erde 33

3.2 Mitmach-Experiment:
Schichtmodell der Erde II
Ein gefüllter Luftballon als Erde 34
Bau dir deine eigene Erdkugel 35

3.3 Mitmach-Experiment: Das Erdteil-Puzzle
Kontinentaldrift im Zeitraffer 36

3.4 Mitmach-Experiment:
Das Magnetfeld der Erde 38

Möglichkeiten zur Vertiefung 39

4. Die Atmosphäre 40

4.1 Mitmach-Experiment:
Die Erdatmosphäre im Querschnitt 42

5. Erdrotation und Erdbahn 43

Ergebnissicherung 47

5.1 Mitmach-Experiment: Die Erdrotation
Die Sonnenuhr – und ein
Drehstuhl-Experiment als Hinführung 48
Die Sonnenuhr 49

5.2 Mitmach-Experiment:
Das „Foucaultsche Pendel"
auf dem Drehstuhl 50

5.3 Mitmach-Experiment:
Basteln eines Telluriums 52
So entstehen die Jahreszeiten –
bastel dir ein Erde-Modell (Tellurium) 54

Möglichkeiten zur Vertiefung 55

6. Die Erde wird neu entdeckt 56

6.1 Mitmach-Experiment:
Auf Planeten-Jagd 59
Gehe auf Planeten-Jagd! 60

Das Wichtigste merke ich mir! 62

TEIL B: MOND

7. Der Mond – unser kosmischer Begleiter 64

7.1 Zum Einstieg: Vorwissen zum Mond 66

7.2 Mitmach-Experiment: Größe des Mondes und Entfernung von der Erde 66

7.3 Mitmach-Experiment: Der Mond kreist um die Erde 67

7.4 Mitmach-Experiment: Den Mond beobachten 67

7.5 Mitmach-Experiment: Der „Mann im Mond“ 68

Der „Mann im Mond“ 69

8. Der Aufbau des Mondes 70

8.1 Mitmach-Experiment: Der „leichte“ Mond 73

8.2 Mitmach-Experiment: „Mondsprünge“ 74

Möglichkeiten zur Vertiefung 74

9. Die Oberfläche des Mondes 75

9.1 Mitmach-Experiment: Krater selbst erzeugen 78

Wie sind die Krater auf dem Mond entstanden? 79

9.2 Mitmach-Experiment: Mondoberfläche analysieren 80

Was verraten die Krater auf dem Mond? 81

Möglichkeiten zur Vertiefung 82

10. Die Entstehung des Mondes 83

11. Neumond, Halbmond, Vollmond 85

11.1 Mitmach-Experiment: Die Mondphasen im Handversuch 88

Stell die Mondphasen selbst dar 89

11.2 Mitmach-Experiment: Die Mondphasen am Tellurium 90

Bastel einen Mond an dein Tellurium 91

11.3 Mitmach-Experiment: Die Mondphasen am Himmel erkennen 92

So erkennst du die Mondphasen am Himmel 93

Möglichkeiten zur Vertiefung 94

12. Ebbe und Flut 95

12.1 Mitmach-Experiment: Ebbe und Flut im Modell 97

13. Unser Trabant wird erkundet 99

13.1 Mitmach-Übung: „Bordtagebuch“ einer Mond-Mission 104

13.2 Zum Abschluss: Visionen für die Zukunft
Eine Mondkolonie 105

Das Wichtigste merke ich mir! 106

ANHANG

Tellurium für den Klassenraum 108

Das Mondspiel 112

Materiallisten für die Mitmach-Experimente 116

INHALTE ZUM DOWNLOAD

Unter der Adresse www.dlr.de/next/erdeundmond finden Sie die folgenden Materialien zum Download:

- Gesamtes Heft als PDF
- Vorlagen zum Ausdrucken
  Vorlagen zum Ausdrucken bzw. Kopieren, die im Heft mit dem Symbol gekennzeichnet sind.
- Zusatzmaterial
  PowerPoint-Präsentation zum Thema „Erde und Mond“ mit zahlreichen Bildern, erklärenden Grafiken, Animationen und Videos.

Einleitung

In der Raumfahrt geht es oftmals um die Erkundung fremder Welten. In diesem Heft wollen wir – das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der Verlag Klett MINT – Sie auf eine Entdeckungsreise zu einem ganz besonderen Planeten mitnehmen: unserem eigenen „Blauen Planeten" Erde. Bei dieser Gelegenheit unternehmen wir außerdem einen Ausflug zu unserem kosmischen Begleiter, dem Mond. Vieles gibt es da für Ihre Schülerinnen und Schüler zu entdecken – vielleicht auch für Sie. Wussten Sie zum Beispiel, dass sich unser Trabant (wenn auch nur ganz allmählich) von uns entfernt? Wie kommt es zu Sonnen- und Mondfinsternissen? Warum sieht man den Mond manchmal auch tagsüber am Himmel, und wie erklärt man altersgerecht die Mondphasen mit Neumond, Halb- und Vollmond?

Auch mit Blick auf die Erde gibt es viele spannende Fragen: Warum konnte hier Leben entstehen, während der Mond direkt in unserer Nachbarschaft ein lebensfeindlicher Himmelskörper blieb? Wie ist unser Planet in seinem Innern aufgebaut? Wie haben Menschen schon in der Antike herausgefunden, dass die Erde eine Kugel und keine Scheibe ist – und wie können Kinder all das nachvollziehen und begreifen?

Dieser Band enthält alle wichtigen Informationen, die für Sie als Lehrkraft nötig sind, um diese und viele andere spannende Fragen zu behandeln und die Antworten zu vermitteln. Zu jedem Thema gibt es Mitmach-Experimente, die es den Kindern ermöglichen, sich durch aktives Tun die Sachverhalte zu erschließen. Den einzelnen Mitmach-Experimenten ist

Ein Foto, das Astronauten von Bord der *Internationalen Raumstation ISS* aufgenommen haben. Vorne die Erde mit ihrer hauchdünnen Atmosphäre, hinten der Mond. Bild: NASA

oftmals ein Schülerblatt beigefügt, das Sie kopieren oder – nach dem Download der Materialien unter der Adresse www.dlr.de/next/erdeundmond – ausdrucken und verteilen können. Ob Sie all das zu einer größeren Unterrichtseinheit zusammenfassen, in Projektwochen behandeln oder einzelne Aspekte an geeigneter Stelle in den Unterricht einbringen – so oder so hoffen wir, Ihnen mit dieser Lehrerhandreichung viele interessante und hilfreiche Anregungen für einen abwechslungsreichen Unterricht zu präsentieren, der für die Kinder zu einer faszinierenden Entdeckungstour wird! Wie der Band „Unser Sonnensystem", der ebenfalls in dieser Reihe erschienen ist und von Schulen gratis bezogen werden kann, basiert auch dieses Heft auf Erfahrungen von Lehrkräften aus dem Schülerforschungszentrum Südwürttemberg in Bad Saulgau (SFZ®) und umfangreichen Informationen von DLR-Experten, sorgfältig aufbereitet durch den Klett MINT Verlag.

Hier eine kurze Zusammenfassung, wie dieser Band aufgebaut ist:

- Jedes Kapitel beginnt mit Hintergrund-Infos für die Lehrkraft, sodass Sie inhaltlich bestens vorbereitet und auch für Schülerfragen präpariert sind.
- Detaillierte Beschreibungen erklären den Aufbau und die Durchführung der zahlreichen Mitmach-Experimente – einschließlich didaktischen Hinweisen und optionalen Vertiefungsmöglichkeiten.
- Farbig unterlegte Schülerseiten für den Unterricht beziehen sich auf die jeweiligen Mitmach-Experimente, sind zu deren Begleitung gedacht und geben auch Tipps zur Durchführung und Auswertung.
- Zusammenfassungen unter der Überschrift „Das Wichtigste merke ich mir" am Ende der Abschnitte „Erde" bzw. „Mond" festigen das erworbene Wissen der Schülerinnen und Schüler.
- Alle Inhalte dieses Heftes stehen Ihnen auch als PDF-Dateien im Download-Bereich zur Verfügung.
- Die Materialien, die Sie für die Durchführung der Experimente benötigen, sind in Schulen oder Haushalten vorhanden bzw. einfach zu beschaffen. Jedes Mitmach-Experiment enthält eine Materialliste. Am Ende des Buches werden – als schnelle Hilfe für Sie – alle „Einkaufszettel" noch einmal gesammelt aufgeführt.

- Das Symbol weist darauf hin, dass die teilweise umfangreichen und größeren Kopiervorlagen für Mitmach-Experimente in „Originalgröße" im Download-Bereich unter der Adresse www.dlr.de/next/erdeundmond abgespeichert sind.
  Wir empfehlen Ihnen, alle mit dem Symbol gekennzeichneten Vorlagen nach dem Download in der Größe 100 % auszudrucken, da diese Vorlagen im Heft lediglich zur Ansicht und teils verkleinert abgedruckt sind. In wenigen Fällen müssen diese 1:1-Ausdrucke anschließend von DIN A4 auf DIN A3 vergrößert werden, was an den entsprechenden Stellen angegeben ist.

1. Die Erde im Überblick

Die Erde – fotografiert von den Astronauten der Mission *Apollo 17* am 7. Dezember 1972. Bild: NASA

Hintergrund-Info

Die Erde ist einer von acht Planeten, die um die Sonne kreisen. Unser Heimatplanet wird dabei von einem Mond begleitet. Rund 150 Millionen Kilometer beträgt der Abstand zur Sonne, etwa 400 000 Kilometer sind es bis zum Mond. Ein Umlauf um die Sonne dauert ein Erdenjahr, und der Mond umkreist unseren Planeten in knapp einem Monat.

Die Erde – eine abgeplattete und rotierende „Kugel"

Wie alle Planeten hat auch die Erde die Gestalt einer Kugel. Sie ist nicht perfekt „kugelrund", sondern etwas abgeflacht: Am Äquator sind es 12 756 Kilometer Durchmesser, von Pol zu Pol 12 714 Kilometer (also 42 Kilometer weniger). Diese Abplattung ist entstanden, weil die Erde kein starrer Körper ist, sondern wegen der enormen Hitze im Innern zu großen Teilen weich und plastisch verformbar. Durch die Rotation der Erde um ihre Drehachse zieht es das weiche Material des Erdinneren infolge der Fliehkraft etwas nach außen – und zwar am Äquator, der am weitesten von der Drehachse entfernt ist, am stärksten.

Hinweis: Zum Phänomen der Abplattung ▶ Mitmach-Experiment 1.3

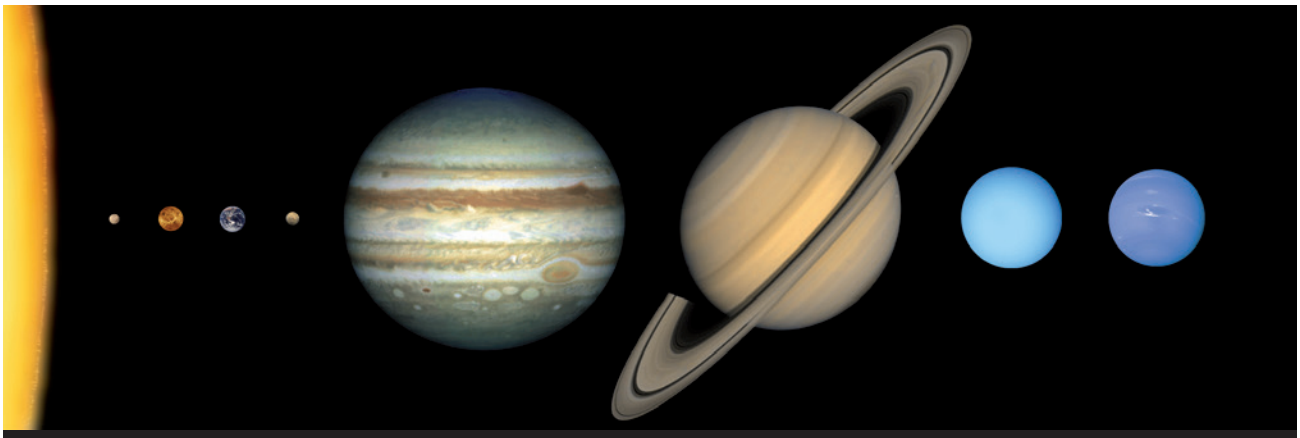
▶ Spannend!

Das Märchen von der „Scheiben-Erde"

Oft hört man, die Menschen hätten im Mittelalter geglaubt, dass die Erde eine Scheibe sei. Das ist nicht ganz korrekt. Schon in der griechischen Antike war die Kugelform der Erde zumindest einigen Gelehrten bekannt, z. B. Pythagoras (ca. 570–510 v. Chr.), Platon (ca. 428–348 v. Chr.) und Aristoteles (384–322 v. Chr.). Der griechische Gelehrte Eratosthenes (ca. 276–194 v. Chr.) berechnete sogar – indem er zeitgleich den Sonnenstand in zwei weit entfernten Städten verglich – erstaunlich genau den Umfang der Erde, den wir heute präzise mit 40 075 Kilometern am Äquator kennen (die damalige Berechnung wich nur um rund 1000 Kilometer von diesem Wert ab). Dieses Wissen ging auch später nie „verloren", wurde aber teilweise unterdrückt.

Hinweis: Zur Scheibe-/Kugel-Diskussion ▶ Mitmach-Experimente 1.1 und 1.2

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021



Der dritte Planet von der Sonne aus gezählt: die Erde. Diese Fotomontage zeigt die Planeten in maßstäblichen Größenverhältnissen, jedoch nicht in entsprechenden Entfernungen. Bild: Lunar and Planetary Institute

Der richtige Abstand zur Sonne

Die Erde rotiert in 24 Stunden einmal um ihre Achse, die durch den geografischen Nord- und Südpol verläuft. Auf der sonnenzugewandten Seite herrscht dann Tag, auf der von der Sonne abgewandten Seite Nacht – wobei „Tag" und „Nacht" dehnbare Begriffe sind und in den Polregionen Monate dauern können. Die Erdachse steht nicht senkrecht im 90°-Winkel auf der Bahnebene, sondern um rund 23° aus der Senkrechten heraus geneigt – also mit ca. 67° leicht „schräg". Diese Schrägstellung führt zu den Jahreszeiten, weil Nord- und Südhalbkugel abwechselnd jeweils ein halbes Jahr lang mehr Sonne erhalten. Dadurch treffen die Sonnenstrahlen in unterschiedlichem Winkel auf die Oberfläche, was auch die Hauptursache für die Temperaturschwankungen im Laufe der Jahreszeiten ist. Im Mittel herrschen auf weiten Teilen der Erde moderate Temperaturen – eine Tatsache, die zusammen mit vielen anderen Faktoren für die Entwicklung von Leben entscheidend war.

Hinweis: Zu den Jahreszeiten ▶ Mitmach-Experiment 5.3 in Kapitel 5

▶ Spannend!

Die „habitable" Zone

Die bewohnbare (die sogenannte „habitable") Zone um einen Stern herum benennt den Abstand, der auf einem Planeten lebensfreundliche Bedingungen ermöglicht. Vor allem heißt das: Hier kann Wasser auch in flüssiger Form existieren, während es andernorts entweder sofort verdampft oder zu Eis gefriert. Bei unserer Sonne ist dies genau die Distanz, in der sich die Erde befindet. Näher an der Sonne ist es wie auf der Tagseite von Merkur und überall auf der Venus viel zu heiß, weiter draußen bei den äußeren Gasplaneten viel zu kalt. Wobei man hinzufügen muss: Erstens kommen die moderaten Temperaturen auf der Erde auch durch den natürlichen Treibhauseffekt zustande, ohne den es auf unserem Planeten durchschnittlich -18 °Celsius kalt wäre. Zweitens stellt unser Nachbarplanet Mars einen Grenzfall am äußeren Rand der habitablen Zone dar, indem es dort auch zu Plus-Graden kommt. Drittens gibt es möglicherweise auch auf weit von der Sonne entfernten Welten wie einigen Monden von Jupiter und Saturn flüssiges Wasser – allerdings nur unter der Eiskruste jener Monde. Dort sorgt Wärme aus dem Innern dieser Himmelskörper dafür, dass das Wasser nicht gefriert. Sowohl der Mars als auch einige dieser Monde sind daher Gegenstand der Forschung – verbunden mit der faszinierenden Frage, ob es dort einmal Leben gab oder vielleicht sogar noch gibt.

Hinweis: Zur habitablen Zone ▶ Mitmach-Experiment 1.4

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Zur Didaktik

- Die Mitmach-Experimente 1.1 und 1.2 sollen ein grundsätzliches Verständnis der Kugelform der Erde vermitteln.
- Sie sollen zudem logisches Denken fördern (auch durch die Experimente im Vergleich).

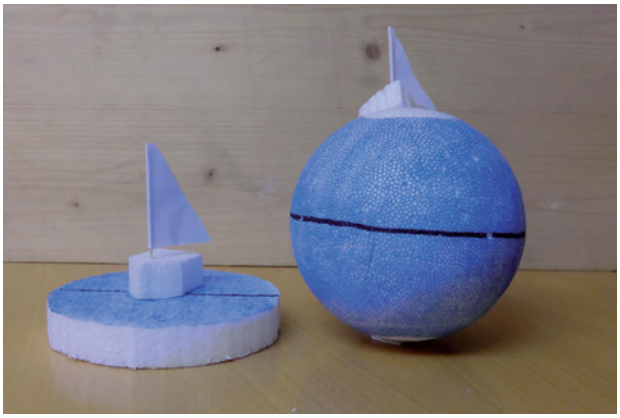
1.1 Mitmach-Experiment: Die Erde – Kugel oder Scheibe?

Experiment mit einem Schiff am Horizont

Die Schülerinnen und Schüler haben gehört, dass die Erde eine Kugel ist. Aber können sie es auch nachempfinden und sogar selbst den Beweis führen? Mit diesem einfachen Experiment gelingt das. Den genauen Ablauf des Versuchs entnehmen Sie bitte dem Schülerblatt.

Materialien

- Styroporkugel oder Globus bzw. ein großer Ball
- Styroporplatte oder Blatt Papier (möglichst DIN A3)
- Styroporstück oder Korken als Schiff
- Papier als Segel
- Zahnstocher
- Schere, Kleber



Tipp: Erläutern Sie den Schülerinnen und Schülern vorab die Aufgabenstellung und Versuchsanordnung, und lassen Sie die Kinder dann „Entdecker“ spielen. Anschließend werden die Beobachtungen gemeinsam besprochen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Die Erde – Kugel oder Scheibe?

Experiment mit einem Schiff am Horizont

Ist die Erde eine Scheibe oder eine Kugel? Das kannst du herausfinden.
Stell dir vor: Du stehst am Strand und blickst aufs Meer. Aus der Ferne kommt ein Schiff. Was siehst du?
Mach den Versuch in zwei Durchgängen: Erst tust du so, als wäre die Erde eine Scheibe. Dann führst du das Experiment mit einer Kugel als Erde durch. Beobachte und vergleiche.

Du brauchst:

- eine Kugel aus Styropor oder einen Globus (ein großer Ball geht auch)
- eine dünne Styroporplatte oder ein großes Blatt Papier
- ein Schiffchen mit einem langen Mast (als Schiff kannst du ein Stück Styropor oder einen Korken nehmen und als Mast einen Zahnstocher mit einer Papierfahne oben dran)
- Schere
- Kleber (um die Fahne oben am „Mast“ zu befestigen)

So gehst du vor:

Teil 1

Stell dir vor, die Erde wäre eine Scheibe – wie das früher einige Menschen geglaubt haben.

1. Du schneidest aus der Styroporplatte oder dem Papier eine große kreisrunde Fläche aus und legst sie auf einen Tisch. Das ist die „Scheiben-Erde“.
2. Du hockst dich so hin, dass du ganz flach über die Scheibe siehst – als ob du am Strand stehen würdest und über das Meer schaust. Ans andere Ende stellst du das gebastelte Schiff und bewegst es langsam auf dich zu.
3. Beobachte, ab wann du das Schiff siehst.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Teil 2

Jetzt machen wir den gleichen Versuch – aber mit der „Kugel-Erde“.

1. Du legst die Kugel auf einen Tisch. Das ist die „Kugel-Erde“.
2. Setz dich so hin, dass du nur eine Seite der „Erde“ sehen kannst – also nicht von oben darauf schauen.
3. Das Schiff mit dem Mast und der Fahne an der Spitze hältst du auf die Rückseite der „Erde“. Dann bewegst du es langsam über die Kugel auf dich zu.
4. Beobachte wieder genau, ab wann du das Schiff sehen kannst und welchen Teil des Schiffes du zuerst siehst.

Auswertung

1. Welche unterschiedlichen Beobachtungen hast du zwischen „Scheiben-Erde“ und „Kugel-Erde“ gemacht?
2. Woran können Menschen beim Blick über das Meer erkennen, dass die Erde eine Kugel ist?
3. Besprich deine Beobachtungen gemeinsam mit der Klasse.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

1.2 Mitmach-Experiment: Die Erde – Kugel oder Scheibe?

Das legendäre Experiment aus der Antike

Hinweis: Dieses Experiment eignet sich eher für ältere Schülerinnen und Schüler.

Grundlage ist das Experiment des griechischen Gelehrten Eratosthenes, der damit vor über 2000 Jahren den ungefähren Umfang der Erde berechnete. Seine Vorgehensweise war folgende: Er bemerkte, dass die Sonne im Süden Ägyptens (in Assuan) zur Sommersonnenwende am 21. Juni mittags keinen Schatten warf. Weiter im Norden des Landes (in Alexandria) warf ein großer Obelisk aber zur gleichen Zeit sehr wohl einen (wenn auch nur kurzen) Schatten. Daraus folgerte er, dass die Erdoberfläche gekrümmt sein müsse – und aus der Schattenlänge und der Entfernung der beiden Orte berechnete er den Umfang der Erde.

Das Experiment stellt den historischen Versuch nach, indem der Schattenwurf von jeweils zwei Zahnstochern verglichen wird – einmal bei einer „Scheiben-Erde" und einmal bei einer „Kugel-Erde". Als Sonne dient eine Taschenlampe, die in mindestens (!) 50 cm Abstand genau über der Mitte des jeweiligen Erde-Modells platziert wird und es senkrecht von oben bescheint. **Tipp:** Wenn Sie zwei Taschenlampen zur Hand haben, können Sie beide Modelle parallel aufbauen und untersuchen. Die Taschenlampen kann man z. B. an einer Tischkante mit Klebeband befestigen und die Erde-Modelle darunter auf dem Boden platzieren.

Hinweise: Sie können mithilfe der Vorlagen aus dem Download-Bereich zwei bedruckte Erde-Modelle herstellen. Sie können aber auch eine dünne Styroporscheibe für die „Scheiben-Erde" und eine Styroporkugel für die „Kugel-Erde" nehmen. Die Vorbereitungen dauern dann nur wenige Minuten.

Materialien

- Styroporkugel für die „Kugel-Erde" (12 cm Durchmesser)
- dünne Styroporscheibe, kreisrund ausgeschnitten für die „Scheiben-Erde" (ebenfalls 12 cm Durchmesser)
- 4 Zahnstocher
- Maßband oder Gliedermaßstab
- Klebebandrolle, Glas o. Ä. (als Halter für die Kugel)
- Schuhkarton o. Ä. (als Unterlage für die Styroporscheibe)
- eine (besser zwei) helle Taschenlampe(n)
- für die Alternative: Ausdrucke der Vorlagen aus dem Download-Bereich (Ansicht auf Seite 16) sowie Klebstoff (Sprühkleber)

Vorbereitung der unbedruckten Modelle

„Scheiben-Erde": Stechen Sie zwei Zahnstocher jeweils senkrecht in die Styroporplatte, einen in der Mitte, einen 4 cm davon entfernt. Beide Zahnstocher müssen 2 cm aus der Platte herausragen. Der Schuhkarton kann dabei als Unterlage dienen.

„Kugel-Erde": Stechen Sie den ersten Zahnstocher an einer beliebigen Stelle ein und den zweiten Zahnstocher 4 cm davon in Richtung eines Pols. Beide Zahnstocher müssen zum Mittelpunkt der Kugel zeigen (!) und wiederum je 2 cm aus der „Erde" herausragen.

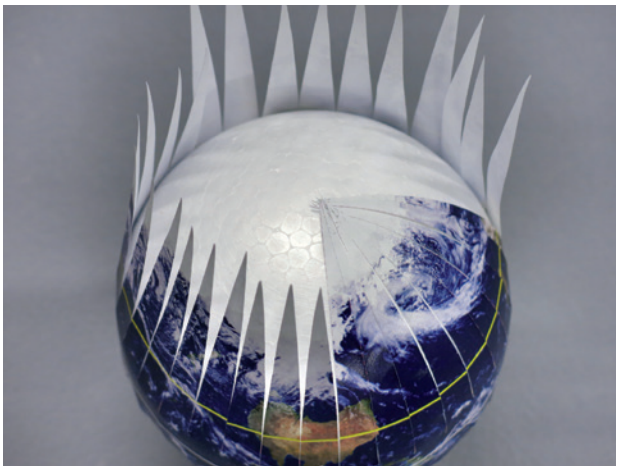
Vorbereitung der bedruckten Modelle (Alternative)

Hinweis: Der antike Versuch wurde der Klarheit wegen so abgewandelt, dass ein Zahnstocher in Afrika und der andere in Deutschland angebracht ist – also deutlich weiter im Norden. Wichtig ist, dass die Zahnstocher in beiden Erde-Modellen den identischen Abstand haben (Maßband) und die Lichtquelle (unsere „Sonne") immer genau über dem „afrikanischen" Zahnstocher im Zenit positioniert wird.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

„Scheiben-Erde“: Kleben Sie einen Farbausdruck der Vorlage (Ansicht auf Seite 16; Ausdruck nach dem Download aus dem Download-Bereich) auf ein Stück Pappe (am besten wieder mit einer dünnen Styroporplatte darunter), und schneiden Sie alles aus. Stecken Sie beide Zahnstocher an den markierten Punkten senkrecht in die „Scheiben-Erde“, bis sie jeweils 2 cm herausragen.

„Kugel-Erde“: Schneiden Sie einen Farbausdruck der Vorlage (Ansicht auf Seite 16; Ausdruck nach dem Download aus dem Download-Bereich) entlang der Zacken exakt aus. Anschließend wird ein Ende des Ausdrucks mit einem kleinen Klebestreifen so an der Styroporkugel fixiert, dass sich der Schnitt an einer gedachten Äquatorlinie um die ganze Kugel wickeln lässt. Besprühen Sie zuerst nur den mittleren Teil des Streifens (ohne Zacken) auf der Rückseite mit Sprühkleber, und rollen Sie die Styroporkugel gerade darauf entlang. Danach werden auch die Zacken mit Sprühkleber besprüht und nacheinander auf die Kugel gelegt. Sollten sich zum Schluss die Enden der Zacken an den Polen überlagern, können sie mit einer Schere gekürzt werden.

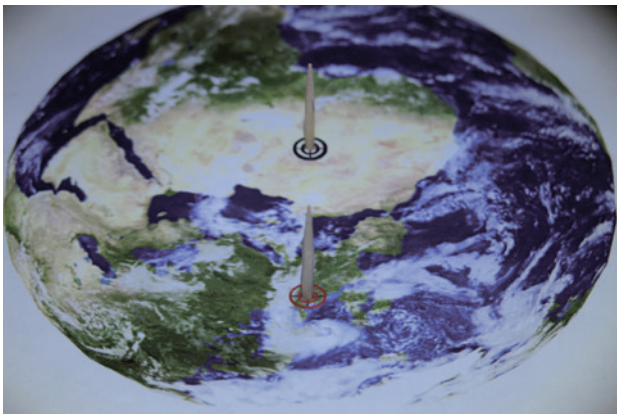


In die fertige „Kugel-Erde“ wird ein Zahnstocher senkrecht zur Kugeloberfläche gesteckt, also genau in Richtung des Kugelmittelpunkts zeigend. In der Kopiervorlage ist die Position dieses ersten Zahnstochers in Afrika mit einem schwarzen Punkt markiert. Lassen Sie diesen Zahnstocher 2 cm aus der Oberfläche herausragen. Dann stecken Sie den zweiten Zahnstocher am roten Punkt (Deutschland) ein. Auch er muss auf den Erdmittelpunkt deuten und 2 cm aus der Kugel herausragen. Die „Kugel-Erde“ kann jetzt auf der Klebebandrolle (als Halter) abgestellt werden.

Durchführung

Erläutern Sie im Plenum zunächst den Versuch. Dann richten Sie die Taschenlampe gerade nach unten aus. Jetzt stellen die Kinder mit der „Scheiben-Erde“ beginnend nacheinander die beiden Erde-Modelle unter die Lampe.

Schatten auf der „Scheiben-Erde“



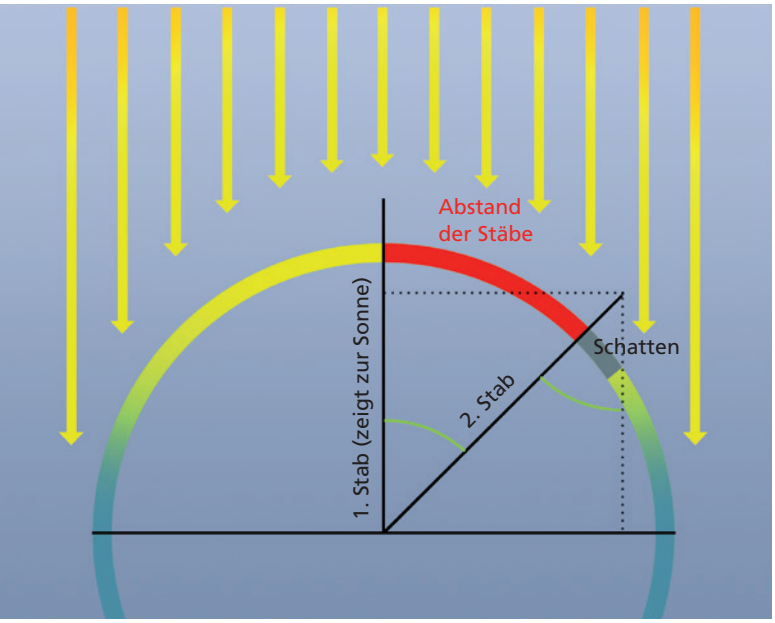
Zuerst wird die „Scheiben-Erde“ so unter der Lampe platziert, dass der „afrikanische“ Zahnstocher genau senkrecht unter der Lampe steht. Er darf keinen Schatten werfen. Jetzt wird der zweite Zahnstocher beobachtet. Er sollte ebenfalls keinen Schatten werfen. Tut er das doch, ist entweder die Lampe nicht weit genug entfernt oder der Zahnstocher nicht senkrecht eingesteckt.

Schatten auf der „Kugel-Erde“

Als nächstes wird die „Kugel-Erde“ so unter die Lampe gestellt, dass der Zahnstocher in Afrika keinen Schatten wirft. Dann wird wiederum der zweite Zahnstocher (Deutschland) betrachtet. Er wirft einen klar erkennbaren Schatten.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

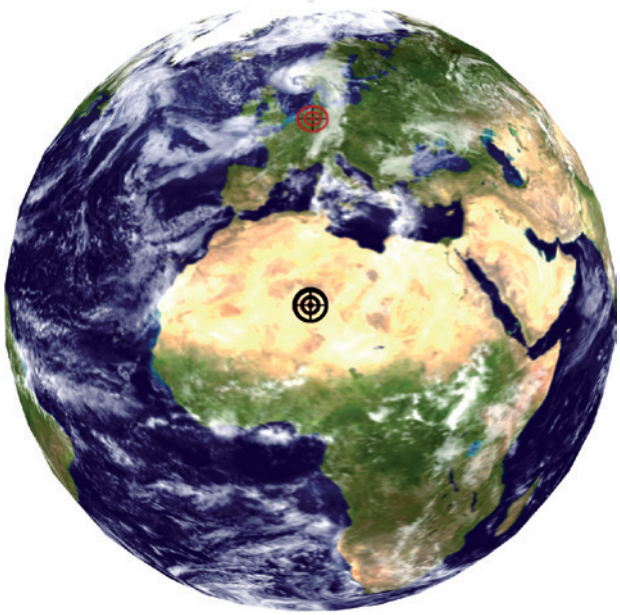
Erläuterung

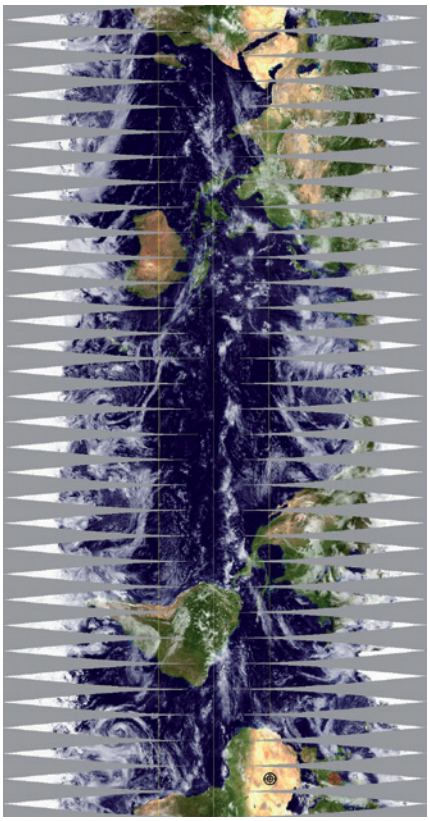


Wenn Licht aus einer ausreichend großen Entfernung (in der Realität 150 Millionen Kilometer, im Experiment mindestens 50 cm) kommt, kann man sagen: Die Lichtstrahlen treffen parallel auf die Erde. Bei einer „Scheiben-Erde“ wäre die Position des Zahnstochers dann egal, er würde nirgends einen Schatten werfen. Nur die Kugelform der Erde führt dazu, dass der zweite Zahnstocher zur Richtung der Strahlen geneigt ist und daher einen Schatten wirft.

Anmerkung zur Berechnung des Erdumfangs: Ein Stab steht senkrecht zur Sonne, die sich im Zenit über ihm befindet. Der Winkel des zweiten Stabes (dessen Höhe bekannt ist) zu den Sonnenstrahlen und damit auch zum ersten Stab lässt sich aus der Länge des Schattens (graues Kreissegment) ermitteln. Wenn der Abstand der beiden Stäbe zueinander (rotes Kreissegment) bekannt ist, lässt sich daraus der volle Kreisumfang berechnen. Dies entspricht der Vorgehensweise von Eratosthenes (siehe Seite 9 und Seite 14).

Hinweis: Beachten Sie beim Ausdrucken der Vorlagen für die „Scheiben-Erde“ und die „Kugel-Erde“: Drucken Sie die Vorlagen nach dem Download aus dem Download-Bereich in „Originalgröße“ (100 %) aus . Die „Kugel-Erde“ muss dann auf einem Farbkopierer von DIN A4 auf DIN A3 vergrößert werden.





©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Die Erde – Kugel oder Scheibe?

Experiment mit Zahnstochern

Wenn Astronauten um die Erde fliegen, sehen sie, dass unser Planet eine Kugel ist. Aber woher wussten die Menschen das vor langer Zeit, als noch niemand in den Weltraum fliegen konnte? Ein kluger Mann namens Eratosthenes fand das vor über 2000 Jahren heraus. Er bemerkte, dass die Sonne in einer Stadt in Afrika mitten im Sommer überhaupt keinen Schatten warf – weil sie um die Mittagszeit hoch oben am Himmel stand. Das Seltsame dabei war: In einer anderen Stadt weiter im Norden, wo ein großer Pfahl auf einem Platz stand, sah man zur selben Zeit einen Schatten. Dafür konnte es nur eine Erklärung geben: Die Erde musste eine Kugel sein – und keine Scheibe.

Warum das so ist, findest du bei diesem Experiment heraus – ähnlich wie der schlaue Gelehrte vor über 2000 Jahren. Die Sonne wird dabei durch eine Taschenlampe ersetzt. Und statt der großen Pfähle nehmen wir bei diesem Versuch Zahnstocher.

Dazu brauchst du:

- eine „Kugel-Erde“ mit zwei Zahnstochern (die eure Lehrerin oder euer Lehrer schon vorher in die „Erde“ gesteckt hat)
- eine „Scheiben-Erde“ mit zwei Zahnstochern (zum Vergleich)
- eine Taschenlampe (als Sonne)
- eine Rolle Klebeband
- Maßband oder Gliedermaßstab
- einen Tisch

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

So gehst du vor:

1. Die Taschenlampe ist in diesem Versuch die Sonne. Befestige sie mit Klebeband an einer Tischkante, und zwar so, dass die Lampe ganz genau nach unten strahlt. Sie muss mindestens einen halben Meter (50 cm) über der „Erde“ sein.
2. Nimm als erstes die „Scheiben-Erde“ mit den beiden Zahnstochern. Stell die „Erde“ so unter die Lampe, dass der Zahnstocher in der Mitte keinen Schatten wirft – weil die „Sonne“ genau über ihm steht.
3. Jetzt beobachtest du den anderen Zahnstocher. Wirft er einen Schatten?
4. Anschließend nimmst du die „Kugel-Erde“. Wieder muss sich der eine Zahnstocher genau unter der Lampe befinden, sodass er keinen Schatten wirft.
5. Beobachte wiederum den Schatten des anderen Zahnstochers. Gibt es einen Unterschied zur „Scheiben-Erde“?
6. Besprich in der Klasse zusammen mit deiner Lehrerin oder deinem Lehrer, was du beobachtet hast und was das bedeutet.

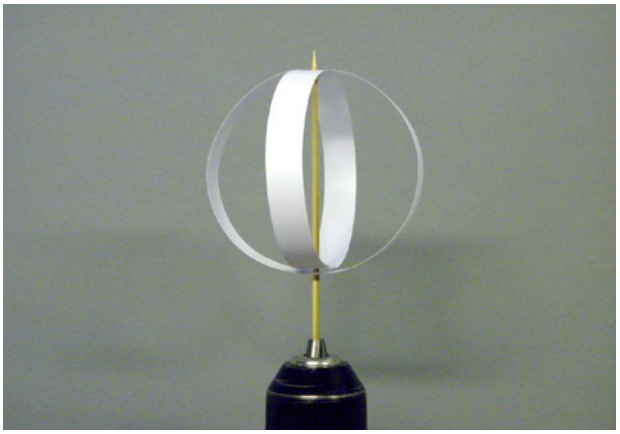
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

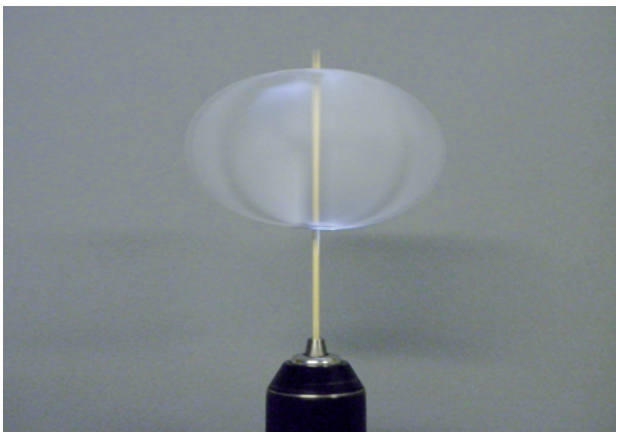
1.3 Mitmach-Experiment: Die „Abplattung“ der Erde

Die Erde ist nicht kugelrund, sondern leicht abgeplattet (siehe Seite 9). Verursacht wird dies durch die Rotation um die eigene Achse und die dadurch entstehende Zentrifugalkraft. In einem einfachen Versuch kann man das zeigen.

Durchführung

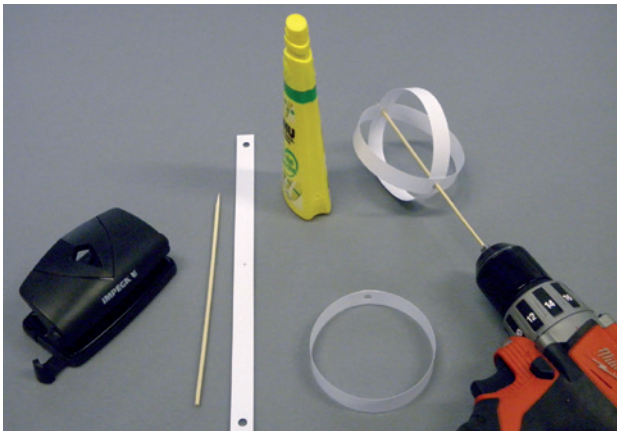
1. Die Papierstreifen an den Enden lochen (siehe Bild), jeweils die Mitte zwischen den Löchern mit einem Lineal ausmessen und markieren.
2. Dann jeden Streifen einzeln zu einem Ring formen und so verkleben, dass die beiden Löcher eines Streifens jeweils übereinander liegen.
3. Nun beide Ringe ineinander schieben und dabei Loch auf Loch legen. Den Holzspieß durch die Lochung der beiden Ringe stecken und gegenüber bei den Markierungen durch das Papier stechen.
4. Die Ringe um 90° zueinander verdrehen (siehe Bilder) und auf der durchgestochenen Seite miteinander und mit dem Holzspieß verkleben.
5. Nach dem Trocknen den Spieß in einen Akkuschrauber einspannen und erst langsam, dann immer schneller in Drehung versetzen.





Materialien

- Holzspieß (ca. 12 cm lang)
- 2 Streifen festeres Papier (120–160 g/m², ca. 1,5 cm breit und lang wie eine DIN-A4-Seite)
- Klebstoff
- Locher
- Lineal
- Akkuschrauber



Erläuterung

Das Experiment zeigt sehr anschaulich, dass die Abplattung der Erde durch die Rotation und die dadurch entstehende Zentrifugalkraft (Fliehkraft) am Äquator entsteht.

Hinweis: Da dieses Experiment aus Sicherheitsgründen nur von der Lehrkraft durchgeführt werden darf, gibt es hierzu kein Schülerblatt. Zu empfehlen ist die Vorführung im Plenum. Machen Sie den Kindern klar, dass der Effekt bei der Erde minimal ist (bei rund 12 000 Kilometern Durchmesser nur 42 Kilometer) und man die Erde verallgemeinert als Kugel betrachten kann.

Zur Didaktik

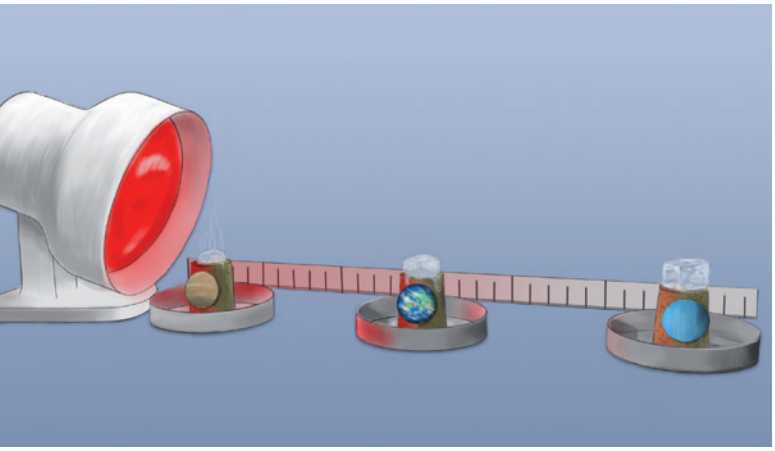
- Am Beispiel der Abplattung der Erde entwickeln die Kinder Verständnis für das physikalische Phänomen der Zentrifugalkraft.
- Die Kinder lernen, wie man genau beobachtet und dann logische Schlussfolgerungen zieht.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

1.4 Mitmach-Experiment: Die „habitable Zone“

Der richtige Abstand zur Sonne

Die Erde hat genau den richtigen Abstand zur Sonne: nicht zu nah dran, wo es viel zu heiß ist, und nicht zu weit weg, wo es zu kalt ist. Nur in der sogenannten habitablen Zone kann Wasser in flüssiger Form existieren – eine wichtige Voraussetzung für Leben.



Materialien

- Rotlicht-Lampe (Infrarot-Lampe gegen Muskelverspannungen etc.)
- mehrere Eiswürfel (in Kühltasche befördern und aufbewahren)
- mehrere Flaschenkorken
- Tisch
- Auffangbehälter für das aufgetaute Wasser, z. B. Schraubglasdeckel
- ggf. Gläser oder Ähnliches, um die Eiswürfel direkt vor der Lampe zu platzieren
- Maßband oder Gliedermaßstab
- Stromanschluss

Durchführung

1. Die Rotlicht-Lampe wird in einem möglichst kühlen Raum (z. B. Keller) auf einen Tisch gestellt. In unterschiedlichen Abständen von der Lampe werden drei gleich große Eiswürfel jeweils auf einen Flaschenkorken (als Isolierung) platziert.
2. Nach Einschalten der Lampe beobachten die Kinder von Zeit zu Zeit (etwa über den Zeitraum von einer Stunde) den Verlauf des Experiments.
3. Wenn Sie den ersten Eiswürfel sehr nah an der Lampe positionieren, den zweiten ca. 20 cm und den dritten mind. 40 cm entfernt anbringen, zeigt sich:
   - ganz nah an der Sonne auf Merkur (1. Würfel) verdampft das Eis bzw. Wasser (zumindest teilweise),
   - auf der Erde (2. Würfel) gibt es flüssiges Wasser,
   - weiter von der Sonne entfernt (3. Würfel) bleibt es gefroren (ehe es durch die Umgebungstemperatur beim Experiment natürlich ebenfalls schmilzt).

So können die Kinder anschaulich nachvollziehen, dass die „richtige“ Entfernung zur Sonne eine wichtige Bedingung für flüssiges Wasser ist.

Tipp: Der Versuch und insbesondere die richtigen Abstände zur Lampe sind stark von der Raumtemperatur und anderen Faktoren (Wärmeleistung der Lampe, Eistemperatur, Eiswürfelgröße etc.) abhängig. Testen Sie daher den Versuch vorab an Ort und Stelle und platzieren Sie zunächst mehr als drei Eiswürfel entlang des Gliedermaßstabs. So sehen Sie, welche drei Eiswürfel am ehesten dem oben beschriebenen Ergebnis entsprechen. Nur an diesen drei Positionen werden anschließend beim Experiment Eiswürfel platziert. Dabei gilt: Nach ca. einer Stunde sollte der erste Eiswürfel geschmolzen und das Schmelzwasser verdampft sein, der zweite Würfel zu Wasser geschmolzen und der dritte noch gefroren sein.

Zur Didaktik

- Die Kinder lernen, dass die Entfernung der Erde zur Sonne ein wichtiges Kriterium für eine lebensfreundliche Umgebung auf unserem Planeten ist.
- Das Experiment fördert die genaue Beobachtung und logisches Denken.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

2. Die Entwicklung der Erde

Das Sonnensystem entstand aus einer rotierenden Wolke aus Gas und Staub. Bild: NASA/JPL-Caltech/T. Pyle (SSC) (künstlerische Darstellung)

Hintergrund-Info

Dass Sie diese Zeilen lesen können, ist nicht selbstverständlich. Es war ein langer Weg bis hierhin. Mehrere Sonnen mussten dafür explodieren und ein neuer Stern mit einigen Planeten entstehen. Einer dieser Planeten ist die Erde. Angefangen hat es vor etwas mehr als 4,5 Milliarden Jahren mit einer Wolke aus Gas- und Staubpartikeln. Sie verdichtete sich, vielleicht ausgelöst durch die Druckwelle eines explodierenden Sterns irgendwo in unserer kosmischen Nachbarschaft. Wasserstoffatome, Gasmoleküle und auch feste Teilchen klumpten aneinander, zogen weitere Materie an. Allmählich bildeten sich so unsere Sonne und die Planeten mit ihren Monden. Es blieben einige „Reste" übrig, die wir als Asteroiden und Kometen bezeichnen.

Eine wechselhafte Geschichte

Der dritte dieser Planeten – von der Sonne her gesehen – war zunächst eine glühend heiße Kugel, wie die anderen jungen Himmelskörper um die Sonne herum auch. Erst über Jahrmillionen kühlte sich unsere Erde allmählich ab. In den folgenden ca. 4 Milliarden Jahren durchlief sie eine wechselhafte Geschichte. Besonders in der Frühzeit des Sonnensystems – bevor die einzelnen Himmelskörper ihre Bahnen „gefunden" hatten – ging es recht chaotisch zu. Unzählige Brocken aus Eis und Gestein prasselten auf die junge Erde nieder. Einmal wurde sie von einem besonders großen Himmelskörper getroffen, der bei diesem „Streifschuss" gigantische Massen aus der Erde schlug. Diese formten sich in der Umlaufbahn um die Erde erst zu einer Wolke aus pulverisiertem Gestein und dann zu jener Kugel, die wir heute als unseren Mond kennen (siehe Seite 83). Später bildete sich eine Lufthülle um die Erde herum. Doch die Zusammensetzung dieser Gase änderte sich mehrmals drastisch, bis sie schließlich eine auch für höher entwickelte Lebewesen verträgliche Mischung aus Stickstoff und Sauerstoff annahm.

Hinweis: Zur Entwicklung der Erde ▶ Mitmach-Experiment 2.1

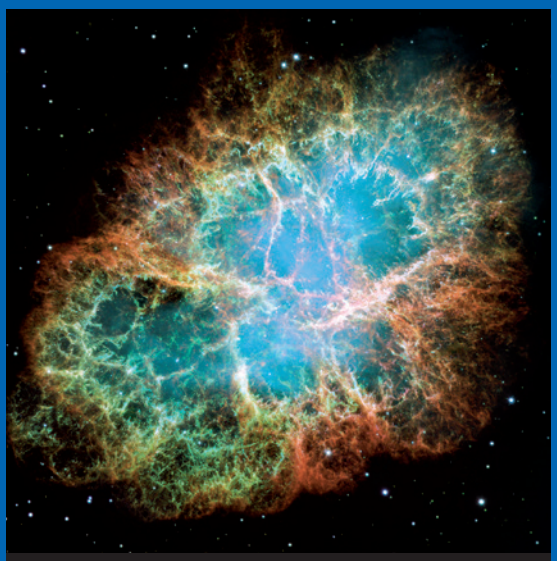
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Auch die Temperaturen änderten sich immer wieder. Zwischenzeitlich war die Erde zu großen Teilen von Eis und Schnee überzogen. Es hätte vielleicht nicht mehr viel gefehlt, und sie wäre nie wieder aufgetaut. Denn je mehr Eis und Schnee die Erde bedecken, desto mehr Sonnenlicht wird von diesen hellen Regionen ins All reflektiert und desto mehr kühlt die Erde ab. Die Theorie vom „Schneeball Erde" besagt, dass dieser Mechanismus ab einem gewissen „Vereisungsgrad" unseres Planeten immer weiter eskalieren würde, bis hin zur Erde als einem ewigen Eisplaneten. Ob die Gefahr einer dauerhaften „Komplettvereisung" je bestand – darüber gehen die Meinungen der Experten auseinander. Der seit Milliarden von Jahren aktive Vulkanismus verhinderte dies vermutlich. Heute haben wir es übrigens eher mit dem umgekehrten Phänomen zu tun: Infolge der globalen Erwärmung schmelzen Eis- und Schneemassen. Dadurch ersetzt vor allem am Nordpol dunkles Meerwasser die vormals hellen Regionen. Da dunkle Flächen mehr Energie aufnehmen und speichern, während helle Flächen sie ins All zurückstrahlen, könnte der Klimawandel so eine zusätzliche Dynamik erfahren.

Hinweis: Zum Phänomen hell – dunkel (Reflexion – Absorption) ▶ Mitmach-Experiment 2.2

▶ Spannend!

Wir sind alle Sternenkinder



Die Überreste eines explodierten Sterns. Aus solchen Gas- und Staubwolken bilden sich anschließend neue Sonnen. Bild: NASA, ESA / J. Hester and A. Loll (Arizona State University)

Die Atome, aus denen wir bestehen, waren einmal im Innern von Sonnen. Wie das? – Anfangs bestand das Universum – sehr vereinfacht dargestellt – nur aus Wasserstoff und Helium. Die schwereren Elemente bildeten sich erst im Innern der Sterne, wo sie unter enormem Druck und großer Hitze „gebacken" wurden (es handelt sich dabei um Prozesse der Kernfusion, also der Verschmelzung von Atomkernen). Am Ende seiner „Lebenszeit" setzt ein Stern diese in seinem Innern entstandene Materie frei – und zwar auf dramatische Weise: Wenn er all seinen Wasserstoff (den „Brennstoff" aller Sterne) verbraucht hat, gerät das Kräftegleichgewicht in ihm aus der Balance, und der Stern kollabiert unter seiner eigenen Anziehungskraft. Diese Massekonzentration wiederum erhöht den Druck derart, dass es bei Sternen ab einer gewissen Größe zu einer gewaltigen Explosion kommt. Dabei werden Gas- und Staubpartikel in die Umgebung geschleudert, die sich anschließend über Jahrmillionen wieder anziehen und schließlich neue Sterne der nächsten Generation formen. Nach und nach entstehen dabei auch die chemischen Elemente, aus denen der menschliche Körper besteht. In gewisser Weise sind wir also alle „Sternenkinder".

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

2.1 Mitmach-Experiment: Der Zeitstrahl

Eine Zeitreise vom Anfang der Erde bis heute

Die Zeitspannen seit Entstehung der Erde sind gewaltig und auch für Erwachsene kaum vorstellbar. Die Umsetzung in Form eines Zeitstrahls hilft, die verschiedenen Ereignisse einzuordnen. Allerdings brauchen Sie dafür eine lange Strecke, da wir eine ungewöhnliche und für die Kinder sicher spannende Umsetzung vorschlagen, nämlich auf dem Sportplatz oder auf dem Schulhof, falls er groß genug ist. Denn für eine Darstellung von 4,6 Milliarden Jahren sollten Sie 46 Meter als Länge des Zeitstrahls wählen. Alternativ können Sie das auch als „Wandzeitung" auf einer langen Papierrolle umsetzen (Zeitungsverlage geben solche Rollenreste oft gratis ab). Dann sollten Sie eine Papierfahne von 4,6 Meter Länge wählen und die unten gemachten Entfernungsangaben entsprechend verkleinern.

Die unter dem Punkt „Meilensteine" genannten Ereignisse (siehe Seite 24) werden an den entsprechenden Stellen des Zeitstrahls vermerkt, wobei die Kinder vorab „Zeittafeln" zu wichtigen Ereignissen vorbereiten, die immer mit einem Kurztext (Überschrift) und einem gemalten Bild illustriert sind.

Hinweis: Viele der „Meilensteine" des nachfolgend beschriebenen Zeitstrahls stellen in Wirklichkeit langfristige Prozesse (Vulkanismus, Kontinentaldrift etc.) dar, die sich über Jahrmillionen erstreckten und noch andauern. Um sie dennoch wenigstens grob einordnen zu können, haben wir einige Anhaltspunkte gegeben und sie entsprechend auf dem Zeitstrahl verortet.

Materialien

- aufstellbare Fahnen oder andere gut sichtbare Markierungen
- langes Maßband (Sportunterricht) und Kreide
- Zeittafeln mit Überschriften (Ansicht auf Seite 26; Vorlagen zum Ausdrucken aus dem Download-Bereich), die verteilt und von den Kindern auf die jeweiligen Bilder geklebt werden
- DIN-A3-Papier oder Pappe (für die von den Kindern vorab gemalten Bilder)
- Mal-Utensilien, Schere und Kleber (für die Zeittafeln)

Durchführung

1. Bereiten Sie das Mitmach-Experiment vor, indem Sie mit den Kindern die Entwicklungsgeschichte der Erde anhand der auf der nächsten Seite genannten Meilensteine besprechen. Unter der Adresse www.dlr.de/next/erdeundmond finden Sie dazu auch eine mit Bildern illustrierte Präsentation.
2. Verteilen Sie dann an die Kinder die Aufgabe, in kleinen Gruppen die Zeittafeln anzufertigen. Dabei malen die Kinder Symbolbilder zu den entsprechenden Überschriften („Entstehung der Erde", „Entstehung des Mondes" etc.) auf ein größeres Stück Papier oder Pappe/Karton (DIN A3).
3. Jetzt geht es nach draußen – auf die Zeitreise! Markieren Sie eine 46 Meter lange Strecke (etwa mit Fahnen oder anderen sichtbaren Markierungen). Diese 46 Meter entsprechen 4,6 Milliarden Jahren.
   Es gilt also:
   40 Meter = 4 Milliarden Jahre
   10 Meter = 1 Milliarde Jahre
   1 Meter = 100 Millionen Jahre
   1 Zentimeter = 1 Million Jahre
   1 Millimeter = 100 000 Jahre
4. Starten Sie mit der „Entstehung der Erde", und gehen Sie chronologisch die Strecke ab. An den entsprechenden Positionen platzieren die Kinder ihre Zeittafeln zu den jeweiligen „Meilensteinen".

Zur Didaktik

- Der Zeitstrahl macht die Kinder mit der Entwicklungsgeschichte der Erde bekannt.
- Die Kinder entwickeln ein naturwissenschaftlich geprägtes „Weltbild".
- Das Mitmach-Experiment enthält einen fachübergreifenden Aspekt zum Kunstunterricht, da die Kinder gestalten und malen sollen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Meilensteine

Start – 46 Meter von „heute“ entfernt
Vor ca. 4,6 Milliarden Jahren:
Entstehung unseres Sonnensystems
Die Sonne, das Sonnensystem und damit die Erde – genauer: die „Proto-Erde“ – entstehen aus einer Gas- und Staubwolke. Wenn man sehr genau sein will, kann man die Entstehung der Erde etwa 20 bis 50 Zentimeter von der Sonne entfernt markieren, denn es dauerte etwa 20 bis 50 Millionen Jahre, bis sich die Planeten gebildet hatten.

1 Meter vom Start – 45 Meter von „heute“ entfernt
Vor ca. 4,5 Milliarden Jahren:
Entstehung des Mondes
Ein anderer Himmelskörper stößt mit der Erde zusammen und schlägt Material aus ihr heraus, das sich mit den Überresten des Einschlagskörpers zusammen zum Mond formt.

6 Meter vom Start – 40 Meter von „heute“ entfernt
Vor ca. 4 Milliarden Jahren:
Vulkane und Ozeane
Vulkanismus und andere geologische Aktivitäten setzen ein. Wo die Gesteinskruste nicht zu heiß ist, entstehen die ersten Ozeane. Zu den Vulkanen gehören auch solche, die in der Tiefe der Meere brodeln, die sogenannten „Black Smoker“. Sie könnten mit ihren besonderen Umgebungsbedingungen eine Rolle bei der Entstehung des Lebens gespielt haben.

8 bis 16 Meter vom Start – 38 bis 30 Meter von „heute“ entfernt
Vor ca. 3,8 bis 3 Milliarden Jahren:
Entstehung des Lebens
Erste Einzeller entstehen. Über den genaueren Zeitraum besteht aus naturwissenschaftlicher Sicht ebenso Unklarheit wie über die Frage, wie genau sich das Leben bilden konnte.

26 Meter vom Start – 20 Meter von „heute“ entfernt
Vor ca. 2 Milliarden Jahren:
Immer mehr Sauerstoff in der Atmosphäre
Die Atmosphäre wird immer mehr mit Sauerstoff angereichert, und zwar durch Bakterien und Algen.

41 Meter vom Start – noch 5 Meter bis „heute“
Vor ca. 500 Millionen Jahren:
Viele Tier- und Pflanzenarten entwickeln sich
Während weniger Jahrmillionen entstehen viele Tierarten – man nennt dies die „kambrische Explosion“, die eine Folge der erhöhten Sauerstoffkonzentration ist. Im Gegenzug wird der Atmosphäre zugleich viel Kohlenstoff aus dem Kohlenstoffdioxid entzogen und in den Kalk-Skeletten von Billionen Kleinstlebewesen „eingebaut“. Durch den Stoffwechsel der Pflanzen, die Photosynthese, gelangt weiterer Sauerstoff in die Atmosphäre.

45 Meter vom Start – noch 1 Meter bis „heute“
Vor ca. 100 Millionen Jahren:
Die Kontinente „wandern“ über die Erde
Der große Urkontinent „Pangäa“ bricht auseinander, Afrika und Südamerika trennen sich.

45 Meter und 35 Zentimeter vom Start – nur noch 65 Zentimeter bis „heute“
Vor ca. 65 Millionen Jahren:
Die Dinosaurier sterben aus
Ein über 10 Kilometer großer Asteroid trifft die Erde. Der Einschlag führt in der weiteren Umgebung zu verheerenden Katastrophen (Stürme durch Druckwellen, Brände, Tsunamis). Die Wolke aus Staub und Asche umhüllt für viele Jahre die ganze Erde und sorgt für eine globale Abkühlung. Die Saurier und viele andere Arten sterben aus. (Auch starker Vulkanismus wird von einigen Wissenschaftlern für das Artensterben verantwortlich gemacht.) Nun erobern die Säugetiere das Land: zunächst mausgroße Nagetiere, dann auch größere Vierbeiner.

45 Meter und 90 bis 97 Zentimeter vom Start – nur noch 10 bis 3 Zentimeter bis „heute“
Vor ca. 10 bis 3 Millionen Jahren:
Erste Vor- und Frühmenschen
Erste Vor- und Frühmenschen entwickeln sich im Zuge der Evolution: Berühmte Funde sind u. a. das Skelett von „Lucy“ (3,2 Millionen Jahre alt) in Äthiopien und die Fußspuren von Laetoli (Tansania), die sich in erkaltetem Lavagestein erhalten haben und einen „aufrechten Gang“ anzeigen.

45 Meter, 99 Zentimeter und 9 Millimeter vom Start – nur noch 1 Millimeter bis „heute“
Vor ca. 100 000 Jahren:
Erste Menschen
Der „Homo Sapiens“, der moderne Mensch, ist da.

Am Ende des Zeitstrahls sind Sie – nach einer hoffentlich spannenden Zeitreise – mit den Kindern in der Gegenwart angekommen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Eine Zeitreise vom Anfang der Erde bis heute

Heute geht ihr auf Zeitreise! Ihr saust durch die Zeit – von der Entstehung der Erde bis in unsere heutige Zeit, die Gegenwart. Auf dem Schulhof markiert ihr dazu mit Kreide eine 46 Meter lange Linie. Das ist der Zeitstrahl.

Am einen Ende ist die Vergangenheit: Da ist vor sehr langer Zeit, nämlich vor 4,6 Milliarden Jahren, die Erde entstanden. Hier beginnt eure Reise.
Am anderen Ende des Zeitstrahls, in der Gegenwart, liegt das Ziel eurer Reise.

Was ist dazwischen alles passiert? Und wann? Wann sind zum Beispiel die Dinosaurier ausgestorben? Mithilfe eurer Lehrerin oder eures Lehrers findet ihr das heraus.

Und so geht's:

1. Zuerst malt ihr zu jedem Ereignis im Zeitstrahl ein großes Bild. Welche Ereignisse das sind, sagt euch die Lehrerin oder der Lehrer. Jedes Bild erhält eine Überschrift, zum Beispiel „Entstehung der Erde" oder „Entstehung des Mondes". Auch hier sagt euch eure Lehrerin oder euer Lehrer, welche Texte zu euren Bildern passen.

2. Wenn alle Bilder gemalt sind und ihr die passenden Texte aufgeklebt habt, geht ihr nach draußen auf den Schulhof. Mit einem Maßband messt ihr die Strecke ab – genau 46 Meter lang – und malt mit Kreide von Anfang bis Ende einen langen Strich auf den Boden.

3. Auf euren Zeittafeln steht, wo sie auf dem Zeitstrahl hingehören. Fangt in der Vergangenheit an und legt die Zeittafeln nacheinander in der richtigen zeitlichen Abfolge auf den Zeitstrahl. Ihr werdet staunen, wie lange es die Erde schon gibt – und wie kurz die Zeit ist, seit Menschen auf unserem Planeten leben.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Vorlagen für die Zeittafeln

Start
Entstehung unseres Sonnensystems

1 Meter vom Start
Entstehung des Mondes

6 Meter vom Start
Vulkane und Ozeane

8 bis 16 Meter vom Start
Entstehung des Lebens

26 Meter vom Start
Immer mehr Sauerstoff in der Atmosphäre

41 Meter vom Start – also noch 5 Meter von „heute“ entfernt
Viele Tier- und Pflanzenarten entwickeln sich

45 Meter vom Start – also noch 1 Meter von „heute“ entfernt
Die Kontinente „wandern“ über die Erde

45 Meter und 35 Zentimeter vom Start – also 65 Zentimeter von „heute“ entfernt
Die Dinosaurier sterben aus

45 Meter und 90 bis 97 Zentimeter vom Start – also noch 10 bis 3 Zentimeter von „heute“ entfernt
Erste Vor- und Frühmenschen

45 Meter, 99 Zentimeter und 9 Millimeter vom Start – also nur 1 Millimeter von „heute“ entfernt
Erste Menschen

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

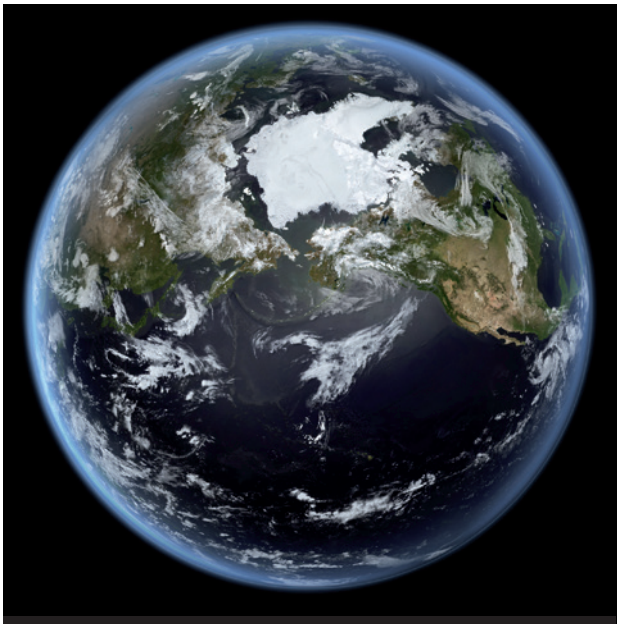
2.2 Mitmach-Experiment: hell und dunkel – kalt und warm

Helle Flächen wie die polaren Eis- und Schneemassen reflektieren das Sonnenlicht besser als dunkle Regionen wie die Meeresoberflächen. Dieser Effekt könnte zu einer Beschleunigung des Klimawandels führen, denn im Zuge der globalen Erwärmung wird helles Eis durch dunkleres Wasser ersetzt. Dadurch nimmt die Erde noch mehr Wärme auf, statt sie ins All abzustrahlen. Um den Effekt, der diesem Prozess zugrunde liegt, geht es bei diesem einfachen Mitmach-Experiment.

Durchführung

Die beiden Plastikflaschen – eine außen schwarz, die andere weiß angemalt – werden mit Wasser gleicher Temperatur gefüllt und auf die Fensterbank in die Sonne gestellt. Nach ca. einer halben Stunde wird die Temperatur gemessen. Die Kinder erkennen: Das Wasser in der schwarzen Flasche ist wärmer als das Wasser in der weißen Flasche.

Sie schließen daraus: Eine dunkle Fläche (Meer) nimmt Wärme auf, eine weiße Fläche (Eis und Schnee) reflektiert das meiste Sonnenlicht. Ältere Schülerinnen und Schüler verstehen auch: Wenn das Eis der Pole schmilzt und zu Wasser wird (einer dunkleren Fläche), so wird auch weniger Sonnenstrahlung reflektiert. Die Erwärmung beschleunigt sich zusätzlich.



Die Erde – gesehen aus dem All mit Blick auf die nördliche Halbkugel. Deutlich erkennt man die hellen Eis- und Schneeregionen und das dunkle Wasser. Bild: DLR/NASA (Terra)

Materialien

- zwei 1-Liter-Flaschen (durchsichtige PET-Flaschen, keine Glasflaschen)
- schwarze und weiße Dispersionsfarbe
- Pinsel
- Thermometer
- Wasser
- Uhr

Zur Didaktik

- Die Kinder entwickeln ein erstes Vorverständnis für physikalische Phänomene und Zusammenhänge.
- Je nach Alter kann eine erste (behutsame) Problematisierung des Themas Klimawandel erfolgen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Der Flaschen-Test: hell und dunkel – kalt und warm

Schau dir das Bild der Erde genau an. Du erkennst bestimmt, dass es helle und dunkle Gebiete gibt. Hell sind Eis und Schnee, dunkel ist das Wasser der Meere.

Wenn die Sonne auf die Erde scheint, passiert etwas Erstaunliches:
Helle Gebiete wirken wie ein Spiegel. Sie werfen das Licht der Sonne zurück in den Weltraum, als ob du mit einem kleinen Spiegel das Sonnenlicht gegen eine Wand „wirfst".
Dunkle Gebiete können das nicht. Sie strahlen kaum Sonnenlicht zurück, sondern „saugen" Licht und Wärme auf und speichern sie.

Das kannst du mit einem einfachen Experiment beweisen.

Du brauchst dafür:

- 2 Plastikflaschen voll Wasser
- schwarze und weiße Dispersionsfarbe
- Pinsel
- Thermometer
- Uhr

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Und so geht es:

1. Male eine Flasche weiß und die andere schwarz an. Dann füllst du sie bis oben mit Wasser. Achte darauf, dass das Wasser in beiden Flaschen die gleiche Temperatur hat.

2. Stelle beide Flaschen im Zimmer auf die Fensterbank in die Sonne.
Achtung: Die Sonne muss wirklich hell scheinen und die Flaschen dürfen nicht im Schatten stehen.

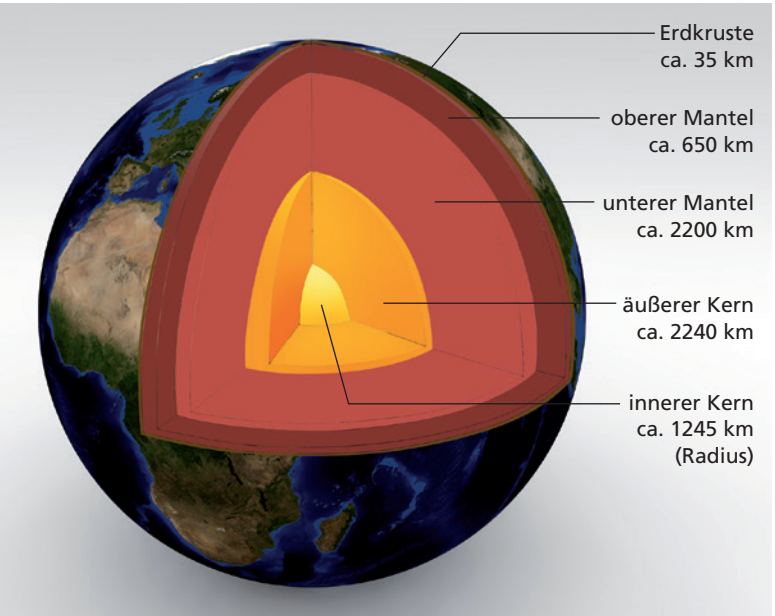
3. Nach einer halben Stunde (30 Minuten) prüfst du die Temperatur, am besten mit einem Thermometer. Du kannst die Temperatur aber auch einfach mit der Hand fühlen.

4. Bemerkst du einen Unterschied bei den beiden Flaschen? Welche ist wärmer? Besprich deine Ergebnisse gemeinsam mit der Klasse.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

3. Der Aufbau der Erde

Vulkane lassen ahnen, was sich im Erdinnern abspielt: Die enormen Temperaturen tief unter der Erdkruste verwandeln Gestein in zähes Magma, das über Spalten an die Oberfläche steigt. Das hier gezeigte Bild von Vulkanen auf Kamtschatka entstand auf der Basis von Satellitendaten, die zu dieser perspektivischen Ansicht umgerechnet wurden. Bild: DLR



Schichtenaufbau der Erde

Hintergrund-Info

Eine „virtuelle Bohrung" in die Erde

Was würden wir entdecken, wenn wir zehn, 100 oder gar 1000 Kilometer tief in die Erde bohren könnten – oder gleich einmal durch die ganze Erde hindurch? Beginnen wir von außen nach innen:

Die feste Erdoberfläche wird auch als **Erdkruste** bezeichnet. Sie ist nicht sehr dick. Die Ozeanböden sind etwa 5 bis 10 Kilometer mächtig, an manchen Stellen etwas dicker. Die Kruste der Kontinente ist im Durchschnitt 35 Kilometer dick. Haben sich hohe Gebirge auf ihr gebildet, kann sie bis zu 75 Kilometer umfassen. Im Verhältnis zum Gesamtdurchmesser der Erde von rund 12 000 Kilometern ist der „feste Boden unter unseren Füßen" also hauchdünn. Und an manchen Stellen bricht er auf, sodass dort Vulkane glühende Lava aus dem Erdinnern auswerfen können.

Auf unserer gedanklichen Reise ins Innere der Erde müssen wir uns also zuerst durch diese Kruste aus Sedimentgestein, hauptsächlich aber durch Granit und Basalt, in die Tiefe arbeiten. Auch durch sogenannte „Metamorphite" (dies sind durch hohen Druck und hohe Temperaturen „veränderte" Gesteine wie etwa Gneis, der aus Granit oder Sandstein hervorgegangen

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

ist) muss man bohren. Haben wir die Erdkruste durchstoßen, trifft man darunter auf den **Erdmantel**, der sich in mehrere Abschnitte untergliedert. Im oberen Erdmantel ist es um die 600 °Celsius heiß. Je weiter wir in den knapp 3000 Kilometer dicken Erdmantel eindringen, umso heißer wird es. Tief im unteren Erdmantel sind es weit über 2000 °Celsius.

Rund 3000 Kilometer haben wir uns bereits in die Erde hineingebohrt, und ungefähr die gleiche Strecke liegt noch vor uns, bis der Mittelpunkt der Erde erreicht wird. Nun kommt kein Gestein mehr, sondern der aus Metallen bestehende **Erdkern**. Der äußere Erdkern ist flüssig. Der innere Kern ist trotz der Hitze nicht geschmolzen, sondern durch den enormen Druck fest; er besteht aus Eisen (80 %) und Nickel (20 %). Ein Kubikzentimeter wiegt hier 11 Gramm – leichte Gesteine oben auf der Erdkruste bringen es dagegen lediglich auf rund 3 Gramm. Dadurch macht der Erdkern bei nur einem Sechstel des Volumens unseres gesamten „Weltballs" ein Drittel seiner Masse aus.

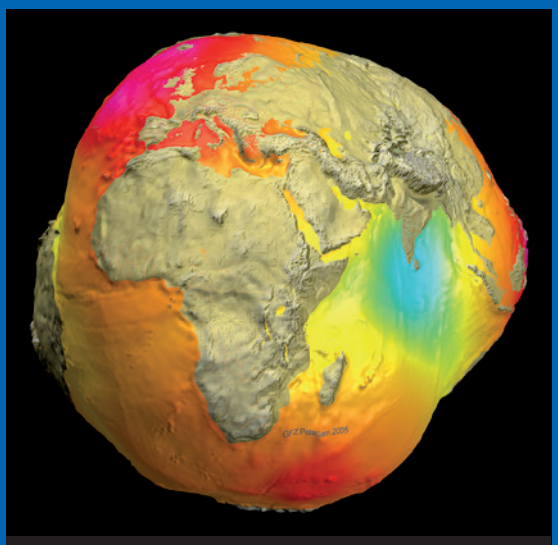
Hinweis: Zum Schichtenaufbau ▶ Mitmach-Experimente 3.1 und 3.2

Die Kontinente „wandern"

Die Erdoberfläche ist keine feste Schale, sondern sie besteht aus einzelnen Segmenten, die vereinfacht gesagt auf einem zähen Brei „schwimmen" – wie Eisschollen auf dem Meer. Tatsächlich bewegen sich diese Platten, werden auseinandergezerrt und gegeneinander geschoben. Der zugrunde liegende Mechanismus heißt Plattentektonik. Erd- und Seebeben einschließlich Tsunamis haben darin ihre Ursache, etwa wenn Platten aneinanderstoßen, sich verhaken und dann ruckartig lösen oder wenn sie übereinander geschoben werden. Auch die Auffaltung von Gebirgen ist Ergebnis dieses dynamischen Prozesses auf der Erde. Er sorgt außerdem dafür, dass immer wieder frisches Material aus den Tiefen an die Oberfläche gelangt. Gleichzeitig bewirken die mit der Plattentektonik verknüpften Prozesse, dass die enorme Wärme aus der Tiefe der Erde wie durch Ventile nach außen abgeführt wird – und zwar durch die Vulkane auf der Erdoberfläche bzw. die vulkanischen Spalten in den Ozeanen. Den Prozess der Plattentektonik gibt es auf keinem anderen Planeten oder Mond im Sonnensystem. Viele Wissenschaftler vermuten inzwischen, dass seine ausgleichende Wirkung eine weitere wichtige Voraussetzung für die Entstehung von Leben war.

Spannend!

Die Kartoffel-Erde



Schwerefeld-Modell der Erde in stark übertriebener Form. Bild: GFZ (A. Helm)

Im Erdmantel ist die Materie nicht gleichmäßig verteilt. Das hat zur Folge, dass in manchen Bereichen mehr Masse vorhanden ist als in anderen. Diese Masseunterschiede führen zu einer unterschiedlich starken Anziehungskraft an der Erdoberfläche, mit bizarren Folgen: So zieht die Erde das Meer an manchen Stellen stärker an. Das hat den Effekt, dass die Wasseroberfläche in einigen Bereichen der Weltmeere über hunderte Kilometer hinweg leichte (nicht sichtbare) „Dellen" aufweist und andernorts „Wasserberge" entstehen. Selbst Satelliten, die in großer Höhe die Erde umkreisen, werden von unserem Planeten mal stärker und mal schwächer angezogen. Der Effekt ist nur minimal, aber messbar. Übertrieben gesagt ist die Umlaufbahn eines Satelliten eine Achterbahn – rauf und runter! Weil man die Bahn von Satelliten mit ihrem „Auf" und „Ab" präzise vermessen hat, konnte man so auch die Variationen im Schwerefeld der Erde genau nachweisen. Daraus entstand diese Abbildung, die die Erde wie eine „Kartoffel" darstellt – allerdings wirklich nur in vielfacher Überhöhung.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

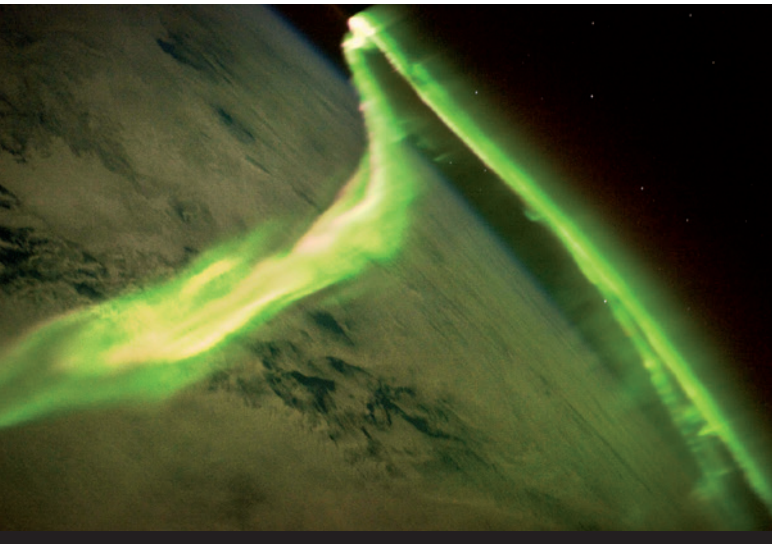
Es war der deutsche Wissenschaftler Alfred Wegener (1880–1930), der – von vielen Fachleuten heftig kritisiert – im Jahre 1911 als erster die umfassende Theorie der Kontinentaldrift und Plattentektonik aufstellte. Die verschiedenen Platten der Erdkruste bewegen sich dabei mit mehreren Zentimetern pro Jahr aufeinander zu bzw. voneinander weg. Amerika und Europa driften beispielsweise mit 1,89 Zentimetern pro Jahr auseinander. Die indische Platte schiebt sich seit rund 50 Millionen Jahren mit jährlich 20 Zentimetern nach Norden und faltete so den Himalaya auf (sie ist viel schneller als die meisten anderen Kontinentalplatten, weil sie dünner und deshalb viel leichter ist als beispielsweise die eurasische Platte).

Alfred Wegener. Bild: Wikipedia

Hinweis: Zur Kontinentaldrift ▶ Mitmach-Experiment 3.3

Das Magnetfeld

Alle Prozesse im Innern der Erde sind im wahrsten Sinne im Fluss: Im äußeren Erdkern steigt flüssig-heißes Metall – eine Mischung aus Nickel und Eisen mit ein wenig darin gelöstem Schwefel und Sauerstoff – nach oben, um danach wieder in die Tiefe abzusinken. Durch die Drehung der Erde wirken zusätzliche Kräfte (die „Corioliskraft", benannt nach dem französischen Wissenschaftler, der sie 1835 entdeckte), was zu Verwirbelungen und „schraubenförmigen" Verdrehungen der Metallströme führt. Dadurch wird ein elektrischer Strom induziert. Da der metallische, elektrisch leitende äußere Erdkern in Bewegung ist, wird ein Magnetfeld erzeugt. Man nennt das auch den „Geo-Dynamo". Die Magnetfeldlinien treten in der Nähe des geografischen Südpols aus dem Innern unseres Planeten, reichen weit ins All hinaus und führen in der Nähe des Nordpols wieder in die Erde hinein. Dieses Magnetfeld ist ein weiterer Faktor, der Leben auf der Erde erst ermöglicht hat und es schützt, denn es bewahrt uns vor dem Sonnenwind – einem permanenten Beschuss mit elektrisch geladenen Teilchen von der Sonne.



Polarlichter, gesehen von Astronauten aus der Erdumlaufbahn. Sie entstehen, wenn elektrisch geladene Teilchen, die die Sonne aussendet, auf die Atmosphäre treffen und die Luftmoleküle „zum Leuchten" bringen. In den höheren nördlichen und südlichen Breiten reicht das Magnetfeld nicht über unsere Lufthülle hinaus, sodass Polarlichter dort häufig zu sehen sind. Bild: NASA

Hinweis: Zum Magnetfeld ▶ Mitmach-Experiment 3.4

Die Pole der Erde

Folgende Anmerkungen zu den Polen der Erde:

- Die magnetischen Pole sind nicht deckungsgleich mit den geografischen Polen. Letztere bilden die beiden Endpunkte der Erdachse, die man sich wie einen Stab vorstellen kann, um den die Erde rotiert. Es sind diese Pole, die auf einem Globus oben und unten eingetragen sind – eben der nördlichste bzw. südlichste Punkt der Erde. Der magnetische Nordpol liegt dagegen weit vom geografischen Pol entfernt in Kanada und „wandert" über Zehntausende von Jahren um die Polachse herum. Gegenwärtig verändert sich die Lage des magnetischen Nordpols um rund 50 Kilometer pro Jahr in Richtung Sibirien. Analoges gilt auch für den Südpol.
- Magnetischer Nord- und Südpol wechseln etwa alle 250 000 Jahre ihre Position. Das kam in der Erdgeschichte immer wieder vor. Die nächste Polumkehr wird schon „bald" erwartet, da sich das Magnetfeld in den letzten Jahrzehnten auffallend abgeschwächt hat. In den nächsten 1000 bis 2000 Jahren könnte es daher wieder zu einem „Polsprung" kommen, vermuten Geophysiker. Wahrscheinlich geht davon keine große Gefahr für das Leben auf der Erde aus.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

3.1 Mitmach-Experiment: Schichtmodell der Erde I

Ein gefüllter „Wasserball“ als Erde

Die Erde besteht aus drei Schichten:

Erdkruste: ca. 35 km

Erdmantel:
- Oberer Erdmantel: ca. 650 km
- Unterer Erdmantel: ca. 2200 km

Erdkern:
- Äußerer Erdkern: ca. 2240 km
- Innerer Erdkern bis zum Mittelpunkt: ca. 1245 km

(Gesamt-Radius 6370 km)

Materialien

- Medizinball
- Wasserball in passender Größe mit aufgedrucktem Globus
- kleine Styroporkugel
- gelbe, rote, orange Plastiktüten oder Papier

Sie können ein großes Schichtmodell der Erde vorbereiten oder dieses gemeinsam mit den Kindern herstellen. Hat man einmal den Aufwand getrieben, dient ein solches Modell lange Zeit als anschauliches Objekt.

Das Schichtmodell besteht aus einem aufgeschnittenen Medizinball (Erdkruste), der außen mit einem „Globus-Wasserball“ beklebt wird. Dieser Medizin- bzw. Wasserball wird innen mit einer kleinen Styroporkugel (innerer Erdkern) sowie buntem Papier oder Plastiktüten den Schichten entsprechend ausgefüllt.

Hinweis: Steht nur wenig Zeit zur Verfügung, können Sie – statt des anschaulichen Mitmach-Experiments – die Erdschichten im einfachsten Fall mit Kreide maßstäblich auf die Tafel malen und das gemeinsam mit den Kindern erörtern.
Oder Sie drucken einen Teil des Bildes auf Seite 34 aus (aus dem Download-Bereich ⬇) und lassen die Kinder mit Texttafeln die einzelnen Schichten bestimmen.

Zur Didaktik

Die folgenden Experimente vermitteln Kenntnisse zum Aufbau des Erdinnern.

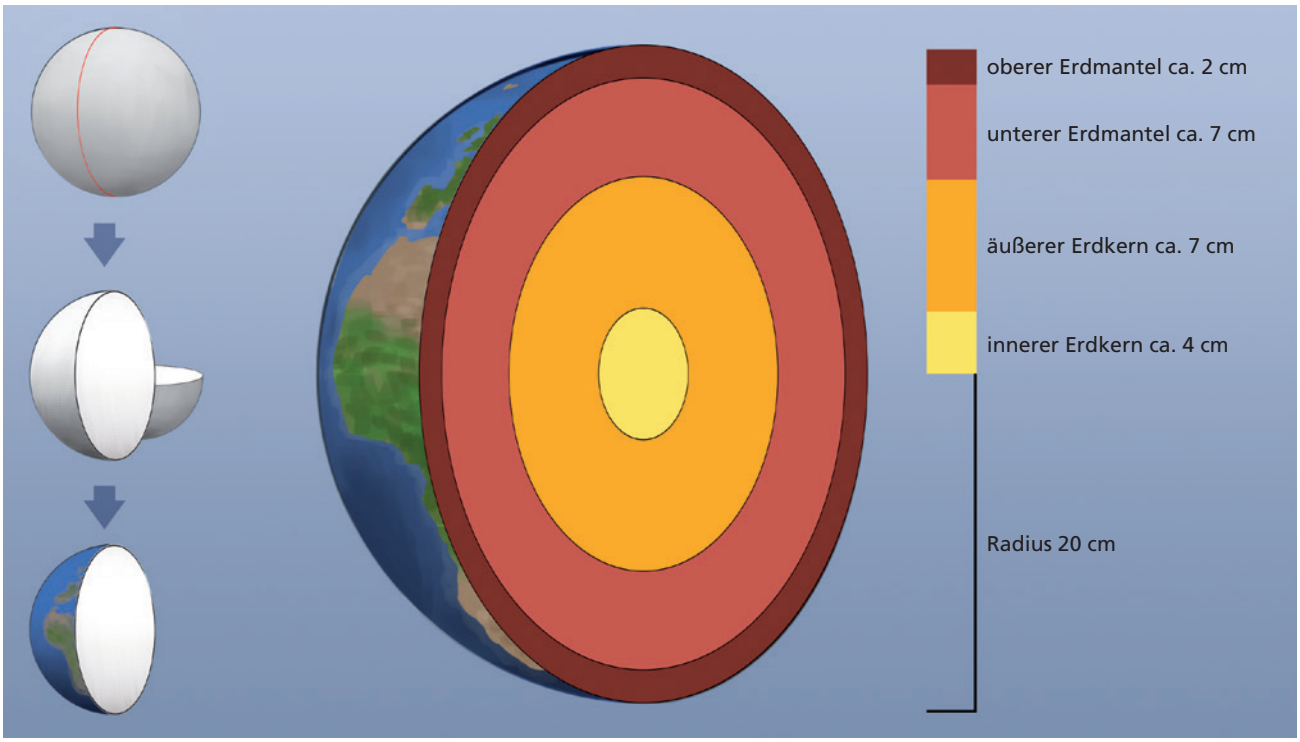
- Sie fördern das Denken in Modellen und Maßstäben.
- Die Kinder vertiefen ihr Vorstellungsvermögen und bastlerisches Geschick.
- Die Kinder lernen die einzelnen Erdschichten kennen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Mögliche Alternative: Eine Styroporkugel als Erde

Eine Alternative zum Medizinball ist eine Styroporkugel als Globus. Auf die Außenseite werden die Kontinente und die Weltmeere gemalt. Zur Darstellung des Erdinnern wird ein Stück herausgeschnitten oder die Styroporkugel wird halbiert. Dann malt man die Erdschichten auf die Innenseiten (siehe Abbildung).

Tipp: Wir empfehlen eine Styroporkugel mit 40 cm Durchmesser aus dem Bastelbedarf. Die Abbildung zeigt, wie breit in dem Fall die einzelnen Erdschichten aufgemalt werden müssten (gerundet). Achten Sie darauf, dass die Farben für Styropor geeignet sind! Sollten Sie in dieser Größe nur hohle Styroporkugeln finden, können Sie die Kugel z. B. mit entsprechend dicken Schichten aus Krepppapier füllen oder eine kleinere Kugel verwenden und die hier gemachten Größenangaben anpassen. Das alles können Sie vorbereiten oder mit den Kindern gemeinsam umsetzen.



3.2 Mitmach-Experiment: Schichtmodell der Erde II

Ein gefüllter Luftballon als Erde

Mit dem Bau eines eigenen Schichtmodells können die Kinder den Aufbau der Erde buchstäblich begreifen. Er bleibt so besser im Gedächtnis. Die Bauanleitung finden Sie auf dem Schülerblatt, ebenso die dafür benötigten Materialien.

Hinweis: Die Farben der einzelnen Schichten sollten den übrigen Darstellungen und Grafiken entsprechen, die Sie im Unterricht verwenden. Es empfiehlt sich, dass immer zwei Kinder gemeinsam ein Schichtmodell basteln und sich insbesondere beim Überziehen der Ballonhülle helfen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Bau dir deine eigene Erdkugel

Die Erde ist eine riesige Kugel, die im Innern aus verschiedenen Schichten und einem Kern besteht. Hier kannst du dir eine eigene Erdkugel basteln.

Du brauchst:

- eine weiße Wattekugel oder Küchenkrepppapier
- ein oranges Blatt Papier DIN A5
- eine rote Serviette
- gelbes Transparentpapier (15 cm x 15 cm)
- einen blauen Luftballon (Mundstück abschneiden)
- Schere

So gehst du vor:

1. Nimm die weiße Wattekugel als inneren Erdkern (oder forme aus Krepppapier eine Kugel).
2. Wickle das orange Papier als äußeren Erdkern um den inneren Erdkern.
3. Nimm nun die rote Serviette und wickle sie um deinen Erdkern. Das ist der untere und heißere Teil des Erdmantels.
4. Wickle das gelbe Stück Transparentpapier darüber. Das ist der obere Erdmantel.
5. Als Erdkruste nimmst du den blauen Luftballon und schneidest das Mundstück ab. Stülpe den Luftballon über deine fest zusammengedrückte Erdkugel.

Fertig ist deine Weltkugel!

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

3.3 Mitmach-Experiment: Das Erdteil-Puzzle

Kontinentaldrift im Zeitraffer

Diese einprägsame Demonstration der Kontinentaldrift sollte von der Lehrkraft an einem Tisch vorgeführt werden, wobei einzelne Kinder helfen und die Kontinente verschieben. Ein Schülerblatt ist nicht vorgesehen.

Materialien

- Papier, Pappe oder dünne Styroporplatten
- Schere oder Messer (evtl. Styroporschneidemaschine)
- Stifte, Wasserfarben, Pinsel
- Weltkarte (zur Identifizierung der Kontinente in der heutigen Position)
- Ausdrucke der Vorlagen nach dem Download aus dem Download-Bereich (Ansicht auf Seite 37)

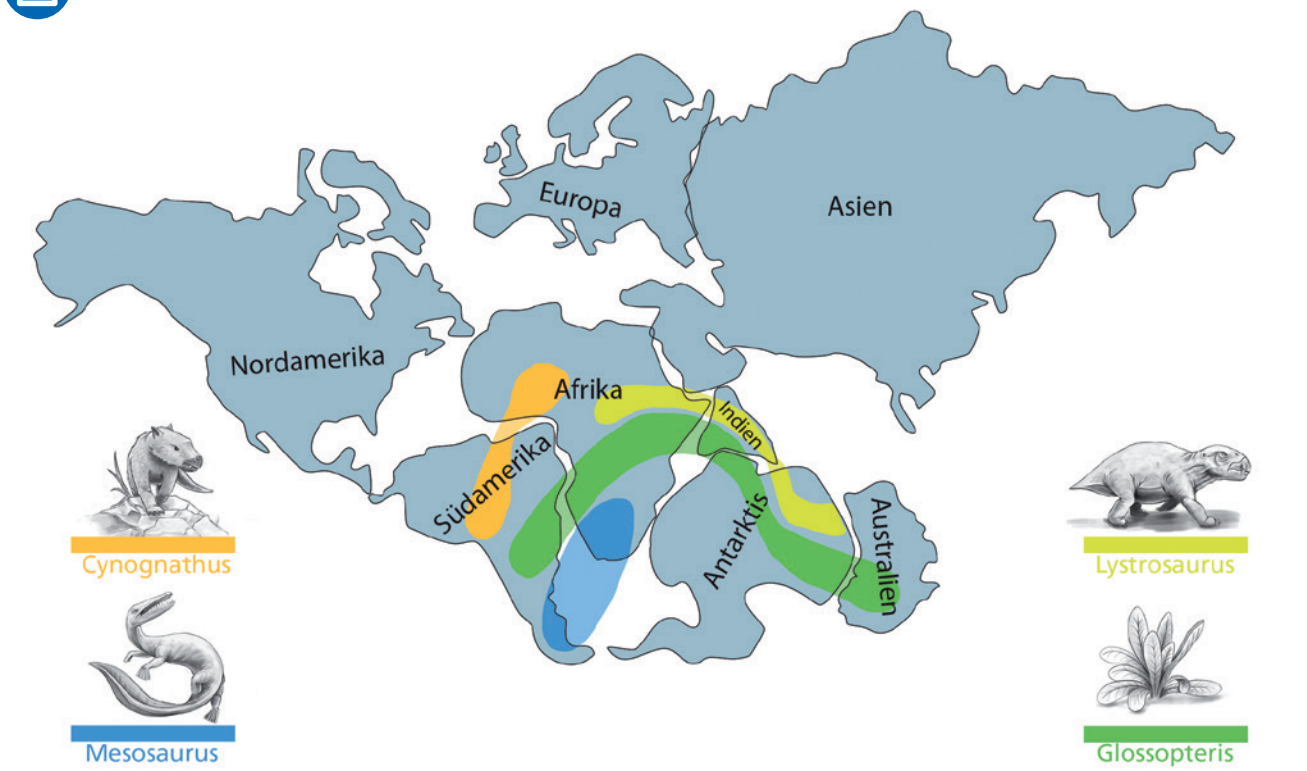
Durchführung

1. Aus Papier, Pappe oder dünnen Styroporplatten werden die Kontinente in ihren groben Umrissen ausgeschnitten, wie sie heute aussehen:
   - Nord- und Südamerika
   - Eurasien (für Kinder verständlicher als „Europa und Asien“ bezeichnen) mit Indien
   - Afrika
   - Australien
   - Antarktis
2. In starker Vereinfachung werden die ausgeschnittenen Kontinente von der Lehrkraft so auf dem Tisch platziert, dass sie an den Rändern aneinanderstoßen – wie auf Seite 37 schematisch gezeigt. Das ist grob skizziert die Erde vor 300 bis 200 Millionen Jahren.
3. Bevor Sie zusammen mit den Kindern die Kontinentaldrift starten und die Erdteile langsam voneinander entfernen, kommt ein wichtiger Zwischenschritt: An einigen Stellen – etwa wo sich der Westen Afrikas und der Osten Südamerikas berühren – werden über die Ränder hinweg Symbole für Tiere und Pflanzen sowie breite farbige Linien für deren damalige Verbreitungsgebiete aufgemalt.
4. Nun startet die Erdgeschichte im Zeitraffer, und die Kontinente werden langsam von den Kindern auf ihre heutige Position verschoben. Die Weltkarte dient dabei als Orientierungshilfe.
5. Betrachten Sie mit den Kindern abschließend das aktuelle Bild. Die Kinder werden erkennen: Die Tier- und Pflanzenarten, die auf heute getrennten Landmassen vorkommen, dienen als Beweis dafür, dass diese einmal zusammengehörten. Zur Verdeutlichung können Sie Afrika und Südamerika herausgreifen und zeigen, dass die Küsten wie zwei Puzzleteile zusammenpassen.

Zur Didaktik

- Das Experiment veranschaulicht, wie sich die Kontinente auf der Erdoberfläche durch die Kontinentaldrift verschieben.
- Es hilft bei der Entwicklung eines ersten naturwissenschaftlichen Verständnisses der Vorgänge, die bei der Entwicklung der Erde eine Rolle gespielt haben.
- Es schult das Abstraktionsvermögen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021



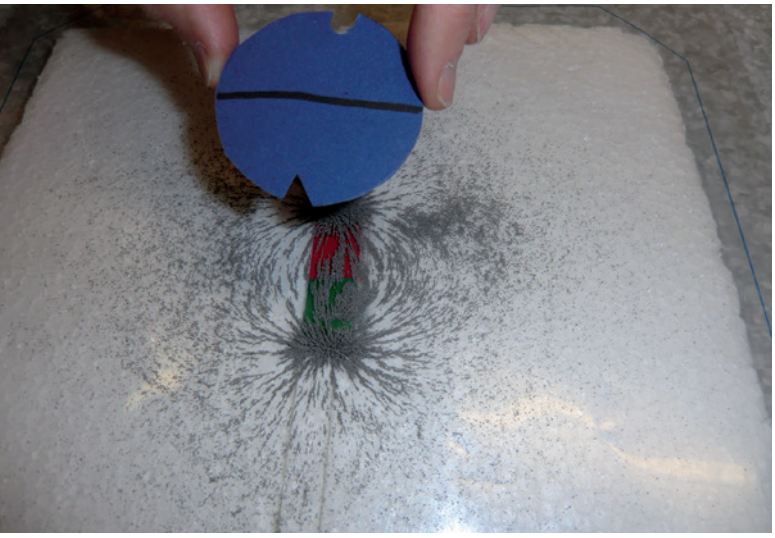
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

3.4 Mitmach-Experiment: Das Magnetfeld der Erde

Hinweis: Dieses Experiment ist eher für ältere Schülerinnen und Schüler geeignet.

Durchführung

1. Schneiden Sie eine kreisrunde Pappscheibe als „Erdscheibe“ aus, deren Durchmesser etwas größer ist als die Länge des Stabmagneten.
2. Schneiden Sie in die Styroporplatte eine Vertiefung, in die der Stabmagnet eingebettet wird.
3. Legen Sie die Klarsichtfolie über Styroporplatte und Magnet.
4. Streuen Sie vorsichtig die Eisenfeilspäne um den Stabmagnet herum auf die Klarsichtfolie.
5. Es bilden sich Magnetfeldlinien. Legen Sie die „Erde“ so auf den Magneten, dass er von den Linien umgeben wird. Mit den Schülerinnen und Schülern wird besprochen, was man sieht.



Materialien

- blaue Pappe (für die Erde)
- Eisenfeilspäne
- Stabmagnet
- Styroporplatte
- Schere
- Zirkel
- Klarsichtfolie

Achtung: Benutzen Sie in jedem Fall eine Folie als Schutz zwischen Spänen und Magnet, da sonst der Magnet die Eisenspäne direkt auf sich zieht. Die Späne wären dann nur mit einem Trick zu entfernen: Plastiktüte über einen noch stärkeren Magneten ziehen und damit den anderen Magneten säubern. Dann die Plastiktüte vom stärkeren Magneten abziehen – und die Eisenspäne sind weg.

Erläuterung

Die Eisenfeilspäne ordnen sich um die Erde herum an. Wenn Sie den Durchmesser der Erde passend zum Stabmagneten gewählt haben, werden die Späne nur am Nord- und Südpol die Erde berühren, ansonsten aber einen weiten Bogen um die Erde machen. Man sieht den Verlauf der Magnetfeldlinien und erkennt: An den Polen kann der Sonnenwind die oberen Luftschichten erreichen, weil die Magnetfeldlinien trichterförmig bis nahe an die Erdoberfläche führen. Dadurch können die geladenen Teilchen des Sonnenwinds mit ihrer Energie die Gasmoleküle der Atmosphäre anregen. So entstehen die Polarlichter. Über den anderen Regionen der Erde spannt sich das Magnetfeld weit ins All hinaus. Hier kann der Sonnenwind die Atmosphäre oder die Oberfläche der Erde nicht erreichen.

Zur Didaktik

- Das Experiment macht die Kinder mit dem Phänomen des Magnetismus bekannt.
- Es veranschaulicht so, wie sich die Kinder das schützende Magnetfeld um die Erde vorstellen können.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Möglichkeiten zur Vertiefung

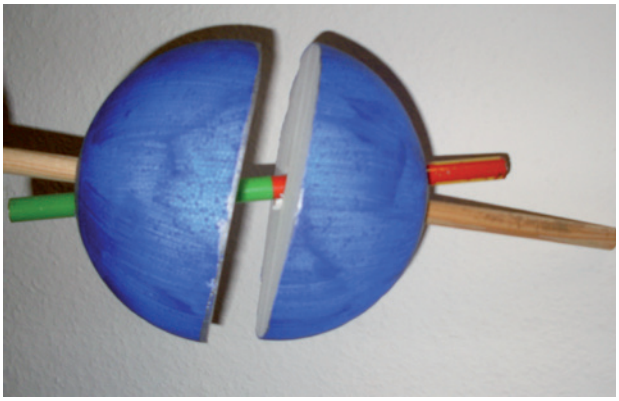
Älteren Schülerinnen und Schülern kann man mit einem zusätzlichen Experiment veranschaulichen, dass die magnetischen Pole nicht mit den geografischen Polen übereinstimmen.

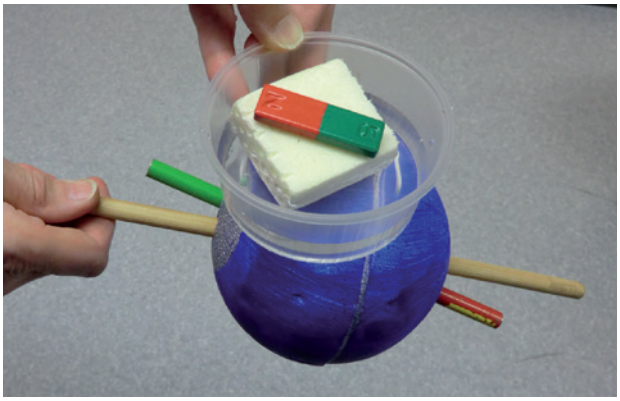
Durchführung

1. Durch die „Styropor-Erde“ wird ein Loch gebohrt, das vom geografischen Nordpol zum geografischen Südpol führt.
2. Dann wird ein zweites Loch leicht versetzt ebenfalls durch den Mittelpunkt der Erde gebohrt.
3. Die Erdkugel wird entlang der Äquatorlinie aufgeschnitten.
4. Jetzt wird der Stabmagnet durch das leicht versetzte Loch gesteckt.
5. Durch das andere Loch wird je ein Holzstab gesteckt, diese bilden zusammen die Erdachse.
6. Die Erde wird zusammengesetzt.
7. Der „schwimmende Kompass“ kann jetzt über der Erde hin und her bewegt werden. Tippt man ihn leicht an, dreht er sich entsprechend seiner Position.

Materialien

- Styroporkugel (12 cm Durchmesser)
- blaue Dispersionsfarbe
- schwarzer oder silberner Stift, um die Äquatorlinie einzuzeichnen
- starker Stabmagnet (ca. 20 cm)
- 2 Rundholzstäbe (ca. 5 mm Durchmesser, je 15 cm lang) als Rotationsachse der Erde
- Schälchen mit Wasser, darauf schwimmend eine dünne Styroporplatte mit einem kleinen Magneten (für den „schwimmenden Kompass“)





©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

4. Die Atmosphäre

Die Atmosphäre – ein dünnes Band. Hier im Gegenlicht der aufgehenden Sonne besonders gut zu erkennen. Das Bild wurde von Bord der *Internationalen Raumstation ISS* aus rund 400 Kilometern Höhe aufgenommen. Bild: NASA

Hintergrund-Info

Wir können uns glücklich schätzen, genau die richtige Atmosphäre zum Leben und Atmen zu haben. Offenbar hat das erste Leben auf der Erde dazu beigetragen, dass dies so wurde. Denn in der Frühzeit unseres Planeten war die Atmosphäre – zumindest aus menschlicher Sicht – alles andere als lebensfreundlich. Die Ur-Atmosphäre ging der jungen Erde sogar komplett wieder verloren: Da sich der Erdball noch viel schneller drehte, wurden die zunächst heißen und daher nur sehr dünnen Gase regelrecht ins All geschleudert.

Dann kühlte die Erde ab. Im Innern sanken die schweren, metallischen Bestandteile nach unten und bildeten den Erdkern, während die leichten Minerale wie Schaum auf der Suppe schwammen und eine erste dünne, leichte Kruste bildeten. Dazwischen formte der Großteil der Erdmasse den jungen Erdmantel. Bald setzten erste Vulkane gewaltige Gasmengen frei und erzeugten eine neue Atmosphäre. Diese war in ihrer Zusammensetzung immer noch weit von unserer heutigen Lufthülle entfernt: Sie bestand überwiegend aus Kohlenstoffdioxid, Methan und Schwefelgasen. Aber die Erde konnte diese Atmosphäre nun mit ihrer Anziehungskraft an sich binden, auch, weil sich unser Planet mittlerweile deutlich langsamer drehte. Denn die Erde hatte einen Mond bekommen, und dieser Mond verlangsamte die Erdrotation durch die Wirkung seiner Schwerkraft allmählich (siehe Seite 43 und Seite 95). Auch das schützende Magnetfeld kam hinzu (siehe Seite 32). Die Erdatmosphäre wandelte sich im Laufe der Zeit – unter anderem, weil vor etwa 3 Milliarden Jahren Bakterien und Algen damit begannen Sauerstoff zu produzieren.

Die Schichten der Atmosphäre

Heute setzt sich unsere Atmosphäre aus 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff sowie 1 % Argon und anderen Spurengasen zusammen. Sie wird in mehrere Schichten unterteilt:

- Die Troposphäre reicht vom Erdboden bis in eine Höhe von 15 Kilometern. Hier spielt sich das gesamte Wettergeschehen ab. Die Dichte der Atmosphäre lässt bereits in diesem Abschnitt spürbar nach, je höher man aufsteigt. Menschen können die Achttausender der Erde gerade noch ohne Sauerstoffmaske besteigen, aber schon unterhalb der Gipfel beginnt die sogenannte Todeszone, die Bergsteigern das Überleben schwer macht. Die

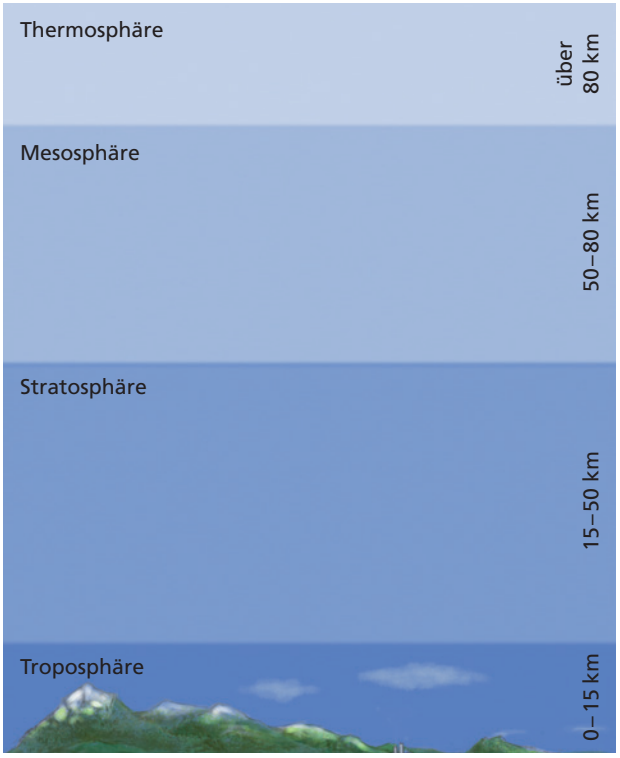
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

meisten Flugzeuge steigen nur bis in Höhen von ca. 10 bis 12 Kilometern auf – darüber wird die Luft zu dünn, als dass normale Tragflächen noch Auftrieb erzeugen würden (Ausnahmen bilden wenige Maschinen wie das US-Spionageflugzeug U2, das bis in 30 Kilometer Höhe fliegen konnte).

- Die Stratosphäre reicht von 15 bis 50 Kilometer Höhe. Hier befindet sich die Ozonschicht, die uns vor der aggressiven UV-Strahlung der Sonne schützt. Bis in diese Region können auch Höhenforschungs- und Wetterballone aufsteigen. Darüber ist die Luft auch für sie zu dünn: Füllt man einen Ballon auf der Erde mit Helium, um ihn in die Stratosphäre zu schicken, platzt er in rund 40 Kilometer Höhe, weil der Innendruck im Vergleich zum Außendruck zu stark ist.
- Die Mesosphäre reicht von 50 bis 80 Kilometer. Hier ist die Luft nur noch extrem dünn. Doch immerhin: Wenn Raumfahrzeuge bei der Rückkehr zur Erde in diese Atmosphärenschicht eintreten, spürt die Crew die bremsende Wirkung des Luftwiderstands und die Raumkapseln werden durch die große Reibung an der Außenseite glühend heiß.
- Die Thermosphäre erstreckt sich oberhalb von 80 Kilometer Höhe bis ins All und geht schließlich in den luftleeren Weltraum über. Ganz luftleer ist es streng genommen selbst in einigen hundert Kilometern Höhe noch nicht: Die *Internationale Raumstation ISS* wird 400 Kilometer über der Erde durch Reibung an der Rest-Atmosphäre verlangsamt, weshalb die *ISS*-Bahnhöhe durch Zünden der Triebwerke immer wieder angehoben werden muss.

Tipp: Für die Darstellung im Unterricht setzt man bei Kindern besser das Weltall mit luftleerem Raum und Vakuum gleich.

Vereinfacht kann man bis in knapp 100 Kilometer Höhe von einer Atmosphäre im engeren Sinne sprechen: eine zarte Schicht, im Verhältnis zur Größe unseres Planeten dünn wie die Apfelschale im Vergleich zum Apfel. Kein Wunder, dass Astronauten immer wieder von diesem Anblick berichten und darauf hinweisen, wie fragil und verletzlich unsere lebensnotwendige Lufthülle aus dem All erscheint – und dass wir alles tun sollten, um sie nicht weiter mit Abgasen zu verschmutzen.



Spannend!

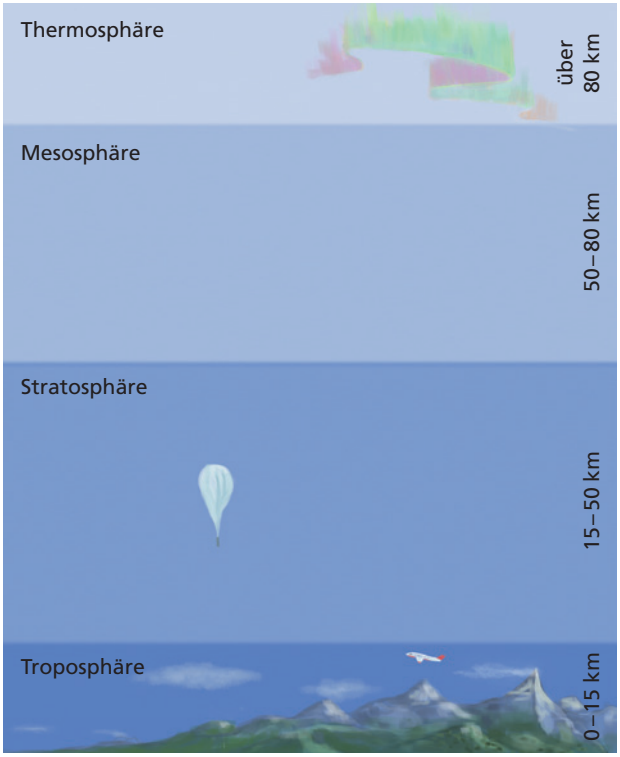
Wind und Wetter

Hinter der Kraft des Windes steckt verwandelte Sonnenenergie. Denn der Wind weht nur, weil die Sonne Landmassen und Weltmeere in den verschiedenen Breiten unterschiedlich stark erwärmt. So kommt es zu heißeren und kälteren Regionen – und damit Bewegung in die Sache: Warme Luft steigt auf, kalte Luftmassen sinken zu Boden, dadurch bilden sich Hoch- und Tiefdruckgebiete und bewirken Luftströmungen. Die Drehung der Erde verwirbelt das alles mit der sogenannten Corioliskraft.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

4.1 Mitmach-Experiment: Die Erdatmosphäre im Querschnitt

Um eine ungefähre Vorstellung von den Dimensionen der Erdatmosphäre zu erhalten, setzen die Kinder dies zweidimensional auf einem größeren Blatt Papier (oder Karton) als Querschnitt durch unsere Lufthülle um. Sie tragen mit einem Schwamm blaue Wasserfarbe auf das Papier/den Karton auf: unten dicht (dunkelblaue Färbung) und nach oben hin immer dünner (hellblau). Auf kleineren Stücken Papier oder Pappe malen die Kinder Flugzeuge, Wolken und Berge, die ausgeschnitten und auf dem großen Blatt an die richtigen Stellen platziert werden.



Materialien

- blaue Wasserfarbe und Mal-Utensilien
- Schwamm
- großes Blatt Papier oder Karton (1 Meter Höhe)
- kleinere Blätter oder Pappstücke
- Lineal oder Maßband
- Stifte, Schere

Durchführung

Wenn das Blatt bzw. der Karton 1 Meter hoch ist und die Unterkante den Erdboden darstellt, gelten folgende Höhen:

- Troposphäre: bis in 15 cm Höhe. Dieser Teil wird dunkelblau gemalt.
- Die nächste Abstufung (etwas helleres Blau) betrifft die Stratosphäre: 15 cm bis 50 cm.
- Mesosphäre: 50 cm bis 80 cm (sehr helles Blau).
- Thermosphäre: oberhalb von 80 cm (fast weiß).

Für die Symbolbilder gilt:

- Den höchsten Berg der Erde (Mount Everest, 8848 Meter) stellt ein knapp 9 cm hohes Dreieck dar.
- Ergänzen kann man dies um weitere Berge wie den Mont Blanc mit knapp 5000 Metern oder die Zugspitze mit ca. 3000 Metern.
- Wolken werden in unterschiedlichen Höhen zwischen 1 cm und 10 cm aufgeklebt.
- Flugzeuge werden in 10 cm bis 12 cm Höhe platziert.
- Ein typischer Wetterballon steigt bis ca. 30 Kilometer auf, wird also bei 30 cm eingetragen.
- Polarlichter entstehen in Höhen ab 80 Kilometer, sind also am oberen Bildrand anzusiedeln.

Zur Didaktik

- Das Experiment macht mit dem Thema Atmosphäre vertraut.
- Die Kinder lernen, dass die Lufthülle der Erde nach oben dünner wird.
- Das Experiment vermittelt ein Vorverständnis für Dimensionen (anhand des Vergleichs zu Bergen etc.).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

5. Erdrotation und Erdbahn

Im Jahr 1888 erschien diese Abbildung erstmals im Buch *„L'Atmosphere: Météorologie Populaire"* von Camille Flammarion. Sie steht für das Streben des Menschen nach Erkenntnis und nach einem Verständnis unserer kosmischen Umgebung und der „Himmelsmechanik".

Hintergrund-Info

Halten Sie sich gut fest, denn Sie bewegen sich gerade mit einer enorm hohen Geschwindigkeit! Nein, natürlich merken Sie das nicht. Dass die Erde schnell rotiert und dabei auch recht flott um die Sonne kreist, nehmen wir ebenso wenig wahr wie die Tatsache, dass die Sonne mit all ihren Planeten das Zentrum der Milchstraße – unserer Galaxie – mit hohem Tempo umrundet.

Warum dreht sich die Erde überhaupt?

24 Stunden benötigt die Erde für eine Drehung um ihre eigene Achse. Für einen Punkt am Äquator ergibt das eine Geschwindigkeit von über 1600 Kilometern pro Stunde. Aber wie kommt es zu dieser Drehung? Verkürzt geantwortet: Den ursprünglichen Impuls haben wir – wie andere Himmelskörper auch – in der Entstehungszeit unseres Sonnensystems erhalten. Als sich damals Partikel einer kosmischen Gas- und Staubwolke gegenseitig anzogen, klumpten sie nicht einfach zusammen, sondern umkreisten sich zuerst im Wechselspiel der Gravitation gegenseitig. Weitere Teilchen und Brocken kamen hinzu und machten den „Tanz" um ein gemeinsames Schwerkraftzentrum mit. Je mehr sich eine solche Masseansammlung unter der eigenen Anziehungskraft zusammenballte, desto schneller drehte sich alles – so wie der Eiskunstläufer die Pirouette beschleunigt, indem er die Arme eng an den Körper legt. Anfangs rotierte die Erde – eigentlich war sie noch ein „Protoplanet" in der Entstehung – übrigens viel schneller als heute, nämlich mit 6 bis 8 Stunden pro Umdrehung. Seit unser Planet aber von einem Mond umkreist wird, der mit seiner Anziehungskraft an der Erde zieht, verlangsamt sich die Erdrotation allmählich. Ein einfaches Gedankenbild dazu: Man kann sich den Mond wie einen kleinen Hund vorstellen, der nicht so schnell wie „Herrchen" oder „Frauchen" laufen will und an der Leine zerrt.

Was den ursprünglichen Drehimpuls betrifft, so ist er nach Meinung vieler Wissenschaftler noch viel älter als das Sonnensystem selbst und in der Rotation unserer Galaxis, der Milchstraße, angelegt. Auch die Milchstraße rotiert mit demselben Drehsinn um ein massereiches Zentrum, in dem sich ein Schwarzes Loch befindet. Keine Sorge: Auch wenn Schwarze Löcher mit ihrer enormen Massekonzentration alles aus ihrer Umgebung „aufsaugen" – für uns besteht keine Gefahr, in diesen „Gravitationsstrudel" zu geraten. Die Erde und mit ihr das Sonnensystem befinden

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Spannend!

Das Foucaultsche Pendel

Dieses Foucaultsche Pendel befindet sich im DLR_School_Lab Neustrelitz. Insgesamt zwölf dieser DLR_School_Labs vermitteln Schülerinnen und Schülern die „Faszination Forschung" anhand von solchen und vielen anderen Mitmach-Experimenten. Bild: DLR

Die Tatsache, dass die Erde um ihre Achse rotiert, zeigt einer der berühmtesten Versuche der Wissenschaftsgeschichte: das Foucaultsche Pendel. Erstmals führte Jean Foucault (1819–1868) dieses Experiment im Jahre 1851 durch. Dabei schwingt das Pendel – als wäre es hoch über der Erde an einem Punkt im „Nichts" des Weltalls aufgehängt – hin und her, während sich die Erde darunter dreht. Zur Verdeutlichung: Das Pendel behält die Richtung bei, in der es schwingt, und es ist der Fußboden, der seine Lage allmählich durch die Erdrotation ändert. Für uns, die wir uns mit dem Boden mitdrehen, sieht das jedoch genau umgekehrt aus: Die Richtung, in der sich das Gewicht hin und her bewegt, scheint sich langsam zu ändern. In einem Kreis aufgestellte Dominosteine werden so von dem Pendel, wenn es dicht genug über dem Boden schwingt, nach und nach umgeworfen. Diese eindrucksvolle Demonstration erregte durch Vorführungen im Pariser Pantheon und in einigen Kirchen in Deutschland wie dem Kölner Dom großes Aufsehen. Diese hohen Gebäude haben den großen Vorteil, dass man ein besonders langes Pendel mit einem schweren Gewicht verwenden kann, das dann über einen längeren Zeitraum schwingt. So wird der Effekt besser sichtbar, weil sich die Erddrehung bei längerer Versuchsdauer natürlich deutlicher bemerkbar macht. Noch heute sind Foucaultsche Pendel in einigen Museen zu bestaunen.

Hinweis: Zum Foucaultschen Pendel ▶ Mitmach-Experiment 5.2

sich recht weit entfernt vom Zentrum der Milchstraße, auf einem Spiralarm in mehr als 25 000 Lichtjahren Entfernung.

Hinweis: Zur Erdrotation ▶ Mitmach-Experiment 5.1

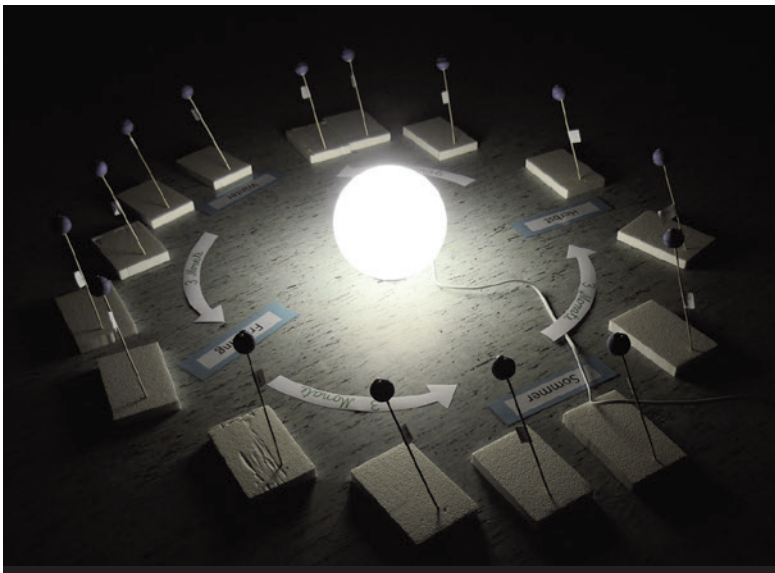
Ein Jahr – wirklich genau 365 Tage?

Auf ihrem Weg um die Sonne ist die Erde schnell unterwegs: Mit ca. 30 Kilometern pro Sekunde, umgerechnet etwa 107 200 Kilometer pro Stunde. So benötigt sie für einen Umlauf 365 Tage – plus ungefähr 6 Stunden. Weil ein Jahr mit genau 365 Tagen viel einfacher für Zeitrechnungen ist, werden die sechs zusätzlichen Stunden über vier Jahre hinweg „gesammelt", sodass aus diesen 24 Stunden ein „Extra-Tag" gemacht werden kann. Das ergibt ein Schaltjahr mit 366 Tagen. Da es aber nicht genau 6 Stunden sind und wir damit etwas zu viel des Guten tun, fällt der Schalttag alle 100 Jahre aus. Auch das passt noch nicht exakt: Alle 400 Jahre gibt es eine Ausnahme von dieser Regel und trotzdem ein Schaltjahr – so zuletzt im Jahr 2000. Das klingt alles etwas kompliziert, aber gäbe es nicht das Korrektiv der Schaltjahre in unserem Kalender, würden die Blätter bei uns eines Tages im April oder Mai von den Bäumen fallen statt im Oktober und November.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Wie die Jahreszeiten entstehen

Wie es während eines Umlaufs der Erde um die Sonne zu den Jahreszeiten kommt, ist eine Frage, die selbst viele Erwachsene in Erklärungsnöte bringt. Stellt man sich die Ebene der Erdbahn als runde Fläche vor (wie einen runden Tisch), so steht die Erdachse nicht senkrecht darauf, sondern ist aus der Senkrechten um 23° gekippt. Der springende Punkt dabei ist: Die Erdachse ändert während eines Umlaufs um die Sonne nicht ihre Ausrichtung, steht also immer in identischer Schräglage im Weltraum – als ob Sie mit ausgestrecktem Arm auf eine ferne Wolke schräg über Ihnen am Himmel deuten und dabei langsam im Kreis gehen, ohne die Richtung Ihres Arms zu ändern. Diese Schrägstellung der Erdachse hat zur Folge, dass die Erde entweder die Nordhalbkugel oder die Südhalbkugel stärker der Sonne zuwendet und dort dann Sommer herrscht – und auf der anderen Hemisphäre wegen der flacheren und kürzeren Einstrahlung zeitgleich Winter.



Dieses Tellurium zeigt: Egal, wo sich die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne befindet, die Erdachse ist immer in der gleichen Ausrichtung geneigt (Bauanleitung siehe Mitmach-Experiment 5.3).

Hinweis: Zur Entstehung der Jahreszeiten ▶ Mitmach-Experiment 5.3

Hinweis: In diesem Heft finden Sie zwei Versionen eines sogenannten Telluriums (siehe Seite 52 und Seite 108). Betrachtet man ein solches Erde-Mond-Modell im Schein einer Lampe, erklären sich die Jahreszeiten fast wie von selbst. Nur am Rande sei erwähnt, dass die Bahn der Erde um die Sonne eine leichte Ellipse darstellt, die aber nur minimal von einer perfekten Kreisbahn abweicht. Am sonnennächsten Punkt (genannt Perihel) ist die Erde 147,1 Millionen Kilometer und am sonnenfernsten (Aphel) 152,1 Millionen Kilometer von unserem Zentralgestirn entfernt. Anfang Januar, wenn auf der Nordhalbkugel Winter herrscht, sind wir der Sonne am nächsten. Spätestens hier wird deutlich, dass die Jahreszeiten nicht durch den Abstand der Erde zur Sonne entstehen.

Die „taumelnde" Erde

Über Jahrtausende hinweg „taumelt" die Erdachse ein wenig – wie man das bei einem Kreisel beobachten kann, wenn er sich zwar noch um die eigene Achse dreht, diese aber ihrerseits nicht stabil ist, sondern einen Kreis beschreibt. Würden wir vom Nordpol aus einen gigantischen Stift oder Scheinwerfer aufs „Himmelszelt" richten: Er würde dort allmählich einen Kreis zeichnen. Knapp 26 000 Jahre sind nötig, um den Kreis zu vollenden. Ein Nebeneffekt dieser sogenannten „Präzession": Während die Erdachse heute im Norden zum Polarstern zeigt, der uns nachts verlässlich diese Himmelsrichtung angibt, wird sie in 12 000 Jahren auf den Stern Wega deuten, der dann quasi unser neuer „Polarstern" sein wird.

Wie schnell sind wir im All unterwegs?

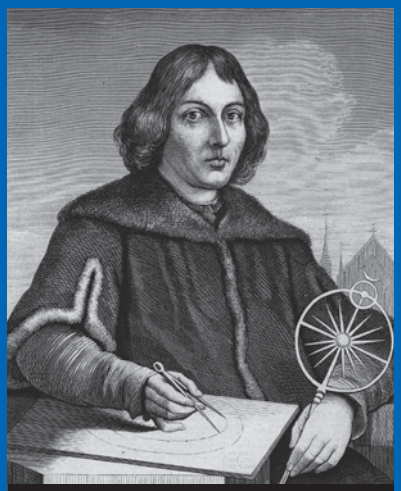
Die Frage nach der Geschwindigkeit, mit der sich die Erde durchs All bewegt, ist nicht leicht zu beantworten. Die Antwort hängt von der gewünschten Genauigkeit und dem Bezugssystem ab. Ein Punkt am Äquator legt infolge der Rotation unseres Erdballs rund 1670 Kilometer pro Stunde zurück. Mit ca. 107 200 Kilometern pro Stunde bewegen wir uns um die Sonne. Und die Sonne samt Planeten und Monden rotiert mit ca. 810 000 Kilometern pro Stunde um das Zentrum der Milchstraße. Die Milchstraße bewegt sich schließlich ihrerseits wie andere Galaxien auch ziemlich rasant durchs All, das sich wiederum seit dem Urknall immer weiter ausdehnt.

Für unseren Alltag ist das natürlich nicht relevant. Aber dass es uns Menschen überhaupt gibt, hat mit diesen Dingen zu tun: Planeten, die sich langsamer drehen, sind wahrscheinlich nicht so lebensfreundlich, da die Temperaturunterschiede auf der Tag- und Nachtseite so groß sind, dass dies vielerlei Probleme mit sich bringt. Unsere Umlaufgeschwindigkeit um die Sonne hängt mit dem Abstand zusammen, den wir in der „habitablen Zone" zu ihr haben: Je näher

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

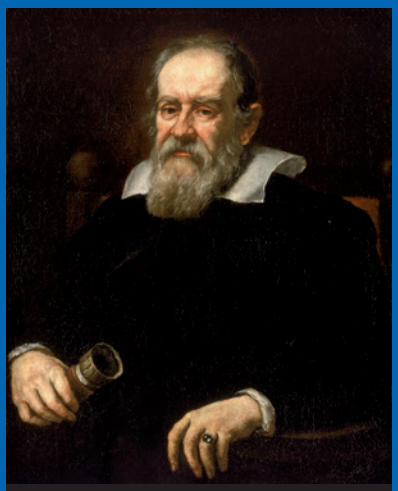
Spannend!

Und sie bewegt sich doch!



Nikolaus Kopernikus. Bild: Wikipedia

Johannes Kepler. Bild: Wikipedia



Galileo Galilei. Bild: Wikipedia

Wir sehen, wie sich die Sonne über den Himmel bewegt. Dass es aber nicht die Sonne ist, die um unseren Planeten kreist, sondern umgekehrt die Erde die Sonne umrundet und sich dabei auch noch um sich selbst dreht – diese der Intuition widersprechende Erkenntnis setzte sich erst allmählich durch. Mehrere Namen sind dabei besonders wichtig: Schon der griechische Astronom und Mathematiker Aristarch von Samos (ca. 310–230 v. Chr.) vertrat das „heliozentrische Weltbild" mit einer um die Sonne (griechisch: Helios) kreisenden Erde. Hätte man auf ihn gehört, wären uns viele Jahrhunderte des Irrtums erspart geblieben. Stattdessen setzte sich zunächst das „geozentrische Weltbild" als herrschende Lehrmeinung durch, das vor allem mit dem Namen Claudius Ptolemäus (ca. 100–160 n. Chr.) in Verbindung gebracht wird. Er postulierte eine ruhende Erde, um die die Sonne und alle anderen Himmelskörper kreisen würden. Erst Nikolaus Kopernikus (1473–1543) rückte die Sonne wieder in den Mittelpunkt und korrigierte so den Irrtum – das war die „kopernikanische Wende" und ein revolutionärer Schritt in die richtige Richtung. Doch es gab einen Schönheitsfehler: Wenn man die Planeten am Himmel beobachtete, deckte sich das nicht genau mit der Theorie von ihren Kreisbahnen um die Sonne. Es war Johannes Kepler (1571–1630), der dieses Problem schließlich löste. Er fand heraus, dass die Planetenbahnen gar keine Kreise darstellen, sondern Ellipsen. Kepler nutzte für seine Berechnungen die sehr präzisen Messungen des Astronomen Tycho Brahe (1546–1601). Mit den Keplerschen Gesetzen war der Durchbruch geschafft und die „Mechanik" unseres Sonnensystems verstanden. Viele andere herausragende Wissenschaftler trugen entscheidend dazu bei, vor allem Galileo Galilei (1564–1642), der sich gegen die Doktrin der katholischen Kirche von der Erde als Mittelpunkt des Alls stellte und zum Widerruf gezwungen wurde. Ob er seinen berühmten Ausspruch „… und sie bewegt sich doch!" mit Blick auf eine um die Sonne kreisende Erde wirklich getan hat? Er bezahlte jedenfalls bitter für seine Erkenntnisse mit Verhören, Prozessen, Zensur und Hausarrest. Die Mutter von Kepler wurde als angebliche „Hexe" verfolgt und Kopernikus (selbst ein Mann der Kirche) wagte erst im Sterben liegend, seine Schriften zu veröffentlichen. Galilei wurde später vom Papst rehabilitiert – und zwar im Jahre 1992. Manchmal dauert es lange, bis sich die Wahrheit durchsetzt.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

ein Planet der Sonne ist, desto schneller bewegt er sich. Auch unser Ort in einem der Spiralarme der Milchstraße, der mit dem Tempo des Sonnensystems auf der „Reise“ um das Zentrum unserer Galaxis zusammenhängt, ist wohl von Vorteil: Weiter drinnen im Zentrum gibt es viel mehr Sterne und damit unangenehme Begleiterscheinungen wie Sternenexplosionen mit intensiver kosmischer Strahlung etc.

Ergebnissicherung

Die folgenden Geschichten können Sie zu den Themen „Tag und Nacht“ und „Jahreszeiten“ vorlesen und die Fragen im Plenum beantworten lassen, oder Sie kopieren die Geschichten und lassen sie in Gruppen selbstständig von den Schülerinnen und Schülern bearbeiten.

Tipp: Die Kinder können die Geschichten mit verteilten Rollen lesen.

Tag und Nacht

Die zwei Freundinnen Lisa und Anna fahren in die Ferien, aber leider nicht zusammen. Lisa fliegt mit ihren Eltern nach New York in den USA. Das Ziel von Annas Familie ist die Ostseeküste. Aber sie dürfen miteinander telefonieren.

Nachdem Anna am Meer angekommen ist, ruft sie gleich am nächsten Morgen ihre Freundin in Amerika an. Die meldet sich völlig verschlafen und wundert sich: „Wieso rufst du mich mitten in der Nacht an?“ Anna ist verwirrt: „Nacht? Es ist doch schon 9 Uhr morgens!“

Lisa schaut auf den Wecker auf ihrem Nachttisch und murmelt: „Nein, es ist 3 Uhr in der Nacht, ich möchte schlafen.“

Es dauert eine ganze Weile, bis die Mädchen merken, dass …

Was stellen die beiden Freundinnen jetzt erst fest?

Jahreszeiten

Die zwei Freunde Timo und Markus machen mit ihren Familien in den Weihnachtsferien Urlaub. Markus darf mit seinen Eltern nach Südafrika, Timo in den Schwarzwald.

Nach ein paar Tagen schreibt Markus eine SMS an Timo: „Hallo Timo, wie geht es dir? Ich liege am Strand und genieße das Schwimmen im Meer!“

Timo simst zurück: „Machst du Scherze? Hier schneit es so stark, dass man kaum aus dem Haus gehen kann!“

Es dauert eine ganze Weile, bis die Jungen merken, dass …

Was haben die beiden Freunde gerade gemerkt?

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

5.1 Mitmach-Experiment: Die Erdrotation

Die Sonnenuhr – und ein Drehstuhl-Experiment als Hinführung

Drehstuhl-Experiment als Hinführung zum Thema

Vor dem Bau der Sonnenuhr sollte dieses kleine Drehstuhl-Experiment durchgeführt werden, das Sie Ihren Schülerinnen und Schülern so erklären können: „Dass sich die Erde um sich selbst dreht, kannst du an der Sonne sehen. Weil wir uns mit der Erde drehen, scheint die Sonne über den Himmel zu wandern und abends zu verschwinden. Das ist, als ob du dich auf einen Drehstuhl setzt und dich langsam im Kreis drehst. Wenn dabei eine andere Person mit einer leuchtenden Taschenlampe in der Hand immer an der gleichen Stelle im Zimmer steht, siehst du diese Lampe ja auch nur so lange, bis sie aus deinem Blick verschwindet. Und nach einer Drehung taucht die Lampe wieder auf – wie die Sonne am nächsten Morgen beim Sonnenaufgang."

Die Sonnenuhr

Der einfachste Nachweis der Erdrotation ist eine Sonnenuhr. Den Kindern ist zu vermitteln, dass der Schatten des Zeigers nicht wandert, weil sich die Sonne bewegen würde, sondern weil sich die Erde dreht. Eine Sonnenuhr lässt sich wie im Schülerblatt dargestellt mit wenig Aufwand selbst basteln.

Zur Didaktik

- Die Kinder lernen, dass sich die Erde um sich selbst dreht und daher die Sonne über den Himmel zu „wandern" scheint.
- Die Experimente fördern das Abstraktionsvermögen.
- Das Thema ist nur für ältere Schülerinnen und Schüler nachvollziehbar und damit eher nicht für Grundschulen geeignet. Für jüngere Kinder eignet sich am ehesten das Drehstuhl-Experiment.
- Die Experimente sollten von Ihnen als Lehrkraft in jedem Fall vorab im Plenum erklärt werden.
- Beide Experimente sind von einzelnen Kindern allein durchführbar, aber empfehlenswert ist die Arbeit im Team.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Die Sonnenuhr

Dass sich die Erde um sich selbst dreht, kannst du an der Sonne sehen: Weil wir uns mit der Erde drehen, scheint die Sonne über den Himmel zu wandern und dann abends zu verschwinden. Mit einer selbst gebauten Sonnenuhr kannst du die Drehung der Erde leicht beweisen.

Du brauchst dafür:

- einen größeren Blumentopf oder Eimer
- einen langen Holzstab, der weit aus dem Eimer herausragen muss
- Kies, Sand oder Erde
- einen Filzstift
- eine Uhr

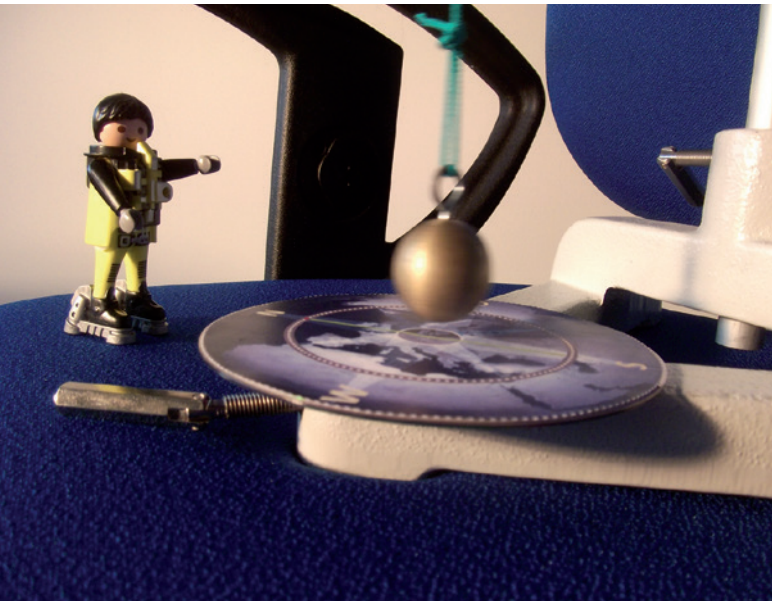
Und so geht's:

1. Fülle den Topf mit dem Kies, mit Sand oder der Erde.
2. Stell den Topf in die Sonne, und zwar an eine Stelle, wo tagsüber nie Schatten ist.
3. Stecke den Holzstab so hinein, dass er bei Sonne einen Schatten auf den Rand des Topfes wirft.
4. Zur vollen Stunde – also zum Beispiel genau um 9 oder 10 Uhr morgens – fängst du an: Mach mit einem Filzstift genau an der Stelle am Rand des Topfes einen Strich, wo der Schatten ist. Schreib die Uhrzeit darunter. **Achtung:** Ab jetzt darfst du den Topf nicht mehr bewegen!
5. Zu jeder weiteren vollen Stunde machst du immer an der Stelle des Schattens einen weiteren Strich mit den Uhrzeiten darunter. Fertig ist die Sonnenuhr!
6. Lass deine Sonnenuhr genau so stehen und sieh sie dir am nächsten Tag an. Wenn du die Zeiten deiner Sonnenuhr mit einer richtigen Uhr vergleichst, kannst du sehen, ob deine Sonnenuhr richtig geht.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

5.2 Mitmach-Experiment: Das „Foucaultsche Pendel“ auf dem Drehstuhl

Das eindrucksvollste, aber vom Aufbau her komplizierteste Experiment zum Beweis der Erdrotation ist das Foucaultsche Pendel. Es gibt entsprechende Anleitungen im Internet, die unter den Stichworten „Foucaultsches Pendel für Schulen“ über Suchmaschinen zu recherchieren sind. Hier eine verblüffend einfache Variante des Foucaultschen Pendels – quasi im Miniaturformat und Zeitraffer. Dabei ersetzt ein Drehstuhl die rotierende Erde. Das Pendel hängt an einem Stativ, das auf die Sitzfläche des Stuhls gestellt wird.



Materialien

- Drehstuhl
- Stativ (Länge ca. 1,5 Meter)
- Pendel mit Schnur und Gewicht
- Spielzeugfigur (als Symbol für eine auf der Erde stehende Person)
- ggf. Windrose mit Himmelsrichtungen (Ausdruck der Vorlage aus dem Download-Bereich; Ansicht auf Seite 51)
- alte CD oder rundes Stück Pappe

Durchführung

1. Stellen Sie das Stativ auf den Drehstuhl, der die Erde verkörpert. Am Stativ befestigen Sie die Schnur (sie muss mindestens 1 Meter lang sein) mit dem Gewicht, das anschließend hin und her schwingt.
2. Positionieren Sie die Spielzeugfigur ebenfalls auf dem Drehstuhl. Sie stellt einen Beobachter auf der sich drehenden Erde dar.
3. Drehen Sie jetzt langsam den Drehstuhl. Das Pendel schwingt – wie ein echtes Foucaultsches Pendel – permanent in dieselbe Richtung im Raum, während sich unter ihm die Erde mit dem Beobachter dreht.
4. Wenn Sie die Windrose direkt unter das Pendel auf den Drehstuhl legen, sieht man noch besser, wie sich die „Drehstuhl-Erde“ unter dem Pendel dreht.

Erläuterung

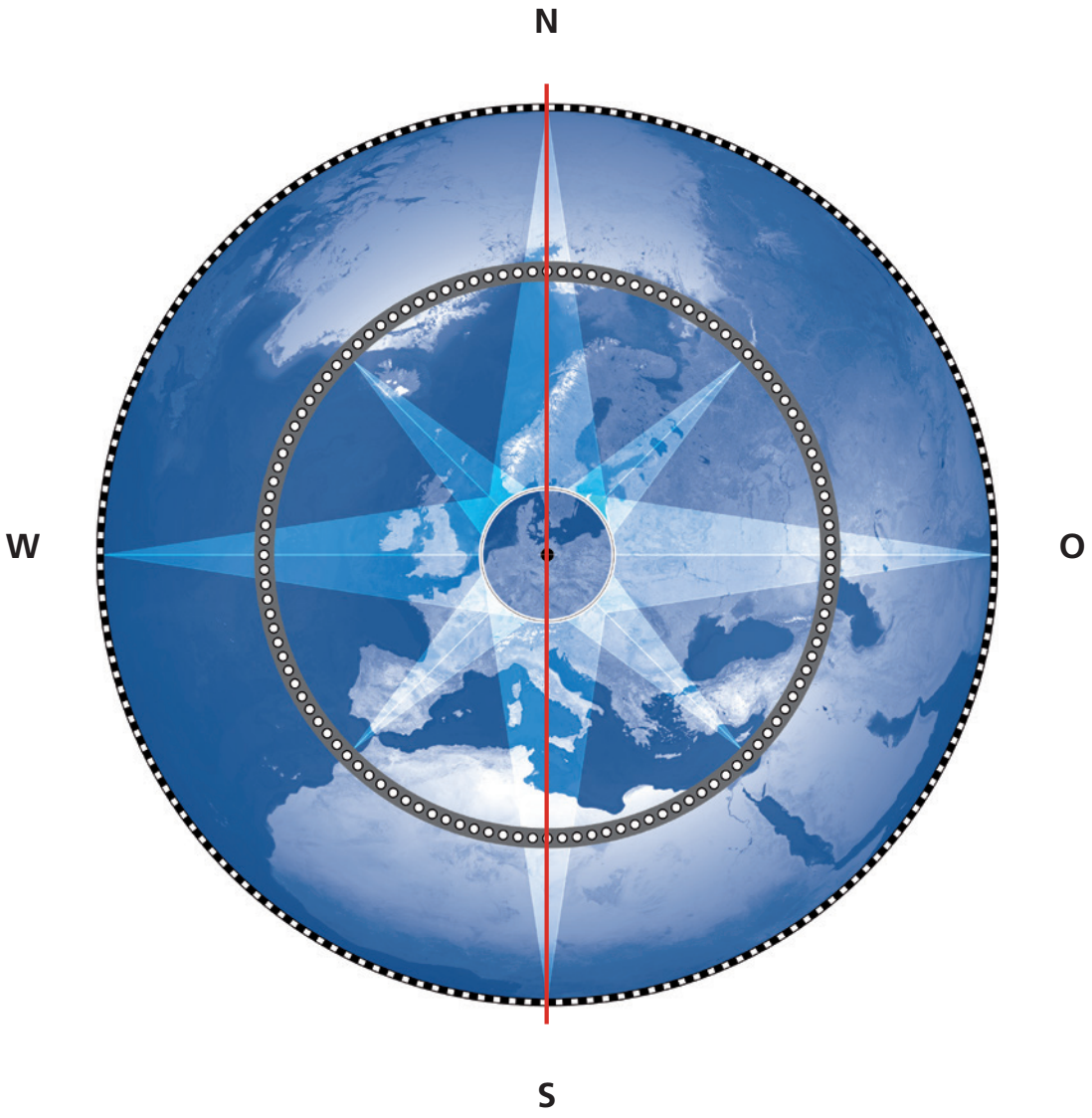
Die Versuchsanordnung entspricht einem Foucaultschen Pendel, wobei der Drehstuhl die Rolle der Erde einnimmt. So können Sie den Effekt im Zeitraffer sichtbar machen. Die Kinder, die um den Stuhl herum stehen, verfolgen das Geschehen gewissermaßen aus der Perspektive eines Beobachters, der sich ruhend im Weltraum befindet. Das ist der einzige prinzipielle Unterschied zum echten Foucaultschen Pendel, wo wir uns – wie hier die Spielzeugfigur – mit der Erde mitdrehen.

Nachfolgend eine Kopiervorlage für die Windrose. Nach dem Ausdrucken kleben Sie die Windrose auf eine alte CD oder auf Pappe.

Zur Didaktik

- Die Kinder lernen, dass die Erde um ihre Achse rotiert.
- Das Experiment fördert genaues Beobachten, logisches Denken und Abstraktionsvermögen.
- Dieses Experiment sollten Sie im Plenum oder in Kleingruppen leiten.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

5.3 Mitmach-Experiment: Basteln eines Telluriums

So entstehen die Jahreszeiten

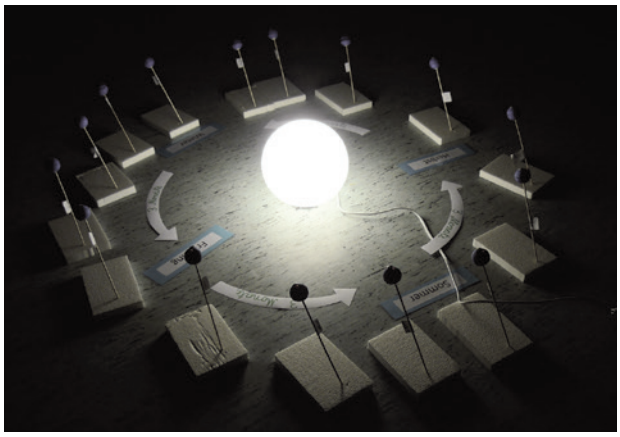
Das Bild zeigt das Erde-Mond-Modell bereits mit Mond. In diesem Mitmach-Experiment wird es zur Erklärung der Jahreszeiten noch ohne Mond verwendet. Erst im zweiten Durchgang (Mondphasen, siehe Seite 90) kommt der Mond hinzu.

Materialien

- Schüler-Tellurien (Erde-Modelle; Bastelanleitung siehe Schülerblatt)
- Lichtquelle (Kugellampe) mit Stromanschluss
- 4 Wortkarten mit den Jahreszeiten (Frühling – Sommer – Herbst – Winter)
- 4 gebogene Pfeile mit dem Aufdruck „3 Monate“, um einen Jahreskreis zu bilden (Ausdrucke der Vorlagen aus dem Download-Bereich; Ansicht auf Seite 53)

Jedes Kind fertigt sein eigenes Handmodell (Bild). Die rote Nadel dient der Markierung des eigenen Standorts, die Reißzwecke oben symbolisiert den Nordpol. Wichtig ist, dass alle Holzspieße im Winkel von ca. 23° aus der Senkrechten geneigt (also schräg) in eine kleine Styroporplatte als „Fuß“ gesteckt werden. **Hinweis:** Leisten Sie Hilfestellung, damit die Kinder ihr Modell mithilfe des Schülerblattes richtig anfertigen und im korrekten Winkel in die Styroporplatte stecken. Zeigen Sie ein fertiges Modell vor, und geben Sie den Kindern beim Bauen entsprechende Tipps.

Bevor der Mond angebracht wird, kann man dieses Erde-Modell wie folgt zur Erklärung der Jahreszeiten verwenden.



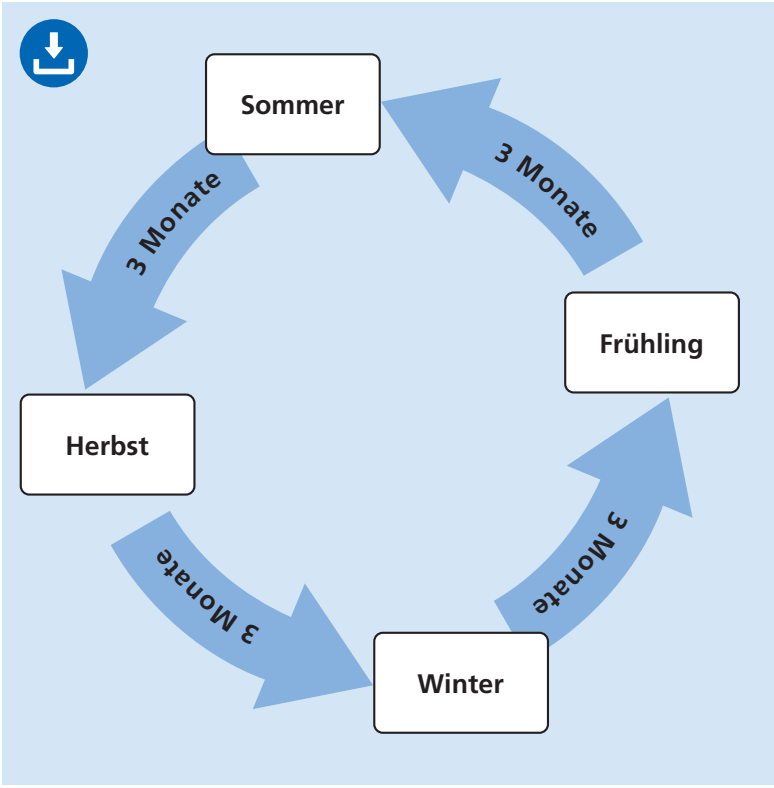
Die Kinder stellen alle gebastelten Erde-Modelle im Kreis um eine runde Lichtquelle auf. Jedes Kind schreibt vorher seinen Namen auf einen Aufkleber, der am Stab befestigt wird. **Wichtig:** Entscheidend ist, dass alle Holzspieße (also Erdachsen) im Raum identisch ausgerichtet sind. Sie weisen nicht nur die gleiche Neigung auf, sondern zeigen auch alle in dieselbe Richtung!

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Wenn alle Modelle um die Lampe herum stehen, beginnt die Plenumsrunde. Sie muss ausführlich gestaltet sein, damit die Entstehung der Jahreszeiten von den Kindern nachvollzogen werden kann. Der Raum wird verdunkelt und gemeinsam wird überlegt:

Auf welchen Erdkugeln ist gerade Winter und Sommer bzw. Frühling und Herbst?

Erläuterung: Einige Erdkugeln stehen so, dass die obere Hälfte der Kugel (Nordhalbkugel) zur Sonne zeigt und daher mehr Sonnenlicht erhält als die Südhalbkugel. Dann herrscht auf der Nordhalbkugel – also auch in Deutschland (rote Nadel) – Sommer und gleichzeitig auf der Südhalbkugel Winter. Auf anderen Erdkugeln – genau auf der gegenüberliegenden Seite der Sonne – ist umgekehrt im Norden Winter und im Süden Sommer. Und auf den übrigen Erdkugeln herrschen Frühjahr bzw. Herbst. Wortkarten zeigen die Jahreszeiten an und werden als Merkhilfen an die richtigen Stellen auf den Boden gelegt. So stellen alle Erde-Modelle zusammen einen Umlauf um die Sonne dar, also genau ein Jahr.



Auch Tag und Nacht können thematisiert werden: Wo ist auf „meiner" Erde Tag und wo ist Nacht? **Hinweis:** Die Kinder drehen langsam ihre Erdkugeln, sodass ihre eigene Position (die rote Nadel) allmählich von der Nachtseite der Erde auf die Tagseite wandert (oder umgekehrt). Wenn man die Erde genau ein Mal um ihre Achse gedreht hat, ist ein Tag (24 Stunden) vergangen. **Wichtig:** Die Erde wird von oben gesehen gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Der „Fuß" darf sich dabei nicht mitdrehen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

So entstehen die Jahreszeiten – bastel dir ein Erde-Modell (Tellurium)

Du brauchst dafür:

- blau eingefärbte Wattekugel (3 cm Durchmesser) als Erde
- Holzstab (ca. 20 cm lang, z. B. Schaschlikspieß)
- Reißzwecke mit weißem Kopf (als Nordpol)
- kurze Pinnnadel mit rotem Kopf (für den Standort)
- schwarzen Filzstift
- Etiketten-Aufkleber für deinen Namen
- Pappwinkel (23° eingezeichnet) oder Geodreieck
- Styroporplatte (ca. 10 cm x 15 cm x 3 cm)

Bei dem Pappwinkel und der Styroporplatte hilft dir sicher deine Lehrerin oder dein Lehrer, denn die Erde muss genauso schräg stehen wie auf dem Bild.

Und so geht's:

1. Zeichne mit dem schwarzen Filzstift den Äquator auf die blaue Erdkugel. **Tipp:** Drehe dabei den Stab mit der Erde zwischen deinen Fingern, und halte den Stift an die Äquatorebene.
2. Drücke die weiße Reißzwecke als Nordpol oben in die blaue Wattekugel.
3. Stecke die rote Nadel in die Mitte zwischen Äquator und Nordpol, also auf die Nordhalbkugel (das ist ungefähr da, wo Deutschland liegt).
4. Schreibe deinen Namen auf einen Aufkleber und befestige ihn am Stab.
5. Stelle den Pappwinkel auf die Styroporplatte.
6. Stecke nun deinen Stab genau im eingezeichneten Winkel schräg in die Styroporplatte.

Fertig ist dein eigenes Tellurium! Später kommt noch ein Mond dazu …

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Möglichkeiten zur Vertiefung

Hier noch etwas für „Rechenkünstler und Logiker". Mit älteren Schülerinnen und Schülern kann man besprechen, wie schnell wir mit unserem „Raumschiff Erde" durchs All unterwegs sind. Das sind für Jugendliche oft interessante Fragen, die spielerisch an Mathematik heranführen.

Zur Erinnerung:

Die Erde rotiert am Äquator mit knapp 500 Metern pro Sekunde, also ca. 1670 Kilometern pro Stunde um ihre Achse. Der Wert errechnet sich so: Ein Punkt am Äquator benötigt 24 Stunden, um die Strecke von 40 075 Kilometern (den Umfang der Erde am Äquator) zurückzulegen.

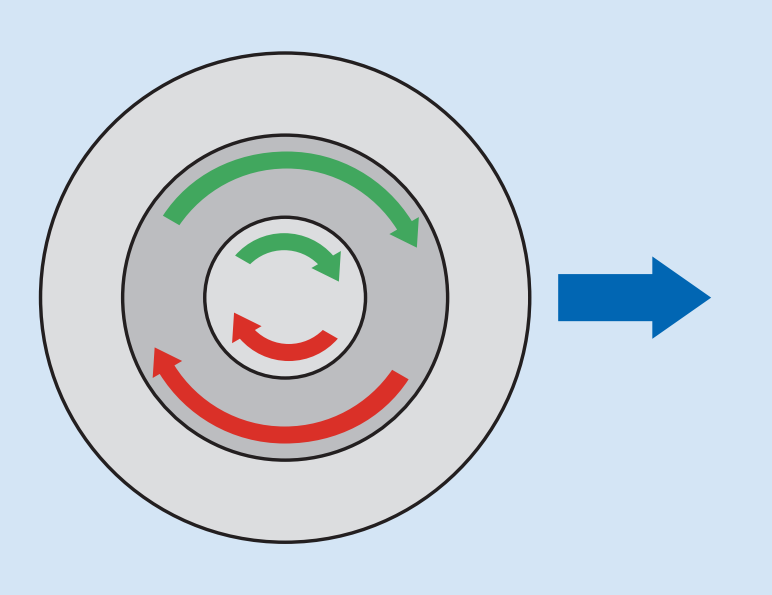
Auf ihrer Bahn um die Sonne bewegt sich die Erde mit knapp 30 Kilometern pro Sekunde (umgerechnet ca. 107 200 Kilometer pro Stunde) vorwärts. Pro Tag sind das immerhin 2,5 Millionen Kilometer, die wir uns mit unserem Planeten fortbewegen.

Unsere Sonne (und mit ihr die Erde) kreist mit 225 Kilometern pro Sekunde (810 000 Kilometer pro Stunde und daher knapp 20 Millionen Kilometer pro Tag) um das Zentrum der Milchstraße.

Dazu zwei Anregungen:

Erstens bietet es sich an, die Schülerinnen und Schüler zunächst diese Geschwindigkeitsangaben umrechnen zu lassen – z. B. Kilometer pro Sekunde in Kilometer pro Stunde und auch pro Tag.

Zweitens kann man diskutieren, wie sich daraus die Gesamtgeschwindigkeit einer Person auf der Erde errechnen lässt. Dabei ist zu beachten, dass man die Geschwindigkeiten nicht einfach addieren kann, da es sich um Kreisbewegungen handelt, die teils in entgegengesetzte Richtungen verlaufen. Nur wenn zufällig alle drei Bewegungen in ein und derselben Richtung verlaufen, ergibt sich als Maximum eine Summe von über 900 000 Kilometern pro Stunde. Tatsächlich liegt der Wert manchmal auch darunter, wenn das Tempo der Erde um die Sonne von dem Wert abzuziehen ist, mit dem die Sonne samt Erde um das Galaxis-Zentrum kreist. Deutlich wird das, wenn man sich eine mehrfache Drehscheibe vorstellt. Drei runde Pappscheiben konzentrisch übereinandergelegt – eine große, eine mittlere und eine kleine – zeigen anschaulich: Wenn die untere Scheibe das Sonnensystem darstellt, das sich hier nach rechts bewegt (blauer Pfeil), dann drehen sich die grünen Pfeile auf der mittleren (Bewegung der Erde um die Sonne) und auf der kleinen Scheibe (Rotation der Erde) mal in dieselbe Richtung (nach rechts), mal aber auch in die entgegengesetzte (rote Pfeile).



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

6. Die Erde wird neu entdeckt

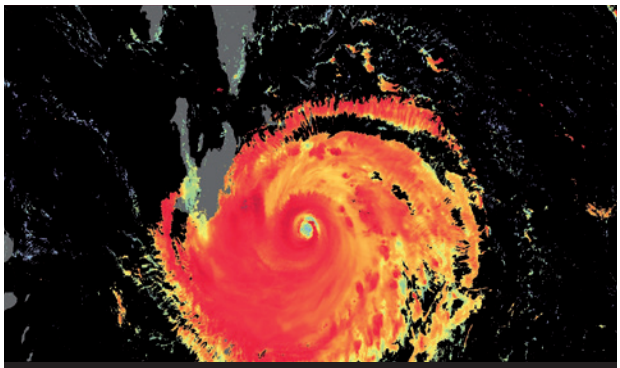
Satelliten liefern Daten über den „Gesundheitszustand“ unseres Planeten. Bild: DLR

Hintergrund-Info

Marco Polo (ca. 1254–1324), Christoph Kolumbus (ca. 1451–1506), Ferdinand Magellan (1480–1521) – diese und viele andere Namen stehen für die großen Entdecker und ihre Reisen zur Erkundung der Welt. Natürlich ging es vor allem um wirtschaftliche Interessen und Eroberungen. Und natürlich waren sie nicht die Ersten, die aufbrachen, um das Unbekannte jenseits des Horizonts zu erkunden. Die Geschichte der Menschheit erzählt schon früh davon.

Ein Datum aus der jüngeren Vergangenheit markiert einen besonderen Meilenstein: der 12. April 1961. Erstmals verließ an diesem Tag ein Mensch unseren Planeten und flog in den Weltraum: Juri Gagarin (1934–1968). Was für ein unfassbarer Schritt in der Menschheitsgeschichte! Schon einige Jahre zuvor – am 4. Oktober 1957 – war der erste Satellit namens Sputnik 1 in eine Umlaufbahn befördert worden.

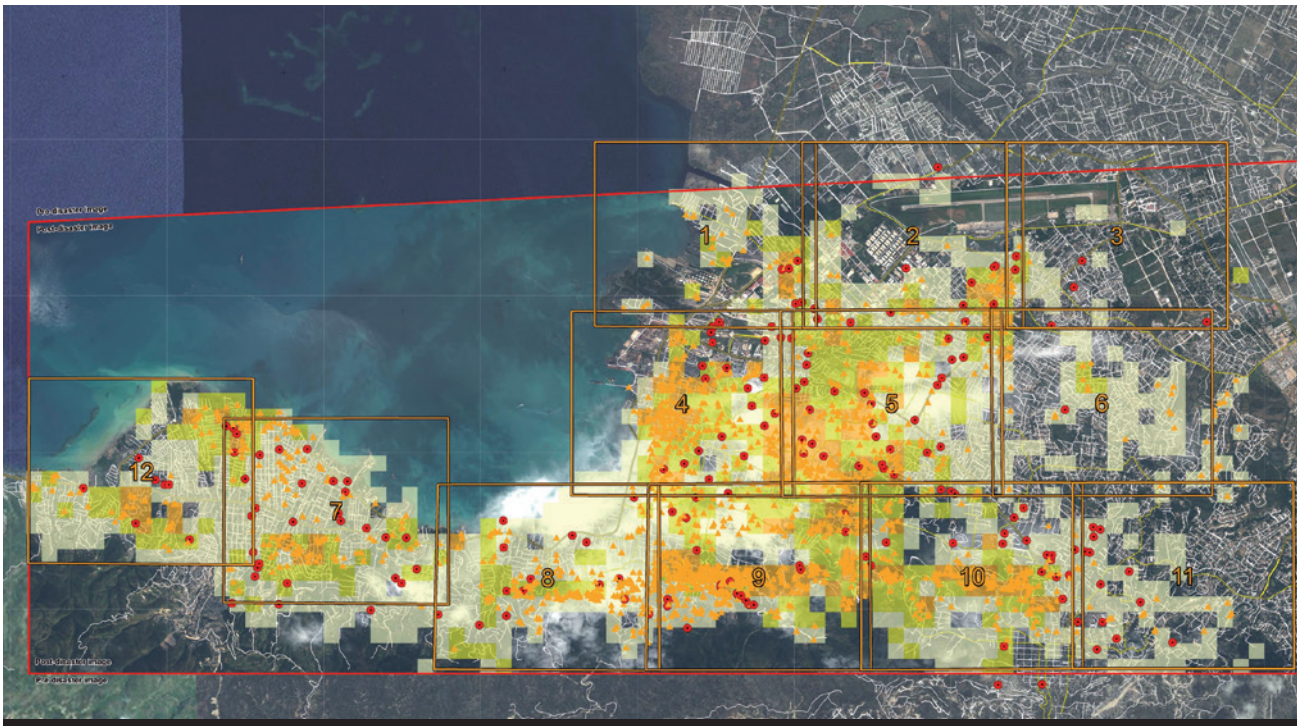
Satelliten beobachten die Erde



Mithilfe von Satelliten werden Wirbelstürme früh erkannt (das Falschfarbenbild zeigt die Druckverhältnisse an). Bild: Brockmann Consult, ESA

Heute umkreisen Hunderte von Satelliten die Erde. Sie sorgen nicht nur für ein weltumspannendes System zu Zwecken der Kommunikation und Navigation; sie dienen auch der Umweltforschung. Mit ihren Sensoren können sie aus mehreren hundert Kilometern Höhe die Temperatur der Ozeane auf Bruchteile eines Grades genau messen und Verschmutzungen der Meere erkennen. Sie beobachten, wie schnell das Eis an den Polkappen schmilzt, wie es um die Ozon-

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

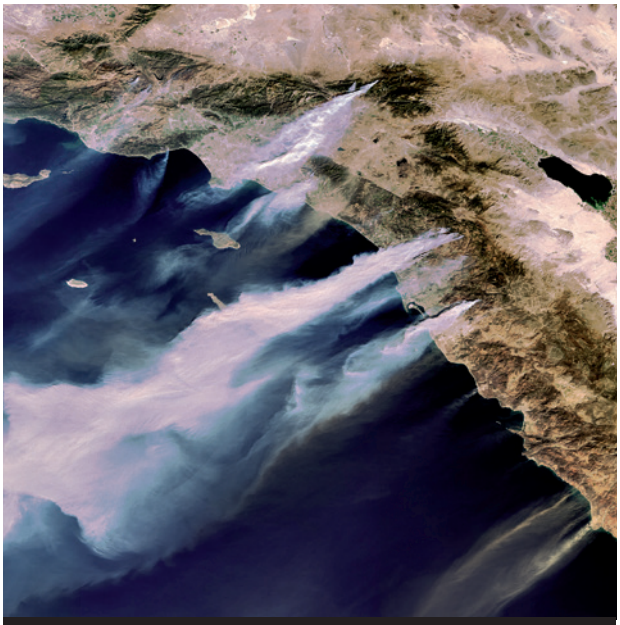


Satelliten liefern mehr als „Fotos" der Erde. Die Daten können zu aussagekräftigen Karten aufbereitet werden. In diesem Fall wurde kurz nach dem Erdbeben von Haiti (2010) das Ausmaß der Zerstörung in den verschiedenen Teilen der Hauptstadt dargestellt – wichtige Informationen für die Helfer. Bild: DLR

schicht bestellt ist oder ob Regenwälder illegal abgeholzt werden – alles wichtige Daten, die über den „Gesundheitszustand" unseres Planeten Auskunft geben. Satelliten liefern in Echtzeit und mit immer größerer Präzision Informationen über das Wetter von morgen und übermorgen und warnen vor Wirbelstürmen, sodass rechtzeitige Evakuierungen möglich sind.

Nach Erdbeben, bei Waldbränden oder Überflutungen weisen Satelliten den Rettungskräften den schnellsten Weg zum Einsatzort und geben einen Überblick über das Ausmaß der Schäden. Sie erkennen Tsunamis schon auf hoher See und ermöglichen auch in diesen Katastrophenfällen frühzeitige Warnungen. Sie vermessen die Erde mit höchster Präzision, was für viele Infrastrukturprojekte von Bedeutung ist. Selbst die Absenkung des Bodens und von Brücken oder Gebäuden wird auf den Millimeter genau erkannt – sei es im Beispiel Venedigs oder infolge des Baus neuer U-Bahnstrecken unter den Großstädten.

Kurz und gut: Ergänzt um viele Messungen und Analysen vom Boden aus, erlaubt die Raumfahrt heute ein besseres Verständnis der Vorgänge und Abläufe auf unserem Planeten. Dass wir aus diesen Informationen etwa mit Blick auf den Klimawandel die richtigen Schlüsse ziehen, ist Aufgabe der Politik und der verschiedenen Akteure unserer Gesellschaft auf nationaler und internationaler Ebene.

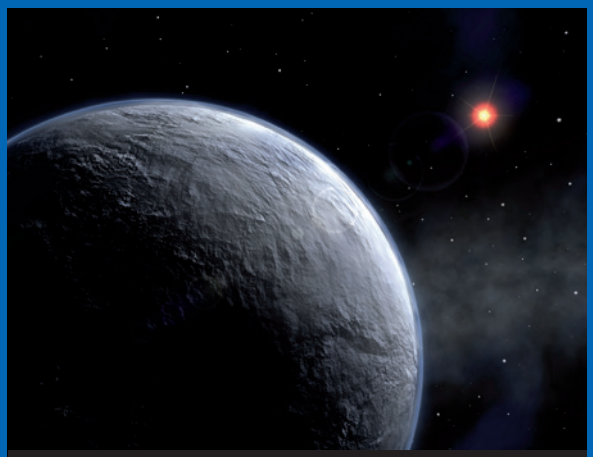


Waldbrände (hier in Kalifornien) und viele andere Naturkatastrophen können per Satellit schnell erkannt werden. Die Daten werden an die Einsatzkräfte übermittelt. Bild: ESA

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Spannend!

Eine „zweite Erde“?



Künstlerische Darstellung eines Exoplaneten. Bild: ESO

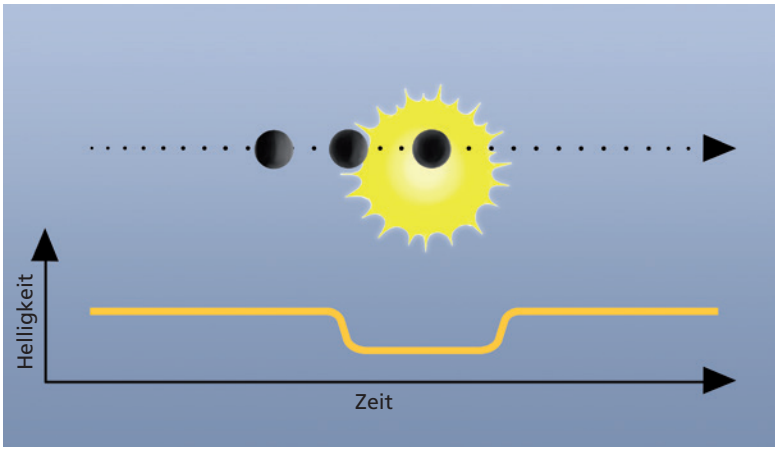
Satelliten beobachten nicht nur die Erde, sondern sie halten mit Teleskopen an Bord auch nach anderen Planeten weit über das Sonnensystem hinaus Ausschau. Eine zentrale Frage lautet dabei: Wie einzigartig ist unser „Blauer Planet“? Anders gefragt: Gibt es erdähnliche Planeten? Nicht in unserem Sonnensystem, aber ganz sicher in unserer Milchstraße – und zwar vermutlich Millionen davon. In den 1990er-Jahren wurden die ersten Planeten entdeckt, die andere Sterne umkreisen. Inzwischen kennen wir fast 2000 solcher „Exoplaneten“. Zuerst fand man nur große Planeten, die alles andere als erdähnlich waren, weil die Instrumente noch nicht ausreichend sensibel arbeiteten, um Himmelskörper von der Größe der Erde nachzuweisen. Denn die Entfernungen sind enorm! Der nächste Stern ist über 4 Lichtjahre – also rund 40 Billionen Kilometer – von uns entfernt. Und viele andere Sterne sind hundert und tausend, sogar Millionen und Milliarden Mal weiter weg!

Wie findet man da einen kleinen Planeten? Es gibt zwei Methoden: Bei der „Wackelmethode“ (eigentlich „Radialgeschwindigkeitsmethode“) macht man sich den Effekt zunutze, dass nicht nur der große Stern auf seinen kleinen Planeten Anziehungskraft ausübt, sondern auch der Planet ein klein wenig am massereichen Stern zieht. Stern und Planet verhalten sich wie ein Paar beim Eiskunstlauf mit einem großen und schweren Mann und einer kleinen und leichten Partnerin: Bei der Pirouette kreisen beide um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Unsere eigene Sonne wird von Jupiter so stark beeinflusst, dass sie ihre Position im Zentrum des Sonnensystems während eines Jupiter-Umlaufs um rund 700 000 Kilometer verändert. Sie „wandert“, so wie das auch weit entfernte Sterne tun, wenn Planeten an ihnen „ziehen“. Und das kann man nachweisen. Bei der „Flackermethode“ (eigentlich „Transitmethode“) verrät sich ein Planet, wenn er aus irdischer Sicht vor seiner Sonne vorbeizieht. Dann verdunkelt sich für uns das Licht des Sterns ganz leicht. Das ist zwar nur so, als ob man aus vielen Kilometern eine Straßenlaterne betrachten würde, die von einer kleinen Motte umschwirrt wird – aber auch das genügt. Inzwischen wurden so durch immer bessere Sensoren und Auswertungsverfahren erdgroße Planeten entdeckt, auch solche, die sich in der lebensfreundlichen „habitablen Zone“ ihres Muttersterns befinden. Ob auf ihnen tatsächlich Leben existiert, wurde noch nicht bestätigt, und es kann mit heutigen Instrumenten auch nicht nachgewiesen werden. Doch die Suche hat gerade erst begonnen, und die Instrumente werden immer besser …

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

6.1 Mitmach-Experiment: Auf Planeten-Jagd

Eine der erfolgreichsten Methoden, um extrasolare Planeten (kurz „Exoplaneten“) zu erforschen, ist die sogenannte Transitmethode. Die Idee dahinter ist folgende: Wenn ein Exoplanet um seinen Stern kreist, schiebt er sich regelmäßig zwischen uns und den Stern und schwächt kurzzeitig dessen Licht für uns ab. Auch wenn wir den fernen Planeten selbst nicht sehen können, sehen wir doch seinen Verdunklungseffekt. Wir erhalten so einen ersten Hinweis auf einen Planeten. Um diese Transitmethode geht es in dem folgenden Mitmach-Experiment. Es veranschaulicht die Vorgehensweise und zeigt auch: Bei kleineren Planeten wird es immer schwieriger, sie zu entdecken.



Hinweis: Bevor Sie das Experiment durchführen, sollten Sie Folgendes vermitteln:

- Die Sonne ist ein Stern.
- Andere Sterne, die wir nachts am Himmel sehen, sind Sonnen ähnlich wie unsere, nur viel weiter entfernt.
- Unsere Sonne wird von acht Planeten umkreist, darunter auch von der Erde.
- Lange haben die Menschen darüber nachgedacht, ob auch andere Sonnen von Planeten umrundet werden. Heute weiß man durch Beobachtungen, dass das so ist.
- Bei dem Experiment geht es um die Frage, wie man diese Planeten, die andere Sonnen umkreisen, erkennen kann.

Die Durchführung ergibt sich aus dem Schülerblatt.

Tipp zur Ergänzung des Experiments: Ältere Schülerinnen und Schüler können ergänzend die Lichtkurve mit einem „Streifenschreiber“ aufzeichnen. Ein Kind zieht dabei langsam eine Papierrolle über den Tisch, ein anderes hält einen Filzstift darauf. Dieser Stift wird nur nach oben oder unten über das Papier bewegt – je nachdem, ob das Licht der Lampe hell (Stift oben) oder dunkel (Stift unten) erscheint. In einem abgedunkelten Raum und mit einer Pappröhre als Teleskop ausgestattet wird die „Planeten-Jagd“ so noch authentischer nachgestellt.
Wichtig: Benutzen Sie eine Lampe, in deren Licht die Kinder ohne Gefahr für ihre Augen blicken können.

Materialien

- runde Tisch- oder Schreibtischlampe
- verschieden große Bälle und Kugeln
- Stromanschluss
- evtl. Papierrollen und Filzstifte (für „Streifenschreiber“)
- evtl. Pappröhre als Teleskop

Zur Didaktik

- Die Kinder lernen, dass es weit außerhalb unseres Sonnensystems andere Sonnen mit Planeten gibt.
- Das Experiment fördert Beobachtungsgabe und Teamarbeit.

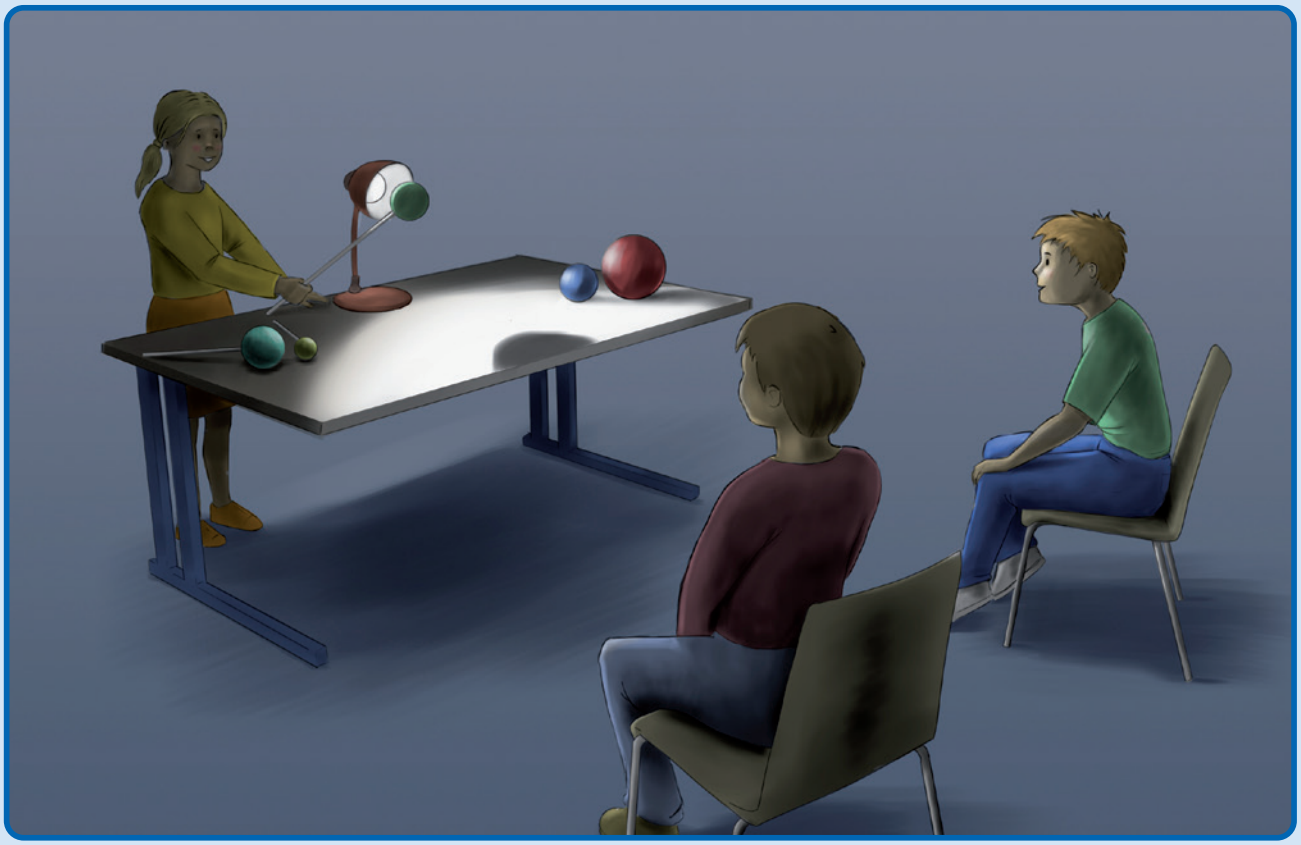
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Gehe auf Planeten-Jagd!

Um unsere Sonne kreisen acht Planeten, die Erde ist einer davon. Andere Sterne, die wir am Himmel sehen, sind Sonnen ähnlich wie unsere. Sie sehen nur so klein aus, weil sie sehr weit weg sind. Ob auch diese weit entfernten Sonnen von Planeten umkreist werden? Sehen kann man diese Planeten nicht, denn sie sind zu klein und viel zu weit weg. Um das trotzdem herauszufinden, wenden die Wissenschaftler einen Trick an: Sie beobachten das Licht dieser Sterne. Wenn es ab und zu mal dunkler wird, wissen sie: Da ist ein Planet an diesem Stern vorbeigezogen und hat ihn kurz verdunkelt. Du kannst das leicht zusammen mit anderen Kindern nachstellen.

Ihr braucht dafür:

- eine runde Lichtquelle (zum Beispiel eine Schreibtischlampe)
- mehrere Bälle und Kugeln in verschiedenen Größen (der größte Ball sollte so groß wie die Lampe sein)



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Und so geht's:

1. Dunkelt den Raum ab, und schaltet die Lampe ein. Sie ist jetzt der Stern, also eine sehr weit entfernte Sonne.

2. Ein Kind aus eurer Gruppe bewegt jetzt nacheinander die Bälle – das sind die Planeten – vor dem Stern vorbei. Die anderen beobachten das aus einigen Metern Entfernung.

3. Zuerst wird der größte Ball genommen, neben die Lampe gehalten und dann langsam vor der Lampe vorbeibewegt, sodass er kurz zwischen die Lampe und die Zuschauer gerät. Danach kommen der Reihe nach die kleineren Bälle und Kugeln an die Reihe.
   Tipp: Wer die Bälle vor das Licht hält, sollte sich seitlich neben die Lampe stellen und sie nicht verdunkeln.

4. Die Zuschauer beobachten genau: Was passiert mit dem Licht der Lampe, wenn ein Ball vor der Lampe vorbeibewegt wird? Passiert bei allen Bällen und Kugeln das Gleiche? Besprecht die Ergebnisse mit eurer Lehrerin oder eurem Lehrer.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Das Wichtigste merke ich mir!

Hier haben wir für dich noch einmal das Wichtigste über unseren Planeten Erde zusammengefasst:

- Die Erde ist eine riesige Kugel. Sie dreht sich in 24 Stunden (also in einem Tag und einer Nacht) einmal um sich selbst. Und sie braucht ein ganzes Jahr, um auf ihrer Bahn einmal um die Sonne zu kreisen. Es dauerte lange, bis die Menschen das alles verstanden hatten. Zuerst dachten sie, die Erde wäre eine Scheibe. Sie glaubten, dass die Sonne um die Erde kreisen würde, weil das am Himmel so aussieht. In Wirklichkeit drehen wir uns um uns selbst und fliegen um die Sonne herum.

- Die Erde entstand vor langer Zeit, vor über 4 Milliarden Jahren. Sie bildete sich aus einer Gas- und Staubwolke, die dann immer dichter wurde. Man kann sich das so vorstellen, als ob man ganz feinen Sand oder Schnee immer fester zusammenpresst, bis daraus eine harte Kugel wird. Auf diese Weise sind auch die Sonne und die anderen Planeten entstanden.

- Zuerst hatte die Erde keinen Mond. Doch kurz nach ihrer Entstehung stieß ein anderer Planet mit der Erde zusammen. Dabei wurde viel Gestein aus der Erde geschleudert, das sich dann zum Mond formte. Menschen lebten damals nicht auf der Erde, und es gab auch keine Tiere oder Pflanzen. Die Erde war noch viel zu heiß.

- Als sich die Erde allmählich abkühlte, bildete sich eine Kruste. Unter der Erdkruste befindet sich der Erdmantel, der weit ins Innere der Erde reicht. In der Mitte der Erde liegt der Erdkern. Im Innern ist die Erde noch immer sehr heiß. Manchmal kommt aus Vulkanen heißes Gestein aus dem Erdinnern an die Oberfläche. Das nennt man Lava (bevor die Lava aus der Erde kommt, nennt man sie übrigens „Magma“).

- Erste Vulkane schleuderten riesige Gasmengen aus dem Erdinnern. Das war aber keine Luft, die man atmen konnte. Deshalb gab es noch keine Lebewesen auf der Erde. In dieser Atmosphäre formten sich Wolken, und es regnete sehr lange. So entstanden die Ozeane. Irgendwann bildete sich das erste Leben auf der Erde. Das waren nur winzige Bakterien und Algen, die sich im Meer entwickelten. Später kamen andere Meerestiere hinzu. Dann eroberten Pflanzen und anschließend auch Tiere das Land. Das alles dauerte hunderte Millionen von Jahren. Die Bakterien und Algen und später die Pflanzen bildeten ein Gas, das man Sauerstoff nennt. Tiere und Menschen brauchen diesen Sauerstoff zum Atmen. So konnte sich das Leben weiterentwickeln, aber bis zu den ersten Menschen dauerte es noch sehr lange.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

- Die Dinosaurier waren die größten Landbewohner aller Zeiten. Sie starben aus, als ein Asteroid die Erde traf. Dieser riesige Brocken war so groß wie ein Berg. Er explodierte auf der Erdoberfläche. Die Asche verdunkelte die Erde, es wurde kalt, die Pflanzen bekamen kein Licht und starben ab. So hatten die Saurier keine Nahrung mehr. Menschen gab es damals immer noch nicht, aber die ersten Säugetiere. Die Tierarten, die die Katastrophe überlebten, entwickelten sich weiter. Nach vielen weiteren Millionen Jahren entstanden Affen. Aus ihnen entwickelten sich unsere Vorfahren, die Frühmenschen. Sie gingen nicht mehr auf vier Beinen, sondern aufrecht. Ihre Spuren und Knochen hat man in Afrika und an anderen Orten gefunden.

- Die Oberfläche der Erde ist immer etwas in Bewegung. Ganz früher hingen die Landmassen zusammen. Dann begannen sie, langsam auseinanderzutreiben. Man kann in einigen Gebieten der Erde noch gut sehen, dass sie früher einmal zusammengehörten: Die Küstenlinien von Afrika und Südamerika passen genau zusammen. Die Bewegung der Erdoberfläche spürt man nicht, außer wenn es zu Erdbeben kommt. Dann haben sich die Platten der Erdkruste vorher „verhakt" und plötzlich ruckartig ein Stück weiterbewegt.

- Unsere Erde hat eine Lufthülle, die Atmosphäre. Sie reicht bis in den Weltraum und wird nach oben immer dünner. Menschen können gerade noch auf den höchsten Bergen der Welt (rund 8000 Meter hoch) atmen, aber selbst da ist die Luft schon sehr dünn. Flugzeuge fliegen bis etwa 12 000 Meter. Darüber befindet sich nur noch ganz wenig Luft, auch wenn die Atmosphäre bis in 100 Kilometer Höhe reicht. Die Atmosphäre schützt uns vor zu viel schädlicher Strahlung, die die Sonne neben ihrer angenehmen Wärme auch noch aussendet. Außerdem besitzt die Erde ein Magnetfeld, das uns ebenfalls schützt.

- Jenseits der Atmosphäre, im Weltraum, kreisen Satelliten um die Erde. Sie wurden mit Raketen dorthin gebracht. Aus dieser Höhe untersuchen sie die Erde. Sie erkennen mit ihren Kameras, wo Wolken sind; diese Informationen werden für den Wetterbericht genutzt. So kann man die Menschen zum Beispiel vor Stürmen warnen. Auch Waldbrände und Überflutungen können Satelliten mit ihren Kameras fotografieren und die Bilder zur Erde funken. Die Satelliten arbeiten automatisch oder werden von der Erde mit einer Art Fernsteuerung bedient. Es sind also keine Astronauten an Bord, wie das in Raumschiffen der Fall ist.

- Andere Satelliten suchen den Weltraum nach weiteren Planeten ab, die vielleicht sogar der Erde ähnlich sind. Sie schauen dabei mit Kameras und anderen Geräten weit über unser Sonnensystem hinaus. So wurden schon viele andere Sonnensysteme entdeckt. Wahrscheinlich haben viele Sterne, die wir nachts am Himmel sehen, Planeten. Vielleicht gibt es dort auch Lebewesen. Bisher hat man aber noch keine Außerirdischen entdeckt. Selbst wenn das eines Tages gelingen würde: Sie wären viel zu weit weg, um zu uns zu kommen oder damit wir sie besuchen könnten.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

7. Der Mond – unser kosmischer Begleiter

Die Erde und der Mond im Vordergrund, aufgenommen von den Astronauten der Mission *Apollo 17*. Bild: NASA

Hintergrund-Info

Von der Erde aus gesehen ist der Mond neben der Sonne der auffälligste Himmelskörper. Und er ist nach der Sonne auch das weitaus hellste Objekt am Himmel – viel heller und größer als die Planeten, die wir nachts beobachten können. So sind auch Kinder schon früh mit seinem Anblick vertraut sowie mit der Tatsache, dass er nicht immer gleich aussieht. Manchmal sehen wir nur eine schmale Sichel oder einen Halbmond, dann wieder einen kreisrunden Vollmond, oder wir entdecken ihn gar nicht am Himmel. Dafür taucht er irgendwann unvermutet sogar tagsüber auf. Selbst Erwachsene wundern sich gelegentlich über dieses kleine „Verwirrspiel". In jedem Fall ahnte man aufgrund dieser wechselnden Mondphasen schon in der Antike, dass unser Trabant die Erde umkreist und die Gestalt einer Kugel hat, die von der Sonne mal aus dieser, mal aus jener Richtung angestrahlt wird.

Hinweis: Zur Größe, Entfernung und Bewegung des Mondes ▶ Mitmach-Experimente und Übungen 7.1 bis 7.4

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Krokodil, Mann im Mond – oder doch ein Hase?

Die markanten, bereits mit bloßem Auge sichtbaren Strukturen auf der Mondoberfläche beflügelten früh die menschliche Fantasie, in diesen Strukturen Tierfiguren, Gesichter oder Menschen zu erkennen. Manche afrikanischen Völker sehen im Mond ein Krokodil, während wir in Europa vom „Mann im Mond" sprechen. In China glaubt man dagegen in der leuchtenden Mondscheibe einen Hasen zu sehen. Aus diesem Grund haben die Chinesen ihrem kleinen automatischen Fahrzeug, das im Dezember 2013 auf dem Mond landete, den Namen „Jadehase" (auf chinesisch „Yutu") gegeben.

Der Mond durch ein Teleskop betrachtet. Bild: Rolf Hempel/DLR

Hinweis: Zu den Strukturen auf der Mondoberfläche
▶ Mitmach-Experiment 7.5

▶ Spannend!

Der Mond entfernt sich von uns

Der Mond ist rund 400 000 Kilometer von der Erde entfernt. Seine Bahn ist leicht elliptisch: Der geringste Abstand kann dabei 356 400 Kilometer betragen, der größte 406 700 Kilometer. Als mittlere Entfernung gibt man üblicherweise 384 400 Kilometer an. Und jedes Jahr kommen ein paar Zentimeter dazu! Genauer: Der Mond entfernt sich pro Jahr um 3,8 Zentimeter von uns. Das hängt damit zusammen, dass sich Erde und Mond gegenseitig mit ihrer Schwerkraft beeinflussen, und zwar so, dass jeder den anderen etwas in der Drehgeschwindigkeit abbremst. Weil die Erde mehr Masse hat, nämlich 81-mal so viel wie der Mond, wirkt sich das Abbremsen vor allem auf den Mond aus, der dadurch langsamer wird. Aber je langsamer ein kleinerer Himmelskörper einen größeren umkreist, desto weiter entfernt muss aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten seine Bahn sein. „Langsam" heißt also automatisch „weiter weg". Auch im Sonnensystem sind die weit von der Sonne entfernten Planeten mit geringerer Geschwindigkeit unterwegs als Planeten, die der Sonne näher sind.

Zur Didaktik

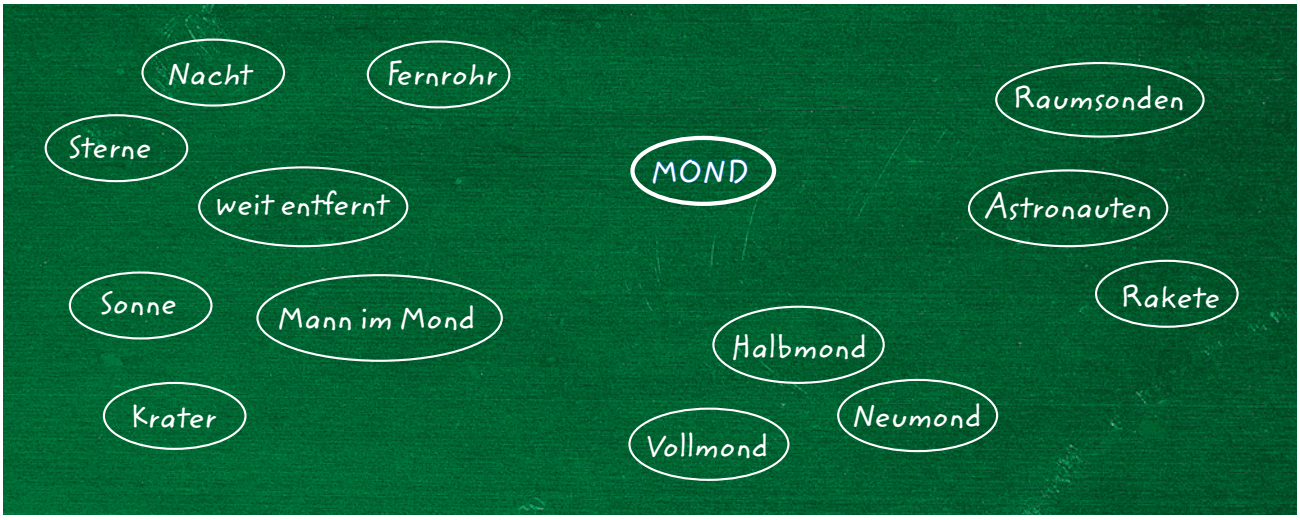
- Die folgenden Übungen und Mitmach-Experimente führen an das Thema Mond heran.
- Sie vermitteln – mit Blick auf die Größenverhältnisse und die Entfernung von Erde zu Mond – eine erste Vorstellung von den Dimensionen.
- Die Kinder erfahren, dass der Mond kleiner als die Erde ist und diese umkreist.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

7.1 Zum Einstieg: Vorwissen zum Mond

Fragen Sie die Kinder zum Einstieg, was ihnen zum Thema Mond alles einfällt. Notieren Sie die Stichworte an der Tafel. Am Ende dieser kleinen „Brainstorming-Runde“ entsteht ein Tafelbild mit mehr oder weniger geordneten Begriffen – vom „Mann im Mond“ über „Krater“ oder „Vollmond“ vielleicht bis hin zu „Astronauten“, die ja auf dem Mond gelandet sind. Damit haben alle Kinder eine gemeinsame Ausgangsbasis.

Tipp: Sie können die von den Kindern genannten Begriffe auf Kärtchen schreiben. Diese lassen sich leichter sortieren und gruppieren; evtl. können dies auch die Schülerinnen und Schüler übernehmen.



7.2 Mitmach-Experiment: Größe des Mondes und Entfernung von der Erde

Wie groß ist der Mond? Wie weit ist er von uns entfernt? Das sind oft die ersten Fragen beim Anblick des Mondes. Ein einfaches Mitmach-Experiment verdeutlicht die Dimensionen.

Materialien

- Kugel für die Erde mit 12 cm Durchmesser
- Kugel für den Mond mit 3 cm Durchmesser
- Maßband oder Gliedermaßstab

Durchführung

Platzieren Sie die Erde in der Mitte des Raumes. Im Maßstab 1:100 Mio., bei dem 1 Zentimeter im Modell ca. 1000 Kilometern in der Realität entspricht, ist der Mond knapp 4 Meter von der Erde entfernt. Die Kinder sollen diesen Abstand genau ausmessen und die „Mondkugel“ entsprechend aufstellen.

Erläuterung

Der Durchmesser der Erde beträgt am Äquator 12 756 Kilometer. Der Mond hat nur einen Durchmesser von 3476 Kilometern. Die mittlere Entfernung zwischen Erde und Mond beträgt 384 400 Kilometer. **Hinweis:** In diesem Heft ist häufiger von Erde- und Mond-Modellen die Rede. Wir empfehlen meist eine Erdkugel von 12 cm und einen Mond von 3 cm Durchmesser, weil diese Größen etwa in Form von Styroporkugeln leicht im Handel erhältlich sind. Sie können natürlich andere Größen wählen, die sich proportional entsprechen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

7.3 Mitmach-Experiment: Der Mond kreist um die Erde

Nachdem die Erd- und Mondkugeln im richtigen Abstand platziert wurden, ist es nur noch ein kleiner Schritt, den Mond auf eine Bahn rund um unseren Planeten zu schicken: Die Kinder stellen sich dazu in knapp 4 Metern Abstand im Kreis um die Erdkugel herum auf und lassen die Mondkugel nun von Hand zu Hand wandern.

Hinweis: Je nach Alter der Kinder können Sie bereits an dieser Stelle drei Dinge erwähnen:

1. Der Mond benötigt für eine Umkreisung der Erde etwa einen Monat.
2. Der Mond zeigt immer mit derselben Seite zur Erde, wir sehen also nie seine „Rückseite". Das nennt man „gebundene Rotation" – ein Effekt, der sich immer dann einstellt, wenn ein deutlich kleinerer Himmelskörper relativ nah einen deutlich größeren umrundet. **Hinweis:** Dies lässt sich an einem Tellurium (siehe Seite 90 f.) gut nachvollziehen. Sie können aber auch einfach hier die erdabgewandte „Rückseite" des Mondes zur Verdeutlichung mit einem Punkt/einer Nadel markieren.
3. Der Mond ist nicht immer exakt gleich weit von der Erde entfernt, denn seine Bahn ist leicht elliptisch geformt. Für die Kinder genügt es als grobe Näherung und Vereinfachung, sich die Entfernung mit rund 400 000 Kilometern zu merken (dies entspricht ca. 30-mal dem Erddurchmesser, also 30 aneinandergereihten Erdkugeln).

7.4 Mitmach-Experiment: Den Mond beobachten

Die Mond-Unterrichtseinheit mit einer Beobachtung des Erdtrabanten zu beginnen, macht das Ganze zum unvergesslichen Erlebnis – ob mit oder ohne Hilfsmittel, ob individuell als „Hausaufgabe" oder gemeinsam morgens vom Schulhof aus oder bei einer abendlichen Wanderung mit der ganzen Klasse. Vielleicht gibt es eine Sternwarte in Ihrer Nähe, die Sie mit den Kindern besuchen können.

Mit bloßem Auge erkennt man helle und dunkle Regionen auf dem Mond. Kinder können zu einer genauen Beobachtung angeregt werden, indem sie ihre eigene Mondkarte zeichnen (helle und dunkle Gebiete bei Vollmond in einen runden Kreis eintragen) und anschließend im Unterricht vorzeigen.

Hinweis: Da der Vollmond immer dann aufgeht, wenn die Sonne gerade untergegangen ist, sollte man jüngeren Kindern diese Aufgabe mit Blick auf die Uhrzeit möglichst im Winter stellen (weil dann die Sonne früher untergeht und entsprechend der Vollmond früher aufgeht).

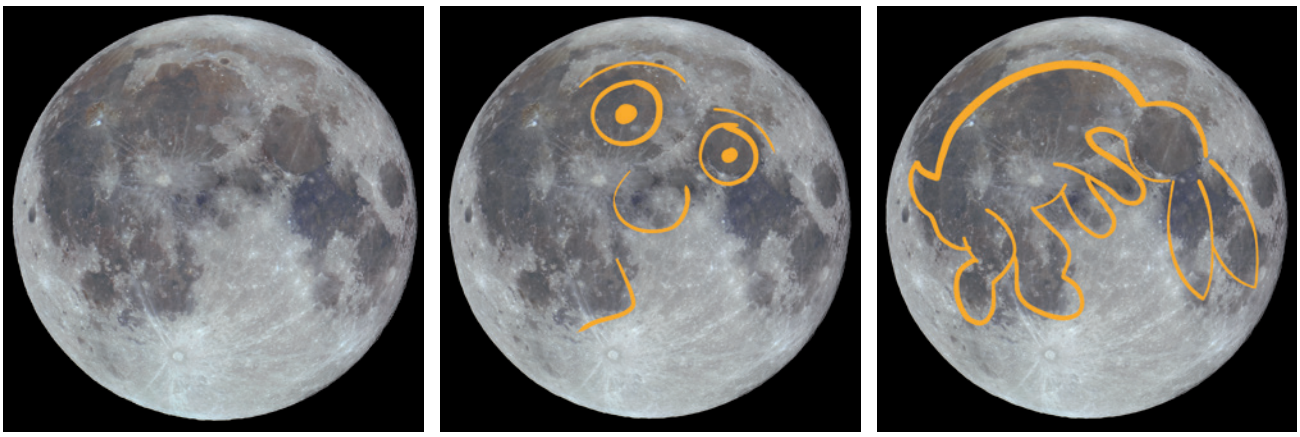
Mit optischen Hilfsgeräten sieht man viel mehr als mit dem bloßen Auge. Schon eine handelsübliche Digitalkamera lässt im Zoom viele Krater erkennen. Erst recht beeindruckt der Blick durch ein Fernglas oder durch einen guten Feldstecher. Zum Erlebnis wird die Mondbeobachtung mittels Teleskop.

Tipp: Gerade der Vollmond ist für Beobachtungen nicht ideal. Viel besser ist es, wenn das Sonnenlicht nicht frontal, sondern wie bei ab- oder zunehmendem Mond seitlich auf unseren Trabanten trifft und die Krater kontrastreiche Schatten werfen. Vor allem an der Tag-/Nachtgrenze, dem Terminator, zeichnen sich dann Krater besonders spektakulär ab.

Also: Den „Mann im Mond" beobachten oder eine eigene Mondkarte zeichnen – das klappt bei Vollmond gut. Aber mit Ferngläsern ausgestattet den Mond und seine Krater beobachten – das geht besser zu anderen Zeiten. Dabei sollten Sie natürlich vorher prüfen, um welche Uhrzeit der Mond jeweils zu sehen ist (siehe Seite 94).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

7.5 Mitmach-Experiment: Der „Mann im Mond“



Dieses Mitmach-Experiment ist eher für jüngere Kinder geeignet. Hier werden der „Mann im Mond“ und andere Mythen wie der chinesische „Mondhase“ künstlerisch behandelt. Die Kinder malen in das Foto des Mondes auf dem Schülerblatt das typische Mondgesicht und überlegen sich, wo der chinesischen Interpretation zufolge ein Hase im Mond zu erkennen sein könnte. **Hinweis:** Was es mit den hellen und dunklen Regionen auf sich hat und welche Ursachen diese haben, wird im Kapitel zur Mondoberfläche ausführlich erklärt (siehe Seite 75 ff.). Vorab zur Info: Anfangs war der Mond wohl ganz hell, also eine „weiße Kugel“. Dann schlugen Asteroiden ein und hinterließen riesige Krater. Aus dem Untergrund drang dunkle Lava an die Oberfläche und füllte die Kraterbecken auf. So nahm der Mond sein heutiges Aussehen an. Die dunklen Gebiete sind also mit Lava gefüllte Becken, die hellen Regionen sind die alten Hochländer aus hellerem Material.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Der „Mann im Mond“

Du hast sicher schon vom „Mann im Mond“ gehört. Den gibt es zwar nicht wirklich, aber mit etwas Fantasie kann man in den dunklen Flecken des Mondes so etwas wie ein „Mondgesicht“ erkennen. Findest du es? Dann zeichne es auf das erste Foto vom Mond ein.

Und warum wohl sehen die Menschen in China da kein Gesicht, sondern einen Hasen? Welche dunklen Flecken könnten den „Mondhasen“ zeigen? Male es ins zweite Bild ein.

Erkennst du selbst noch etwas ganz anderes im Mond? Vielleicht musst du den Kopf nur ein bisschen schräg halten oder das Foto drehen, um ganz andere Tiere oder Dinge im Mond zu sehen. Male einfach ins dritte Bild hinein, was du erkannt hast.

Du kannst deine Zeichnungen mit anderen in der Klasse gemalten Bildern vergleichen. Anschließend werdet ihr mit eurer Lehrerin oder eurem Lehrer sicher besprechen, was die dunklen Flecken auf dem Mond eigentlich sind.

Bilder: Rolf Hempel/DLR

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

8. Der Aufbau des Mondes

Bei der Raumfahrtmission A*pollo 8* sahen Menschen erstmals die Erde aus dieser Perspektive: unser „Blauer Planet" hinter der grauen Oberfläche des Mondes. Bild: NASA

Hintergrund-Info

Wohl jeder kennt dieses berühmte Foto, auf dem die Erde über dem Horizont des Mondes „aufgeht" – ganz ähnlich, wie wir dies aus umgekehrter Perspektive gewohnt sind, wenn der Mond dicht über dem Horizont steht. Und man erkennt: Natürlich hat auch die Erde vom Mond aus betrachtet „zunehmende" und „abnehmende Phasen". Die Aufnahme entstand 1968 bei der Mission *Apollo 8*, als erstmals Menschen zum Mond flogen und ihn umkreisten (die erste Mondlandung fand erst im folgenden Jahr mit *Apollo 11* statt). Auf dem Bild springt dem Betrachter förmlich der Kontrast zwischen diesen beiden Himmelskörpern ins Auge: der „Blaue Planet Erde" mit den Kontinenten, Wolken und Wassermassen der Ozeane, die überhaupt erst das Leben in aller Vielfalt ermöglicht haben, und im Gegensatz dazu der Mond mit seiner kahlen und grauen Oberfläche ohne jede Spur von Leben.

Tatsächlich sind Erde und Mond zwei extrem unterschiedliche Himmelskörper, die allerdings auch einige Gemeinsamkeiten haben. Beide bestehen aus Gestein, und beide befinden sich praktisch in derselben Distanz zur Sonne, die rund 150 Millionen Kilometer entfernt ist (sodass es keinen Unterschied macht, ob der Mond mal 400 000 Kilometer näher oder weiter von ihr weg ist). Doch während die Erde von einer Lufthülle umgeben ist, fehlt dem Mond jede Atmosphäre.

Warum der Mond keine Atmosphäre hat

Warum hat der Mond keine Lufthülle wie die Erde? Die Hauptursache liegt in der geringen Masse des Mondes. Seine Anziehungskraft reicht nicht aus, die leicht beweglichen Gas-Atome so stark an sich zu binden, dass eine nennenswerte Atmosphäre entstehen könnte. Bei der Erde stammen die Gase, die unsere Lufthülle gebildet haben, im Wesentlichen aus dem Innern des Planeten, wo sie von Vulkanen ausgestoßen wurden (siehe Seite 40). Und weil die Erde eine ausreichend große Anziehungskraft ausübt, konnte und kann sie diese Gase an sich binden. Auf dem Mond reicht die viel geringere Anziehungskraft dafür nicht aus. Die von den (heute ohnehin nicht mehr aktiven) Vulkanen ausgestoßenen gasförmigen Stoffe entwichen sofort ins Weltall. Deshalb gibt es auf dem Mond keine Ozeane, Flüsse und Seen, denn es gibt keine Wolken, aus denen es regnet, keinen Wind und kein Wetter – und folglich auch kein Leben.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Die Spuren, die die *Apollo*-Astronauten auf dem Mond hinterließen, sehen heute noch genauso aus wie damals, denn auf dem Mond gibt es keinen Wind, der sie verwehen würde, und auch keinen Regen. Bild: NASA

Hinzu kommt ein weiterer Punkt, der mit der Entstehungsgeschichte unseres Trabanten zu tun hat. Der Mond ist vermutlich entstanden, als die junge Erde von einem anderen, kleineren Planeten getroffen wurde (siehe Seite 21 und Seite 83). Bei dieser gewaltigen Kollision wurden riesige Materialmengen aus der Erde herausgerissen. Natürlich ging es bei einem solchen kosmischen Crash ziemlich „heiß" zu. Flüchtige Stoffe verdampften und entwichen zum größten Teil ins Weltall. Die Materie, die sich anschließend in einer Umlaufbahn um die Erde sammelte und allmählich zum Mond formte, enthielt also kaum noch Gase. Während es auf anderen Monden im Sonnensystem offenbar Wasser gibt, war unser Mond von Anfang an ein trockener und lebensfeindlicher „Gesteinsbrocken". Dass er wie die Erde einen lebensfreundlichen Abstand zur Sonne hat, ändert daran nichts.

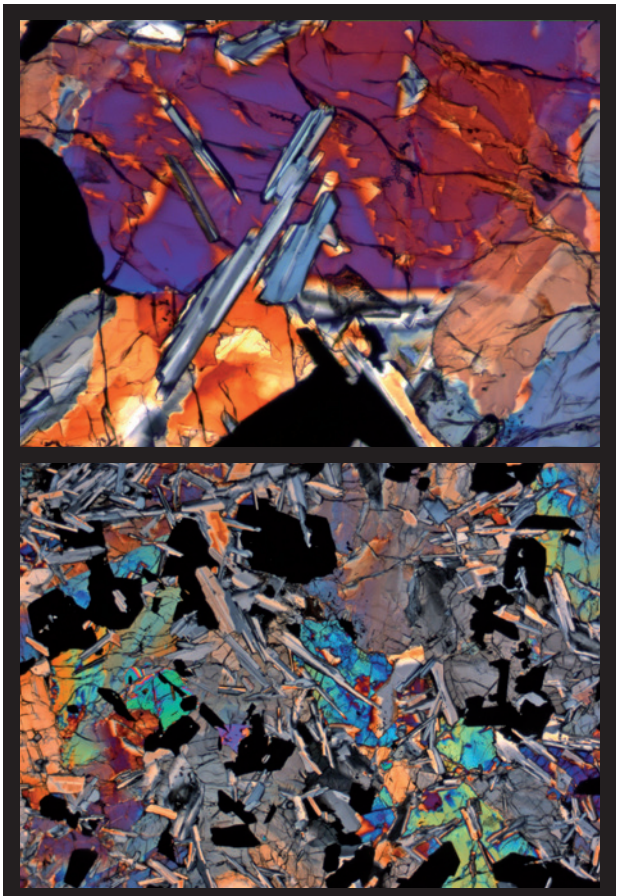
Der innere Aufbau des Mondes

Wir wissen heute, dass der Mond eine ähnliche, aber nicht dieselbe Zusammensetzung von Stoffen hat wie die Erde (siehe Seite 30). Auch der Mond besteht aus einer relativ dünnen Kruste, einem mächtigen Gesteinsmantel und – darin sind sich die Wissenschaftler inzwischen einig – aus einem Kern aus Eisen, Nickel und etwas Schwefel.

Woher weiß man, wie es im Innern des Mondes aussieht? Schließlich hat niemand ein Loch in den Erdtrabanten gebohrt. Anhaltspunkte geben die während der *Apollo*-Missionen aufgestellten Seismometer. Sie registrieren um die tausend Mondbeben pro Jahr. Teils hat man auch kleine künstliche „Beben" erzeugt, indem Teile der *Apollo*-Raumschiffe und später auch Satelliten gezielt auf der Oberfläche zum Einschlag gebracht wurden. Andere Satelliten haben im Überflug die Anziehungskraft des Mondes genau vermessen, die – wie auf der Erde – nicht überall gleich ist. Aus den Unterschieden ließen sich Rückschlüsse auf die Verteilung der Dichte im Innern ziehen. Immer noch rätselhaft ist, dass die Mondkruste auf der „Vorderseite" des Mondes mit 60 Kilometern nur halb so dick ist wie auf der erdabgewandten „Rückseite", wo die Kruste eine Dicke von 120 Kilometern aufweist.

Das Geheimnis der alten Mondsteine

Dass Erde und Mond, stark vereinfacht gesagt, denselben Aufbau haben, erscheint auf den ersten Blick wenig spektakulär. Tatsächlich ist es Teil eines faszinierenden „Forschungskrimis". Wir verdanken viele Erkenntnisse den zwölf Menschen, die zwischen 1969 und 1972 auf dem Mond gelandet sind. Sie stellten auf der Oberfläche unter anderem jene Instrumente zum Messen von Mondbeben auf, die



Diese beiden Bilder zeigen vulkanisches Mondgestein (Basalt) unter dem Mikroskop. Die schillernden Farben entstehen, weil das Gestein zu hauchdünnen Scheibchen gesägt und dann polarisiertes Licht durch die Schliffe geleitet wurde. Bilder: NASA

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Spannend!

Doch Wasser auf dem Mond!

Für eine Überraschung sorgten vor einigen Jahren die Mond-Sonden *Lunar Prospector* (USA) und *Chandrayaan 1* (Indien). Die Instrumente dieser Orbiter zeigten an, dass es etwas Eis in tiefen Kratern am Nord- und Südpol gibt, wo nie ein Lichtstrahl hinkommt und deshalb immer sehr tiefe Temperaturen herrschen. Vermutlich ist dieses Eis von Kometen „importiert" worden. Auch das Mondgestein selbst enthält etwas Wasser, wenn auch nur äußerst geringe Mengen.

Rückschlüsse auf das Innere des Mondes erlauben. Und vor allem brachten sie all die Gesteinsproben mit zur Erde, die hier analysiert wurden und für eine Überraschung sorgten. Denn die Steine vom Mond sind extrem alt – allesamt über 3 Milliarden Jahre und manche bis zu 4,4 Milliarden Jahre! Auf der Erde findet sich annähernd altes Gestein nur in ganz wenigen Ausnahmefällen, etwa an zwei Fundstellen in Australien und Kanada, wo über 4 Milliarden Jahre alte Kristalle in den Gesteinen entdeckt wurden.

Wie kann das Mondgestein so alt sein, wenn doch die Erde etwas älter ist als der Mond, der aus ihr „herausgesprengt" wurde? Dazu muss man wissen, wie Wissenschaftler das Alter von Steinen ermitteln. Dies geschieht über das Messen von radioaktiven Zerfallsprozessen, wie sie in der Natur permanent ablaufen. Jede Materie hat so etwas wie eine innere „Atomuhr". Wird allerdings Gestein aufgeschmolzen, wie das auf der geologisch aktiven Erde von Anfang an geschah und zum Teil noch immer geschieht, wird dieser Zerfallsprozess unterbrochen und die „innere Uhr" des Gesteins beim Erkalten gewissermaßen auf „Null" zurückgestellt. Fast alle Gesteine der Erde wurden im Laufe der Zeit immer wieder ins Innere unseres Planeten gezogen, dort aufgeschmolzen und die Uhr somit wieder und wieder auf „Anfang" gestellt. Das Mondgestein aber konnte ungestört altern. Für die Forschung ist der Mond daher so etwas wie ein „Fenster" in die früheste Zeit des Sonnensystems. Während auf der Erde die meisten Spuren dieser Zeit längst verschwunden sind, konnte man mit dem Mondgestein zwei Rätsel lösen, die die Wissenschaftler lange beschäftigt hatten. Erstens: Wie hat sich die Erde gebildet, und wie verlief ihre „Kindheit"? Und zweitens: Wie entstand der Mond? So trugen die *Apollo*-Missionen dazu bei, nicht nur die Geschichte des Mondes, sondern auch die Vergangenheit unseres eigenen Planeten besser zu verstehen.

Die *Apollo-17*-Astronauten untersuchen Mondgestein an einem Felsen, den sie nach der Tochter des Kommandanten Eugene Cernan „Tracy's Rock" getauft hatten. Bild: NASA

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Zur Didaktik

- Die Mitmach-Experimente führen die Kinder an das Thema „Anziehungskraft und Masse“ heran.
- Die Kinder lernen, dass der Mond wegen seiner geringeren Masse weniger Anziehungskraft ausübt als die Erde.
- Die anschließenden Rechenaufgaben vertiefen und konkretisieren das Gelernte.

8.1 Mitmach-Experiment: Der „leichte“ Mond

Rund 81 Monde wären nötig, um die Erde aufzuwiegen. Unser Mond ist also ein kosmisches „Leichtgewicht“. Dementsprechend wenig Anziehungskraft übt er auf alles aus, was sich auf oder um ihn herum befindet. Aus dem Grund hat der Mond auch keine Atmosphäre. Die *Apollo*-Astronauten mussten bei ihren Exkursionen auf der Mondoberfläche Anzüge, Helme und Sauerstofftanks tragen – wie ein Taucher, der seine Luft zum Atmen in Sauerstoffflaschen mit sich führt. Dafür konnten sie Sprünge wie Kängurus machen, denn die Anziehungskraft beträgt nur ein Sechstel der irdischen Anziehungskraft. Mit einem einfachen Experiment können die Kinder das intuitiv nachvollziehen.

Materialien

- 2 undurchsichtige Flaschen oder Schachteln/kleinere Kartons
- Sand (oder Wasser, wenn Flaschen benutzt werden)
- ggf. blickdichte Folie (z. B. Alufolie) für die Flaschen oder ein Tuch, um die Augen zu verbinden

Durchführung

Eine Flasche bzw. Schachtel wird randvoll gefüllt, die andere nur zu einem Sechstel (z. B. mit 900 g bzw. 150 g Sand oder Wasser). Das Gewicht der vollen Flasche/Schachtel entspricht dem Gewicht der Flasche/Schachtel auf der Erde, die sich auf dem Mond lediglich wie die leichte Flasche/Schachtel anfühlen würde. Die Kinder erhalten so ein erstes Gespür dafür, was „reduzierte Schwerkraft“ heißt. Alle Kinder dürfen das in dieser kleinen Übung ausprobieren. **Hinweis:** Die Kinder können den Vergleichstest natürlich auch mit verbundenen Augen machen, falls nur durchsichtige Flaschen zur Verfügung stehen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

8.2 Mitmach-Experiment: „Mondsprünge“

Dieses Mitmach-Experiment kann als Ergänzung zum Experiment 8.1 dienen. Hier können die Kinder selbst versuchen, „Sprünge wie Kängurus“ zu machen.
Hinweis: Das Material Schaumstoff ist gut geeignet, dass Kinder sich ohne Verletzungsgefahr auch an dem hohen „Mondsprung“ versuchen.

Materialien

- Schaumstoffwürfel 15 cm x 15 cm x 15 cm für „Erdsprung“
- Schaumstoffblock 15 cm x 15 cm x 90 cm für „Mondsprung“ (mit einem Stift in jeweils 15 cm Abstand den „Erdsprung“ markieren)

Durchführung

Die Schaumstoffblöcke werden nebeneinander aufgestellt und die Kinder aufgefordert, entsprechend hoch zu springen. Die Ansage kann beispielsweise lauten: „Mit der gleichen Energie, mit der du auf der Erde 15 cm hoch springst, könntest du auf dem Mond über diese 90 cm springen.“ **Hinweis:** Achten Sie aus Sicherheitsgründen unbedingt darauf, dass die Kinder nicht von Tischen oder Stühlen springen, sondern nur versuchen, vom Boden aus hoch zu springen.

Möglichkeiten zur Vertiefung

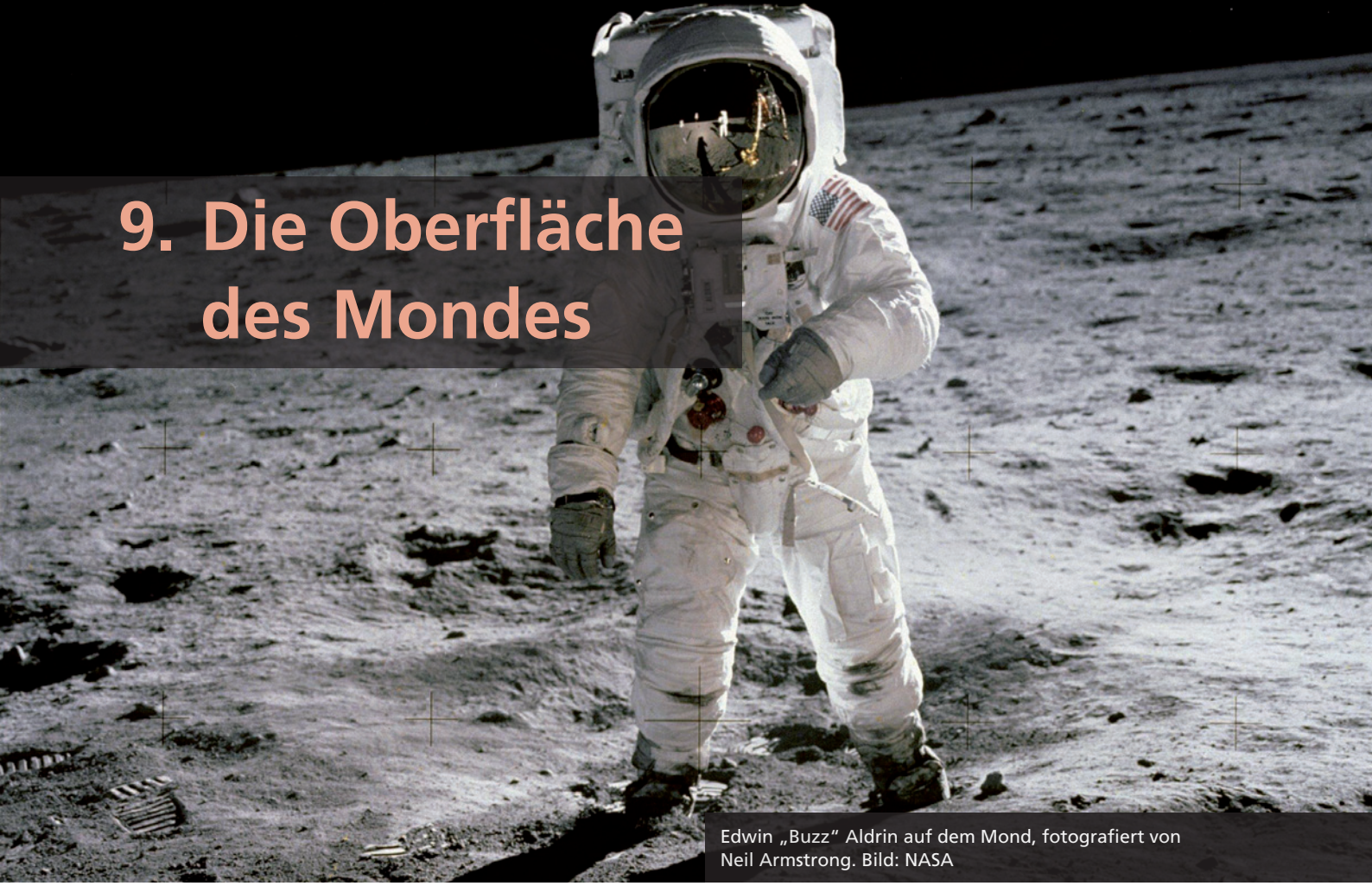
Die Anziehungskraft ist auf der Erde 6-mal größer als auf dem Mond. Die Schülerinnen und Schüler rechnen aus:

- Ein Sack Kartoffeln wiegt auf der Erde 6 Kilogramm. Wie schwer ist er auf dem Mond? (Antwort: 1 kg)
- Ein Elefant wiegt auf der Erde 2400 Kilogramm. Wie schwer ist er auf dem Mond? (Antwort: 400 kg)
- Ein Gewichtheber stemmt auf der Erde 100 Kilogramm. Wie viel schafft er auf dem Mond? (Antwort: 600 kg)
- Ein Hochspringer schafft auf der Erde 2 Meter. Wie hoch würde er bei gleicher Anstrengung theoretisch auf dem Mond springen können? (Antwort: 12 m)

Solche und ähnliche Aufgaben können Sie als individuelle Aufgaben vergeben oder gemeinsam mit der ganzen Klasse behandeln.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

9. Die Oberfläche des Mondes



Edwin „Buzz“ Aldrin auf dem Mond, fotografiert von Neil Armstrong. Bild: NASA

Hintergrund-Info

Eine „großartige Einöde“ nannte Edwin Aldrin, der zweite Mann auf dem Mond, den Anblick, der sich ihm nach dem Ausstieg aus der Landefähre bot. Dass Aldrin zusammen mit seinem Kollegen Neil Armstrong – dem ersten Menschen, der die Mondoberfläche betrat – dort überhaupt „herumspazieren“ konnte, war vorher für einige Forscher gar nicht so sicher. Sie befürchteten, dass der Boden ganz anders beschaffen wäre als auf der Erde: nämlich von einer dicken und pulverförmigen Staubschicht bedeckt, in der die Mondlandefähre versinken könnte. Immerhin wird die Oberfläche ohne schützende Atmosphäre seit Jahrmilliarden von Meteoriten und energiereichen Teilchen „bombardiert“, die von der Sonne und aus der Tiefe des Alls kommen und dem Gestein so zusetzen, dass es zu pulverartigem Staub zerfällt. Obwohl unbemannte Sonden ohne Probleme auf festem Boden gelandet waren, ging die NASA bei der Konstruktion der Mondfähren sicher und rüstete die „Landebeine“ mit breiten, tellerartigen „Füßen“ aus, um ein Einsinken auszuschließen. Die Mondlandungen zeigten schließlich, dass der Mond zwar tatsächlich von einer Staubschicht überzogen ist, diese aber fest genug ist, um darauf zu laufen. Man konnte bei späteren *Apollo*-Missionen mit „Mond-Autos“ sogar weite Strecken auf der Oberfläche zurücklegen.

Die einige Meter dicke, kompakte Staubschicht wird „Regolith“ genannt und bildet die Oberfläche des Mondes.

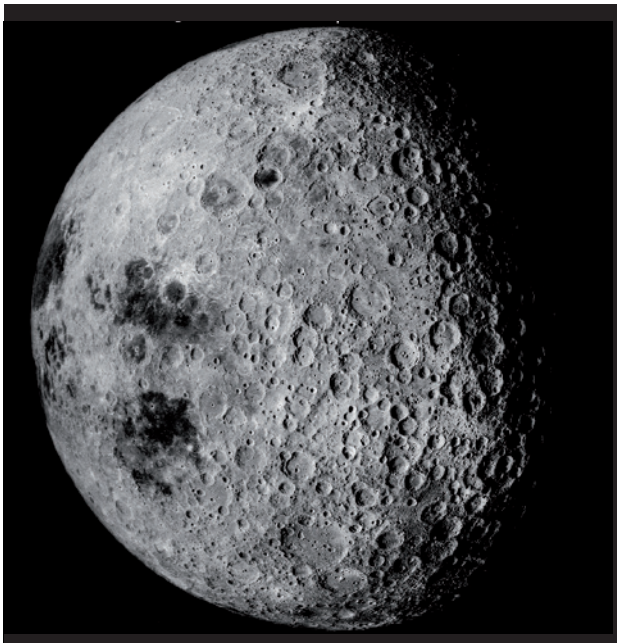
Helle und dunkle Regionen – was steckt hinter dem Gesicht vom „Mann im Mond“?

Wenn wir von der Erde zum Mond schauen, fallen uns helle und dunkle Gebiete auf. Dieser Unterschied hat seine Ursache in zwei ganz unterschiedlichen Gesteinstypen.

- Die hellen Regionen enthalten Gesteine aus hellen Mineralien. Es handelt sich hauptsächlich um eine Sorte Feldspat, ein Mineral, das auch auf der Erde vorkommt. Die Mineralogen nennen diesen kalziumreichen Feldspat Anorthosit. Er verkörpert die erste, älteste Gesteinskruste auf dem Mond. Da die hellen Gebiete meist höher als die dunklen liegen, spricht man auch vom „Hochland“ des Mondes.
- Die dunklen Gebiete sind hauptsächlich in tiefen, oft kreisrunden Senken zu finden. Diese Senken sind durch die Einschläge riesiger Asteroiden entstanden. Manchmal haben die Krater einen

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Durchmesser von mehr als tausend Kilometern. Die Riesenkrater füllten sich mit dunkler, fast schwarzer Lava, die aus Spalten an die Oberfläche floss und erkaltete. Diese vulkanischen Gesteine ähneln ebenfalls einer Sorte von Gesteinen, die wir auf der Erde häufig antreffen: Basalt. Manche Vulkane auf der Erde sind aus Basaltlava aufgebaut, etwa die erloschenen Vulkane in der Eifel, der Ätna auf Sizilien oder die Vulkane auf Hawaii. Auch die Böden unserer Ozeane bestehen aus Basalt. Und weil man noch vor einigen hundert Jahren dachte, die dunklen Flächen auf dem Mond seien Meere, erhielten sie die noch heute übliche Bezeichnung „Mare“.



Dieses von *Apollo-16*-Astronauten fotografierte Bild zeigt links einen Teil der erdzugewandten Seite des Mondes. Rechts sieht man die „Rückseite“ des Mondes, die viel mehr Krater aufweist. Bild: NASA

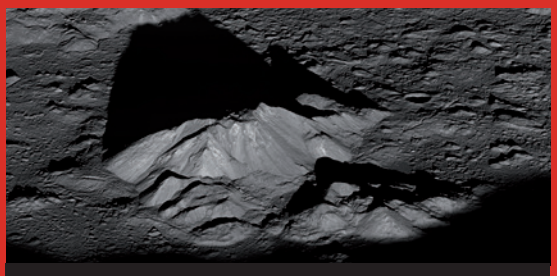
Hochländer und Mare sind auf dem Mond unterschiedlich häufig verteilt. Auf der „Vorderseite“, die wir von der Erde aus sehen, bilden Mare etwa ein Viertel der Flächen, während drei Viertel aus Hochland bestehen. Erst seit etwa 50 Jahren wissen wir, dass dieses Verhältnis auf der „Mondrückseite“, die wir von der Erde nie sehen können, ganz anders ist. Dort gibt es fast keine Mare. Die Ursache hierfür ist nicht zweifelsfrei geklärt. Wahrscheinlich hat es damit zu tun, dass die Kruste auf der erdabgewandten Seite rund doppelt so dick ist wie auf der „Vorderseite“. Daher konnte Magma nicht so leicht durch Spalten aufsteigen und die Kraterbecken füllen.

Spannend!

Berge im Krater

Der Krater Tycho mit seinem Zentralberg. Bild: NASA/GSFC/ASU

Bei vielen größeren Kratern sieht man in der Mitte etwas Verblüffendes: einen Berg! Wie kommt er da hin? Bei einem größeren Einschlag staucht der Asteroid im Moment des Aufpralls die oberen Bodenschichten so stark zusammen, dass sie anschließend zurückfedern und so den Zentralberg formen. Dieses Phänomen sieht man bei vielen Kratern auf dem Mond (und auch auf Merkur und Mars). Man kann es kindgerecht vergleichen mit einer Beule, die entsteht, wenn man sich am Kopf gestoßen hat, oder mit einem Wassertropfen, der auf eine Wasseroberfläche trifft, wodurch diese an der Stelle des Aufpralls zurückfedert.



Der Zentralberg des Mondkraters Tycho. Der Gipfel erhebt sich zwei Kilometer über die Umgebung. Bild: NASA/GSFC/ASU

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Das „Archiv“ der Erde

Die Krater sind eines der auffallendsten Merkmale der Mondoberfläche. Grundsätzlich können Krater auf zwei Arten entstehen: durch Vulkane oder durch Einschläge. Vor nicht langer Zeit dachten die Astronomen noch, alle Mondkrater seien von Vulkanen verursacht worden. Erst seit Mitte des letzten Jahrhunderts weiß man, dass genau das Gegenteil zutrifft: Fast alle Krater auf dem Mond sind das Ergebnis von Asteroiden-Einschlägen, also sogenannte „Impaktkrater“ (Einschlagkrater). Und davon ist die Mondoberfläche übersät!

Hinweis: Zur Entstehung von Impaktkratern ▶ Mitmach-Experiment 9.1

Warum jedoch gibt es so wenige Krater auf der Erde, die dem Mond nach kosmischen Maßstäben ganz nah ist? Eigentlich müsste unser Planet aufgrund seiner Größe noch viel häufiger getroffen worden sein. Doch wir kennen nur rund 200 Einschlagskrater auf der Erde, während es auf dem Mond Zehntausende sind. Tatsächlich wurde auch unser Planet immer wieder von Asteroiden getroffen. Aber weil sich die Erdoberfläche ständig verändert, durch Vulkanismus und Plattentektonik erneuert und von Wind und Wetter sowie Gletschern und Meeren verändert wird, sind die Spuren dieser Einschläge meist längst wieder ausgelöscht. Auch hier – wie beim Alter des Gesteins – stellt der Mond so etwas wie das Archiv unseres eigenen Planeten dar und gibt Aufschlüsse über die irdische Vergangenheit, ja sogar über die frühe Geschichte des gesamten Sonnensystems.

Für die Altersbestimmung der verschiedenen Regionen auf der Mondoberfläche geben die Krater Anhaltspunkte, denn je mehr Krater eine Oberfläche aufweist, desto älter ist sie. Man muss jedoch einen Effekt bedenken, der bei größeren Einschlägen regelmäßig auftritt: Wenn ein fester Körper mit der enormen Geschwindigkeit von mehreren Zehntausend Kilometern pro Stunde auf eine Oberfläche trifft, schleudert er Materie aus dem Boden heraus, die dann ihrerseits in hohem Bogen in der Umgebung einschlägt und weitere Krater – sogenannte „Sekundärkrater“ – erzeugt. Berücksichtigt man all dies bei der Berechnung, so heißt das für den Mond:

- Die Hochländer sind meist über 4 Milliarden Jahre alt.
- Die meisten großen Einschlagbecken sind vor 4,2 bis 3,8 Milliarden Jahren entstanden.
- Die dunklen vulkanischen Basalte haben die Becken dann vor 3,8 bis 2,5 Milliarden Jahren aufgefüllt.

Spannend!

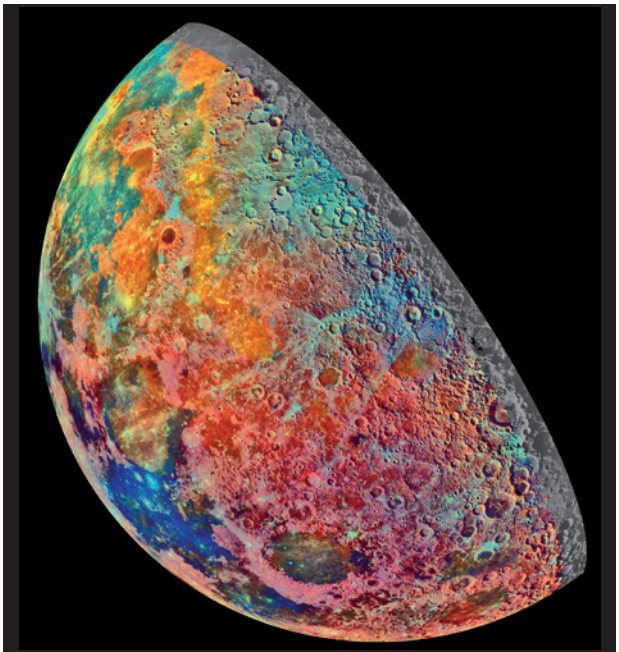
Wo befindet sich der größte Krater des Sonnensystems?

Der größte Krater im gesamten Sonnensystem befindet sich auf unserem Mond! Er wird „Südpol-Aitken-Becken“ genannt und hat einen Durchmesser von mehr als 2000 Kilometern. Dort muss sich vor langer Zeit ein 100 bis 200 Kilometer großer Asteroid 10 bis 12 Kilometer tief in die Mondkruste gebohrt haben.

- Anschließend fanden auf dem Mond nur noch sehr wenige geologische Vorgänge statt.

Hinweis: Zum Alter der Mondoberfläche ▶ Mitmach-Experiment 9.2

Auf der Erde hingegen sind fast alle Oberflächen jünger als zwei Milliarden Jahre. Daher gibt uns der Mond viel besser über die „chaotische“ Frühzeit des Sonnensystems Auskunft. Wir wissen heute, dass es anfangs eine Phase des sogenannten „großen Bombardements“ mit vielen Kollisionen und Einschlägen gab, bevor sich alles allmählich beruhigte und es im Sonnensystem etwas geordneter zuging.



Dieses Falschfarbenbild der nördlichen Mondhalbkugel wurde aus über 50 Einzelaufnahmen der Raumsonde *Galileo* zusammengestellt. Rötliche Farben zeigen die Hochländer des Mondes an, Blau, Orange und Braun stehen für vulkanische Flächen. Bild: NASA/JPL

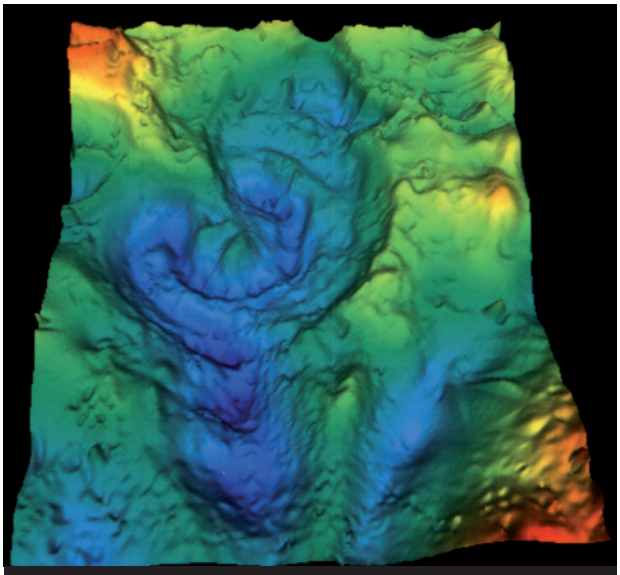
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

9.1 Mitmach-Experiment: Krater selbst erzeugen

Wie sind die Krater auf dem Mond entstanden?

Materialien

- kleine Steine, Golfbälle oder andere feste Bälle bzw. Kugeln von unterschiedlicher Größe und Masse
- Behältnis (Wanne, Plastikschale, Karton o. Ä.)
- Gipspulver
- Schaber oder Brett (zum Glätten der Oberfläche vor neuen Versuchen)
- ggf. Waage, Maßband



Der sogenannte Chicxulub-Krater hat einen Durchmesser von 180 Kilometern. Verschiedene Farben zeigen in dieser Darstellung die erhöhte Massekonzentration infolge des Einschlags entlang des kreisrunden Kraterbeckens. Bild: Virgil L. Sharpton/University of Alaska, Fairbanks

Zur Didaktik

- Das Experiment macht spielerisch mit dem Thema Krater und Kraterentstehung vertraut.
- Es demonstriert auf einfache Weise sehr anschaulich die Entstehung von Impaktkratern (Einschlagkratern).
- Methodisch ist das Experiment interessant, weil es einer wissenschaftlichen Vorgehensweise entspricht: Ein Sachverhalt wird quasi im Labormaßstab verkleinert rekonstruiert, um seine Ursachen zu verstehen.

Durchführung

Die Kinder lassen die verschieden großen Steine, Bälle oder Kugeln (auch leichte Tischtennisbälle oder Papierkugeln) in das Gipspulver fallen. Dabei notieren sie die Größe bzw. das Gewicht der Bälle und Kugeln im Verhältnis zu dem Krater, der jeweils beim Auftreffen erzeugt wird. Es sollte deutlich werden: Je größer oder schwerer der einschlagende Körper ist, desto größer ist der Krater. In einem weiteren Durchgang werden die Kugeln bzw. Bälle nicht nur fallen gelassen, sondern auch mit etwas Schwung geworfen. Die Kinder bemerken: Auch die Geschwindigkeit hat einen Einfluss auf die Größe des Kraters. Je nach Alter kann man es bei diesen allgemeinen Beobachtungen belassen oder mit Waage und Maßband genauere Messungen vornehmen und die Kinder so an exakte Datenerfassung heranführen.

Das Schülerblatt stellt eine Ergänzung zum Thema Krater vor.

Erläuterung

Asteroiden und Kometen hinterlassen beim Einschlag unterschiedlich große Krater, abhängig von verschiedenen Faktoren. Dabei spielen die Größe und Masse dieser „Brocken" die entscheidende Rolle, aber natürlich auch die Geschwindigkeit (meist mehrere Zehntausend Kilometer pro Stunde) sowie ihre Zusammensetzung und der Winkel, mit dem die „Geschosse" auf die Oberfläche treffen. Ein „irdisches" Beispiel ist der Einschlag, der vor 65 Millionen Jahren wohl das Saurier-Sterben ausgelöst hat. Er wurde durch ein über 10 Kilometer großes Objekt verursacht. Der Krater hat 180 Kilometer Durchmesser und liegt teilweise auf dem Meeresgrund vor der Küste der mexikanischen Halbinsel Yucatán. Nachweisen lässt er sich nur noch, weil der Erdboden beim Aufschlag derart zusammengepresst wurde, dass man diese Verdichtung der Masse über Schwerkraftmessungen erfassen kann. Das Bild oben links zeigt eine entsprechende Darstellung auf Basis von Satellitendaten.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Wie sind die Krater auf dem Mond entstanden?

Auf dem Mond gibt es Tausende von Kratern. Sie sind entstanden, als Asteroiden – das sind große Gesteinsbrocken aus dem Weltall – auf der Oberfläche des Mondes einschlugen. Was dabei genau passiert ist, kannst du in diesem Versuch herausfinden.

Wirf Steine oder Bälle in eine Wanne mit Gipspulver. Siehst du die Krater, die dadurch entstehen? Nimm kleinere und größere Steine oder Bälle, und beobachte, wie groß die Krater werden. Vergleiche ihre Größe.

Vergleiche Folgendes: Wirf einen leichten Tischtennisball oder eine Papierkugel und daneben einen genauso großen Stein in den Gips. Was fällt dir auf?

Nun lass die Steine und Bälle mit wenig Kraft in den Gips fallen und wirf sie dann mit mehr Schwung in die Wanne. Was kannst du beobachten?

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

9.2 Mitmach-Experiment: Mondoberfläche analysieren

Was verraten die Krater auf dem Mond?

Das folgende Schülerblatt enthält mehrere Fotos verschiedener Regionen des Mondes. Sie zeigen teils von vielen Kratern übersäte Oberflächen und teils Regionen, in denen Lava anschließend die meisten Krater überdeckt hat.

Durchführung

Die Kinder erhalten den Auftrag, die Krater auf den einzelnen Bildern zu zählen.

Erläutern Sie im Plenum anhand der Aufnahmen, was passiert ist:

Zunächst sind auf der gesamten Mondoberfläche überall viele Asteroiden und Kometen eingeschlagen. An manchen Stellen füllte Lava, die aus dem Innern des Mondes quoll, die Einschlagbecken auf. Die Lava glättete die Oberfläche, sodass die alten Krater bedeckt wurden. Auf dieser „neuen" Oberfläche aus erstarrter Lava schlugen zwar auch noch Asteroiden ein, aber weil hier die Krater aus der Zeit davor fehlen, sind es insgesamt weniger Krater.

Die Kinder verstehen so: Die von Kratern übersäten Oberflächen sind älter als die Oberflächen mit wenigen Kratern.

Zur Didaktik

- Das Experiment schult genaues Beobachten und logisches Denken.
- Es macht mit der Bildanalyse als wissenschaftlicher Methode bekannt.
- Es vertieft das Thema „Krater".

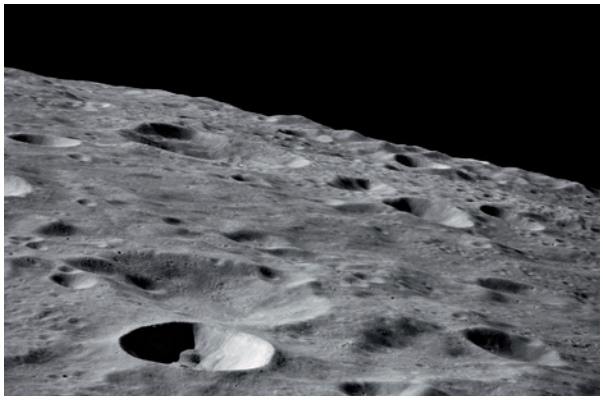
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

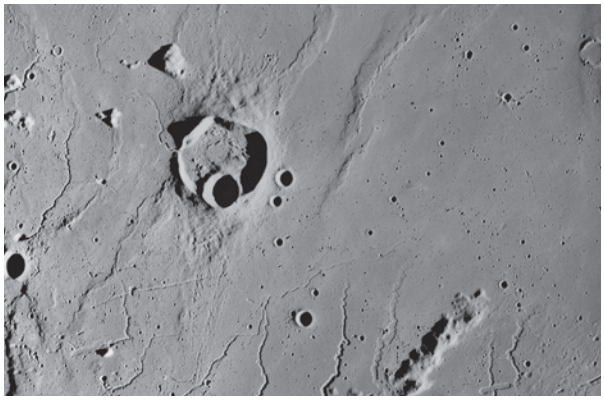
Was verraten die Krater auf dem Mond?

Auf dem Mond gibt es viele Krater. Sie stammen hauptsächlich von Asteroiden (das sind große Gesteinsbrocken, die durchs Weltall fliegen). Als solche Brocken auf den Mond gestürzt und eingeschlagen sind, haben sie diese Löcher hinterlassen. Überall auf dem Mond entstanden auf diese Weise viele Krater. Aber an einigen Stellen sieht man nur noch wenige davon. Woran kann das liegen?

Ein Tipp: Es hat etwas mit Lava zu tun, die aus dem Innern des Mondes an die Oberfläche kam. Lava kennst du vielleicht von der Erde: Sie kommt glühend heiß und flüssig aus Vulkanen heraus. An der Oberfläche kühlt sie ab und wird hart.

Sieh dir nun die Fotos von verschiedenen Stellen auf dem Mond an. Zähle die Krater oder schätze ihre Anzahl, und finde wie ein Detektiv heraus, was da wohl passiert ist. Besprich deine Beobachtungen mit der Lehrerin oder dem Lehrer.





Bilder: NASA

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Möglichkeiten zur Vertiefung

Den Mondkrater Tycho mit bloßem Auge betrachten

Der Mondkrater Tycho. Bild: Rolf Hempel/DLR

Bei Vollmond sowie in den Nächten davor und danach kann man auch mit bloßem Auge einen markanten Krater entdecken: den Krater Tycho, der nach dem dänischen Astronomen Tycho Brahe benannt ist. Er springt mit einem Durchmesser von knapp 100 Kilometern als heller Fleck besonders ins Auge. Gut zu erkennen sind auch die hellen Strahlen, die sternförmig vom Kraterrand ausgehen. Das ist Material, welches beim Einschlag ausgeworfen wurde. Man sieht diese Strahlen so deutlich, weil es sich um einen vergleichsweise „jungen" – d.h. etwas mehr als 100 Millionen Jahre alten – Krater handelt. Das ausgeworfene Material ist so hell, weil es noch nicht lange dem Sonnenwind (siehe Seite 32) ausgesetzt ist, der es allmählich „nachdunkelt".

Hinweis: Wenn Sie eine Mondbeobachtung durchführen, weisen Sie die Kinder auf diesen Krater hin. Wer findet Tycho und kann ihn auf einer selbst gemalten Mondkarte einzeichnen? Leicht verwechseln kann man Tycho mit dem Krater Copernicus, einem ebenfalls noch „jungen" Strahlenkrater, der sich aber mehr im Zentrum der Mondscheibe befindet.

Tipp: Um die Strahlen herzustellen, kann man Mehl (oder Gips) in eine Kiste geben und eine dünne Schicht Kakao obenauf. Wenn man Golfbälle geschickt leicht schräg darauf wirft, entstehen die „Strahlen". Man muss es einige Male ausprobieren, damit es klappt.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

10. Die Entstehung des Mondes

So ähnlich wie auf diesem Bild könnte es gewesen sein: Ein Himmelskörper – halb so groß wie die Erde – trifft auf unseren Planeten und schlägt aus ihm gewaltige Mengen an Materie heraus, die sich dann zum Mond formten.
Bild: NASA/JPL-Caltech

Hintergrund-Info

Woher kommt der Mond? Diese Frage beschäftigt die Wissenschaft seit Jahrzehnten und Jahrhunderten. Sie ist auch heute noch ein nicht ganz unstrittiges Forschungsthema, zu dem es verschiedene Ansichten gibt.

- Eine Möglichkeit wäre, dass Erde und Mond mehr oder weniger zeitgleich nebeneinander entstanden sind – von Anfang an ein „kosmisches Paar", gebildet aus der identischen Materie.
- Einer anderen Theorie zufolge hat die Erde den Mond, der sich an einem anderen Ort des Sonnensystems gebildet hatte, „eingefangen": Der Mond vagabundierte durchs Sonnensystem, kam unserem Planeten zu nah und wurde von der irdischen Anziehungskraft auf eine Umlaufbahn gelenkt.
- Eine dritte These: Man weiß, dass sich die Erde anfangs schneller drehte als heute und dabei heiß und zähflüssig war. Vielleicht rotierte sie so schnell, dass sich ein Teil – der heutige Mond – wie ein großer „Tropfen" abtrennte und dann die Erde umkreiste.
- Und noch eine Theorie: Die junge Erde wurde von einem anderen Himmelskörper getroffen, und dieser „Crash" löste jene Materie aus unserem Planeten heraus, die sich zum Mond formte.

Heute sind sich die meisten Experten einig, dass die „Crash-Theorie" stimmt. Aber aufgrund welcher Überlegungen? Wie findet man so etwas heraus?

In der Wissenschaft gilt eine Theorie so lange als richtig, bis sie schlüssig widerlegt ist. Suchen wir also zuerst nach Gegenargumenten für die verschiedenen Theorien. Die Sache mit der schnell rotierenden Erde konnten Physiker schnell widerlegen: Unser Planet hätte mit der unrealistischen Geschwindigkeit von nur 2 bis 3 Stunden pro Umdrehung um seine Achse rotieren müssen. Auch die These, dass die Erde den Mond im Vorbeiflug eingefangen hätte, wurde entkräftet: „Riesen" wie etwa Jupiter können das mit ihrer enormen Gravitation, und auch der kleine Mars hat es wohl mit seinen zwei Mini-Monden geschafft – aber nicht die Erde mit ihrem verhältnismäßig großen Mond. Außerdem ergaben Untersuchungen des Mondgesteins, dass es irdischem Gestein sehr ähnlich ist. Da ist es kaum denkbar, dass der Mond an einem ganz anderen Ort im Sonnensystem entstanden sein und dennoch eine ähnliche Zusammensetzung wie unser Planet haben soll. So kann man im Ausschlussverfahren diese beiden Theorien als sehr unwahrscheinlich einordnen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Wichtige Hinweise auf des Rätsels Lösung lieferten die Analysen des Mondgesteins, das die *Apollo*-Astronauten zur Erde mitbrachten. Dazu muss man wissen, dass Mineralogen bei der Untersuchung von Gestein so etwas wie einen „chemischen Fingerabdruck" ermitteln können, und zwar anhand der Beimengung einiger sehr seltener chemischer Elemente. Der „Fingerabdruck" des Mondgesteins zeigt genau das charakteristische Muster von Gesteinen, die auf unserem Planeten aus dem Erdmantel an die Oberfläche gelangt sind. Wohlgemerkt: aus dem Erdmantel! Das unterstützt die Theorie vom Crash, bei dem aus dem Erdmantel all jene Materie herausgeschlagen wurde, die sich zum Mond formte.

Und das ging so: Kurz nachdem unser Planet vor etwas mehr als 4,5 Milliarden Jahren entstanden war und eine dünne Kruste, einen noch ungemein heißen Mantel und einen Kern gebildet hatte, krachte ein anderer Himmelskörper etwa von der Größe des Mars in die Erde. Eine riesige Menge Gestein, vor allem aus dem fast 3000 Kilometer dicken Erdmantel, wurde so stark erhitzt, dass es verdampfte und als heiße Wolke aus „Gesteinsgas" aus der Erde hinausgeschleudert wurde. Erst in großer Höhe kondensierte es wieder, kühlte also aus dem gasförmigen in den festen Zustand ab. Diese großen Materialmengen bildeten einen Ring um die Erde, und die Staubkörner und Gesteinsbrocken in dieser Umlaufbahn fügten sich schließlich – den Gesetzen der Schwerkraft folgend – zum Mond zusammen.

Modellrechnungen bestätigen diese Annahmen recht gut. Und wenn man davon ausgeht, dass der kosmische Crash als „Streifschuss" vor allem Materie aus dem Erdmantel nach außen schlug, wird auch klar, warum die chemische Zusammensetzung des Mondes der unseres Erdmantels ähnelt. Dies kann die noch übrig gebliebene Theorie einer parallelen Entstehung von Erde und Mond nicht so gut erklären. Übrigens: Der in die Erde gekrachte Himmelskörper ist wohl beim Zusammenstoß völlig verdampft, sein Material zum größten Teil im Innern der Erde aufgelöst worden und ein kleinerer Teil im Mond aufgegangen. Das Loch, das bei diesem Mega-Zusammenstoß in die Erde gerissen wurde, schloss sich im Laufe von wenigen Millionen Jahren wieder.

Zunächst kreiste der junge Mond sehr viel näher und schneller um die Erde. Und er rotierte – wie die Erde – auch schneller um die eigene Achse. Gleichzeitig entwickelte unser Trabant so viel Energie, dass er zu glühen begann. Ein 200 Kilometer tiefer Magma-Ozean bedeckte die Oberfläche. Was muss das für ein Bild gewesen sein: Die glühende Kugel des Mondes ganz nah und groß am Himmel! Gesehen hat das natürlich niemand, denn Leben entstand erst viele hundert Millionen Jahre später auf der Erde.

Hinweis: Ein Spiel zur Entstehung des Mondes finden Sie im Anhang (siehe Seite 112 ff.).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

11. Neumond, Halbmond, Vollmond

Die Mondphasen in einer Bildmontage.
Bilder: Rolf Hempel/DLR

Hintergrund-Info

Mal ist der Mond gar nicht oder nur als Sichel, dann halb und schließlich ganz zu sehen, meistens nachts, manchmal aber auch am Tag, mal nur knapp über dem Horizont und dann wieder hoch am Himmel. Die kosmischen Abläufe, die all dem zugrunde liegen, strapazieren unsere Vorstellungskraft.

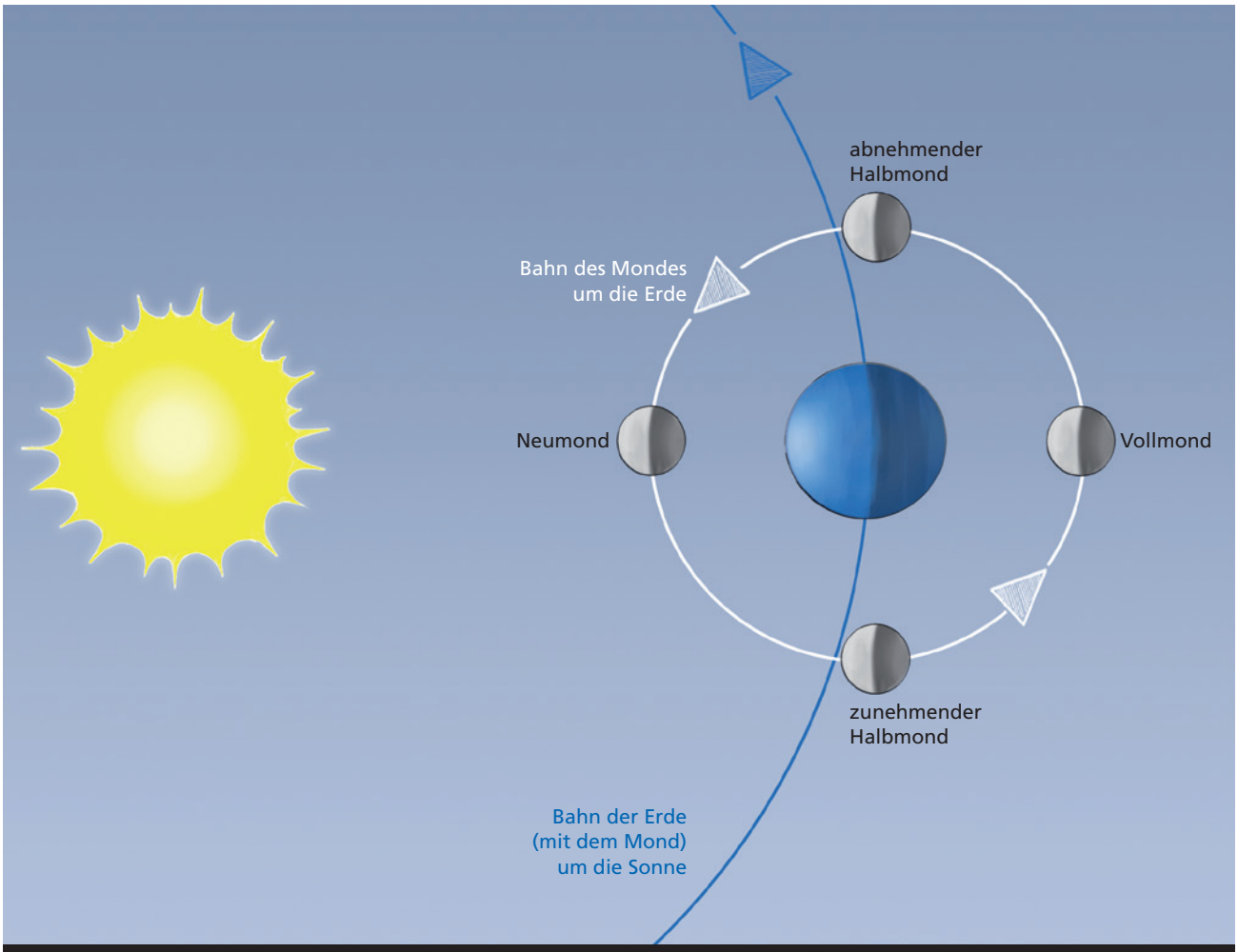
Beginnen wir mit der Frage, wo der Mond am Himmel zu sehen ist. Sie kennen sicher den Merksatz zum Lauf der Sonne: „Im Osten geht die Sonne auf, im Süden nimmt sie ihren Lauf. Im Westen wird sie untergehen, im Norden ist sie nie zu sehen." Das trifft auch für den Mond zu. Er geht im Osten auf, zieht über den Süden hinweg und geht im Westen unter. Nebenbei: Dieser Merksatz gilt so natürlich nur auf der Nordhalbkugel. Wer in Australien, Südafrika oder Südamerika lebt, sieht Sonne und Mond nie im Süden, sondern stattdessen im Norden.

Dass wir Sonne und Mond von Ost nach West über den Himmel wandern sehen, lässt sich leicht nachvollziehen. Es hat nichts mit der Eigenbewegung dieser beiden Himmelskörper zu tun, sondern mit der Rotation der Erde, die sich in 24 Stunden einmal um ihre Achse dreht. Dadurch scheint sich um uns herum alles am Himmel in dieselbe Richtung zu bewegen: Sonne, Mond und auch die Sterne, die sich scheinbar um den Polarstern drehen.

Die Mondphasen

Immer wird ein gleich großer Teil der Mondoberfläche von der Sonne beschienen, nämlich die der Sonne zugewandte Hälfte des Mondes. Allerdings sehen wir von der Erde aus nicht immer vollständig diese beleuchtete Halbkugel unseres Trabanten. Nur bei Vollmond ist das komplett der Fall. Dann haben wir die Sonne quasi „im Rücken" und sie scheint aus irdischer Sicht frontal auf den Mond. Die Sonne steht bei Vollmond auf der einen Seite der Erde, der Mond auf der anderen: Sonne, Erde und Mond bilden – grob vereinfacht – eine Linie.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021



Mit der Sonne „im Rücken" sehen wir die von ihr erleuchtete Seite des Mondes (Vollmond). Stehen Sonne, Erde und Mond im rechten Winkel, ist Halbmond. Wenn der Mond zwischen der Sonne und uns steht, sehen wir ihn gar nicht.

Von der Vollmond-Position aus wandert der Mond allmählich auf seiner Bahn um die Erde, bis Sonne, Erde und Mond einen rechten Winkel bilden und der Mond „vor" unserem Planeten steht. Jetzt strahlt aus unserer Perspektive nur noch ein Viertel des „abnehmenden" Mondes hell vom Himmel; das andere von der Sonne angestrahlte Viertel können wir von der Erde aus nicht sehen. Anschließend sehen wir immer weniger vom Mond, bis er schließlich zwischen uns und der Sonne steht und wir ihn – jetzt am Taghimmel – gar nicht mehr erkennen können. Schon ein oder zwei Tage später sieht man wieder eine dünne Sichel. Danach wandert der Mond weiter um die Erde herum und „nimmt zu", bis er wieder zum Halbmond und schließlich zum Vollmond wird.

Wenn man sich dies vergegenwärtigt, kann man nachvollziehen:

- Den Vollmond sieht man nur nachts, weil er aufgeht, während die Sonne untergeht (und weil der Vollmond morgens bei Sonnenaufgang wieder untergeht).
- Die schmale Sichel des Neumondes sieht man nur tagsüber, weil der Mond sich dann genau in der Richtung befindet, wo aus irdischer Perspektive auch die Sonne steht.

Hinweis: Zu den Mondphasen ▶ Mitmach-Experimente 11.1 bis 11.3

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Zwischen zwei Vollmonden vergehen genau 29 Tage und 12 Stunden, also fast ein Monat. Tatsächlich ist der Tag nach Neumond in manchen Kulturen der Beginn eines neuen Monats, und die Ähnlichkeit der Wörter „Mond“ und „Monat“ ist kein Zufall. Früher berechneten die Menschen die Zeit in „Monden“ und aus der Zeiteinheit „Mond“ wurde der Monat. Nur weil sich der Jahreslauf der Erde um die Sonne nicht genau in Vielfache von 29,5 Tagen teilen lässt, ist durch zusätzliche Tage die Länge eines „Mondes“ heute nicht mehr identisch mit der Monatslänge.

Mond- und Sonnenfinsternis

Ein wichtiger Nachtrag: Dass bei Vollmond Sonne, Erde und Mond „auf einer Linie“ stehen, ist so nicht ganz korrekt, denn die Bahnebene des Mondes ist leicht schräg geneigt. Der Mond steht also in aller Regel auch bei Vollmond etwas „über“ oder „unter“ der Erde. Nur so kann er von der Sonne beschienen werden, ohne dass die Erde den Sonnenstrahlen im Weg wäre. Genau das passiert aber in Ausnahmefällen: Dann sind Sonne, Erde und Mond exakt in einer Linie angeordnet und wir haben eine Mondfinsternis, weil die Erde – zwischen Sonne und Mond stehend – unseren Trabanten mit ihrem Schatten verdunkelt. Wenn die Konstellation dagegen so ist, dass der Mond exakt zwischen Sonne und Erde steht, wirft unser Trabant einen Schatten auf die Erde und verdeckt die Sonne. Das ist dann eine Sonnenfinsternis.

Warum der Mond nur manchmal exakt auf einer Linie mit Sonne und Erde steht, ist ein komplizierteres Kapitel der „Himmelskunde“, das für die Kinder ausgespart bleiben sollte. Es hat damit zu tun, dass die Bahnebene des Mondes zur Bahnebene der Erde (bei ihrem Umlauf um die Sonne) geneigt ist. Und es hängt mit der Tatsache zusammen, dass die Mondbahn die Bahnebene der Erde zwei Mal pro Umlauf kreuzt, diese „Kreuzungspunkte“ (die sogenannten Knoten) aber keine Fixpunkte sind, sondern sich von Umlauf zu Umlauf verschieben. Nur wenn dieser Moment, in dem der Mond die Bahnebene der Erde kreuzt, mit Neumond oder Vollmond zusammenfällt, stehen alle drei Himmelskörper genau auf einer Linie: Dann herrscht bei Neumond eine Sonnenfinsternis und bei Vollmond eine Mondfinsternis.

Spannend!

Wo eben noch der Halbmond war …

Hier ein kleines Gedankenspiel: Stellen Sie sich bildlich vor, wie unser Planet die Sonne umrundet – gegen den Uhrzeigersinn, wenn wir von „oben“ auf das Sonnensystem und den Nordpol der Erde schauen würden. Gleichzeitig umkreist uns der Mond, und zwar ebenfalls gegen den Uhrzeigersinn. Mal ist er uns voraus und „überholt“ uns, mal bewegt er sich gegen unsere „Flugrichtung“. Bei abnehmendem Halbmond steht unser Trabant praktisch „vor“ der Erde und kreuzt unsere Bahn. Er ist dabei ca. 400 000 Kilometer von uns entfernt. Und da sich die Erde samt Mond mit rund 100 000 Kilometern pro Stunde um die Sonne bewegt, heißt das: Bei abnehmendem Halbmond sind wir vier Stunden später dort im Raum, wo eben noch der Mond war. Fast jedenfalls …

Zur Didaktik

- Die Mitmach-Experimente auf den folgenden Seiten veranschaulichen auf unterschiedliche Weise die Mondphasen. Der Abstraktionsgrad erhöht sich von Experiment zu Experiment.
- Die Mitmach-Experimente schulen räumliches Vorstellungsvermögen und leiten zu genauem Beobachten an.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

11.1 Mitmach-Experiment: Die Mondphasen im Handversuch

Das Experiment veranschaulicht auf einfache Weise, wie die verschiedenen Mondphasen entstehen. Die Kinder nehmen dabei die Position der Erde ein.

Materialien

- Taschenlampe
- Styroporkugel auf langem Schaschlikstab (Größe der Kugel beliebig)

Durchführung

Die Kinder stehen in einiger Entfernung von der Lichtquelle (Sonne) und betrachten den Mond (am ausgestreckten Arm gehaltene Styroporkugel) aus irdischer Perspektive. Sie drehen sich allmählich um sich selbst und bringen den Mond so in die vier Positionen Vollmond, abnehmender Halbmond, Neumond, zunehmender Halbmond (und wieder Vollmond). Das beigefügte Schülerblatt kann als Vorlage dienen. Die Kinder sollten ihre Beobachtungen der einzelnen Mondphasen zusätzlich auf einem Blatt Papier in Form von Zeichnungen festhalten. **Tipp:** Achten Sie darauf, dass die Kinder bei „Vollmond“ nicht durch ihren eigenen Schatten den Mond verdunkeln – das wäre ungewollt eine „Mondfinsternis“. Die Mondkugel muss am ausgestreckten Arm hoch genug gehalten werden. Der Raum muss abgedunkelt sein, damit kein Tageslicht stört, und das Kind, das die Sonne darstellt (also die Taschenlampe hält), muss stillstehen.

Vollmond

Abnehmender Halbmond

Neumond

Zunehmender Halbmond

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Stell die Mondphasen selbst dar

Wie der Mond von der Sonne angestrahlt wird, könnt ihr selbst ausprobieren. Einer oder eine von euch hält dabei eine Kugel am ausgestreckten Arm vor sich: Das ist der Mond. Der oder die andere hält eine Taschenlampe als Sonne auf den Mond gerichtet und bewegt sich nicht.

Stell dich mit dem Rücken zur Taschenlampe.
Halte den Mond hoch. Beobachte:
Wie sieht der Mond aus?
Wo ist er hell?
Wo ist er dunkel?

Dreh dich gegen den Uhrzeigersinn weiter.
Bleib seitlich (mit der linken Schulter) zur Taschenlampe stehen.
Halte den Mond hoch. Beobachte:
Wie sieht der Mond jetzt aus?
Wo ist er hell und wo dunkel?

Dreh dich noch etwas weiter.
Bleib stehen, wenn du genau zur Taschenlampe schaust.
Halte den Mond hoch. Beobachte:
Wo ist der Mond hell?
Wo ist er dunkel?

Dreh dich noch einmal weiter.
Bleib seitlich (mit der rechten Schulter) zur Taschenlampe stehen.
Halte den Mond hoch. Beobachte:
Wo ist der Mond hell?
Wo ist der Mond dunkel?

Nach einer Runde könnt ihr euch abwechseln und Mond und Sonne tauschen. Am Ende besprecht ihr mit eurer Lehrerin oder eurem Lehrer, was ihr beobachtet habt.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

11.2 Mitmach-Experiment: Die Mondphasen am Tellurium

Hinweis: Grundlage dieses Experimentes ist das Tellurium aus Mitmach-Experiment 5.3 (siehe Seite 54). Die Kinder basteln zusätzlich einen Mond an ihr Modell. Die Anleitung dazu steht auf dem Schülerblatt. Dann stellen sie ihre nun kompletten Erde-Mond-Modelle wieder im Kreis um die „Lampen-Sonne" herum. Gemeinsam wird überlegt und ausprobiert:

1. Welche Position muss der Mond einnehmen, damit man einen Vollmond sieht?
   Erläuterung: Der Mond steht außen, die Erde befindet sich zwischen Sonne und Mond.
2. Bei welcher Position ist abnehmender Halbmond?
   Erläuterung: Der Mond wird – von oben betrachtet gegen den Uhrzeigersinn – um eine Vierteldrehung weiter um die Erde gedreht.
3. Wie ist die Stellung von Erde und Mond bei Neumond?
   Erläuterung: Der Mond befindet sich – wieder eine Vierteldrehung weiter – genau zwischen Sonne und Erde.
4. Wann ist zunehmender Halbmond?
   Erläuterung: Nach einer erneuten Vierteldrehung steht der Mond seitlich von der Erde.
5. Nun fehlt noch eine Vierteldrehung bis zum nächsten Vollmond.

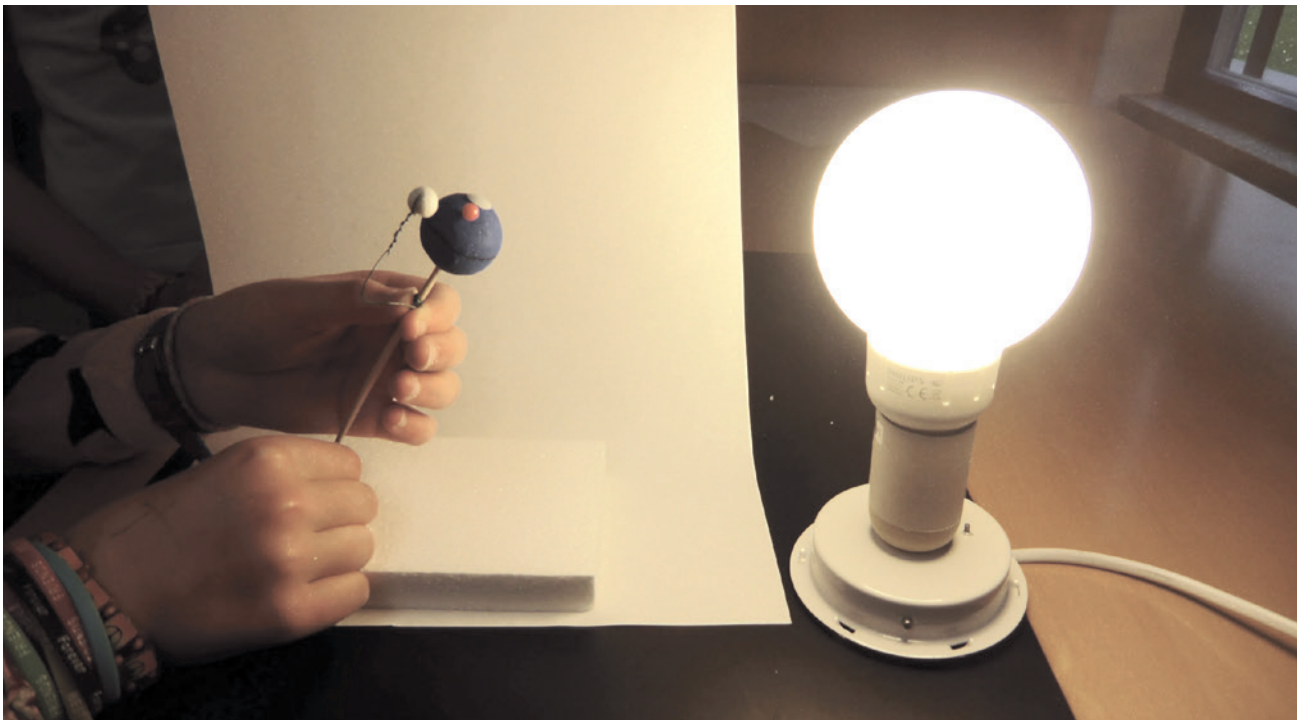
Nimmt man ein Erde-Mond-Modell heraus und hält es nah an die Lampe, kann man auch vorführen:

- Die Erde rotiert einmal pro Tag (24 Stunden) um ihre Achse, der Mond benötigt etwa 28 Tage, um einmal die Erde zu umrunden.
- Der Mond wendet der Erde immer dieselbe Seite zu.
- Die Sonne strahlt immer eine Hälfte des Mondes an, selbst wenn wir von der Erde aus nur einen kleineren Teil des Mondes hell am Himmel sehen.

Natürlich darf am Ende jedes Kind das eigene Erde-Mond-Modell mit nach Hause nehmen.

Hinweise: Der Mond benötigt für einen Umlauf um die Erde 27,3 Tage. Weil sich die Erde in dieser Zeitspanne weiter um die Sonne bewegt, dauert es von Vollmond bis Vollmond 29,5 Tage. Für jüngere Kinder ist das zu kompliziert, und man spricht besser pauschal von rund 28 Tagen. Außerdem muss bei diesem Erde-Mond-Modell der Mond – anders als in der Realität – etwas höher als die Erde platziert werden. Sonst erhielte der Mond bei Vollmond kein Licht von der Lampe und die Erde würde eine Mondfinsternis hervorrufen.

Hinweis: Im Anhang finden Sie die Anleitung für ein etwas aufwendigeres Erde-Mond-Modell (siehe Seite 108 ff.; Tellurium für den Klassenraum).



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Bastel einen Mond an dein Tellurium

Dein Erde-Modell erhält nun noch einen Mond.

Dazu brauchst du:

- das Erde-Modell mit der blauen Wattekugel
- 20 cm Blumendraht
- helle Perle (ca. 1 cm Durchmesser) mit Loch (oder eine helle Wattekugel)

So gehst du vor:

1. Stecke den Draht ca. 3 cm durch das Loch in der Perle, und „verknote“ den Draht unter der Perle, wie es auf dem Bild zu sehen ist.
2. Wickle das andere Drahtende eng und fest um den Stab, bis der „Mond“ ca. 7 bis 8 cm vom Stab entfernt ist. **Achtung:** Der Mond muss sich um die Erde drehen lassen, ohne dass sich die Erde mitdreht.
3. Biege den Draht nach oben, bis der Mond ein klein wenig höher als die Erde steht. Achte darauf, dass sich der Draht zum Befestigen der Perle auf der „Rückseite des Mondes“ befindet und die Seite des Mondes, die zur Erde zeigt, frei bleibt (siehe Bild).
4. Wenn du deinen Mond – von oben gesehen gegen den Uhrzeigersinn – um die Erde drehst, wandert er wie der echte Mond um unseren Planeten. Er benötigt dafür rund 28 Tage. So lange dauert es auch ungefähr von einem Vollmond bis zum nächsten. Die Erde dreht sich in dieser Zeit also ca. 28-mal um sich selbst.
5. Außerdem siehst du, dass der Mond der Erde immer dieselbe Seite zuwendet. Und wenn du dein Erde-Mond-Modell neben eine Lampe stellst, erkennst du: Die Sonne strahlt immer eine Hälfte des Mondes an, selbst wenn wir manchmal nur eine schmale Mondsichel am Himmel sehen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

11.3 Mitmach-Experiment: Die Mondphasen am Himmel erkennen

Als Zusammenfassung, wie die Mondphasen zustande kommen, dient diese Übung.

Der Mond durchläuft verschiedene Phasen:

- Vollmond
- abnehmender Halbmond
- Sichel des abnehmenden Mondes
- Neumond
- Sichel des zunehmenden Mondes
- zunehmender Halbmond
- Vollmond

Wenn Sie die Mondphasen in den Mitmach-Experimenten 11.1 und 11.2 behandelt haben, können Sie das Thema mit dieser Übung zur Festigung des Gelernten abschließen. Verteilen Sie dazu Kopien des Schülerblatts an die Kinder. Zeichnen Sie dann die Mondphasen wie im Schülerblatt an die Tafel, und fordern Sie die Kinder im Plenum auf, die richtige Bezeichnung zu nennen. Schreiben Sie den jeweils passenden Begriff unter die entsprechende Mondphase. Die Kinder vervollständigen anschließend ihr Schülerblatt.

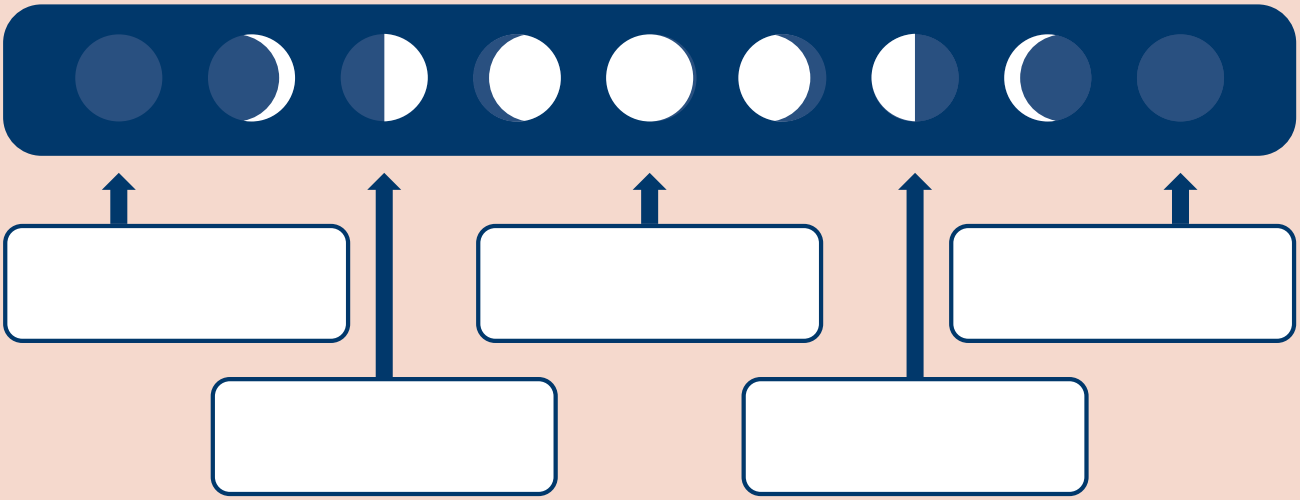
Tipp: Erklären Sie den Kindern vorab die Eselsbrücke, wie sie den Halbmond jeweils richtig erkennen und benennen können (nach der vereinfachten Ausgangsschrift):

- den abnehmenden Halbmond am *a*
- und den zunehmenden Halbmond am *z*

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

So erkennst du die Mondphasen am Himmel

Mal sieht man den Mond gar nicht, dann ein bisschen, schließlich den halben Mond und dann den ganzen. Einige Nächte danach ist wieder weniger vom Mond zu erkennen. Schreib in die Felder unter den Mond-Bildern das richtige Wort. Benutze die Begriffe aus der Wortliste.



Vollmond

zunehmender Halbmond

Neumond

Neumond

abnehmender Halbmond

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Möglichkeiten zur Vertiefung

Mond- und Sonnenfinsternis

Eine Sonnenfinsternis. Bild: DLR

Ältere Schülerinnen und Schüler können verstehen, wie es zu Mond- und Sonnenfinsternissen kommt. Im Experiment lässt sich das am besten in Kleingruppen mit einer Taschenlampe veranschaulichen.

Für eine Sonnenfinsternis brauchen Sie neben der Lampe lediglich eine Kugel als Mond. Führen Sie den „Mond" langsam zwischen Lampe und Kindern (auf der anderen Tischseite) vorbei, aber zuerst deutlich unter oder über der Höhe der Lampe. Das ist der „Normalfall", bei dem der Mond als Neumond am Himmel steht, ohne die Sonne zu verdecken. Dann bewegen Sie den Mond (immer einfach in der Hand haltend) auf seinem Weg exakt auf Höhe der Lampe. Jetzt haben Sie die Konstellation imitiert, bei der eine Sonnenfinsternis eintritt, weil der Mond genau vor der Sonne steht. **Hinweis:** Dass der Mond genau so groß ist, um die Sonnenscheibe gerade eben zu bedecken, ist Zufall und übrigens auch nicht bei jeder Sonnenfinsternis der Fall. Da der Mond mal etwas näher und dann wieder weiter von der Erde entfernt ist, scheint er manchmal etwas kleiner zu sein und bedeckt dann nicht die ganze Sonne, sodass eine sogenannte „Ringfinsternis" auftritt. Auch bei einer „totalen Sonnenfinsternis" kommt nicht jeder Betrachter auf der Erde in den Genuss dieses Naturschauspiels: Der Schatten des Mondes, der innerhalb weniger Stunden über die Erde zieht, verdunkelt nur einen einige hundert Kilometer breiten Streifen.

Zur Darstellung einer Mondfinsternis (die nicht so spektakulär wie eine Sonnenfinsternis ist) brauchen Sie neben der Taschenlampe zwei Kugeln – am besten eine größere Erdkugel und eine kleinere Mondkugel. Die Erde befindet sich nun zwischen Sonne und Mond. Wieder kann man den Mond erst leicht ober- oder unterhalb der gedachten Linie an der Erde vorbeibewegen, bevor man ihn im nächsten Durchgang direkt in den Schatten der Erdkugel führt. Mondfinsternisse finden im Durchschnitt ein- bis zweimal im Jahr statt, Sonnenfinsternisse sind seltener, vor allem für denselben Ort. Erst im Jahr 2081 wird wieder eine totale Sonnenfinsternis über Deutschland zu sehen sein.

Wann sieht man welchen Mond am Himmel?

Mit älteren Schülerinnen und Schülern kann man diskutieren, zu welchen Tages- und Nachtzeiten der Voll- oder Halbmond am Himmel zu sehen ist.

Leicht nachvollziehbar:

- Den Vollmond kann man nur nachts sehen, weil er erst dann aufgeht, wenn die Sonne untergeht.
- Die schmale Sichel vor und nach dem Neumond sieht man nur tagsüber, weil der Mond dann dort ist, wo sich aus irdischer Perspektive auch die Sonne befindet.

Etwas schwieriger nachvollziehbar ist dagegen der Halbmond:

- Je mehr sich der Vollmond zum Neumond entwickelt, desto später geht der Mond auf. Der abnehmende Halbmond erscheint schließlich erst gegen Mitternacht über dem Horizont und in den folgenden Nächten wird es noch später, ehe der Mond auftaucht. Nach Neumond, wenn der Mond zeitgleich mit der Sonne auf- und untergeht, verschiebt sich der Mondaufgang weiter: Der zunehmende Halbmond erscheint immer erst um die Mittagszeit am Himmel. All das hängt mit der Stellung von Sonne, Erde und Mond zusammen und lässt sich am besten mit einem Tellurium veranschaulichen.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

12. Ebbe und Flut

Er verursacht die Gezeiten: unser Mond über der Erdatmosphäre – hier von Astronauten aus der 400 Kilometer hohen Umlaufbahn der *Internationalen Raumstation ISS* fotografiert. Bild: NASA

Hintergrund-Info

Im Weltall gelten überall exakt dieselben Naturgesetze. Eine der Grundkräfte im Universum ist die Schwerkraft oder Gravitation (vom lateinischen Wort „gravitas“ für Schwere). Sie sorgt dafür, dass sich die Massen gegenseitig anziehen. Das gilt zwar theoretisch über unendliche Entfernungen hinweg, doch die Wirkung der Schwerkraft nimmt mit zunehmender Distanz stark ab. Wenn ein Apfel vom Ast auf den Boden fällt, dann ist die Ursache dafür die Anziehungskraft der Erde. Angeblich hat der Entdecker dieses Naturgesetzes, der Engländer Sir Isaac Newton (1642–1727), genau bei der Beobachtung eines fallenden Apfels den entscheidenden Einfall über die Wirkung des Naturgesetzes gehabt. In größerem Maßstab sorgt die Gravitation dafür, dass die Planeten um die Sonne kreisen und der Mond um die Erde.

Die Erde übt also eine Schwerkraft auf den Mond aus. Weil der Mond schnell genug um die Erde kreist, fällt er uns nicht auf den Kopf. Das ist so ähnlich wie bei einem Gewicht an einer Schnur, das man über dem Kopf wie einen Hubschrauber-Propeller wirbelt. Aber auch der Mond zieht die Erde an. Er verfügt natürlich über eine geringere Masse, doch das reicht aus, um ein Naturphänomen in Gang zu halten: die Gezeiten.

Isaac Newton. Bild: Kneller, Coetzee/Wikipedia

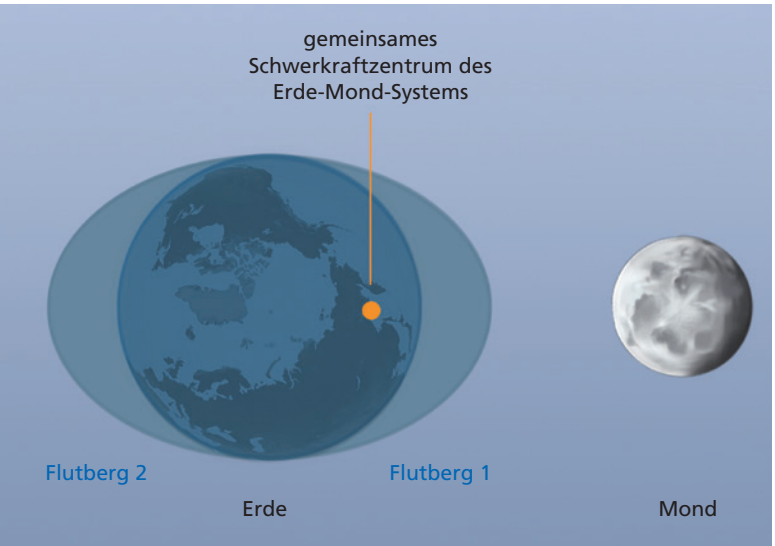
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Ebbe und Flut

Das Wasser der Erde ist eine große bewegliche Masse, und der Mond zieht diese Masse etwas zu sich. Der Meeresspiegel steigt – meist nur um ein oder zwei Meter, an manchen Küsten aber auch deutlich mehr. Gleichzeitig dreht sich die Erde in 24 Stunden um sich selbst. Das hat zur Folge, dass der Mond im Laufe eines Tages immer über einer anderen Stelle der Erdoberfläche steht und jeweils dort die Wassermassen anzieht. Genau genommen wandert nicht der Flutberg um die Erde, sondern die Erdkugel dreht sich unter ihm hindurch, während der Flutberg immer da bleibt, wo der Mond ist. So vergehen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Fluten rund 12 Stunden.

Aber wie kann es nur 12 Stunden von Flut zu Flut dauern, wenn die Erde doch 24 Stunden für eine Drehung benötigt? Des Rätsels Lösung: Es gibt nicht nur einen Flutberg auf der dem Mond zugewandten Seite der Erde, sondern auch noch einen zweiten auf der gegenüberliegenden Seite. Diesen zweiten Flutberg zu erklären, ist nicht einfach. Wir wählen hier die am leichtesten verständliche Erklärung dieses äußerst komplizierten Sachverhalts. Zunächst einmal muss man wissen, dass nicht nur der Mond um die Erde kreist, sondern ein ganz klein wenig auch die Erde um den Mond kreist. Korrekter formuliert: Beide Himmelskörper kreisen um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Allerdings liegt dieses Gravitationszentrum nicht auf halber Strecke, denn der Mond bringt ja viel weniger Masse mit ins Spiel. Vielmehr befindet es sich innerhalb der Erde selbst – aber nicht genau im Mittelpunkt des Erdballs, sondern leicht in Richtung Mond verschoben. Das lässt die Erde etwas „eiern“, und dadurch „schwappen“ die Wassermassen auf der dem Mond gegenüberliegenden Seite ebenfalls leicht hoch. So ist die Zentrifugalkraft neben der Schwerkraft des Mondes die zweite Kraft, die für die Gezeiten verantwortlich ist.

Ein Punkt muss noch genauer erklärt werden, denn es sind nicht exakt 12 Stunden, die zwischen einer Flut und der nächsten vergehen, sondern 25 Minuten mehr. Warum? Weil der Mond sich auf seiner Bahn weiterbewegt, während sich die Erde einmal um sich selbst dreht.



Die Skizze zeigt stark übertrieben die beiden Flutberge und deutet an: Erde und Mond drehen sich um ein gemeinsames Schwerkraftzentrum.

Spannend!

„Ebbe und Flut“ bei den Landmassen

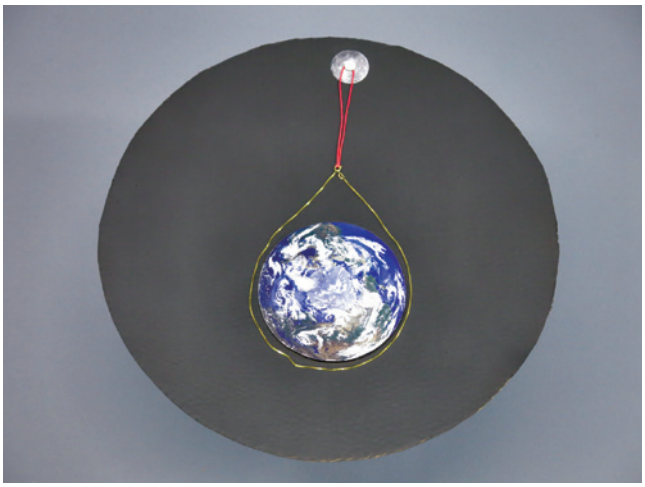
Auch die Landmassen der Erde heben und senken sich um 20 bis 50 Zentimeter mit den Gezeiten, denn sie treiben auf dem plastisch verformbaren Erdmantel, unter dem sich der flüssige äußere Erdkern befindet (siehe Seite 30). All das wird ebenfalls vom Mond ein wenig angezogen. Spüren oder sehen kann man diesen Effekt nicht, aber mit extrem empfindlichen Instrumenten lässt er sich messen.

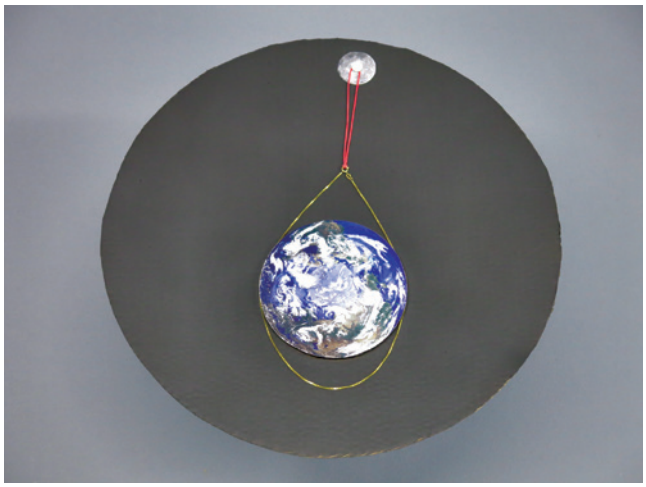
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Zur Didaktik

- Dieses Experiment veranschaulicht das Phänomen der Gezeiten.
- Es zeigt, wie Erde und Mond um ein gemeinsames Schwerkraftzentrum kreisen, und demonstriert dadurch auch die Zentrifugalkraft.
- Gefördert werden Abstraktionsvermögen und logisches Denken.

12.1 Mitmach-Experiment: Ebbe und Flut im Modell





Dieses einfache und doch beeindruckende Modell zeigt, wie Erde und Mond um ein gemeinsames Schwerkraftzentrum kreisen. Es demonstriert auch, wie die Flutberge auf beiden Seiten der Erde entstehen. Links das Modell im ruhenden Zustand, rechts in Bewegung. Das rote Gummiband stellt die Anziehungskraft des Mondes dar, die goldene Kette bildet die Form der beiden Flutberge nach. Auf der Rückseite (nicht im Bild) befindet sich genau in der Scheibenmitte ein Holzspieß, mit dem man die Scheibe dreht.

Vorbereitung

Zuerst stellen Sie eine große, runde Scheibe mit ca. 40 cm Durchmesser aus dicker Pappe her, die den Hintergrund bildet. Anstelle eines Zirkels stecken Sie den Holzspieß in die Mitte des Kartons. Nehmen Sie die 20 cm lange Schnur, und knoten Sie jeweils eine Schlaufe an die Enden. Eine Schlaufe kommt über den Holzspieß, die andere über einen Stift; nun können Sie den Kreis zeichnen. Anschließend wird die Scheibe ausgeschnitten und auf der schöneren Seite aus optischen Gründen schwarz eingefärbt.

Materialien

- 2 Stücke stabile Pappe ca. 40 cm x 40 cm und ca. 15 cm x 15 cm (z. B. aus einem Umzugskarton)
- Holzspieß und Trinkhalm (der Spieß muss durch den Halm passen)
- Ausdruck der Nordhalbkugeln von Erde und Mond (Ansicht Seite 98) oder einfach eine größere blaue Pappscheibe (Erde) und eine kleinere graue Pappscheibe (Mond)
- Schnur, mindestens 20 cm
- Stift, Flüssigkleber
- Schere oder Teppichmesser
- Reißzwecke oder Musterbeutelklammer
- Gummiband, ca. 24 cm Umfang
- flexible Kette mit einer Länge von ca. 50 cm (z. B. preiswerter Modeschmuck oder aus dem Baumarkt)
- schwarze Farbe (z. B. Sprühlack aus dem Baumarkt oder Dispersionsfarbe; Wasserfarbe ist weniger geeignet)
- Korken

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Für die Erde sollte der Ausdruck zunächst auf das zweite, kleinere Stück Pappe geklebt und dann beides gemeinsam zugeschnitten werden. **Wichtig:** Dieses Stück wird so auf die schwarze Scheibe geklebt, dass der Mittelpunkt der Erde etwa 4 bis 5 cm vom Loch in der Mitte der Hintergrund-Scheibe versetzt ist. Nun wird der Mond ausgeschnitten und auf die Hintergrundscheibe geklebt, und zwar genau auf die der Erde gegenüberliegende Seite an den Rand (siehe Fotos). **Hinweis:** Wenn Sie statt der farbigen Ausdrucke einfache Pappscheiben für Erde und Mond nehmen, sollten diese einen Durchmesser von 12,7 cm (Erde) bzw. 3,5 cm (Mond) haben.

Als nächstes wird der Holzspieß befestigt. Dazu wird die Scheibe umgedreht, der Spieß möglichst gerade durch das Loch in der Scheibenmitte gebohrt und alles mit ausreichend Flüssigkleber fixiert. **Tipp:** Steckt man den Holzspieß vorher durch ein Stück Korken und verklebt ihn damit, erhöht sich die Klebefläche an der Unterseite der Pappe. Bevor es weitergeht, muss der Kleber getrocknet sein.

Nun wird das Gummiband mit der Kette verknotet. Dann heftet man das Gummiband mit einer Reißzwecke oder Musterbeutelklammer so auf den Mond, dass die Kette flexibel die Erde umschließt. **Tipp:** Falls Sie eine Reißzwecke verwenden und diese unten aus der Scheibe herausragt, kleben Sie ein kleines Stück Pappe darauf, um Verletzungen zu vermeiden.

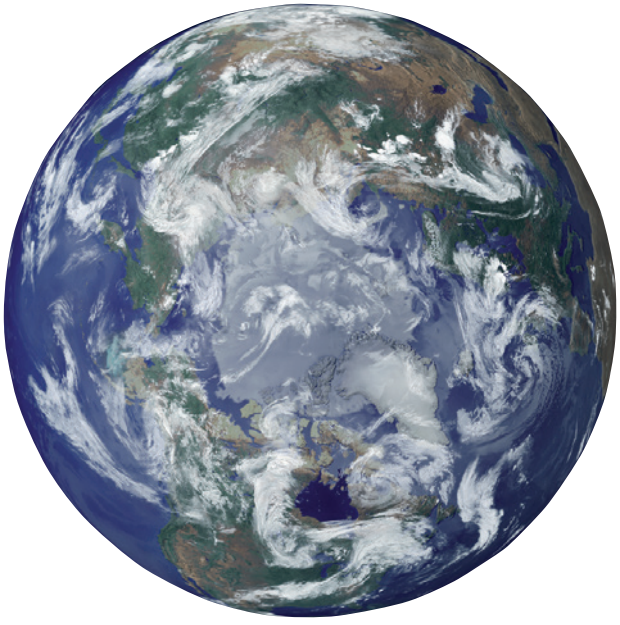
Durchführung

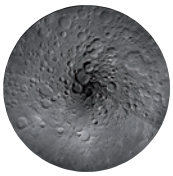
Die ganze Konstruktion wird durch Drehen des Holzspießes in Rotation versetzt. Am einfachsten geht das, wenn man vorher einen Trinkhalm über den Spieß steckt. Der Spieß muss am unteren Ende des Trinkhalms herausragen (evtl. muss man den Strohhalm kürzen). Jetzt hält man den Trinkhalm möglichst weit oben fest und dreht den Spieß mit der anderen Hand.

Erläuterung

Die Kette formt zwei Flutberge. Der eine entsteht durch die vom Gummiband dargestellte Schwerkraft des Mondes, die an der Kette zieht. Der zweite Flutberg bildet sich – wie in der Realität – auf der entgegengesetzten Seite der Erde, weil sich die Erde nicht um ihren Mittelpunkt, sondern um den gemeinsamen Schwerpunkt von Erde und Mond dreht und dadurch die Zentrifugalkraft wirkt.

Hinweis: Die Erde sollte im Ausdruck einen Durchmesser von 12,7 cm und der Mond von 3,5 cm haben.





©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

13. Unser Trabant wird erkundet

Die Himmelsscheibe von Nebra gilt als älteste Darstellung des Himmels und der Gestirne – einschließlich Sonne (links der Bildmitte, wobei dieser Kreis gelegentlich auch als Vollmond gedeutet wird) und Mondsichel (rechts). Ihr Alter wird auf ca. 4000 Jahre geschätzt. Schon damals machten sich Menschen Gedanken über den Lauf der Sterne sowie von Sonne und Mond. Bild: Anagoria/Wikipedia

Hintergrund-Info

Direkt vor Augen, aber doch unerreichbar weit weg – das war der Mond Jahrtausende lang für die Menschen. Aber wie weit entfernt eigentlich? Bereits vor über 2000 Jahren hatte man Methoden gefunden, um die Entfernung zum Mond zu berechnen, und die Gelehrten lagen dabei recht gut. Heute wissen wir, dass der Mond um die 400 000 Kilometer von der Erde entfernt ist. Das ist weit, aber alles andere als „unendlich" weit. Doch der Mond mit seiner seltsam gefleckten Oberfläche blieb rätselhaft. Ein genauerer Blick auf unseren Trabanten war erst mit der Erfindung des Fernrohrs möglich.

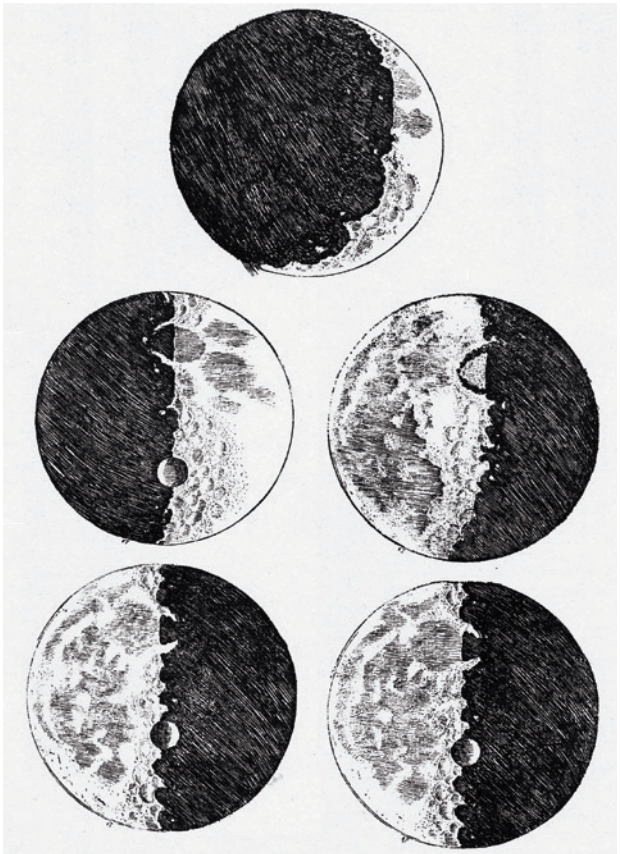
Der erste Blick durchs Fernrohr

Im Sommer des Jahres 1609 sitzt ein Mann in der norditalienischen Stadt Padua in seinem Arbeitszimmer, umgeben von Büchern, Zeichnungen und Plänen, vor sich ein geöffnetes Päckchen mit ein paar Glasscheiben. Er betrachtet sie. Das Glas ist nicht einfach flach wie Fensterglas, sondern gekrümmt und kreisrund. Ein Brillenmacher aus Holland, Jan Lipperhey, ist der Absender des Pakets. Und der Adressat, der mithilfe dieser Linsen bald ein Fernrohr montiert, ist Galileo Galilei. Schon wenige Wochen später, am 25. August, führt Galilei das neue Instrument den Fürsten von Venedig vor. Er steigt mit den hohen Herren auf einen Turm und lässt sie aufs Meer blicken. Unglaublich! Durch das seltsame Rohr sieht man weit draußen auf der Adria Schiffe, die mit bloßem Auge gar nicht zu erkennen sind. Der Nutzen – auch für militärische Zwecke – ist offensichtlich. Kein Wunder also, dass Galilei „fürstlich" entlohnt wird. Viel spannender aber ist, was er nachts mit dem Fernrohr beobachtet: den Mond, die Planeten, die Sterne. Und er sieht als erster Mensch erstaunliche Dinge, zum Beispiel Berge auf dem Mond. Bisher dachte man, unser Trabant sei glatt wie eine Marmorkugel. Stattdessen ist er übersät von kreisrunden „Löchern", den Kratern, deren Ränder bei Halbmond lange Schatten werfen. Galilei fertigt Skizzen an und beschreibt alles genau. Die Erforschung des Mondes hat begonnen …

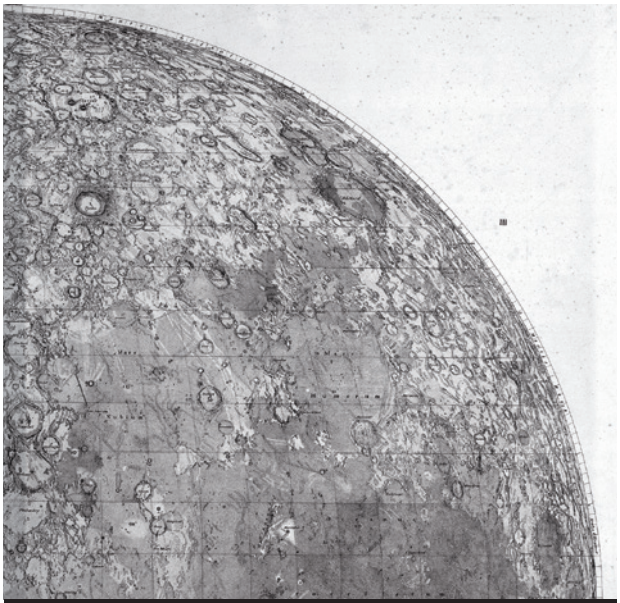
Im 17. und vor allem im 18. Jahrhundert machte die Astronomie gewaltige Fortschritte. Diese „Explosion" des Wissens gründete auf der Entwicklung von immer größeren und besseren Fernrohren. Die Königshäuser in Europa lieferten sich geradezu einen Wettbewerb um die besten Astronomen und ließen immer größere Observatorien bauen: in Greenwich bei London, in Paris, in Mailand und Palermo und auch in Berlin.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Immer präziser wurden die Karten, die man als Kupferstiche vervielfältigte, sodass sie an Bibliotheken und Universitäten verschickt werden konnten.



Galileis Mondzeichnungen. Bild: Sidereus Nuncius/BNC



Die für lange Zeit genaueste Mondkarte zeichneten im Jahr 1838 zwei Berliner, Wilhelm Wolff Beer und Johann Heinrich Mädler. Über 100 Jahre lang war sie das Maß aller Dinge in der Mondforschung. Bild: Universitätsbibliothek München

Verblüffende Erkenntnisse

Die gezeichneten Mondkarten waren schon von erstaunlicher Detailgenauigkeit, aber es handelte sich eben nur um Zeichnungen. Authentische Abbilder der Realität waren erst ab Mitte des 19. Jahrhundert durch eine neue Technik möglich: die Fotografie. Zunächst wurde dieses Verfahren unter dem Namen „Daguerrotypie" bekannt, nach dem Franzosen Louis Jacques Daguerre (1787–1851). Die aufwendigen Apparate gehörten bald zur Ausstattung der Sternwarten.

Verblüffend dabei ist, dass Karten und Fotos in den folgenden Jahren zwar immer besser wurden, sodass man viele tausend Krater in allen Details studieren konnte – deren Ursachen aber völlig falsch eingeschätzt wurden: Alle Astronomen hielten sie für Vulkankrater. Niemand konnte sich vorstellen, dass die Krater Überreste von Asteroiden- und Kometeneinschlägen waren. Denn das hätte bedeutet, dass auch die Erde von solchen Körpern getroffen worden sein musste. Da wir solche Einschlagkrater auf der Erde aber kaum finden, schien es unmöglich, dass der Mond von unzähligen Körpern aus dem All regelrecht „bombardiert" worden war. Diese Sichtweise änderte sich erst etwa Mitte des letzten Jahrhunderts durch eine Entdeckung im Süden von Deutschland in einer kreisrunden Vertiefung: dem Nördlinger Ries. Dort fand man Quarzminerale, die unter unvorstellbar hohem Druck entstanden sein mussten. Dieser Druck konnte nur beim Einschlag eines Körpers aus dem Weltall bei extrem hoher Geschwindigkeit zustande gekommen sein. Damit war bewiesen: Diese sanfte Senke in der Landschaft war ein inzwischen von Erosion „geschliffener" Krater. Hier musste vor 15 Millionen Jahren ein Asteroid mit einem Durchmesser von 1,5 Kilometern und einer Geschwindigkeit von mindestens 50 000 Kilometern pro Stunde eingeschlagen sein.

So und nicht anders waren auch die unzähligen Einschlagkrater auf dem Mond entstanden, nur dass dort weder Wind noch Wetter die Spuren verwischen konnten. Nachdem man dies verstanden hatte, war mit einem Schlag klar, dass auch die Erde von vielen großen Brocken getroffen worden sein musste. Sie bietet schließlich eine viel größere Trefferfläche als der Mond. Aber wegen der dynamischen Prozesse, die unsere Erde ständig verändern (siehe Seite 21), sehen wir die Spuren davon heute nicht mehr. Und klar war nun auch: Die Mondoberfläche musste sehr alt sein, älter jedenfalls als die Kontinente der Erde (siehe Seite 36).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Ein Wettrennen zwischen Supermächten

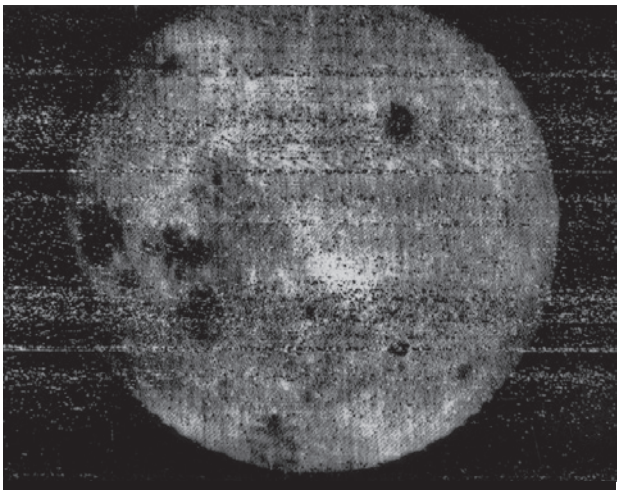
Am 4. Oktober 1957 wurde der erste Satellit ins All geschossen: *Sputnik 1*. Die Sowjetunion hatte damit den Wettlauf in den Weltraum gewonnen, und sie legte nach. Schon im Januar 1959 schickte man eine Sonde in Richtung Mond. *Lunik 1* flog zwar noch unkontrolliert an unserem Trabanten vorbei, aber bereits im September schlug die Sonde *Lunik 2* gezielt auf der Mondoberfläche auf und lieferte zuvor auch Messdaten. Und im Oktober 1959 gelang der UdSSR mit der Raumsonde *Lunik 3* eine weitere Sensation: das erste Foto von der Mondrückseite.

Spätestens als die Sowjetunion 1961 den ersten Menschen in eine Umlaufbahn um die Erde brachte, wurde die Raumfahrt zu einem Wettlauf der politischen Systeme, zur Demonstration technischer Überlegenheit im Zeitalter des Kalten Kriegs. Die USA intensivierten ihre Anstrengungen. Nur ein Ziel, einen großen Rekord konnten sie noch vor der Gegenseite erringen. US-Präsident John F. Kennedy brachte es auf den Punkt: *„Unser Land sollte alles dafür tun, noch vor dem Ende des Jahrzehnts einen Menschen zum Mond und sicher zurück zur Erde zu bringen!“*

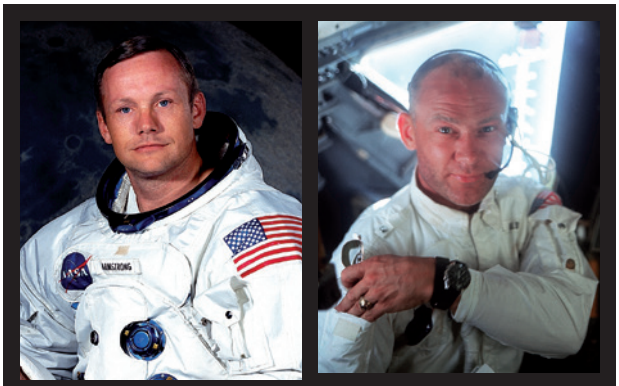
Der Mondforschung verlieh das 1961 begonnene *Apollo*-Programm der USA einen enormen Schub. Denn um sicher auf dem Mond landen zu können, musste der Mond zuvor so gut wie möglich erforscht werden – mit automatischen Sonden, die ihn umkreisten, auf ihm einschlugen oder weich landeten. Dann folgten bemannte Missionen. 1968 umrundeten mit *Apollo 8* erstmals drei Menschen den Mond. Im Frühjahr 1969 näherte sich *Apollo 10* bis auf wenige Kilometer der Mondoberfläche, drehte mit der Landefähre *Snoopy* aber wie geplant noch einmal um. Nach diesen erfolgreichen Testflügen wussten die Ingenieure der amerikanischen Weltraumbehörde NASA, dass sie das große Abenteuer wagen konnten.

Hinweis: Zur Mondmission ▶ Mitmach-Übung 13.1

Am 16. Juli 1969 hob die riesige *Saturn V* – bis heute die größte je gebaute Rakete – in Florida auf einem gewaltigen Feuerstrahl ab. An Bord waren drei Astronauten, die Weltgeschichte schreiben würden: Kommandant Neil Armstrong, Mondfährenpilot Edwin „Buzz“ Aldrin und der Pilot der Kommandokapsel, Michael Collins. Vier Tage später stiegen Armstrong und Aldrin in die kleine Landefähre *Eagle (Adler)* an der Spitze des Raumschiffs um und koppelten ab. Kurz vor der geplanten Landung leuchtete ein Alarmzeichen auf: Das Radar war verwirrt und riet



Das erste Bild der Rückseite des Mondes – damals eine Sensation. Bild: NSSDC Image Gallery



Neil Armstrong (links) und Edwin (genannt „Buzz“) Aldrin. Bilder: NASA

zum Abbruch des Manövers. Doch Armstrong und Aldrin, die als Testpiloten auch in extremen Situationen die Nerven zu bewahren wussten, flogen weiter. Ein zweiter Alarm: Der Treibstoff ging zur Neige. Als nur noch für wenige Sekunden Sprit im Tank war, wurden auch die Verantwortlichen in der Kontrollstation in Houston in Texas nervös. Doch ganz „cool“ flogen die beiden noch über einen kleinen Krater hinweg und setzten das Raumschiff auf dem Mond auf. *„Houston. The Eagle has landed“*, funkten sie ins Kontrollzentrum.

Der „kleine Schritt“, der zu einem „gigantischen Sprung“ wurde

Sechs Stunden später – in den USA war es noch der 20. Juli, in Deutschland bereits nach Mitternacht und daher der 21. Juli – öffnete Neil Armstrong die Luke und stieg die Leiter am Landemodul hinab. Auf der untersten Stufe wartete er einen Moment und sprach dann die berühmten Worte: *„Das ist ein kleiner Schritt für einen Menschen, aber ein großer Sprung*

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

für die Menschheit!". Dann hüpfte er den letzten halben Meter in den Mondstaub. Erstmals hatte ein Mensch einen anderen Himmelskörper betreten! Wenige Minuten später folgte Aldrin. Sie blieben zweieinhalb Stunden außerhalb der Mondfähre, führten viele physikalische Experimente durch und füllten einen Behälter mit 22 Kilogramm Mondgestein. Nach knapp 24 Stunden starteten sie von ihrem Landeplatz im Mare Tranquillitatis, dem „Meer der Ruhe", zurück zum *Apollo*-Raumschiff, in dem Michael Collins den Mond inzwischen immer wieder umrundet hatte. Drei Tage später landete die Crew sicher mit der Kapsel an Fallschirmen im Pazifischen Ozean und wurde von einem Flugzeugträger geborgen.

Der zweite Mann auf dem Mond, Edwin „Buzz" Aldrin, steigt aus der Mondfähre aus. Neil Armstrong hatte den Mond wenige Minuten zuvor betreten und machte dieses Foto. Bild: NASA

Eugene Cernan (links) und Harrison Schmitt waren die letzten beiden Menschen auf dem Mond. Bild: NASA

Als man in der UdSSR erkennen musste, dass die Amerikaner das Wettrennen zum Mond gewonnen hatten, stoppte die Sowjetunion ihre Bemühungen für eine bemannte Landung. Immerhin gelang es der russischen Raumfahrt, mit Roboter-Fahrzeugen auf dem Mond zu landen und ebenfalls Proben zur Erde zu bringen.

Der Mond als Forschungsobjekt

Auf die erste Mondlandung folgten noch sechs weitere Flüge zum Mond. Eine dieser Missionen, *Apollo 13*, hätte fast in einer Katastrophe geendet, nachdem unterwegs ein Sauerstofftank explodiert war. Nur mit viel Glück und höchstem Einsatz schaffte es die NASA, die Crew sicher zur Erde zurückzuholen. Umso besser verliefen die anderen fünf Missionen, bei denen verschiedene Gebiete auf der Vorderseite des Mondes besucht und viele Proben zur Erde gebracht werden konnten.

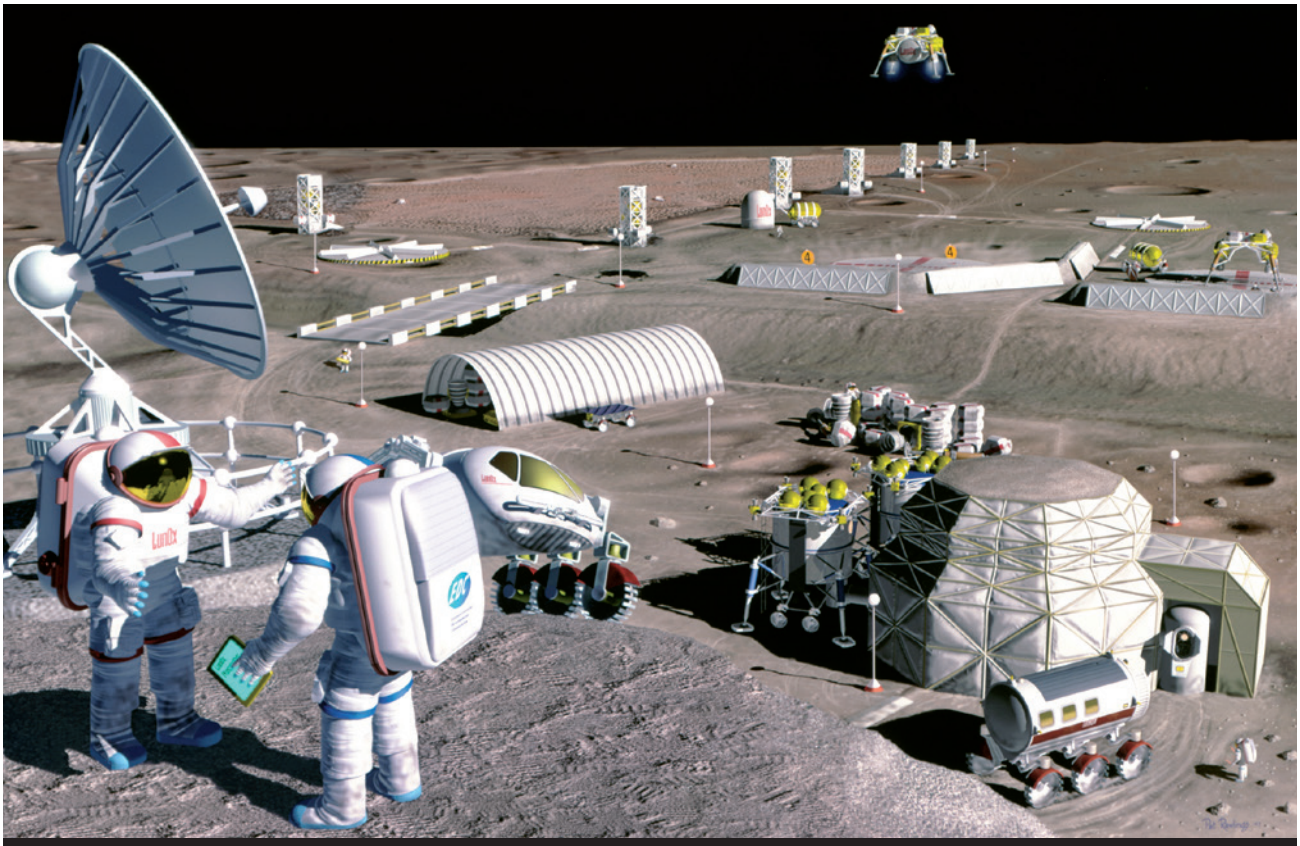
Als am 14. Dezember 1972 Eugene Cernan, der Kommandant von *Apollo 17*, in die Mondlandefähre stieg, um zur Erde zurückzufliegen, hinterließ er den bis heute letzten Fußabdruck auf der Mondoberfläche. Das *Apollo*-Programm war nun abgeschlossen, und es wurde für mehr als zwei Jahrzehnte recht still um den Mond.

Aber die Technik entwickelte sich weiter. Mit modernen Instrumenten wurde der Mond seit 1990 immer wieder von unbemannten Raumsonden besucht. So lieferte die NASA-Mission *Galileo* auf ihrem Weg zum Jupiter quasi im Vorbeiflug interessante Aufnahmen und Messdaten vom Mond. Andere Sonden hatten ihn mit neuer Bordtechnik zum Ziel: etwa *Lunar Prospector* oder die kleine europäische Sonde *SMART-1*. Und im Rahmen der amerikanischen Mission *Lunar Reconnaissance Orbiter* wurden derart detailreiche und scharfe Fotos vom Mond aufgenommen, dass sogar die Fußspuren der *Apollo*-Astronauten und die zurückgelassenen Geräte darauf zu sehen sind. Auch Wassereis hat man auf dem Mond mittlerweile entdeckt, aber nur nahe der Pole in Kratern, in die nie die Sonne scheint.

Heute beteiligen sich auch andere Nationen an der Mondforschung. Japan, Indien und China schickten Sonden dorthin, und im Dezember 2013 wurde ein chinesischer Rover auf der Oberfläche abgesetzt, der die Umgebung erkundete.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Die Zukunft der Mondforschung



NASA-Szenario einer Mondstation. Bild: NASA/Pat Rawlings (SAIC)

Die Zukunft der Mondforschung ist nicht klar umrissen. China hat angekündigt, in den nächsten Jahren mit Menschen zum Mond fliegen zu wollen. Auch von den Amerikanern erwartet man, dass sie früher oder später mit Astronauten zum Mond zurückkehren wollen. Es gibt noch viele wissenschaftliche Fragen, die auf dem Mond beantwortet werden können – vor allem bezüglich der Entwicklung des Mondes, der Erde und der anderen erdähnlichen Planeten. Auch für viele physikalische Experimente wäre der Mond ein lohnendes Ziel. Astronomen könnten von der Mondrückseite in die Tiefen des Universums lauschen, ungestört von all den Radiowellen, die von der Erde ins All ausgestrahlt werden. Ob man auf dem Mond je Rohstoffe gewinnen wird? Heute ist das noch nicht vorstellbar. Aber wer weiß schon, was in einigen Jahrzehnten oder Jahrhunderten sein wird? Vielleicht ist sogar der Weltraum-Tourismus eine treibende Kraft.

Hinweis: Zur „Mondkolonie“ ► Mitmach-Übung 13.2

Was unabhängig von solchen Überlegungen immer ein spannendes Erlebnis sein wird: nachts ein Fernrohr oder ein richtiges Teleskop auf den Mond zu richten. Und wie sagte „Buzz“ Aldrin, der zweite Mann auf dem Mond: *„Kein Traum bleibt für die Menschen unerreichbar, die ihren Blick in den Himmel richten“.*

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

13.1 Mitmach-Übung: „Bordtagebuch“ einer Mond-Mission

Bei dieser „Gedanken-Reise“ spielen die Kinder Astronaut. Sie führen über mehrere Tage hinweg ein „Tagebuch“, das dem typischen Verlauf einer Mond-Mission entspricht – vom Start bis zur Landung mit allen wichtigen Meilensteinen eines solchen Fluges. Sie als Lehrkraft teilen den Kindern jeden Tag mit, wie weit die Mission fortgeschritten ist und welche Aktivitäten und „Highlights“ auf dem Bordstundenplan stehen. Die Kinder schreiben und malen das entweder individuell in ihre Hefte oder sie entwerfen ein gemeinsames „Bordtagebuch“ der Klasse. Dazu werden die Texte und Bilder nach und nach vervollständigt und wie eine Wandzeitung im Klassenraum aufgehängt.

Hinweis: Wenn es terminlich passt, können Sie mit den Kindern die „Gedanken-Reise“ zum passenden Jahrestag einer echten Mission starten. Die Starttermine der einzelnen Missionen lassen sich im Internet recherchieren (Stichwort „*Apollo*-Programm“). Die nachfolgende Zeitleiste mit typischen Meilensteinen basiert ungefähr auf dem Szenario der *Apollo*-Flüge, wobei die einzelnen Missionen je nach Aufenthaltsdauer auf dem Mond unterschiedlich lange gedauert haben.

Zur Didaktik

- Diese Übungen machen die Kinder mit einem der faszinierendsten Kapitel in der Geschichte der Raumfahrt bekannt: den *Apollo*-Missionen zum Mond, als Menschen erstmals einen anderen Himmelskörper betraten.
- Sie regen die Fantasie an und ermuntern zur Entwicklung und Formulierung eigener Ideen.
- Sie trainieren Ausdruck, Satzbau und Rechtschreibung.

Der Flug zum Mond

Tag 1

- Start am Kennedy-Space-Center in Florida.
- Aufstieg ins All. Die erste und zweite Raketenstufe werden nach und nach abgetrennt.
- Nach ca. 12 Minuten ist der Weltraum erreicht. Einschwenken in eine Umlaufbahn um die Erde (Geschwindigkeit ca. 28 000 km/h).
- Nach zwei Erdumrundungen erneute Triebwerkzündung, danach Trennung des Raumschiffs von der 3. Raketenstufe und Beginn des eigentlichen Fluges zum Mond.

Tag 2 und 3

- Weiter antriebsloser Flug zum Mond. Wenn nötig Korrekturmanöver mit den Steuerdüsen des Raumschiffs.

Tag 4

- Zündung des Triebwerks und Einschwenken in eine Umlaufbahn um den Mond.

Tag 5

- Umstieg von zwei Astronauten in die Landefähre. Ein Astronaut bleibt im *Apollo*-Raumschiff zurück und umkreist nun bis zur Rückkehr der beiden Crewmitglieder den Mond.
- Abkoppeln der Landefähre, die sich der Mondoberfläche nähert und dort aufsetzt.
- Landung auf dem Mond.

Tag 6

- Die beiden Astronauten steigen aus der Landefähre aus und erkunden den Mond. Sie sammeln Steine ein, stellen Messgeräte auf und führen andere Experimente durch. Nach ca. 2 Stunden kehren sie in die Mondfähre zurück und ruhen sich aus. Bei späteren Missionen verwenden die Astronauten auch ein „Mond-Auto“.

Tag 7

- Weitere Erkundung des Mondes: Wieder steigen die Astronauten für mehrere Stunden aus der Mondfähre aus, in der sie zuvor geschlafen haben.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Tag 8

- Start von der Mondoberfläche. Dabei bleibt das „Gestell" der Mondfähre zurück, nur die kleine Aufstiegsstufe fliegt wieder zum *Apollo*-Raumschiff und dockt dort an.
- Das *Apollo*-Raumschiff zündet die Triebwerke und verlässt durch den Schub die Umlaufbahn um den Mond zurück in Richtung Erde.

Tag 9 und 10

- Rückflug zur Erde.

Tag 11

- Bei Annäherung an die Erde wird das Raumschiff von der kleinen Einheit, mit der die drei Astronauten auf die Erde zurückkehren, abgetrennt.
- Wiedereintritt in die Erdatmosphäre, wobei ein Hitzeschutzschild gegen die hohen Temperaturen schützt. Schließlich öffnen sich die Fallschirme, an denen die Rückkehr-Kapsel die letzten Kilometer nach unten gleitet.
- Landung (besser eigentlich „Wasserung") im Pazifischen Ozean. Die Crew wird von einem Hubschrauber aus der schwimmenden Kapsel geborgen und zu einem Flugzeugträger gebracht, wo sie empfangen wird.

13.2 Zum Abschluss: Visionen für die Zukunft

Eine Mondkolonie

Was heute wie eine Vision klingt, könnten die Schülerinnen und Schüler als Erwachsene noch erleben: Menschen bleiben für längere Zeit auf dem Mond, um dort eine Mondstation aufzubauen. Möglicherweise entwickelt sich auch der Weltraum-Tourismus in den nächsten Jahrzehnten so weit, dass man ohne die professionelle Ausbildung zum Astronauten als zahlender Passagier nicht nur ins All, sondern eines Tages auch zum Mond fliegen kann.

Mit älteren Schülerinnen und Schülern kann man das diskutieren und Szenarien entwickeln. Die Kinder zeichnen eine Mondstation oder basteln in einem schulinternen Ideenwettbewerb verschiedene Modelle. Neben viel Fantasie wird dabei logisches Denken gefordert. Treibhäuser für nachwachsende Pflanzen sind für die Ernährung wichtig, eine Landebasis darf man nicht vergessen, damit Frachtschiffe von der Erde Nachschub liefern können. Auch der sparsame Umgang mit Ressourcen ist ein wichtiges Thema: Wasser und Luft müssen mit Filtern wiederaufbereitet werden, für den Strom sorgen Sonnenkollektoren … Bei all diesen Überlegungen lassen sich immer wieder Bezüge zum Thema Nachhaltigkeit herstellen. Eines der größten technischen Probleme für einen langfristigen Aufenthalt auf dem Mond ist die Tatsache, dass Tage und Nächte dort jeweils zwei irdische Wochen dauern. Ältere Schüler können daraus vielleicht schlussfolgern: Der von Solarzellen gelieferte Strom muss also gespeichert werden.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Das Wichtigste merke ich mir!

Hier haben wir für dich noch einmal das Wichtigste über den Mond zusammengefasst:

- Der Mond ist unser „Begleiter“ im Weltraum. Von allen Himmelskörpern ist er uns am nächsten, nämlich etwa 400 000 Kilometer weit entfernt. Das ist natürlich auch weit weg, aber andere Planeten oder die Sonne sind noch viel weiter entfernt: viele Millionen Kilometer! Als Astronauten zum Mond geflogen sind, brauchten sie dafür nur vier Tage. Zum Mars wäre man dagegen mehr als ein halbes Jahr lang unterwegs.

- Den Mond kann man sich wie eine große Kugel vorstellen – wie die Erde auch, die noch größer ist. Der Mond fliegt auf seiner Bahn immer um die Erde herum. Dafür braucht er etwa einen Monat.

- Die Sonne strahlt den Mond mit ihrem Licht an. Deshalb leuchtet er so hell am Himmel. Besonders hell ist er bei Vollmond. Dann strahlt die Sonne die ganze Seite, die wir von der Erde sehen können, an. Der Mond sieht dadurch wie eine leuchtende runde Scheibe aus. Zu anderen Zeiten sehen wir nur einen kleineren Teil davon, etwa bei Halbmond oder wenn der Mond ganz schmal am Himmel steht. Auf seiner Bahn um die Erde herum wandert der Mond manchmal zwischen uns und die Sonne. Dann blicken wir auf die dunkle Seite des Mondes und können ihn gar nicht erkennen. Das nennt man Neumond. Der Mond zieht weiter auf seiner Bahn, und wir sehen immer mehr von ihm, bis wieder Vollmond ist.

- Der Mond ist kleiner als die Erde. Wäre die Erde so groß wie eine Orange, dann wäre der Mond ungefähr so klein wie eine Walnuss. Der Mond ist auch leichter als die Erde. Man sagt, er hat weniger „Masse“. 81 Monde würden so viel wiegen wie unsere Erde.

- Der Mond ist ganz anders als die Erde. Es gibt dort keine Wälder, Wiesen oder Flüsse, sondern nur Sand und Staub, Steine und Felsen. Manche Gebiete sind aus hellem Gestein, andere sind dunkler. Von der Erde aus betrachtet sieht das manchmal wie das Gesicht vom „Mann im Mond“ aus.

- Anfangs bestand die ganze Oberfläche des Mondes aus hellem Gestein, wie eine helle Kugel. Dann schlugen überall Asteroiden (das sind Felsbrocken, die durch den Weltraum fliegen) ein. Dadurch entstanden viele Krater, die wie „Löcher“ aussehen. Einige dieser Einschläge waren so stark, dass sich besonders große und tiefe Krater bildeten. Sie waren sogar so tief, dass aus dem Innern des Mondes flüssige Lava an die Oberfläche strömte. Diese Lava war glühend heiß und füllte die Krater wie ein Brei aus. Dann kühlte sie ab und wurde hart. Weil die Lava dunkel ist, entstanden so die dunklen „Flecken“ auf dem Mond. Die Lava hat auch viele kleine Krater bedeckt. Deshalb gibt es in den dunklen Gebieten viel weniger Krater als in den hellen Gebieten.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

- Wie ist der Mond überhaupt entstanden? Darüber haben die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen lange nachgedacht. Man nimmt an, dass das so passiert ist: Vor ganz langer Zeit (vor über 4 Milliarden Jahren) kam es zu einem gewaltigen Zusammenstoß. Unsere Erde wurde von einem anderen großen Himmelskörper getroffen. Keine Sorge: Menschen und andere Lebewesen gab es damals noch nicht, und ein so großer Zusammenstoß ist danach nie mehr passiert! Bei diesem Zusammenprall wurden riesige Mengen von Gestein aus der Erde heraus ins All geschleudert. Sie klumpten im Weltraum wieder neu zusammen – und daraus formte sich dann ganz langsam der Mond.

- Wenn man auf dem Mond etwas fallen lässt, fällt es viel langsamer auf den Boden als auf der Erde. Ein Ball fällt dort ungefähr so langsam nach unten wie bei uns ein kleiner Luftballon, denn der Mond zieht die Dinge nicht so stark an. Das liegt daran, dass der Mond viel leichter als die Erde ist (man sagt, der Mond hat weniger Masse). Deshalb hat er auch weniger Anziehungskraft als die Erde. Die Astronauten, die auf dem Mond waren, konnten daher viel leichter auf ihm herumhüpfen, als wir das auf der Erde können.

- Weil der Mond weniger Anziehungskraft hat, kann er auch keine Gase „festhalten". Anders als auf der Erde gibt es also keine Luft zum Atmen. Die Astronauten mussten deshalb so ähnlich wie Taucher Anzüge mit Helmen tragen – mit Flaschen voller Luft, die in ihrem Rucksack waren.

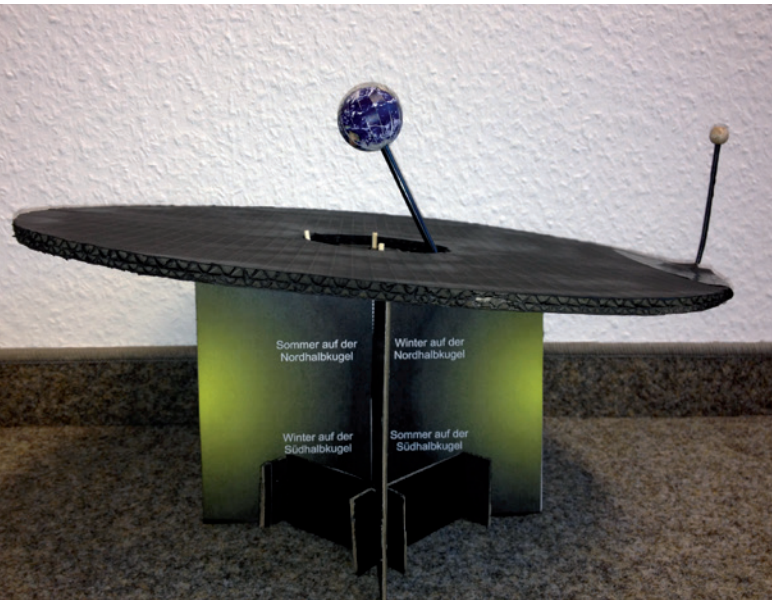
- Auch wenn der Mond wenig Anziehungskraft hat: Es genügt trotzdem, um das Wasser auf der Erde leicht anzuziehen. Dadurch entstehen Ebbe und Flut.

- Im Jahr 1969 betraten die ersten beiden Menschen den Mond. Sie hießen Neil Armstrong und Edwin Aldrin. Sie sammelten Steine ein und brachten sie zur Erde, damit man dieses Mondgestein ganz genau aus der Nähe betrachten konnte. Danach landeten weitere Astronauten auf dem Mond, immer zu zweit. Bisher waren zwölf Menschen auf dem Mond. Manche hatten in ihrem Raumschiff ein kleines „Mond-Auto" dabei und konnten so über den Mond fahren. All die Steine, die sie zur Erde mitbrachten, wurden mit Mikroskopen und anderen Instrumenten untersucht. Dadurch wissen wir, aus welchen Steinen der Mond besteht und wie er entstanden ist.

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Anhang

Tellurium für den Klassenraum



Das hier beschriebene Tellurium ist detaillierter als das kleine Tellurium, das sich die Kinder gebastelt haben (siehe Seiten 52 und 90). Es berücksichtigt z. B. auch die Neigung der Mondbahn. Für ältere Schülerinnen und Schüler kann dieses Modell zur Vertiefung dienen.

Materialien

- 2 Kugeln aus Baumwolle bzw. gepresster Watte oder Styropor für die Erde (Durchmesser ca. 3,5 cm) und für den Mond (Durchmesser ca. 1 cm)
- 3 Stücke stabile Wellpappe; 2-mal DIN A4, 1-mal etwa 40 cm x 40 cm (z. B. aus einem Umzugskarton)
- Ausdrucke der Vorlagen für Erde und Stativ (Ansichten auf den Seiten 110 f.; Kopiervorlagen aus dem Download-Bereich)
- biegbarer Draht, ca. 12 cm
- Holzspieß und 3 Zahnstocher
- 2 schwarze Trinkhalme
- evtl. schwarze Farbe (z. B. Sprühlack aus dem Baumarkt oder Dispersionsfarbe; Wasserfarbe ist weniger geeignet)
- Kleber (Klebestift oder Sprühkleber) und Klebeband
- Schere und Messer (nicht für Kinder geeignet)
- großes Lineal oder Geodreieck, Zirkel
- (Kneif-)Zange
- helle Lampe, möglichst mit LED-Leuchtmittel (sie sollte kaum Wärme abstrahlen)

Vorbereitung

Stativ:
Für das Stativ drucken Sie die beigefügten Kopiervorlagen aus, kleben sie auf Kartons aus Wellpappe (z. B. Umzugskarton), schneiden diese beklebten Pappteile aus und stecken sie zusammen. Die Vordrucke und die Bauanleitung haben drei Besonderheiten:

- Die aufgedruckte Beschriftung gibt eine Orientierung bzgl. der Jahreszeiten.
- Die Oberkante des Stativs ist nicht gerade, sondern schräg. Legt man die Pappscheibe für die Umlaufbahn des Mondes darauf, erhält sie automatisch die Neigung, die der Bahn des Mondes um die Erde in der Realität entspricht (um ca. 5° zur Bahnebene der Erde geneigt).
- Die Ausdrucke werden nicht beliebig auf die Wellpappe gelegt, sondern unter Beachtung der „Maserungsrichtung“ der Pappe. Damit sind die kleinen, für Wellpappe typischen Zwischenräume bzw. „Röhren“ gemeint. Wenn Sie die Ausdrucke wie durch die Pfeile „Maserungsrichtung“ markiert auf die Pappe kleben, können Sie später die Erde mithilfe des Holzspießes „schräg“ in eine der „Röhren“ an das Stativ stecken. Diese Schräge entspricht der Neigung der Erdachse (mit ca. 67° leicht „schräg“ geneigt, also 23° aus der Senkrechten gekippt).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Ring:
Auf dem Ring soll der Mond befestigt werden. Dafür sind auf das Stück Pappe 40 cm x 40 cm mit einem Zirkel zwei Kreise um den gleichen Mittelpunkt mit Radien von 4 cm und 18 cm zu zeichnen. Anschließend wird der Ring entlang der Linien ausgeschnitten und eventuell von beiden Seiten schwarz angemalt.

Erdkugel:
Wenn Sie die Erdkugel realistisch gestalten wollen, schneiden Sie die beigefügte Kopiervorlage sorgfältig aus. Kleben Sie zunächst den mittleren Teil des Streifens (Äquator) um die Kugel, besprühen Sie dann die Zacken mit Sprühkleber und streichen Sie sie in Richtung der Pole. Sollten sich die Enden der Zacken an den Polen überlagern, können sie mit der Schere gekürzt werden. **Hinweis:** Sie können die Erde und den Mond natürlich auch unbedruckt lassen und sie einfach mit blauer bzw. grauer Farbe bemalen.

Zusammenbau

Der Aufbau beginnt mit dem Zusammenstecken der beiden großen Stativteile entlang der gestrichelten Linien zu einem Kreuz. Anschließend werden als „Fuß" die beiden Teile mit den vier Einschnitten (mit den kürzeren Schlitzen nach oben) auf gegenüberliegenden Seiten in das Kreuz gesteckt. Auf den anderen beiden Seiten folgen die verbleibenden beiden Teile. Fertig ist das Stativ.

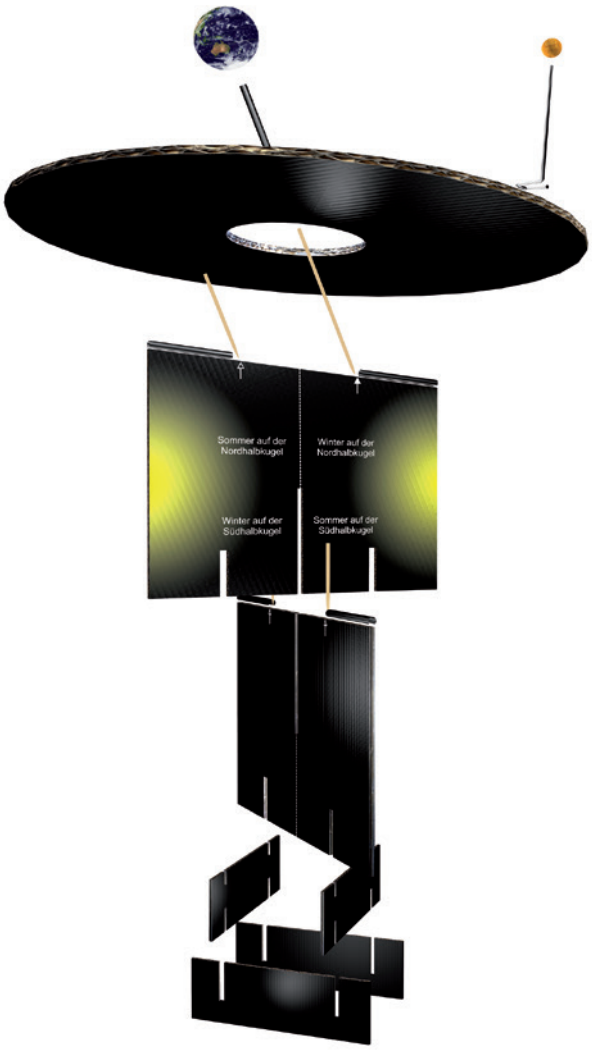
Als nächstes wird jeweils ein Zahnstocher an den mit drei identischen Pfeilen gekennzeichneten Stellen von oben in das Kreuz gesteckt, sodass sie etwa 1 cm herausragen. Sie sollen den „Mondring" auf seiner Bahn halten. Damit der Ring besser über die Oberkanten des Stativs gleitet, wird ein schwarzer Trinkhalm der Länge nach aufgeschnitten, in vier gleich lange Stücke geteilt und jeweils über die äußeren oberen Kanten des Stativs bis zu den Holzspießen geschoben.

Um den Mond auf dem Ring zu befestigen, muss zunächst ein Ende des Drahts zu einem „Standfuß" gebogen werden, der mit Klebestreifen am äußeren Rand des „Mond-Rings" festgeklebt wird. Auf das andere Drahtende kommt der Mond. Nun kann der Ring auf das Stativ gelegt werden.

Zum Abschluss ist der Holzspieß möglichst gerade in den Südpol der Erde etwa bis zur Kugelmitte zu bohren. Das andere Ende wird an der Stelle mit dem weißen Pfeil entlang der Maserung – und dadurch automatisch mit der richtigen Neigung der Erdachse – in das Stativ gesteckt, sodass sich die Erde über der Mitte des Stativs befindet. Wegen der „Schönheit" kann der sichtbare Teil des Holzspießes noch mit einem Stück Trinkhalm umringt werden.

Durchführung

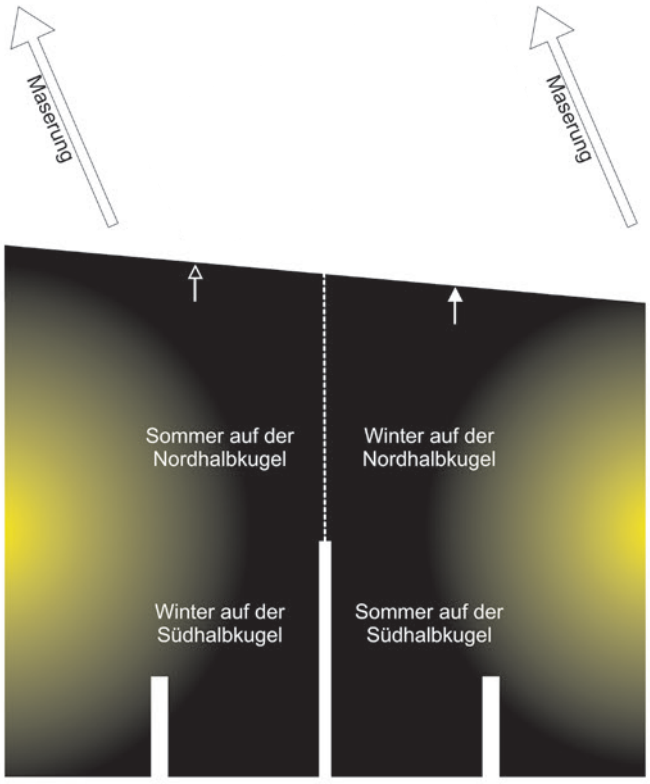
Das Tellurium und auf gleicher Höhe in einigem Abstand eine helle Lampe werden auf einem Tisch platziert; der Raum wird abgedunkelt. **Hinweis:** Dieses Modell ist nicht maßstabsgerecht. Bei den gewählten Größen von Erde und Mond müsste deren Abstand zueinander 1,1 Meter betragen und die Sonne hätte in einer Entfernung von 43 Metern einen Durchmesser von 4 Meter.



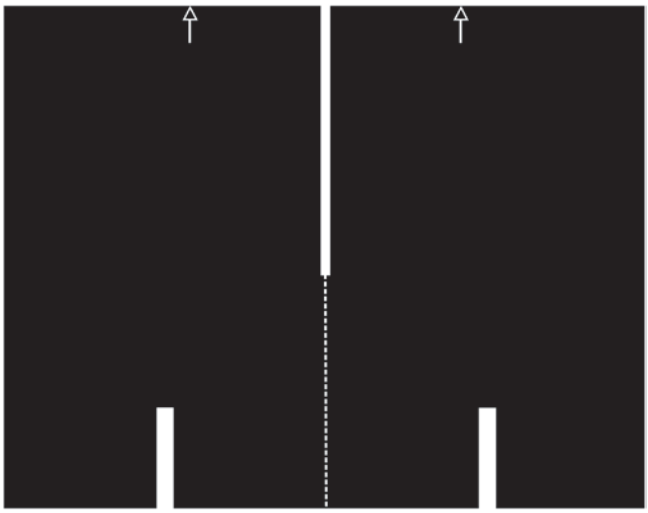
©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

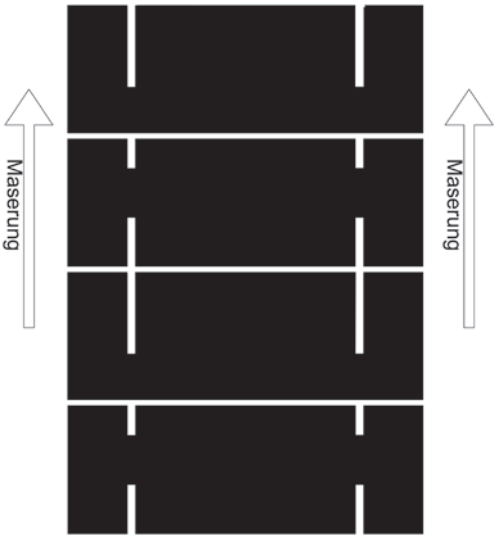
Mit dem Tellurium lassen sich folgende Phänomene verdeutlichen:

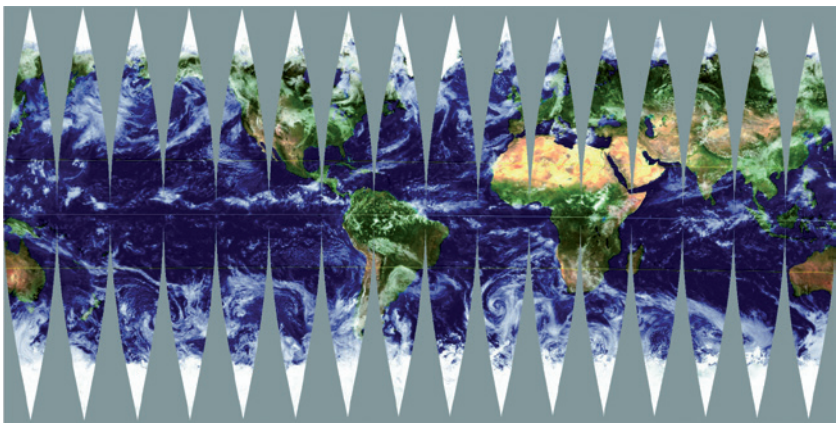
- **Rotation der Erde um sich selbst innerhalb eines Tages.** Drehen Sie die Erdkugel langsam um die eigene Achse, und zwar von oben gesehen gegen den Uhrzeigersinn. Man kann dabei den eigenen Standort durch eine Stecknadel oder einen Klebepunkt markieren und so verdeutlichen, wie es zu Tag und Nacht kommt (Kapitel 5, siehe Seite 52).
- **Gebundene Rotation des Mondes um die Erde innerhalb von ca. 28 Tagen.** Drehen Sie die Pappscheibe mit dem Mond langsam um die Erde (von oben gesehen gegen den Uhrzeigersinn). Der Mond zeigt immer mit derselben Seite zur Erde (Kapitel 7, siehe Seite 67).
- **Mondphasen.** Während Sie die Pappscheibe mit dem Mond langsam um die Erde drehen, sollten sich die Kinder in kleinen Gruppen immer auf der dem Mond gegenüberliegenden Seite befinden. So sehen die Kinder den Mond aus „irdischer" Perspektive und erkennen die einzelnen Mondphasen. Die Kinder können auch um das Tellurium herumgehen und erkennen: Ob Vollmond oder Halbmond – die Sonne strahlt immer einen gleich großen Bereich des Mondes an, nur sehen wir manchmal lediglich einen Teil der angeleuchteten „Hälfte" (Kapitel 11, siehe Seite 85).
  Älteren Schülerinnen und Schülern kann man als „Denksportaufgabe" die Frage stellen: Warum ist der „Halbmond" eigentlich ein „Viertelmond"? Die Antwort: Wir sehen bei Vollmond nur die „Hälfte" des Mondes, sodass wir bei Halbmond nur ein Viertel seiner Oberfläche sehen.
- **Totale Sonnen- und Mondfinsternisse.** Nur selten bilden Sonne, Erde und Mond exakt eine Linie. Meist führt die Neigung der Bahnebene des Mondes um die Erde dazu, dass der Mond etwas höher oder tiefer steht. Aber Sie können den Mond-Ring einmal so platzieren, dass der Mond genau zwischen Lampe und Erdkugel steht. Dann wirft er einen Schatten auf die Erde und an den abgedunkelten Orten würde man eine Sonnenfinsternis sehen. Befindet sich der Mond dagegen im Schatten der Erde, herrscht eine Mondfinsternis (Kapitel 11, siehe Seite 87).
- **Rotation des Erde-Mond-Systems um die Sonne innerhalb eines Jahres.** Sie können das gesamte Stativ samt Erde und Mond langsam um die Lampe bewegen (ohne das Stativ mitzudrehen) und so die Entstehung der Jahreszeiten verdeutlichen.



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021



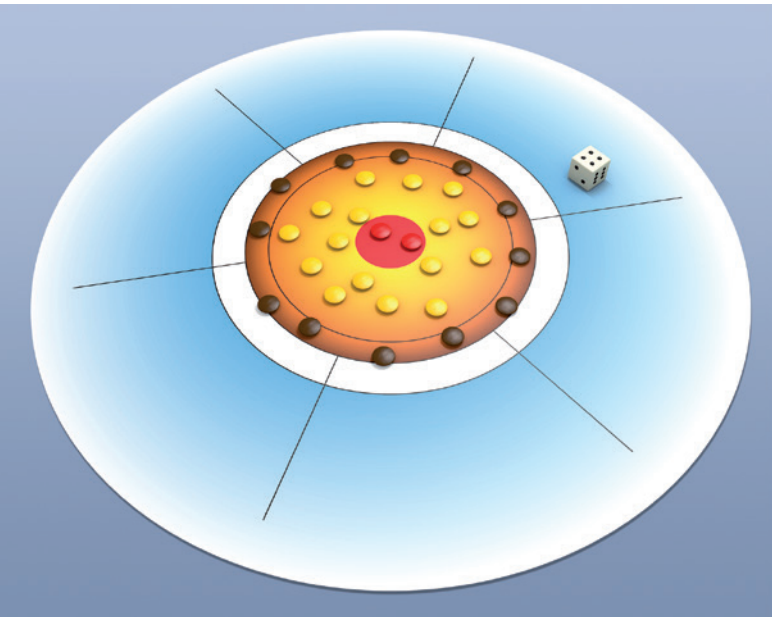




©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Das Mond-Spiel

Dieses Spiel behandelt die Entstehung des Mondes. Es eignet sich für fünf (bis max. acht) Spieler. Außer Ausdrucken der beigefügten Kopiervorlagen, die jeder Spieler erhält, sind nur wenige „Zutaten“ nötig. Viel Spaß!



Jeder Spieler erhält

- einen Würfel
- Farbkopie des Spielplans „Das Mond-Spiel“ auf DIN A3 vergrößert
- Ablaufplan
- Mondscheibe (Sie können diese Seite kopieren oder aus dem Download-Bereich ausdrucken und die Mondscheiben ausschneiden)
- Schokolinsen oder als Alternative etwa 1 cm große Papierkugeln aus farbigem Krepppapier
  - 12 braune Linsen/Kugeln für die Erdkruste
  - 16 gelbe Linsen/Kugeln für den Erdmantel
  - 2 rote Linsen/Kugeln für den Erdkern

Vorbereitung

1. Die Spielerinnen und Spieler setzen sich im Kreis, jede/jeder hat einen eigenen Spielplan vor sich.
2. Auf dem Spielplan werden die Schokolinsen oder Papierkugeln wie folgt verteilt:
   - 12 braune Linsen/Kugeln in der Erdkruste (jeweils etwa 2 pro Sektor)
   - 16 gelbe Linsen/Kugeln im Erdmantel
   - 2 rote Linsen/Kugeln im Erdkern
3. Jeder Spieler erhält einen Ablaufplan und setzt seine Spielfigur (den Mond) in das Feld „Phase 1“.

Die Abbildung zeigt den Spielplan mit Erdkern (rot), Erdmantel (gelb) und Erdkruste (braun). Der weiße Bereich stellt einen gewissen Abstand zur Umlaufbahn des Mondes sicher (Kugeln, die hier liegen bleiben, werden wie Kugeln in der Erde behandelt).

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Ablauf

Wer durch Würfeln und geschicktes Platzieren der Linsen/Papierkugeln als erster den Mond geformt hat, gewinnt. Dabei müssen alle vier Phasen des Ablaufplans durchlaufen werden.

Phase 1:

Ein großer Himmelskörper trifft die Erde und schleudert Material aus ihrem Mantel und der Kruste heraus.

In unserem Spiel ist der Würfel dieser Himmelskörper. Der Reihe nach wirft jeder Spieler den Würfel (die Punktzahl ist hier noch egal) auf seinem Spielplan in die mit Linsen/Kugeln gefüllte Erde hinein. Man hat direkt hintereinander drei Versuche, um möglichst viele Linsen auf die andere Seite des dicken schwarzen Kreises in die äußeren blauen Felder zu befördern – also ins Weltall. Aber Achtung: Da beim echten Einschlag nur Material aus dem Erdmantel und der Erdkruste ins All geschleudert wurde, dürfen nur gelbe und braune Linsen über die schwarze Umrandung der Erde gelangen. Wer rote Linsen aus der Erde schleudert, muss von vorne anfangen. Wer mindestens zwei braune und vier gelbe Linsen in die Umlaufbahn befördert hat, hat Phase 1 erfolgreich abgeschlossen und darf mit seiner Spielfigur (dem Mond) auf dem Ablaufplan in „Phase 2" vorrücken. Befinden sich mehr als sechs Linsen in der Umlaufbahn, werden die überzähligen vom Spielplan entfernt.

Phase 2:

Nachdem das aus der Erde geschleuderte Material in der Umlaufbahn ist, verteilt es sich allmählich um die Erde herum.

In dieser Phase ist das Ziel, dass sich in jedem der sechs Felder der Umlaufbahn genau eine braune oder gelbe Linse befindet. Dazu würfeln die Spieler reihum; bei einer 6 würfelt man direkt noch einmal. Entsprechend der Augenzahl darf eine beliebige Linse in eine beliebige Richtung in den Feldern gesetzt werden – immer um die Erde herum. Die gewürfelte Zahl muss gezogen werden! Durch geschicktes Ziehen verteilen sich die Linsen allmählich. Dabei dürfen zwischenzeitlich mehrere Linsen auf einem Feld liegen. Wenn auf jedem Feld eine Linse liegt, ist Phase 2 erfolgreich beendet und man darf seine Spielfigur auf dem Ablaufplan in Phase 3 vorrücken.

Phase 3:

Nun beginnt das Material in der Umlaufbahn zu verklumpen und formt langsam den Mond.

Ziel in dieser Phase der Mondentstehung ist es, dass sich alle sechs Linsen in einem einzigen Feld sammeln (in welchem spielt keine Rolle). Das geschieht wieder durch Würfeln und Ziehen, wobei man wie zuvor die gewürfelte Augenzahl ziehen muss. Befinden sich alle Linsen in einem einzigen Feld, ist es fast geschafft. Man darf seine Spielfigur jetzt auf dem Ablaufplan in „Phase 4" vorrücken.

Phase 4:

Aus dem verklumpten Material bildet sich der Mond.

Dazu muss der Würfel geworfen werden, wenn man wieder an der Reihe ist. Zeigt er eine 6, darf man seine Linsen durch die Mondscheibe ersetzen und hat gewonnen. Zeigt er keine 6, sind die anderen Spieler der Reihe nach dran und können aufholen …

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Das Mond-Spiel – Ablaufplan

Phase 1:

Ein großer Himmelskörper trifft die Erde und schleudert Material aus ihrem Mantel und der Kruste heraus.

Ziele mit dem Würfel auf die Erde und wirf ihn hinein. Du musst mindestens zwei braune und vier gelbe Linsen oder Kugeln ins All befördern. Aber Achtung: Die roten Linsen/Kugeln müssen in der Erde bleiben!

Phase 2:

Nachdem das aus der Erde geschleuderte Material in der Umlaufbahn ist, verteilt es sich allmählich um die Erde herum.

Du musst die sechs Linsen in alle Felder außerhalb der Erde verteilen – in jedes Feld eine. Wenn du gewürfelt hast, zeigt dir die Augenzahl des Würfels, über wie viele Felder du mit einer Linse ziehen darfst.

Phase 3:

Nun beginnt das Material in der Umlaufbahn zu verklumpen und formt langsam den Mond.

Jetzt müssen alle Linsen in einem einzigen Feld zusammenkommen. Du kannst dir das Feld aussuchen. Die Augenzahl des Würfels sagt dir, wie viele Felder du weiterziehen darfst.

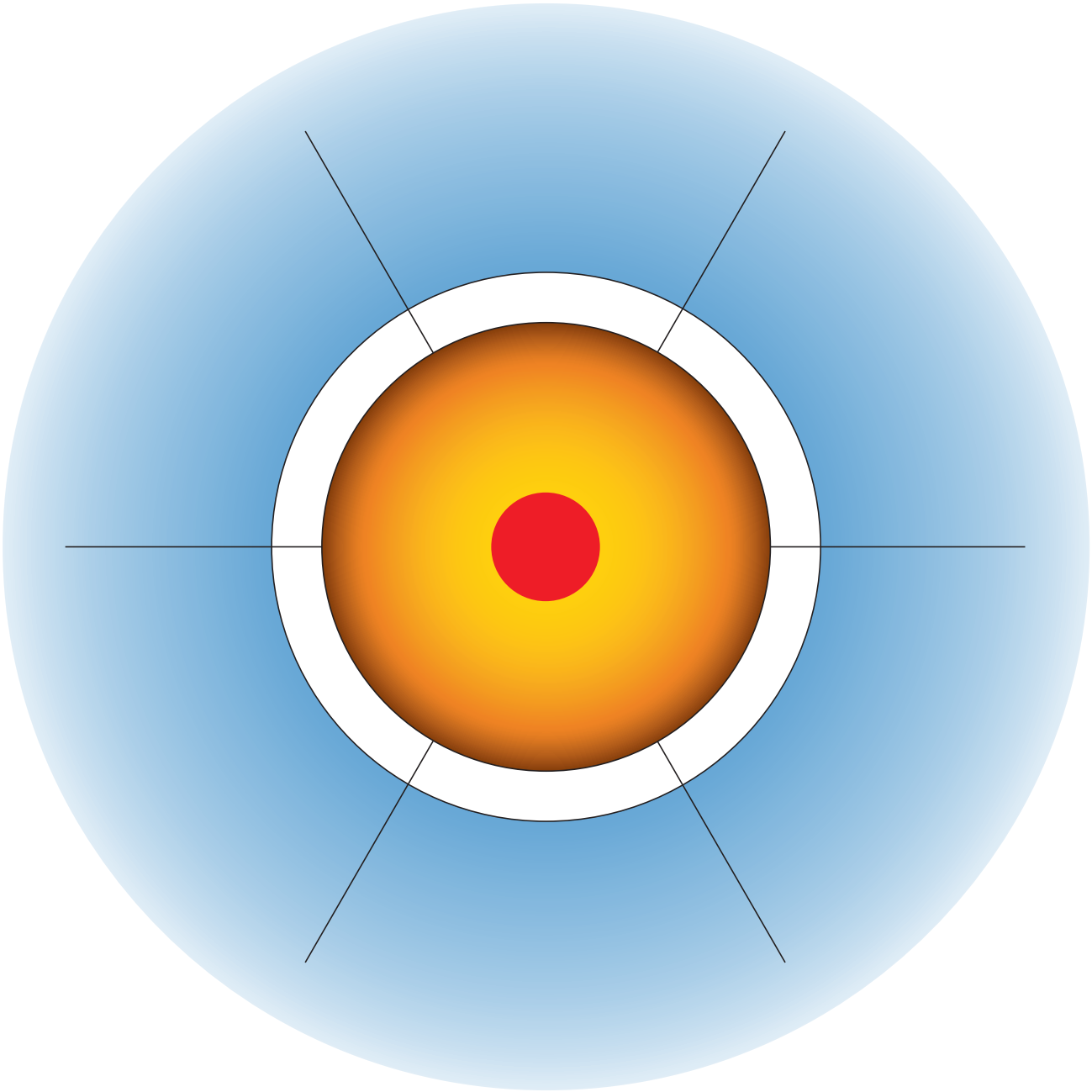
Phase 4:

Aus dem verklumpten Material bildet sich der Mond.

Wenn alle Linsen in einem einzigen Feld sind, hast du es fast geschafft.
Jetzt musst du nur noch eine 6 würfeln. Dann darfst du deine Linsen durch die Mondscheibe ersetzen und hast gewonnen!

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Das Mond-Spiel – Spielplan



©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Materiallisten für Mitmach-Experimente

Teil A: Erde

Mitmach-Experiment 1.1
Die Erde – Kugel oder Scheibe?
Experiment mit einem Schiff am Horizont

- Styroporkugel oder Globus bzw. ein großer Ball
- Styroporplatte oder Blatt Papier (möglichst DIN A3)
- Styroporstück oder Korken als Schiff
- Papier als Segel
- Zahnstocher
- Schere, Kleber

Mitmach-Experiment 1.2
Die Erde – Kugel oder Scheibe?
Das legendäre Experiment aus der Antike

- Styroporkugel für die „Kugel-Erde" (12 cm Durchmesser)
- dünne Styroporscheibe, kreisrund ausgeschnitten für die „Scheiben-Erde" (ebenfalls 12 cm Durchmesser)
- 4 Zahnstocher
- Maßband oder Gliedermaßstab
- Klebebandrolle, Glas o. Ä. (als Halter für die Kugel)
- Schuhkarton o. Ä. (als Unterlage für die Styroporscheibe)
- eine (besser zwei) helle Taschenlampe(n)
- für die Alternative: Ausdrucke der Vorlagen aus dem Download-Bereich (Ansicht auf Seite 16) sowie Klebstoff

Mitmach-Experiment 1.3
Die „Abplattung" der Erde

- Holzspieß (ca. 12 cm lang)
- 2 Streifen festeres Papier (120–160 g/m², ca. 1,5 cm breit und lang wie eine DIN-A4-Seite)
- Klebstoff
- Locher
- Lineal
- Akkuschrauber

Mitmach-Experiment 1.4
Die „habitable Zone"
Der richtige Abstand zur Sonne

- Rotlicht-Lampe (Infrarot-Lampe gegen Muskelverspannungen etc.)
- mehrere Eiswürfel (in Kühltasche befördern und aufbewahren)
- mehrere Flaschenkorken
- Tisch
- Auffangbehälter für das aufgetaute Wasser, z. B. Schraubglasdeckel
- ggf. Gläser oder Ähnliches, um die Eiswürfel direkt vor der Lampe zu platzieren
- Maßband oder Gliedermaßstab
- Stromanschluss

Mitmach-Experiment 2.1
Der Zeitstrahl
Eine Zeitreise vom Anfang der Erde bis heute

- aufstellbare Fahnen oder andere gut sichtbare Markierungen
- langes Maßband (Sportunterricht) und Kreide
- Zeittafeln mit Überschriften (Ansicht auf Seite 26; Vorlagen zum Ausdrucken aus dem Download-Bereich), die verteilt und von den Kindern auf die jeweiligen Bilder geklebt werden
- DIN-A3-Papier oder Pappe (für die von den Kindern vorab gemalten Bilder)
- Mal-Utensilien, Schere und Kleber (für die Zeittafeln)

Mitmach-Experiment 2.2
hell und dunkel – kalt und warm

- zwei 1-Liter-Flaschen (durchsichtige PET-Flaschen, keine Glasflaschen)
- schwarze und weiße Dispersionsfarbe
- Pinsel
- Thermometer
- Wasser
- Uhr

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Mitmach-Experiment 3.1
Schichtmodell der Erde I
Ein gefüllter „Wasserball" als Erde

- Medizinball
- Wasserball in passender Größe mit aufgedrucktem Globus
- kleine Styroporkugel
- gelbe, rote, orange Plastiktüten oder Papier

Mitmach-Experiment 3.2
Schichtmodell der Erde II
Ein gefüllter Luftballon als Erde

- weiße Wattekugel oder Küchenkrepppapier
- oranges Blatt Papier DIN A5
- rote Serviette
- gelbes Transparentpapier (15 cm x 15 cm)
- blauer Luftballon (Mundstück abschneiden)
- Schere

Mitmach-Experiment 3.3
Das Erdteil-Puzzle
Kontinentaldrift im Zeitraffer

- Papier, Pappe oder dünne Styroporplatten
- Schere oder Messer (evtl. Styroporschneidemaschine)
- Stifte, Wasserfarben, Pinsel
- Weltkarte (zur Identifizierung der Kontinente in der heutigen Position)
- Ausdrucke der Vorlagen aus dem Download-Bereich (Ansicht auf Seite 37)

Mitmach-Experiment 3.4
Das Magnetfeld der Erde

- blaue Pappe (für die Erde)
- Eisenfeilspäne
- Stabmagnet
- Styroporplatte
- Schere
- Zirkel
- Klarsichtfolie

Mitmach-Experiment 4.1
Die Erdatmosphäre im Querschnitt

- blaue Wasserfarbe und Mal-Utensilien
- Schwamm
- großes Blatt Papier oder Karton (1 Meter Höhe)
- kleinere Blätter oder Pappstücke
- Lineal oder Maßband
- Stifte, Schere

Mitmach-Experiment zur Vertiefung (Seite 39)

- Styroporkugel (12 cm Durchmesser)
- blaue Dispersionsfarbe
- schwarzer oder silberner Stift, um die Äquatorlinie einzuzeichnen
- starker Stabmagnet (ca. 20 cm)
- 2 Rundholzstäbe (ca. 5 mm Durchmesser, je 15 cm lang) als Rotationsachse der Erde
- Schälchen mit Wasser, darauf schwimmend eine dünne Styroporplatte mit einem kleinen Magneten (für den „schwimmenden Kompass")

Mitmach-Experiment 5.2
Das „Foucaultsche Pendel" auf dem Drehstuhl

- Drehstuhl
- Stativ (Länge ca. 1,5 Meter)
- Pendel mit Schnur und Gewicht
- Spielzeugfigur (als Symbol für eine auf der Erde stehende Person)
- ggf. Windrose mit Himmelsrichtungen (Ausdruck der Vorlage aus dem Download-Bereich; Ansicht auf Seite 51)
- alte CD oder rundes Stück Pappe

Mitmach-Experiment 5.1
Die Erdrotation
Die Sonnenuhr – und ein Drehstuhl-Experiment als Hinführung

- Drehstuhl
- Taschenlampe
- größerer Blumentopf oder Eimer
- langer Holzstab, der weit aus dem Eimer herausragen muss
- Kies, Sand oder Erde
- Filzstift
- Uhr

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Mitmach-Experiment 5.3
Basteln eines Telluriums
So entstehen die Jahreszeiten

- blau eingefärbte Wattekugel (3 cm Durchmesser) als Erde
- Holzstab (ca. 20 cm lang, z. B. Schaschlikspieß)
- Reißzwecke mit weißem Kopf (als Nordpol)
- kurze Pinnnadel mit rotem Kopf (für den Standort)
- schwarzer Filzstift
- Etiketten-Aufkleber für Namen
- Pappwinkel (23° eingezeichnet) oder Geodreieck
- Styroporplatte (ca. 10 cm x 15 cm x 3 cm)
- Lichtquelle (Kugellampe) mit Stromanschluss
- 4 Wortkarten mit den Jahreszeiten (Frühling – Sommer – Herbst – Winter)
- 4 gebogene Pfeile mit dem Aufdruck „3 Monate“, um einen Jahreskreis zu bilden (Ausdrucke der Vorlagen aus dem Download-Bereich; Ansicht auf Seite 53)

Mitmach-Experiment 6.1
Auf Planeten-Jagd

- runde Tisch- oder Schreibtischlampe
- verschieden große Bälle und Kugeln
- Stromanschluss
- evtl. Papierrollen und Filzstifte (für „Streifenschreiber“)
- evtl. Papprolle als Teleskop

Teil B: Mond

Mitmach-Experiment 7.1
Zum Einstieg: Vorwissen zum Mond

- Wandtafel
- Moderatorenkarten oder entsprechende Stücke Papier

Mitmach-Experiment 7.2
Größe des Mondes und Entfernung von der Erde
sowie
Mitmach-Experiment 7.3
Der Mond kreist um die Erde

- Kugel für die Erde mit 12 cm Durchmesser
- Kugel für den Mond mit 3 cm Durchmesser
- Maßband oder Gliedermaßstab

Mitmach-Experiment 7.4
Den Mond beobachten

- ggf. Digitalkamera
- Fernglas
- ggf. Teleskop

Mitmach-Experiment 7.5
Der „Mann im Mond“

- Kopien des Schülerblattes
- Stifte

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

Mitmach-Experiment 8.1
Der „leichte" Mond

- 2 undurchsichtige Flaschen oder Schachteln / kleinere Kartons
- Sand (oder Wasser, wenn Flaschen benutzt werden)
- ggf. blickdichte Folie (z. B. Alufolie) für die Flaschen oder ein Tuch, um die Augen zu verbinden

Mitmach-Experiment 8.2
„Mondsprünge"

- Schaumstoffwürfel 15 cm x 15 cm x 15 cm für „Erdsprung"
- Schaumstoffblock 15 cm x 15 cm x 90 cm für „Mondsprung" (mit einem Stift in jeweils 15 cm Abstand den „Erdsprung" markieren)

Mitmach-Experiment 9.1
Krater selbst erzeugen
Wie sind die Krater auf dem Mond entstanden?

- kleine Steine, Golfbälle oder andere feste Bälle bzw. Kugeln von unterschiedlicher Größe und Masse
- Behältnis (Wanne, Plastikschale, Karton o. Ä.)
- Gipspulver
- Schaber oder Brett (zum Glätten der Oberfläche vor neuen Versuchen)
- ggf. Waage, Maßband

Mitmach-Experiment 9.2
Mondoberfläche analysieren
Was verraten die Krater auf dem Mond?

- Kopien des Schülerblattes
- Stifte

Mitmach-Experiment 11.1
Die Mondphasen im Handversuch

- Taschenlampe
- Styroporkugel auf langem Schaschlikstab (Größe der Kugel beliebig)

Mitmach-Experiment 11.2
Die Mondphasen am Tellurium

- das Erde-Modell mit der blauen Wattekugel (aus Mitmach-Experiment 5.3)
- 20 cm Blumendraht
- helle Perle (ca. 1 cm Durchmesser) mit Loch (oder eine helle Wattekugel)

Mitmach-Experiment 11.3
Die Mondphasen am Himmel erkennen

- Wortkarten (Vollmond – Neumond – zunehmender Halbmond – abnehmender Halbmond – Neumond)
- Bildkarten mit Mondphasen
- Kopien des Schülerblattes
- Stifte

Mitmach-Experiment 12.1
Ebbe und Flut im Modell

- 2 Stücke stabile Pappe ca. 40 cm x 40 cm und ca. 15 cm x 15 cm (z. B. aus einem Umzugskarton)
- Holzspieß und Trinkhalm (der Spieß muss durch den Halm passen)
- Ausdruck der Nordhalbkugeln von Erde und Mond (Ansicht Seite 98) oder einfach eine größere blaue Pappscheibe (Erde) und eine kleinere graue Pappscheibe (Mond)
- Schnur, mindestens 20 cm
- Stift, Flüssigkleber
- Schere oder Teppichmesser
- Reißzwecke oder Musterbeutelklammer
- Gummiband, ca. 24 cm Umfang
- flexible Kette mit einer Länge von ca. 50 cm (z. B. preiswerter Modeschmuck oder aus dem Baumarkt)
- schwarze Farbe (z. B. Sprühlack aus dem Baumarkt oder Dispersionsfarbe; Wasserfarbe ist weniger geeignet)
- Korken

Mitmach-Übung 13.1
„Bordtagebuch" einer Mond-Mission

- Bordstundenplan (siehe Seite 104 f.)
- Papier
- Stifte

©Als Kopiervorlage freigegeben. DLR, 2021

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 – 15 Schülerlabore: In diesen DLR_School_Labs werden rund 40 000 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 30 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

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

In Kooperation mit

sfz®
schülerforschungszentrum südwürttemberg