



WBF

Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung • Gemeinnützige Gesellschaft mbH
Holzdamm 34 • D-20099 Hamburg • Tel. (040) 68 71 61 • Fax (040) 68 72 04
office@wbf-medien.de • www.wbf-medien.de

Verleihnummer der Bildstelle

Unterrichtsblatt zu der didaktischen DVD

Warum fällt alles nach unten?

Grundlagen der Gravitation



**Unterrichtsfilm, ca. 16 Minuten,
Filmsequenzen, umfangreiches Zusatzmaterial und Arbeitsblätter**

Adressatengruppen

Alle Schulen ab 5. Schuljahr,
Jugend- und Erwachsenenbildung

Unterrichtsfächer

Naturwissenschaften, Physik, Technik,
Fächerverbund NwT

Kurzbeschreibung des Films

Im alltäglichen Leben nehmen wir wie selbstverständlich hin, dass alles immer nach unten fällt. Aber wieso ist das eigentlich so? Der Film zeigt nach einem kurzen historischen Einstieg, dass die Ursache einer Bewegung immer eine Kraft ist und dass es sehr unterschiedliche Kräfte wie Muskelkraft, Spannkraft oder Magnetkraft gibt. Die Kraft, die alles „nach unten“ zieht, ist die Gravitationskraft, die von der Masse abhängt. Die Erdmasse ist so groß, dass sie alle anderen Dinge zu sich zieht. Die Bewegungen des Mondes um die Erde sowie die der Planeten um die Sonne sind Beispiele für die Auswirkungen der Gravitationskraft. Abgerundet wird der Film durch spannende Details, z. B. warum ein Hammer und eine Feder auf dem Mond gleich schnell fallen oder Astronauten im All schweben.

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass in unserem täglichen Leben Kräfte eine große Rolle spielen und dass die Gravitationskraft eine davon ist. Sie lernen, dass die Gravitationskraft durch die Masse eines Körpers entsteht und mit zunehmender Masse stärker wird. Die Schülerinnen und Schüler entdecken den Zusammenhang zwischen einem kreisenden Wassereimer und dem Mond, der unsere Erde umkreist. Sie verstehen, dass verschiedene, entgegengesetzt wirkende Kräfte zu einem Kräftegleichgewicht führen können. Sie erkennen, dass es jenseits der Erde keine Gravitation gibt.

Verleih in Deutschland: WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landes-, Stadt- und Kreisbildstellen sowie den Medienzentren entliehen werden.

Verleih in Österreich: WBF-Unterrichtsmedien können bei den Landesbildstellen, Landesschulmedienstellen sowie Bildungsinstituten entliehen werden.

Weitere Verleihstellen in der Schweiz, in Liechtenstein und Südtirol

Inhaltsverzeichnis

• Hilfe für den Benutzer	S. 2	• Anregungen für den Unterricht:	S. 7
• Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern	S. 3	Einsatz des Unterrichtsfilms	
• Struktur der WBF-DVD	S. 4	• Ergänzende Informationen	S. 11
• Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher	S. 5	• Übersicht über die Materialien	S. 12
• Inhalt des Films	S. 5	• Didaktische Merkmale der WBF-DVD	S. 14
		• Anregungen für den Unterricht: Einsatz der gesamten WBF-DVD	S. 14

Hilfe für den Benutzer

Die WBF-DVD Premium plus besteht aus einem **DVD-Video-Teil**, den Sie auf Ihrem DVD-Player oder über die DVD-Software Ihres PC abspielen können, und aus einem **DVD-ROM-Teil**, den Sie über das DVD-Laufwerk Ihres PC aufrufen können.

DVD-Video-Teil

In Ihrem DVD-Player wird der DVD-Video-Teil automatisch gestartet. Über das Menü können der Hauptfilm, die Filmsequenzen und die zusätzlichen Filmclips abgespielt werden.

Hauptfilm starten: Der WBF-Unterrichtsfilm läuft ohne Unterbrechung ab.

Filmsequenzen und zusätzliche Filmclips: Der WBF-Unterrichtsfilm ist in Filmsequenzen unterteilt. Die Filmsequenzen und die zusätzlichen Filmclips können einzeln angewählt werden.

Bei den Filmsequenzen und den zusätzlichen Filmclips werden im Vorspann Arbeitsaufträge eingeblendet. Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung sind diese in die folgenden drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

○ leicht	◐ mittel	● schwer
----------	----------	----------

DVD-ROM-Teil

Im DVD-Laufwerk Ihres PC können Sie den DVD-ROM-Teil über den Explorer durch Öffnen der **Index-Datei** starten. Der **Hauptfilm**, die **Filmsequenzen** und die zusätzlichen **Filmclips** werden über das Hauptmenü gestartet.

Der **DVD-ROM-Teil** bietet zahlreiche **weiterführende Materialien**, interaktive Arbeitsblätter (siehe Seite 3) und hilfreiche Informationen wie zum Beispiel das didaktische Unterrichtsblatt, den Vorschlag für eine Unterrichtseinheit oder Lehrplanbezüge für alle Bundesländer.

Der WBF-Unterrichtsfilm ist in **Filmsequenzen (= Schwerpunkte)** unterteilt. Jeder Sequenz sind Problemstellungen zugeordnet, die mithilfe des filmischen Inhalts und der Materialien erarbeitet werden können. Die Schwerpunkte, Problemstellungen und Materialien sind durchnummeriert, z. B.:

Hauptmenü	Schwerpunkt	Problemstellung	Material
Schwerpunkte	2. Physikalische Grundlagen	2.2 Wie wirkt die Gravitationskraft?	2.2.2 Was wir unter Gravitation verstehen

Alle Materialien können als PDF- oder Word-Datei aufgerufen und ausgedruckt werden. Sie sind nach den Schwerpunkten und Problemstellungen gegliedert. Zu allen Materialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien finden Sie das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge.

Zur Unterstützung der **Binnendifferenzierung** sind auch diese Arbeitsaufträge in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

<input type="radio"/> leicht	<input checked="" type="radio"/> mittel	<input type="radio"/> schwer
------------------------------	---	------------------------------

In den Schwerpunkten und Problemstellungen werden die Arbeitsblätter bewusst ohne Lösungen angeboten, um den Schülerinnen und Schülern ein selbstständiges Arbeiten zu ermöglichen. Die Arbeitsblätter mit Lösungen finden Sie in der Infothek unter **Sammlungen aller Arbeitsblätter - Lehrer**.

Infothek

Hier finden Sie folgende Dokumente als PDF- und Word-Datei:

- die **Übersicht über die Materialien**
- das **didaktische Unterrichtsblatt** mit Anregungen für den Unterricht
- die **Arbeitsaufträge für alle Materialien**, zusammengestellt in einer Datei
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen)
- die **Sammlung aller Arbeitsmaterialien**
- die **Sprechertexte** für den Hauptfilm, die Filmsequenzen und zusätzlichen Filmclips
- den **Vorschlag für eine Unterrichtseinheit**
- die **Bildungsstandards und WBF-Medien** sowie
- die **Lehrplanbezüge nach Bundesländern**

Informationen zu den interaktiven Arbeitsblättern



Die WBF-DVD Premium plus bietet Ihnen zusätzlich zu den bisherigen didaktisch aufbereiteten Materialien eine Auswahl von **vier interaktiven Arbeitsblättern**. Sie können diese Arbeitsblätter direkt über die Startseite unter **Interaktive Arbeitsblätter** oder über die Schwerpunkte und Problemstellungen aufrufen. Die interaktiven Arbeitsblätter liegen im HTML5-Format vor und können an verschiedenen Endgeräten bearbeitet werden (z. B. Whiteboard, Tablets ...).

Auf der Ebene der Problemstellungen befinden sich darüber hinaus die herkömmlichen Versionen der Arbeitsblätter im Word- und PDF-Format. Ferner können Sie in der Infothek die Dokumente **Sammlung aller Arbeitsblätter - Lehrer** (mit Lösungen) und **Sammlung aller Arbeitsblätter - Schüler** (ohne Lösungen) aufrufen.

Systemvoraussetzungen für den Einsatz der DVD-ROM:

Windows 7, 8 und 10, Mac OS X, DVD-Laufwerk mit gängiger Abspielsoftware, 16-Bit-Soundkarte mit Lautsprechern, Bildschirmauflösung von 800 x 600 Pixel oder höher

Struktur der WBF-DVD

Unterrichtsfilm: Warum fällt alles nach unten? Grundlagen der Gravitation	
1. Schwerpunkt Historischer Einstieg	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (1:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellung, Materialien (siehe Seite 12)	
1.1	Wie haben sich die Menschen in der Vergangenheit mit Gravitation beschäftigt?
2. Schwerpunkt Physikalische Grundlagen	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (4:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellungen, Materialien (siehe Seite 12/13)	
2.1	Was sind Kräfte?
2.2	Wie wirkt die Gravitationskraft?
3. Schwerpunkt Spannendes zur Gravitation	
<ul style="list-style-type: none">• Filmsequenz (7:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM• Problemstellungen, Materialien (siehe Seite 13)	
3.1	Warum fällt der Mond nicht auf die Erde?
3.2	Warum fallen Gegenstände auf dem Mond gleich schnell?

Einsatzmöglichkeiten zu Themen der Lehrpläne und Schulbücher

- Historische Einordnung der Gravitation
- Gravitation als eine von vielen Kräften
- Gravitation als Ursache des freien Falles
- Auswirkungen der Gravitation auf den Mond bzw. die Planeten unseres Sonnensystems
- Kräftegleichgewicht bei gleich großen, entgegengesetzt wirkenden Kräften
- Ursache der unterschiedlichen Fallgeschwindigkeiten auf der Erde
- Schwerelosigkeit

Inhalt des Films

Ein Turm aus Holzklötzchen kippt um, ein Apfel fällt von einem Baum, ein Wasserstrahl wird nach unten abgelenkt. Diese Bilder machen deutlich, dass ständig alle Dinge auf der Erde nach unten fallen. Der Film beschreibt die Selbstverständlichkeit dieser Abläufe und wirft die Frage auf, warum das eigentlich so ist.

In einem historischen Einstieg werden einige Forscher/Naturwissenschaftler gezeigt, die sich mit der Thematik des Fallens beschäftigt haben. Schon Aristoteles gab den vier Grundelementen eine Richtung und ließ Erde und Wasser nach unten, Feuer und Luft nach oben streben. Galilei entdeckte Zusammenhänge des freien Falles und Newton formulierte später dazu die passenden mathematischen Gesetze. Einstein verband Raum und Zeit miteinander und veränderte die Sicht auf die Gravitation damit noch einmal grundlegend. Allerdings ist auch Einsteins Ansatz noch nicht komplett und es gibt bis heute keine Theorie, die wirklich alle Fragen zur Gravitation abschließend beantworten könnte.

Nach dem historischen Einstieg beschreibt der Film Beispiele, die scheinbar zeigen, dass doch nicht alles nach unten fällt. Ein Heißluftballon steigt ebenso nach oben wie ein Flugzeug oder eine Rakete. Allerdings fallen diese Fluggeräte ohne einen Antrieb oder den Auftrieb doch wieder nach unten. Bei all diesen Szenen sind Kräfte im Spiel. Und der Film zeigt nun für einige einfache Kräfte ansprechende Beispiele: So trainiert ein Junge mit einer Hantel (Muskelkraft), ein anderer Junge schießt mit einem Bogen einen Pfeil ab (Spannkraft) und ein Magnet hält einen metallischen Gegenstand fest (Magnetkraft). Folglich muss es auch eine Kraft sein, die dafür sorgt, dass alles nach unten fällt. Diese Kraft ist so stark, dass sie sogar den Mond an die Erde bindet. Sie wird Gravitation genannt und häufig in Verbindung mit den Himmelskörpern gebracht. Dabei hat selbst eine kleine Holzkugel eine Gravitation. Der Film veranschaulicht, dass ein so kleiner Gegenstand eine - wenn auch winzige - Gravitation besitzt. Eine gleich große Metallkugel hat im Vergleich zur Holzkugel eine etwas größere Gravitation. Und je massereicher der betrachtete Gegenstand wird, desto stärker wird auch seine Gravitationskraft. Eine Animation verdeutlicht diese Zusammenhänge und veranschaulicht, dass die gewaltige Erdmasse die Holzkugel zu sich zieht.

Als Nächstes sieht man eine Kugel, die bewegungslos auf einem Tisch liegt. Es wird erklärt, dass die Kugel immer noch zur Erde gezogen wird, der Tisch aber eine gleich große Gegenkraft aufbringt, die Kugel sich somit in einem Kräftegleichgewicht befindet und daher nicht weiter fällt, obwohl sie angezogen wird. Anschließend fasst der Film zusammen, dass alles nach unten fällt, weil die Masse der Erde sehr groß ist und dadurch alle Gegenstände in ihrer Nähe angezogen werden, bis es eine Gegenkraft gibt, die dafür sorgt, dass der Gegenstand zur Ruhe kommt.

Nun werden weitere spannende Details zur Gravitation gezeigt. Der Mond müsste eigentlich auf die Erde stürzen, weil er ja von der Gravitation der Erde angezogen wird. Warum das nicht so ist, erläutern eine Animation und die Aufnahme eines Mädchens, das einen offenen Eimer mit Wasser im Kreis herumschleudert. Das Wasser in dem Eimer müsste eigentlich aus dem Eimer herausfließen, wenn dieser sich in einer Position mit der Öffnung nach unten befindet. Aber man sieht, dass das Wasser im Eimer bleibt, wenn das Mädchen den Eimer mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt. Dabei muss die Hand des Mädchens eine Kraft aufbringen, damit der Eimer nicht wegfiegt. So ist es auch mit dem Mond. Die Animation veranschaulicht, dass der Mond einerseits auf die Erde fällt, andererseits von ihr wegfiegt. Da beide Kräfte gleich groß sind, bewegt sich der Mond seit Milliarden Jahren um die Erde. Die Animation wird erweitert und es wird unser Sonnensystem gezeigt. Alle Planetenbewegungen werden von der Gravitation (hauptsächlich der Sonne) beeinflusst.

Anschließend veranschaulicht der Film, wie es ohne Schwerkraft aussieht. Astronauten müssen sich im All umstellen. Das Essen und Trinken gestaltet sich ebenso schwierig wie das Sporttreiben auf dem Laufband. Nur mithilfe eines Gummibandes gelingt es den Astronauten, nicht an die Decke zu fliegen. Aber Sport ist sehr wichtig im All, da sich die Muskeln der Astronauten sonst sehr schnell zurückbilden würden. Auch auf der Erde kann die Schwerelosigkeit kurz simuliert werden. Der Film zeigt einen Parabelflug, bei dem durch geeignete Flugmanöver für eine kurze Zeit im Flugzeuginneren keine Gravitation spürbar ist. In dieser kurzen Zeit können Experimente durchgeführt und Astronauten trainiert werden.

Als Letztes greift der Film die Besonderheit des freien Falls auf der Erde auf. Ein Junge nimmt eine Feder und einen Hammer, hebt sie auf die gleiche Höhe und lässt sie fallen. Der Hammer stürzt sehr schnell zu Boden, die Feder segelt langsam nach unten und kommt deutlich später unten an. Es wird die Frage aufgeworfen, warum die beiden Gegenstände eigentlich nicht gleich schnell fallen, da sie ja beide mit der gleichen Kraft von der Erde angezogen werden. Die Lösung, warum beide unterschiedlich schnell fallen, finden wir in unserer Luft. Fällt ein Gegenstand herunter, so entsteht durch die Luftteilchen ein Widerstand, der dafür sorgt, dass nicht alles gleich schnell fällt. Dann zeigt der Film, wie ein Hammer und eine Feder auf dem Mond fallen. Die Astronauten der Apollo 15-Mission haben einen Hammer und eine Feder mit auf den Mond genommen und dort fallen gelassen. Auf dem Mond fallen beide Gegenstände gleich schnell, da der Mond keine Atmosphäre besitzt und somit keine Luftteilchen. Allerdings fallen beide langsamer als auf der Erde, da die Gravitation des Mondes deutlich kleiner ist und nur etwa ein Sechstel der Erde beträgt. Zurück auf der Erde: Fallschirmspringer nutzen die unterschiedlichen Fallgeschwindigkeiten, um gemeinsame Formationen im Fall zu bilden, obwohl sie nacheinander aus dem Flugzeug gesprungen sind. Als Fazit zeigt der Film noch einmal Dinge, die nach unten fallen, und wiederholt die Erklärung dafür.

Anregungen für den Unterricht: Einsatz des Unterrichtsfilms

Dass alles herunterfällt, ist für uns eine Selbstverständlichkeit. Trotzdem ist die Frage nach dem „Warum“ eine Frage, die schon sehr viele Philosophen, Naturwissenschaftler und Physiker bewegt hat. Der Film versucht auf sehr einfache und anschauliche Weise, die Grundlagen der Gravitation verständlich zu machen und beleuchtet dabei auch interessante Details am Rande.

Thema der Unterrichtseinheit:	Warum fällt alles nach unten? Grundlagen der Gravitation
--------------------------------------	---

Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler

- vergegenwärtigen sich, dass die Frage, warum alles nach unten fällt, schon sehr lange die Menschheit beschäftigt und sich wichtige geschichtliche Persönlichkeiten mit dieser Frage auseinandergesetzt haben.
- erkennen, dass es bei fliegenden Dingen immer eine Kraft geben muss, die der Gravitation entgegenwirkt.
- lernen, dass es unterschiedliche Arten von Kräften gibt und die Gravitation eine von ihnen ist.
- verstehen, dass jeder Körper eine Gravitation besitzt und die Stärke der Gravitation von seiner Masse abhängt.
- entdecken, dass bei ruhenden Systemen ein Kräftegleichgewicht herrscht.
- machen sich bewusst, dass es jenseits der Erde keine Gravitation gibt und Astronauten in Schwerelosigkeit leben und arbeiten müssen.
- verstehen, dass die Luftteilchen auf der Erde das Fallen von Gegenständen beeinflussen.
- erkennen, dass Gegenstände ohne umgebende Luft immer gleich schnell fallen.

Um in das Thema einzusteigen, bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Zum Beispiel können dem Lehrer „versehentlich“ am Anfang der Stunde Dinge vom Pult fallen. Die Schülerinnen und Schüler werden wahrscheinlich lachen und eine gewisse Grundaufmerksamkeit ist erreicht. Dann kann der Lehrer die Frage aufwerfen, warum eigentlich alles nach unten fällt. Die Antworten der Schülerinnen und Schüler könnten dann an der Tafel gesammelt werden, um nach dem Film noch einmal aufgegriffen zu werden.

Eine andere Möglichkeit des Einstiegs wäre der „klassische“ Versuch mit einer Vakuumröhre, in der zwei unterschiedliche Gegenstände fallen gelassen werden. Je nach Vorbildung der Schüler kann ein großer Effekt erzielt werden, wenn Feder und Eisenkugel gleich schnell fallen. Allerdings wird hierbei auch schon sehr viel vorweggenommen; denn manchmal gibt es ein paar Schülerinnen und Schüler, die den Versuch kennen und das Ergebnis vorher verraten.

Vor der Filmvorführung

Die Lehrkraft teilt die Schülerinnen und Schüler in vier Lerngruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten ein. Um die Beobachtungsaufgabe und die Konzentration der Schülerinnen und Schüler zu fördern, erhält jede Lerngruppe vor der Filmvorführung Beobachtungs- und Arbeitsaufträge.

Abhängig von der Methodenkompetenz der Schülerinnen und Schüler (Erfahrung mit Gruppenarbeit) und der Sachkompetenz können die Arbeitsaufträge auch geschlossen an den Klassenverband verteilt werden.

Zur Unterstützung der Binnendifferenzierung sind die Aufgaben in drei Schwierigkeitsgrade unterteilt:

leicht, mittel und schwer.

Beobachtungs- und Arbeitsaufträge

Erste Lerngruppe: Historischer Einstieg

- 1. Berichte, wer Aristoteles war und wann er ungefähr gelebt hat.
- 2. Schildere, welche vier Elemente genannt werden und welche von diesen nach oben streben.
- 3. Berichte, was du über den italienischen und den englischen Gelehrten erfährst.
- 4. Erkläre, was der deutsche Physiker Albert Einstein entwickelte.

Zweite Lerngruppe: Physikalische Grundlagen

- 1. Erkläre, warum Flugzeuge, Raketen und Heißluftballons nicht nach unten fallen.
- 2. Nenne drei unterschiedliche Kräfte neben der Gravitation.
- 3. Erläutere ausführlich, wovon die Stärke der Gravitation abhängt.
- 4. Erkläre, warum eine Kugel, die auf einem Tisch liegt, nicht nach unten fällt.

Dritte Lerngruppe: Sonne, Erde, Mond

- 1. Erläutere ausführlich, warum der Mond nicht auf die Erde fällt.
- 2. Erkläre den Begriff „Kräftegleichgewicht“ am Beispiel eines kreisenden Wassereimers.
- 3. Finde ein weiteres Beispiel, bei dem Kräfte im Gleichgewicht sind.
- 4. Erkläre, warum die Erde um die Sonne kreist.

Vierte Lerngruppe: Schwerelosigkeit und freier Fall

- 1. Erläutere, warum ein Astronaut im All seine Muskeln nicht mit einer Hantel trainieren kann.
- 2. Erkläre, warum die Astronauten im All so viel Sport machen müssen.
- 3. Beschreibe, wie man auf der Erde für kurze Zeit die Schwerelosigkeit simulieren kann.
- 4. Erläutere, warum Hammer und Feder auf dem Mond genau gleich schnell zu Boden fallen.
- 5. Erkläre, warum Gegenstände auf dem Mond langsamer zu Boden fallen als auf der Erde.

Nach der Filmvorführung bearbeiten die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben mithilfe der Notizen, die sie während des Filmes gemacht haben. Im Unterrichtsgespräch werden die Ausarbeitungen dann besprochen, Schwerpunkte gegebenenfalls intensiviert und Unklarheiten beseitigt. Danach erfolgt eine gemeinsame Sammlung aller wichtigen Punkte, die dann als Hefteintrag von den Schülerinnen und Schülern angefertigt werden.

Die folgenden Lösungen geben kurz und knapp mögliche Antworten auf die einzelnen Aufgaben der Lerngruppen wieder. Aus Platzgründen können nicht bei allen Aufgaben vollständige und allumfassende Lösungen angegeben werden. Vertiefende Lösungen können den Fachbüchern entnommen werden.

Erste Lerngruppe: Historischer Einstieg

- 1. Berichte, wer Aristoteles war und wann er ungefähr gelebt hat.
Aristoteles war ein griechischer Philosoph und lebte vor mehr als 2000 Jahren (geboren wurde er 384 v. Chr.).
- 2. Schildere, welche vier Elemente genannt werden und welche von diesen nach oben streben.
Erde, Feuer, Wasser und Luft. Luft und Feuer streben nach oben.
- 3. Berichte, was du über den italienischen und den englischen Gelehrten erfährst.
Der italienische Gelehrte war Galileo Galilei, der englische Sir Isaac Newton.
- ⊙ 4. Erkläre, was der deutsche Physiker Albert Einstein entwickelte.
Albert Einstein entwickelte eine völlig neue Physik, die alle bisherigen Beobachtungen miteinander kombinierte.

Zweite Lerngruppe: Physikalische Grundlagen

- ⊙ 1. Erkläre, warum Flugzeuge, Raketen und Heißluftballons nicht nach unten fallen.
Alle Gegenstände werden von der Erde angezogen. Wenn eine Kraft wirkt, die entgegengesetzt der Gravitation wirkt und größer als diese ist, dann kann sich der Gegenstand entgegen der Anziehungskraft der Erde bewegen.
- 2. Nenne drei unterschiedliche Kräfte neben der Gravitation.
Im Film genannt: Muskelkraft, Spannkraft, Magnetkraft (und diverse weitere Kräfte wie starke und schwache Kernkraft, elektrische Kraft, Lorentzkraft, Corioliskraft ...).
- 3. Erläutere ausführlich, wovon die Stärke der Gravitation abhängt.
Ausschließlich von ihrer Masse. Je größer die Masse eines Gegenstandes ist, um so größer ist auch seine Gravitation.
- ⊙ 4. Erkläre, warum eine Kugel, die auf einem Tisch liegt, nicht nach unten fällt.
Die Kugel erfährt zwar eine Kraft nach unten, aber der Tisch bringt eine gleich große, entgegengesetzt wirkende Kraft auf. Dadurch entsteht ein Kräftegleichgewicht und die Summe aller Teilkräfte wird Null, das System befindet sich in Ruhe.

Dritte Lerngruppe: Sonne, Erde, Mond

- 1. Erläutere ausführlich, warum der Mond nicht auf die Erde fällt.
Obwohl die Erde den Mond anzieht, fällt dieser nicht auf die Erde. Zwar „stürzt“ er ständig in Richtung Erdmassenschwerpunkt, aber gleichzeitig bewegt er sich mit einer gewissen Geschwindigkeit, die ihn eigentlich von der Erde wegbringen würde. Die entstehenden Kräfte befinden sich wiederum im Gleichgewicht und der Mond umkreist dauerhaft unsere Erde. Gäbe es im All Reibung, würde der Mond mit der Zeit langsamer und dann würde er auf die Erde fallen.

⊙ 2. Erkläre den Begriff „Kräftegleichgewicht“ am Beispiel eines kreisenden Wassereimers.

Aufgrund der Geschwindigkeit des Eimers würde dieser eigentlich wegfliegen. Durch die „Haltekraft“ des Mädchens entsteht eine Kreisbewegung. Wenn das Mädchen den Eimer festhält, während dieser die Kreisbewegung ausführt, sind alle Kräfte im Gleichgewicht und der Eimer fällt weder zu Boden noch fliegt er vom Mädchen davon.

⊙ 3. Finde ein weiteres Beispiel, bei dem Kräfte im Gleichgewicht sind.

Jeder Gegenstand auf der Erde, der sich nicht bewegt, befindet sich in einem Kräftegleichgewicht. Weitere Beispiele wären beim Tauziehen zwei gleich starke Gruppen, die gegeneinander ziehen. Oder zwei gleich starke Armdrücker usw.

⊙ 4. Erkläre, warum die Erde um die Sonne kreist.

Wie in den anderen Fragen schon beantwortet, entsteht auch hier ein Kräftegleichgewicht. In diesem Fall bewegt sich die Erde mit hoher Geschwindigkeit durch das All und gleichzeitig wird sie ständig in Richtung der Sonne gezogen. Alle Kräfte zusammen sind wieder gleich groß und wirken in die entgegengesetzte Richtung, wodurch die Erde seit 4,5 Milliarden Jahren die Sonne umkreist.

Vierte Lerngruppe: Schwerelosigkeit und freier Fall

⊙ 1. Erläutere, warum ein Astronaut im All seine Muskeln nicht mit einer Hantel trainieren kann.

Im All gibt es keine Schwerkraft. Dadurch haben Gegenstände auch kein Gewicht und der Astronaut könnte eine Hantel fast ohne Kraftaufwand bewegen. Daher verwendet man im All immer Gummibänder. Die Spannkraft eines solchen Gummibandes ist unabhängig von der Gewichtskraft und funktioniert daher auch im schwerelosen Raum.

⊙ 2. Erkläre, warum die Astronauten im All so viel Sport machen müssen.

Die Muskeln der Astronauten müssen kaum noch Arbeit verrichten, da der eigene Körper schwerelos ist und daher mit minimalem Kraftaufwand zu bewegen ist. Die Muskulatur der Astronauten wird daher kaum noch genutzt und verkümmert sehr schnell. Bei der Rückreise zur Erde (mit entsprechender Schwerkraft) würden die Astronauten kaum noch bewegungsfähig sein. Übrigens ist auch das Herz ein Muskel und im All muss das Herz das Blut nicht entgegen der Schwerkraft pumpen. Daher würde auch das Herz sehr schnell geschwächt werden, was bei einer Rückkehr zur Erde noch schlimmere Auswirkungen haben würde. Daher müssen Astronauten sehr viel Sport machen.

⊙ 3. Beschreibe, wie man auf der Erde für kurze Zeit die Schwerelosigkeit simulieren kann.

Mit einem sogenannten Parabelflug in einem Flugzeug. Während einer gewissen Zeit ist im Inneren des Flugzeuges alles schwerelos.

⊙ 4. Erläutere, warum Hammer und Feder auf dem Mond genau gleich schnell zu Boden fallen.

Auf dem Mond gibt es keine Atmosphäre und daher keine Luftteilchen, die Einfluss auf den Fall des Hammers oder der Feder nehmen könnten. Auf der Erde beeinflussen die Luftteilchen den Fall der beiden Gegenstände dagegen stark und lassen die Feder zu Boden segeln, während der Hammer direkt zu Boden fällt.

⊙ 5. Erkläre, warum Gegenstände auf dem Mond langsamer zu Boden fallen als auf der Erde.

Die Geschwindigkeit, mit der Gegenstände fallen, hängt von der Kraft ab, die sie beschleunigt. Da der Mond nur etwa ein Sechstel der Erdgravitation hat, fallen Gegenstände dort langsamer zu Boden.

Ergänzende Informationen

Der Film richtet sich primär an Schülerinnen und Schüler der unteren Klassenstufen und soll erste grundlegende Erkenntnisse zur Gravitation schaffen, ohne dabei den Anspruch einer vollständigen und umfassenden theoretischen Betrachtung zu haben. Daher sind viele physikalische Zusammenhänge stark vereinfacht dargestellt und die Fachterminologie wird aus Komplexitätsgründen nur sehr punktuell eingesetzt.

Nutzt man den Film für höhere Klassenstufen, so können die theoretischen Grundlagen erweitert werden: Kräfte als vektorielle Größen, Kräfteparallelogramme zur Berechnung resultierender Kräfte und Erklärungen der Größen für die Kraft und die Beschleunigung mit den dazugehörigen Einheiten sind dann wichtige Ergänzungen, damit die Schülerinnen und Schüler auch quantitativ in die Erarbeitung der Gravitation einsteigen können. Auch die Newtonschen Gesetze und in noch höheren Klassenstufen die allgemeine und die spezielle Relativitätstheorie sind dann zum erweiterten Verständnis hilfreich.

In allen Klassenstufen kann aber ganz deutlich gemacht werden, dass die Ursache der Gravitation immer noch nicht vollständig geklärt ist. Mit Newtons Ansätzen ließen sich schon viele Phänomene erklären. Mit Einsteins Relativitätstheorie erweiterte sich der erklärable Bereich. Aber die Quantentheorie erfordert ein Teilchen (Graviton), welches der Träger der Kraft ist. Durch die Raumzeit, einer entsprechend vierdimensionalen Problematik und der extrem schwachen Gravitationskraft ist der Nachweis eines Gravitons extrem schwierig und bisher nicht gelungen.

Der Film geht aus Zeitgründen nicht darauf ein, dass man zwischen der Gravitation und der Schwerkraft unterscheiden muss. Die Schwerkraft entsteht durch das Schwerefeld. Und dieses Schwerefeld beinhaltet nicht nur die Gravitation, sondern zusätzlich noch alle anderen Faktoren, die Einfluss auf die Anziehung haben. In höheren Klassenstufen oder bei leistungsstärkeren Klassen kann darauf eingegangen werden, dass das Schwerefeld auf der Erde nicht überall gleich groß ist. Die Erde ist keine perfekte Kugel, sondern an den Polen abgeflacht. Daraus ergibt sich eine leicht unterschiedliche Anziehungskraft an den Polen und am Äquator (die Erdbeschleunigung beträgt an den Polen etwa $9,87 \text{ m/s}^2$ und am Äquator etwa $9,80 \text{ m/s}^2$). Zusätzlich dreht sich die Erde und durch die Zentrifugalwirkung wird die Schwerkraft ebenfalls noch beeinflusst. Darüber hinaus ist das Innere der Erde nicht überall gleich aufgebaut, sondern Gestein, Wasser- oder Lufteinschlüsse etc. sorgen für eine unterschiedliche Massenverteilung und führen dadurch zu Änderungen der lokalen Schwerkraft.

Einige durchschnittliche Fallbeschleunigungen ausgewählter Objekte im All:

Erde	$9,8 \text{ m/s}^2$
Mond	$1,62 \text{ m/s}^2$
Mars	$3,69 \text{ m/s}^2$
Neptun	$11,15 \text{ m/s}^2$
Jupiter	$24,79 \text{ m/s}^2$
Sonne	274 m/s^2

Übersicht über die Materialien

Ziffern: 1. Schwerpunkt 1.1 Problemstellung 1.1.1 Material

Abkürzungen: F = Filmclip Sch = Schaubild  = interaktiv
 T = Text Tt = Texttafel
 Fo = Foto A = Arbeitsblatt

<h3>1. Historischer Einstieg</h3> <p>Filmsequenz (1:15 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</p>			
<h4>1.1 Wie haben sich die Menschen in der Vergangenheit mit Gravitation beschäftigt?</h4>			
1.1.1	Die Beobachtungen des Aristoteles	Sch	DVD-ROM
1.1.2	Die Forschung von Galileo Galilei	Sch/T	DVD-ROM
1.1.3	Newtons Gravitationsphysik	Sch/T	DVD-ROM
1.1.4	Einstein und die Allgemeine Relativitätstheorie	Sch/T	DVD-ROM
1.1.5	Arbeitsblatt: Die Erforschung der Gravitation - ein Zeitstrahl	A/ 	DVD-ROM

<h3>2. Physikalische Grundlagen</h3> <p>Filmsequenz (4:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM</p>			
<h4>2.1 Was sind Kräfte?</h4>			
2.1.1	Filmclip: Die Erde, der Mond und die Gravitation (0:45)	F	DVD-Video + ROM
2.1.2	Was Kräfte in der Physik sind	Tt	DVD-ROM
2.1.3	Verschiedene Kraftarten	Fo	DVD-ROM
2.1.4	Ein Heißluftballon steigt auf	Fo	DVD-ROM
2.1.5	Flugzeuge und Raketen	Fo	DVD-ROM
2.1.6	Physikalische Phänomene - Beispiele	Fo	DVD-ROM
2.1.7	Das Kräftegleichgewicht	Tt	DVD-ROM
2.1.8	Arbeitsblatt: Physikalische Kräfte	A	DVD-ROM

2.2 Wie wirkt die Gravitationskraft?			
2.2.1	Filmclip: Warum eine Kugel nach unten fällt (0:50)	F	DVD-Video + ROM
2.2.2	Was wir unter Gravitation verstehen	Tt/T	DVD-ROM
2.2.3	Die Anziehungskraft der Erde	Sch/T	DVD-ROM
2.2.4	Die Masse von Körpern	Tt	DVD-ROM
2.2.5	Arbeitsblatt: Ein Quiz rund um die Gravitation	A/☞	DVD-ROM

3. Spannendes zur Gravitation			
Filmsequenz (7:40 Minuten) auf DVD-Video und DVD-ROM			
3.1 Warum fällt der Mond nicht auf die Erde?			
3.1.1	Filmclip: Der Mond umkreist die Erde (1:30)	F	DVD-Video + ROM
3.1.2	Filmclip: Schwerelos im Fallturm (1:15)	F	DVD-Video + ROM
3.1.3	Schwerelosigkeit beim Parabelflug	Sch	DVD-ROM
3.1.4	Kreisbewegungen mit einem wasser-gefüllten Eimer	Tt	DVD-ROM
3.1.5	Was den Mond um die Erde kreisen lässt	Tt/T	DVD-ROM
3.1.6	Im Gleichgewicht der Kräfte - unser Sonnensystem	Sch/T	DVD-ROM
3.1.7	Die Internationale Raumstation	Fo	DVD-ROM
3.1.8	Astronauten auf der Raumstation	Fo	DVD-ROM
3.1.9	Arbeitsblatt: Kräfte im Gleichgewicht - ein Lückentext	A/☞	DVD-ROM
3.2 Warum fallen Gegenstände auf dem Mond gleich schnell?			
3.2.1	Ein Sofa aus Luft	Fo	DVD-ROM
3.2.2	Fallen mit Luftwiderstand	Fo/T	DVD-ROM
3.2.3	Ein Versuch mit Hammer und Feder	Sch	DVD-ROM
3.2.4	Wo Gegenstände gleich schnell fallen	Sch	DVD-ROM
3.2.5	Arbeitsblatt: Fallschirmspringer - Satzteile verbinden	A/☞	DVD-ROM

Didaktische Merkmale der WBF-DVD

- Der **didaktischen Konzeption** liegen die Bildungsstandards und Lehrpläne zugrunde, wobei Kompetenzen und Operatoren eine zentrale Rolle spielen. Durch die Berücksichtigung der Lernziel-, Problem- und Handlungsorientierung werden entdeckendes Lernen ermöglicht sowie die Sach-, Methoden-, Medien-, Urteils- und Handlungskompetenz der Schülerinnen und Schüler gefördert.
- Die DVD ist in **Schwerpunkte** unterteilt, die der Untergliederung des Unterrichtsfilms in Sequenzen entsprechen. Den Schwerpunkten sind **Problemstellungen** zugeordnet, die sich mit den angebotenen Materialien bearbeiten lassen.
- Das **Unterrichtsmaterial** umfasst zahlreiche Materialien wie Filmclips, Texttafeln, Fotos, Texte und Schaubilder.
- Zu allen Unterrichtsmaterialien werden **Arbeitsaufträge** angeboten. In den Word-Dateien wird das jeweilige Material mit Arbeitsaufträgen, in den PDF-Dateien ohne Arbeitsaufträge angeboten. Die Arbeitsaufträge ermöglichen den Lerngruppen einen gezielten Zugang zu den Materialien, da die verschiedenen Kompetenzbereiche abgedeckt werden. Die mehrschrittigen Arbeitsaufträge erleichtern die **Binnendifferenzierung**.
- Die **Arbeitsblätter** auf dem DVD-ROM-Teil können als PDF- und als Word-Datei ausgedruckt werden. Sie fördern die selbstständige und handlungsorientierte Erschließung und Bearbeitung einzelner Problemfelder. Zu allen Arbeitsblättern werden - soweit möglich - Lösungen angeboten. Die vorgegebenen Arbeitsaufträge auf den Arbeitsblättern sind nicht verbindlich, sondern können reduziert, ergänzt oder weggelassen werden. Zusätzlich bietet der DVD-ROM-Teil **interaktive Arbeitsblätter** an. Diese Arbeitsblätter können auch auf einem **Tablet** oder an einem **Whiteboard** bearbeitet werden (siehe Seite 3).

Anregungen für den Unterricht: Einsatz der gesamten WBF-DVD

Das umfangreiche Zusatzmaterial zu jedem Schwerpunktthema ist ein Angebot, das selbstverständlich nicht in seinem vollen Umfang bearbeitet werden kann. Je nach Zielvorstellung, Klassensituation und der zur Verfügung stehenden Zeit sollte die Lehrkraft die Materialien auswählen und zusammenstellen.

Vor der Filmvorführung: Die Einstiegsphase (siehe Seite 7) kann auch für den Einsatz der DVD übernommen werden. Anschließend schreibt die Lehrkraft die Beobachtungs- und Arbeitsaufträge (siehe Seite 8) an die Tafel bzw. verteilt sie an die Schülerinnen und Schüler. Der Film wird zunächst als Einheit vorgeführt.

Nach der Filmvorführung äußern die Schülerinnen und Schüler spontan ihre Eindrücke und berichten ausführlich über Einzelheiten, die sie im Unterrichtsfilm zum Thema „Warum fällt alles nach unten?“ erfahren haben. Die Auswertung erfolgt nach dem Vorschlag auf Seite 9/10.

Je nach der zur Verfügung stehenden Zeit und dem Arbeitsverhalten der Klasse kann die weiterführende Erarbeitungsphase arbeitsteilig oder im Klassenverband geschehen. Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten an.

1. Möglichkeit: Bearbeitung im Klassenverband

Für eine Bearbeitung im Klassenverband strukturiert die Lehrkraft die Materialien vor. Damit kann der Lernfortschritt dem Leistungsstand der Klasse angepasst werden. Die **Arbeitsaufträge** erleichtern die Erschließung der Materialien.

Ein Beispiel für diese Form der Erarbeitungsphase:

Thema: Was sind Kräfte?

- Benenne die Kraft, die den Mond in seiner Bahn hält.
- Beschreibe, woran du erkennst, dass eine Kraft auf einen Gegenstand wirkt
- Zähle Beispiele aus deinem Alltag auf, in denen physikalische Kräfte eine Rolle spielen.
- Erkläre, warum der Heißluftballon aufsteigt.

Materialien ⇒ **2.1.1 - 2.1.4**

- Beschreibe, wie sich die abgebildeten Flugobjekte durch die Luft bewegen.
- Erkläre, warum diese Flugobjekte nicht nach unten fallen.
- Erkläre die physikalischen Phänomene.
- Beschreibe die Kräfte, die auf die Kugel wirken.

Materialien ⇒ **2.1.5 - 2.1.7**

2. Möglichkeit: Freie Bearbeitung in Gruppen oder an Stationstischen

Das umfangreiche Zusatzmaterial bietet die Möglichkeit, die Problemstellungen - je nach Schülerinteressen - in Gruppenarbeit oder an Stationstischen frei zu erarbeiten. Diese Vorgehensweise ist schülernah und problemorientiert.

3. Möglichkeit: Vorstrukturierung der Gruppenarbeit durch die Lehrkraft

Die Lehrkraft stellt aus dem DVD-ROM-Teil zu jedem der Themenbereiche Materialien zusammen, druckt sie aus und kopiert sie. Die Schülerinnen und Schüler entscheiden möglichst selbstständig, wer welches Thema erarbeitet.

Ein Beispiel für diese Form der Erarbeitungsphase:

1. Gruppe: Wie haben sich die Menschen in der Vergangenheit mit Gravitation beschäftigt?

- Erkläre die Idee von Aristoteles.
- Beschreibe, wie Galileo Galilei arbeitete.
- Fasse die Erkenntnisse Newtons mit deinen Worten zusammen.
- Erkläre, inwiefern Albert Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie die Wissenschaft revolutionierte.

Materialien ⇒ **1.1.1 - 1.1.4**

2. Gruppe: Wie wirkt die Gravitationskraft?

- Vergleiche die Masse der Kugel mit der Masse der Erde.
- Lege dar, wovon die Stärke der Gravitation abhängt.
- Stelle dir vor, die Anziehungskraft der Erde gäbe es nicht. Was würde das bedeuten? Notiere deine Ergebnisse in deinem Arbeitsheft.

- Berichte, was du über die Masse von Körpern erfährst.

Materialien ⇒ **2.2.1 - 2.2.4**

3. Gruppe: Warum fällt der Mond nicht auf die Erde?

- Beschreibe, wie auf der Erde Schwerelosigkeit simuliert werden kann.
- ⊙ Erkläre, warum das Wasser im Eimer bleibt.
- ⊙ Erkläre, warum der Mond unsere Erde umkreist.
- ⊙ Erläutere, inwiefern sich das Leben der Astronauten auf der Raumstation von dem auf der Erde unterscheidet.

Materialien ⇒ **3.1.1 - 3.1.8**

4. Gruppe: Warum fallen Gegenstände auf dem Mond gleich schnell?

- Beschreibe, wie die Kinder am Strand das Sofa aufbauen.
- Berichte, was du über das Fallschirmspringen erfährst.
- ⊙ Erkläre die Ergebnisse der Versuche mit Hammer und Feder.

Materialien ⇒ **3.2.1 - 3.2.4**

Alle oben aufgeführten Materialien für die Gruppenarbeit finden Sie - geordnet nach den vier Gruppen - bereits zusammengestellt im Dokument „**Vorschlag für eine Unterrichtseinheit**“ in der Infothek auf dem DVD-ROM-Teil.

Ergebnissicherung: Zu allen Problemstellungen werden auf dem **DVD-ROM-Teil** Arbeitsblätter angeboten. Sie fördern die Schüleraktivität und geben den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit, ihren Lernfortschritt selbst zu überprüfen.

Arbeitsblätter ⇒ **1.1.5/2.1.8/2.2.5/3.1.9/3.2.5**



Alternativ können die Schülerinnen und Schüler am Computer selbstständig die **interaktiven Arbeitsblätter** erarbeiten ⇒ **1.1.5/2.2.5/3.1.9/3.2.5**

Gestaltung

Thomas Harms, Hamburg

Andrea Kintrup, Hamburg

Gerhild Plaetschke, Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung (WBF), Hamburg

Schnitt: Virginia von Zahn, Hamburg

Animationen: Holger Korn, Neumünster

Kamera: Frank Hadamczik, Neumünster

Für die freundliche Unterstützung danken wir:

ESA - European Space Agency; ZARM Fallturm-Betriebsgesellschaft mbH, Bremen;
Fabrice Bertrand und Joachim Hinz

**Gern senden wir Ihnen unseren aktuellen Katalog
WBF-Medien für den Unterricht**

Wir freuen uns auf Ihren Besuch im Internet - www.wbf-medien.de

Alle Rechte vorbehalten: WBF Institut für Weltkunde in Bildung und Forschung Gemeinn. GmbH