

LIMBRADUR

UND DIE MAGIE DER SCHWERKRAFT



BEGLEITMATERIAL ZUM FILM

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	3
Überblick	4
Handlung	5
Was ist das eigentlich - Gravitation?	6
Gravitationsmodelle	8
Gravitationswellen	11
Das Geheimnis der Zeit	15
Alles ist relativ	18
Albert WER?	20
Impressum	23



Wenn ihr dieses Symbol seht, könnt ihr mit Hilfe eines QR-Codes oder eines Links Versuchsvideos zum Thema Schwerkraft aufrufen.



ENTDECKER GUIDE

INFORMATION ZUM INHALT



Lernen soll Spaß machen!

„Limbradur - Die Magie der Schwerkraft“ ist ein Film, der Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen die Naturgesetze und die Entdeckungen Albert Einsteins näher bringen will, aber auch die Philosophie Einsteins, neugierig zu bleiben, Fragen zu stellen und die Welt selbstständig zu entdecken.

Auf der Basis neuester Technik kombinieren wir faszinierende Fakten mit einer emotionalen Geschichte und schaffen somit einen nachhaltigen Lerneffekt. Der Zuschauer wird mitgenommen auf eine spannende Entdeckungsreise durch Raum und Zeit.

Das vorliegende Begleitmaterial kann als Vor- und Nachbereitung des Filmerlebnisses verwendet werden und liefert Hintergrundinformation, um über den Film hinaus tiefer in die Materie einzutauchen. Auf den folgenden Seiten haben wir weiterführende Informationen und Fragestellungen zu Albert Einstein, der allgemeinen Relativitätstheorie und den Auswirkungen der Schwerkraft auf unser tägliches Leben zusammengetragen und kind- bzw. jugendgerecht aufbereitet. Vor allem mit den Anleitungen und Videos zu Versuchen rund um das Thema Gravitation, die den Text ergänzen, wollen wir den Forschergeist inspirieren und zum Selbermachen anregen. Die Videos können sowohl zusammenhängend als ganzer Film, als auch als einzelne Videos zu einzelnen Thematiken angeschaut werden.



ÜBERBLICK



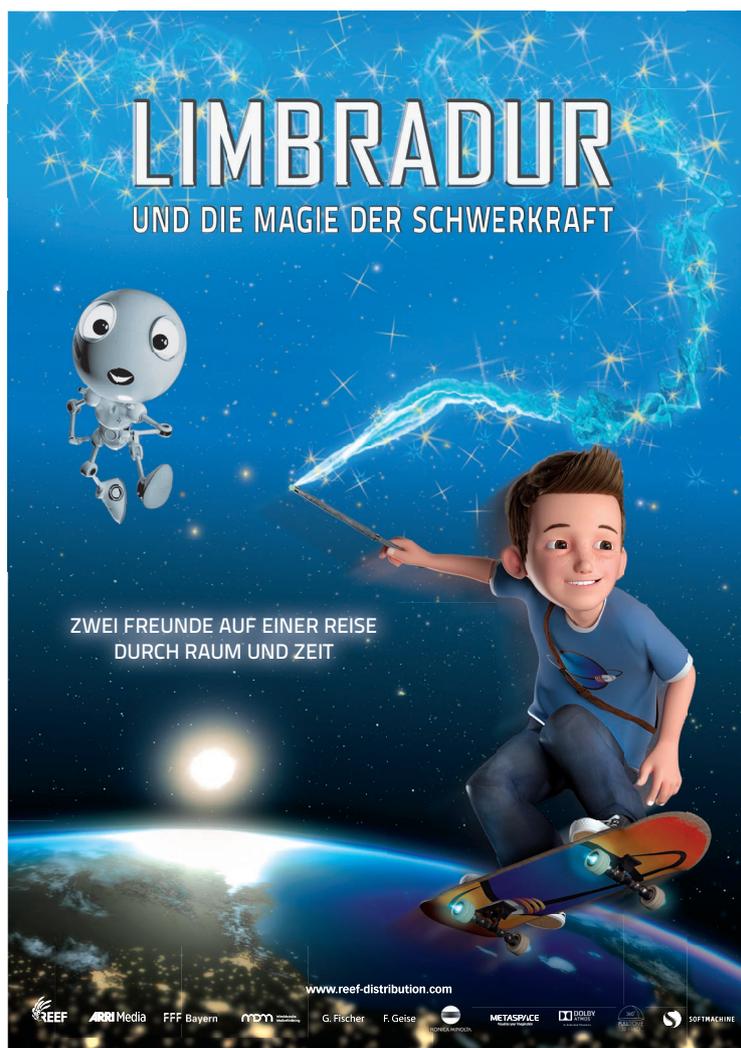
Laufzeit:	45 Minuten
Genre:	Animation, Familienfilm, Lehrfilm
Buch & Regie:	Dr. Peter Popp
Format:	360°- Fulldome
Verleih:	REEF Distribution GmbH
FSK:	0 - freigegeben ohne Altersbeschränkung
Schulunterricht:	5.-10. Klasse
Altersempfehlung:	ab 8 Jahre

HANDLUNG



Warum fallen Dinge ohne Magie auf die Erde herunter anstatt zu schweben?

Der junge Zauberschüler Limbradur stellt sich genau diese Frage. Er will alles über dieses Naturgesetz und die Geheimnisse des Universums wissen. Deshalb schleicht er sich eines Nachts mit Hilfe seiner Zauberkräfte in das Albert-Einstein-Museum. Dort trifft er auf den kleinen Wissensroboter Alby und schließt mit ihm einen Deal – Limbradurs Zauberkräfte für Albys Wissen. Alby nimmt Limbradur mit auf eine spannende Reise durch Raum und Zeit, in der er die Grundsätze der Gravitation und die Erkenntnisse Albert Einsteins erklärt.



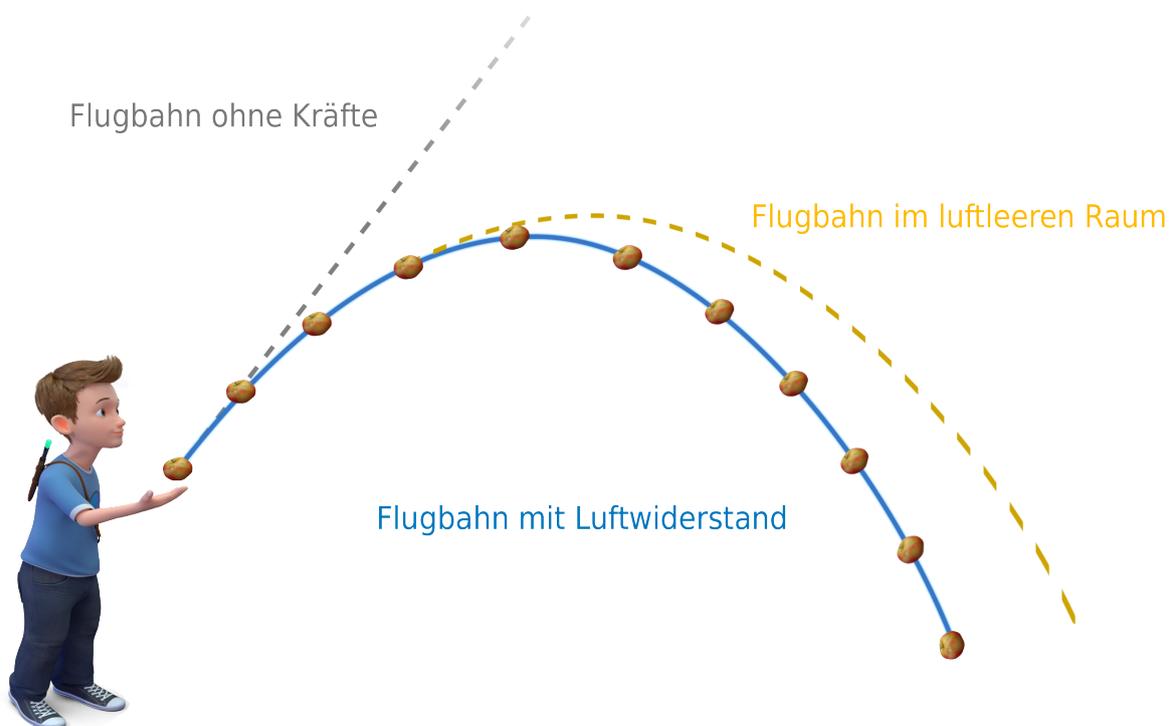
ÜBER SCHWERKRAFT

WAS IST DAS EIGENTLICH – GRAVITATION?



Gravitation kommt vom lateinischen Wort *“gravitas”*, was so viel bedeutet wie *„Schwere“*. Deshalb wird Gravitation auch Schwerkraft genannt. Schwerkraft bedeutet, dass sich Massen gegenseitig anziehen, und zwar immer und überall, sie ist immer da. Wie stark, hängt von ihrer Masse und von ihrer Entfernung zueinander ab. Je näher sie sich sind, desto stärker ziehen sie sich an und je größer die Masse, desto stärker die Anziehungskraft. Das heißt, größere Objekte ziehen Kleinere an.

Auf der Erde bewirkt die Gravitation, dass erstmal alle Körper nach unten fallen, weil die Erde eine größere Masse hat, als z.B. ein Ball. Wirft man einen Ball nach oben, fliegt er nicht in gerader Linie immer weiter, sondern fällt immer wieder zurück auf den Boden.



Sideinfo: **UNTERSCHIED MASSE UND GEWICHT**

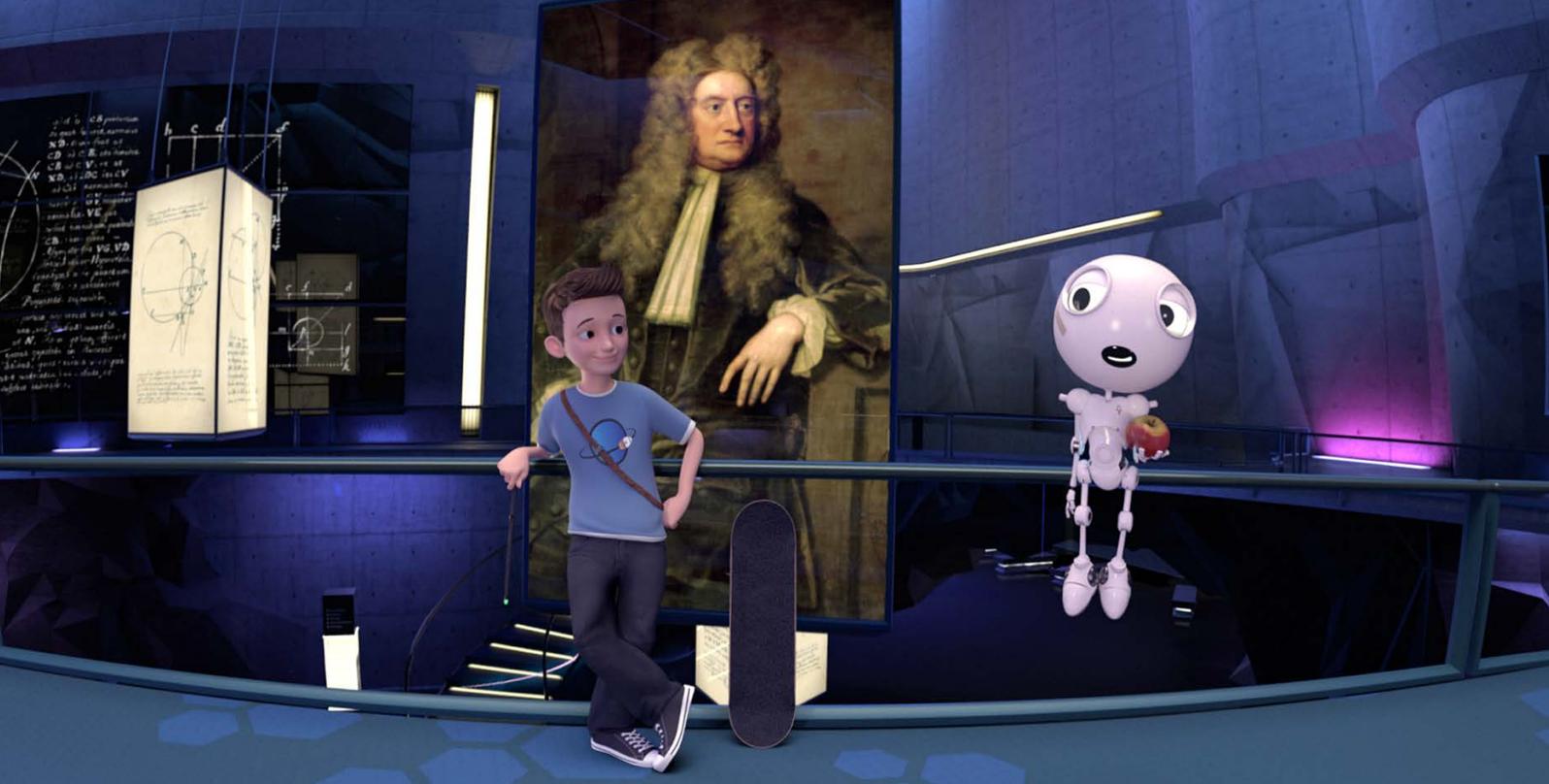
Masse ist eine Grundeigenschaft der Materie und ein Maß für die Trägheit eines Körpers. Sie ist also die Beschreibung davon, wieviel Anstrengung ein Körper benötigt, um seine Geschwindigkeit zu verändern – je größer die Masse, desto mehr Aufwand ist nötig. Sie ist eine fixe Größe und darf nicht mit Gewicht verwechselt werden. Gewicht misst, wieviel ein Körper unter der Einwirkung der Schwerkraft wiegt. Ein Körper hat immer die gleiche Masse, kann aber auf der Erde 50kg wiegen, auf dem Mond 8kg und im Weltall wegen der fehlenden Gravitation gar nichts.



Übrigens fallen alle Dinge eigentlich gleich schnell, egal wie schwer sie sind. Zumindest wenn sie keinen Luftwiderstand haben. Im folgenden Video beweisen wir das in einem Fallversuch.



<http://limbradur.de/video-1/>



VERSCHIEDENE MODELLE VON GRAVITATION



NEWTON UND DAS KRÄFTEMODELL

Aber wie entsteht Gravitation nun bzw. was ist das genau? Dazu gibt es **zwei verschiedene Modelle**.

Im Jahr 1665 ist dem Physikstudenten Isaac Newton einer Legende nach ein Apfel auf dem Kopf gefallen, als er unter einem Baum saß. Dies ließ ihn überlegen, ob die Erde eine Kraft besitzt, die den Apfel anzieht. Er begann zu rechnen und entwickelte das Newtonsche Gravitationsgesetz der klassischen Physik. Demnach besitzt jede Masse eine Gravitationskraft, die auf andere Massen anziehend wirkt.

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F = Kraft

G = Gravitationskonstante $6,673 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$

m = Masse

r = Abstand

ALBERT EINSTEIN UND DIE ALLGEMEINE RELATIVITÄTSTHEORIE

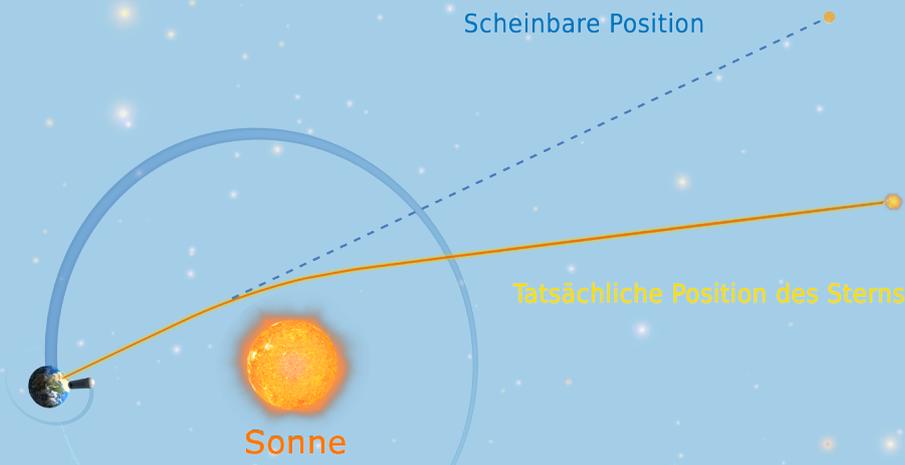
Albert Einstein hingegen hat den Effekt der Erdanziehung in seiner allgemeinen Relativitätstheorie ganz anders erklärt und damit Ungenauigkeiten, die Newton nicht erklären konnte beseitigt. Im Gegensatz zum klassischen Modell von Isaac Newton wirkt Gravitation in seinem Modell nicht wie eine Kraft in einer festen Struktur.

Einsteins Theorie besagt, dass Masse und Raum zusammenhängen. Und zwar auf die Weise, dass Massen einerseits dem Raum sagen, wie stark er sich zu krümmen hat und diese **Krümmung des Raumes** andererseits Massen vorgibt, wie sie sich bewegen – sie folgen der Krümmung. Das bedeutet, die Gravitation ist eigentlich auf eine Krümmung des Raumes um eine Masse herum zurückzuführen. Je größer die Masse, desto größer die Krümmung des Raumes.

Klingt kompliziert? Nicht mehr nachdem ihr unser Video angeschaut habt.



<http://limbradur.de/video-2/>



Sideinfo: SONNENFINSTERNIS

Laut Einstein sollte die Sonne mit ihrer großen Masse den Raum verändern, so dass das Licht weit entfernter Sterne beim Passieren der Sonne leicht abgelenkt wird. Normalerweise wird Sternenlicht nahe der Sonne von deren Helligkeit überstrahlt, so dass man die Effekte der Krümmung nicht sehen kann. Erst bei einer Sonnenfinsternis wird es um die Sonne herum so dunkel, dass man das Sternenlicht neben ihr sieht. So gelang es dem britischen Astronom Eddington während der Sonnenfinsternis 1919 die Ablenkung des Lichts zu fotografieren. Die scheinbare Position der Sterne um die Sonne hatte sich verändert! Genauso wie es die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins vorhergesagt hatte.

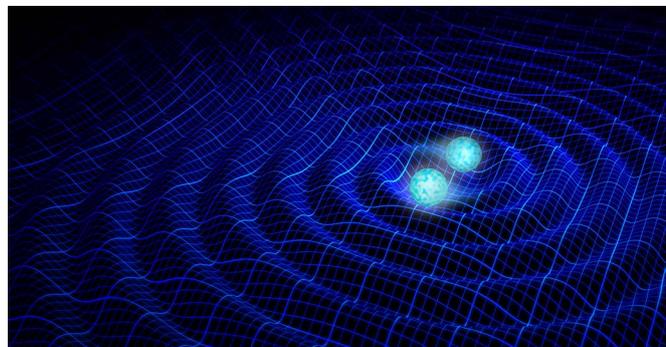


GRAVITATIONSWELLEN - DER SOUND DES UNIVERSUMS



Wenn Massen sich beschleunigt bewegen, krümmen sie nicht nur den Raum, sondern erzeugen zudem Gravitationswellen. [Einstein hat diese Wellen auf Basis der allgemeinen Relativitätstheorie bereits 1916 beschrieben.](#) Alles was sich im Universum beschleunigt bewegt sendet Gravitationswellen aus, die sich mit Lichtgeschwindigkeit durchs All bewegen - ähnlich wie ein Stein, der Wellen auslöst, wenn man ihn ins Wasser wirft. So sendet auch die Erde, indem sie sich um die Sonne bewegt, ununterbrochen Gravitationswellen aus. Theoretisch erschüttert auch der Apfel, der vom Baum fällt das Universum. Allerdings kostet es enorm viel Energie, die Raumzeit zu verbiegen, so dass die Effekte kaum spürbar sind. Aus diesem Grund ist der Nachweis der Gravitationswellen auch so schwierig. Es erfordert nicht nur hochsensible technische Geräte, sondern auch sehr starke Gravitationswellen.

Seit Jahren versuchen Physiker Gravitationswellen aufzuspüren. [Am 14. September 2015 ist es nun erstmals gelungen Gravitationswellen zu messen,](#)



als zwei schwarze Löcher verschmolzen sind und das Echo dieser gewaltigen Energieeruption von Forschern aufgefangen wurde. Die Nachricht wird als Meilenstein in der Geschichte der Astronomie betrachtet und mit Ereignissen wie der Mondlandung verglichen. Denn damit ist nicht nur die Relativitätstheorie ein weiteres Mal bewiesen, sondern es lassen sich auch unsichtbare Objekte im Weltall beobachten. Wissenschaftler erhoffen sich so bisher unbekannte dunkle Teile des Universums ausfindig zu machen und weitere Geheimnisse des Universums zu ergründen.



GRAVITATION UND GESCHWINDIGKEIT



Im Sonnensystem bestimmt die Gravitation die Bahnen der Planeten, Monde, Satelliten und Kometen. Die Sonne ist der Himmelskörper mit der größten Masse in unserem Sonnensystem, hat somit also die stärkste Raumkrümmung und lenkt die anderen Planeten wie Erde und Mars so zu sich. Was ist aber anders als bei dem Versuch mit den Kugeln im Sand? Warum fallen die Planeten nicht wie die Kugeln auf die Sonne? Das kann man wiederum am besten mit dem Kräftenmodell von Newton erklären. Wie ihr in unserem nächsten Video sehen könnt.



<http://limbradur.de/video-3/>

Der Grund ist, dass der Gravitationskraft eine andere „Kraft“ entgegen wirkt, die die Planeten auf einer Umlaufbahn hält – die sog. Fliehkraft bzw. die Geschwindigkeit. Wenn ein Körper eine genügend hohe Geschwindigkeit besitzt, kann er die Schwerkraft überwinden. So können Spaceshuttles mit einer enormen Schubkraft mit genau der Geschwindigkeit weiter fliegen, bei der sich Gravitationskraft und Fliehkraft aufheben. Dann können sie die Erde umkreisen. Das funktioniert quasi wie bei einer Waage, die ausgeglichen ist.

Umlaufbahn um Erde
Geschwindigkeit "hebt" Schwerkraft auf



WELCHE BEDEUTUNG HAT DIE GRAVITATION FÜR UNS?

Ohne Gravitation würden wir überhaupt nicht existieren, denn ohne sie gäbe es keine Sterne, keine Planeten und keine Monde. Erst durch die Wirkung der Gravitation konnten aus Gaswolken in Milliarden von Jahren Planeten und damit auch unsere Erde entstehen. Ohne Gravitation hätte unsere Erde auch keine **Atmosphäre**. Die Atmosphäre, die die Erde umgibt und uns Sauerstoff zum Atmen liefert, würde sonst einfach wegfiegen. Durch die Gravitation der Erde wird sie aber "festgehalten" und bietet uns die Grundlage zum Leben. Außerdem lässt die Gravitation die Erde um die Sonne kreisen, die wir ebenso dringen zum Leben benötigen. Das Kreisen des Mondes um die Erde wiederum sorgt für das Auftreten von **Ebbe und Flut**, da die Gravitationskraft des Mondes das Wasser auf der Erde anzieht. So ist alles durch Gravitation miteinander verbunden. Und auch sonst sorgt die Schwerkraft dafür, dass alles zum **Erdmittelpunkt angezogen** wird und somit an seinem Platz bleibt. Ansonsten würden wir willkürlich herumschweben, wie beispielsweise ein Astronaut im Weltall.

Apropos Astronaut: warum kann ein Astronaut auf dem Mond so große Sprünge machen? Genau, weil die Masse des Mondes kleiner ist, als die der Erde und deshalb eine kleinere Anziehungskraft herrscht. Auf dem Jupiter, der viel größer ist als die Erde, wäre das anders. Wie? Schaut in unser Video!

Das Gewicht ist aber nicht das Einzige, worauf sich Astronauten einstellen müssen, wenn sie ins Weltall fliegen. Unser Körper ist nämlich perfekt auf die Schwerkraft der Erde eingestellt und muss sich ziemlich umstellen, wenn er längere Zeit im schwerelosen Raum ist. All unsere Organe und Muskeln arbeiten gegen die Gravitationskraft, das Herz pumpt das Blut gegen die Schwerkraft nach oben in unser Gehirn. Fällt sie weg, funktioniert unser Körper erst mal nicht mehr richtig, ebenso wie unser Immunsystem. Viele Astronauten werden daher am Anfang krank, leiden an Orientierungsschwierigkeiten und Übelkeit und haben einen starken Muskelabbau, wenn sie sich nicht genügend bewegen und nur noch schweben.



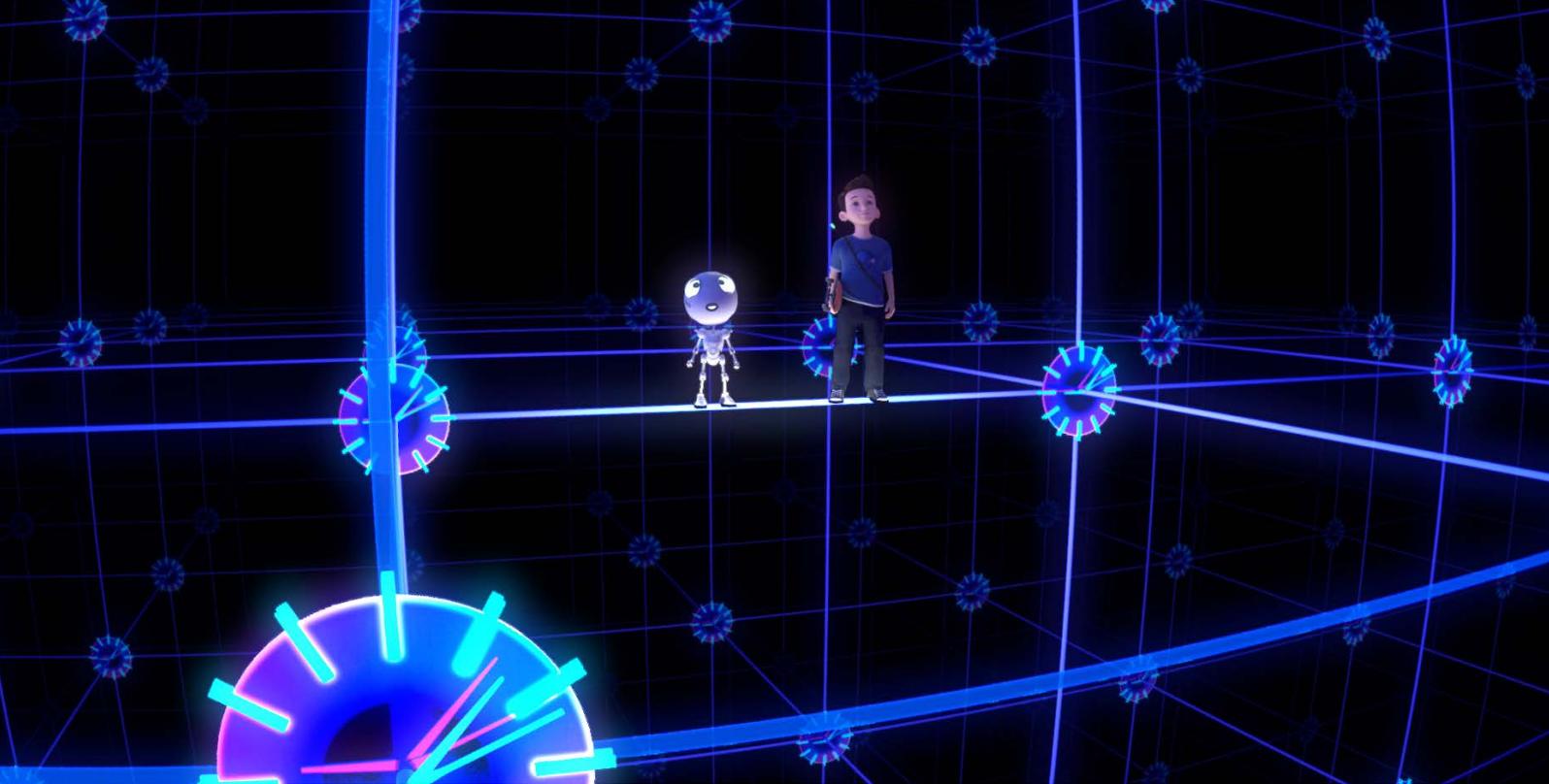
DEIN GEWICHT AUF ANDEREN PLANETEN

Dein Gewicht:

Merkur:	18,5 kg	
Venus:	45 kg	
Erde:	50 kg	
Mars:	19 kg	
Jupiter:	126,5 kg	
Saturn:	53,5 kg	
Uranus:	45,5 kg	
Neptun:	57 kg	



<http://limbradur.de/video-4/>



DAS GEHEIMNIS DER ZEIT



Wir haben bereits gesehen, dass Gravitation auf eine Veränderung des Raumes zurückzuführen ist und uns in vielen Dingen beeinflusst. Es wird aber noch mysteriöser – Gravitation hat nämlich auch Einfluss auf die Zeit! Zeit ist nach Einstein das, was auf der Uhr angezeigt wird. Wir haben vorher schon die Relativitätstheorie Albert Einsteins erwähnt. In der sagt Einstein unter anderem, dass Raum und Zeit eine Einheit bilden, die sogenannte Raumzeit.



<http://limbradur.de/video-5/>

Was hat die Gravitation nun aber mit der Zeit zu tun? Jede Masse krümmt den Raum. Wenn nun aber Raum und Zeit zusammenhängen, wird nicht nur der Raum, sondern auch die Zeit gezerrt und verbogen. Das verändert die Zeit. Je höher die Masse, umso stärker wirkt die Gravitation, umso größer ist die Verzerrung und umso langsamer vergeht die Zeit.

Sideinfo: **MUSIK**

Die Atmosphäre, also die Luft, die uns umgibt, besteht aus kleinsten Gasteilchen, die wegen ihrer Masse von der Erde angezogen werden. Diese Luft kann man mit verschiedenen Dingen in Schwingung versetzen und das nehmen wir dann als Musik wahr.

Sideinfo: **SCHWARZE LÖCHER**

Schwarze Löcher gehören zu den geheimnisvollsten und extremsten Orten im ganzen Universum. Sie sind Überreste von Sternen, die explodiert und in sich selbst zusammengefallen sind. Sie besitzen eine enorme Masse mit einer gleichzeitig sehr geringen Ausdehnung. Die Raumzeit ist extrem gekrümmt und die Gravitationskraft so hoch, dass sie alles drum herum anziehen und verschlucken. Sogar das Licht. Deshalb kann man sie auch nie direkt sehen, weshalb man sie "Schwarze Löcher" nennt. In ihrer Nähe wird die Zeit so stark gedehnt, dass die Zeit sozusagen still steht.



Sideinfo: **STERNE**

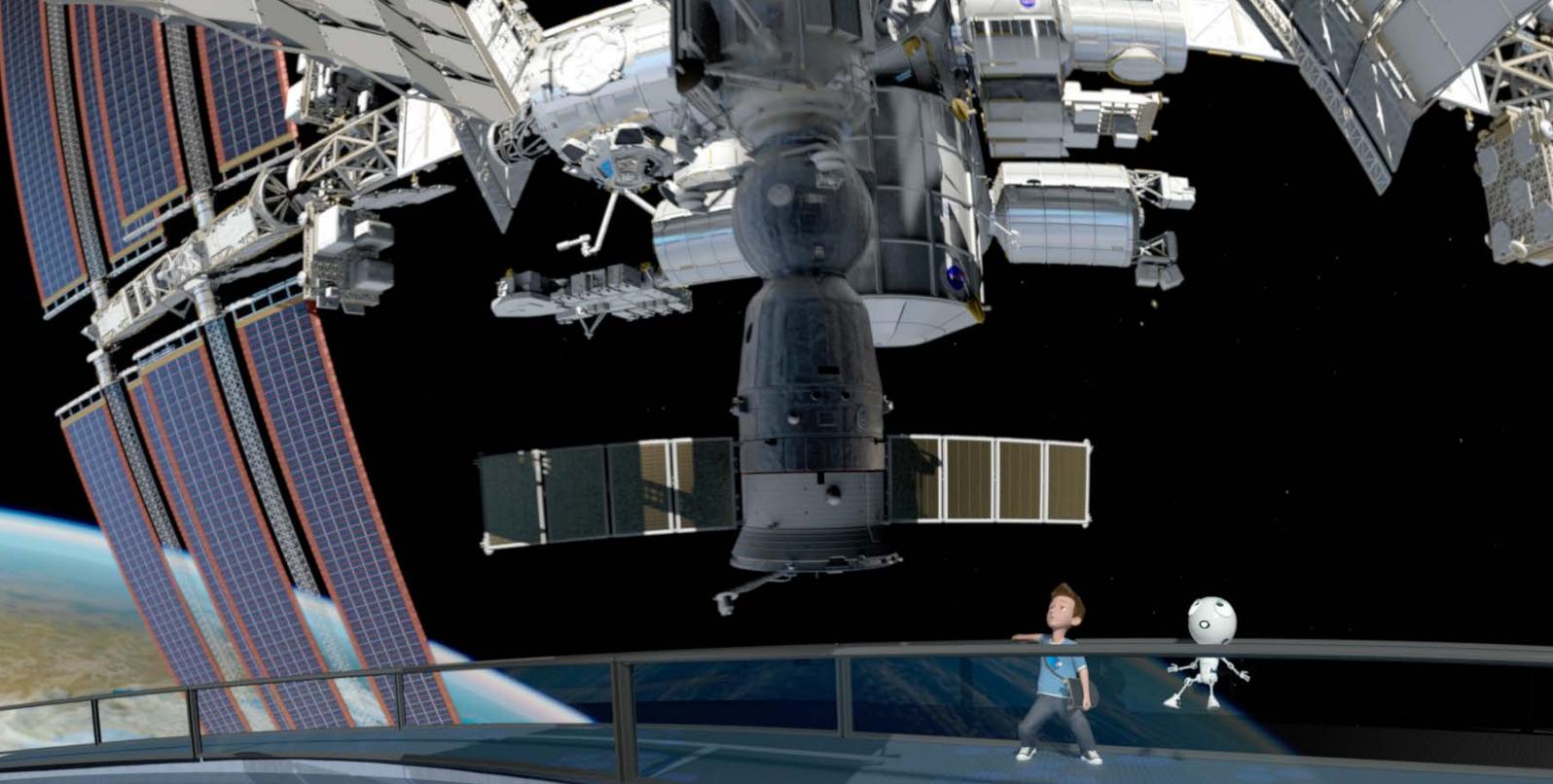
Manche Sterne sind in Wirklichkeit gar nicht mehr da, wo wir sie gerade sehen, denn das Licht braucht trotz seiner Schnelligkeit (300.000km pro Sekunde!) Millionen von Jahren, bis es bei uns ist. Wir sehen also Galaxien, die Milliarden Jahre alt sind und evtl. gar nicht mehr existieren. Insofern schauen wir quasi in die Vergangenheit, in eine Zeit, als auf der Erde noch gar keine Menschen gelebt haben.



Sideinfo: **DREHUNG**

Die Planeten unseres Sonnensystems sind aus einer Gaswolke entstanden. Die ursprüngliche Drehung dieser Wolke besitzen die Planeten noch heute.





ALLES IST RELATIV

Jede Masse – zum Beispiel unsere Erde – verlangsamt den Fluss der Zeit. Deshalb vergeht die Zeit hier bei uns anders als in den Tiefen des Weltraums. Wenn ein Astronaut nun einfach über der Erde schweben würde, würde die Zeit also erst mal schneller für ihn vergehen als auf der Erde. Allerdings bewegen sich die meisten Dinge im Weltall mit einer hohen Geschwindigkeit. So z.B. auch GPS-Satelliten, die wie wir vorhin erklärt haben, eine bestimmte Geschwindigkeit haben müssen, um die Erde zu umkreisen und nicht auf sie runterzustürzen. Bewegt sich nun ein Körper mit einer hohen Geschwindigkeit, vergeht die Zeit für ihn im Gegensatz zur Erde langsamer. Diese beiden Effekte – also einerseits das schnellere Vergehen der Zeit durch den Gravitationseffekt und andererseits das langsamere Vergehen der Zeit durch die Geschwindigkeit, heben sich bei Satelliten nicht ganz auf, so dass Uhren auf Satelliten immer ein wenig anders gehen, als Uhren auf der Erde. Diese Differenz muss für das richtige Funktionieren von GPS-Geräten berücksichtigt werden.



Sideinfo: GPS-SATELLITEN

Da die Gravitation dort draußen nachlässt vergeht die Zeit ein bisschen schneller als unten auf der Erdoberfläche. Dieser winzige Zeitunterschied reicht aus, um das GPS-System nach nur einem Tag kilometerweit in die Irre zu führen.

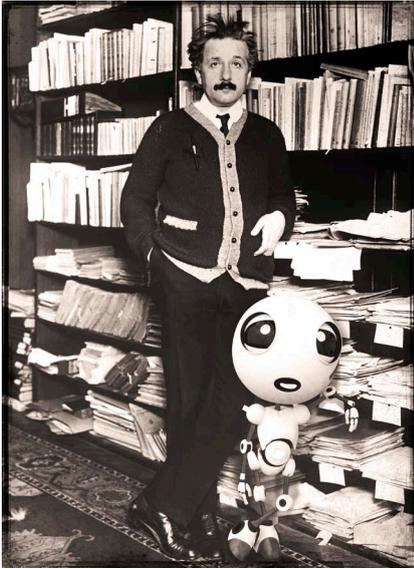
Erst mit Hilfe der Allgemeinen Relativitätstheorie kann dieser Zeitunterschied korrigiert werden, indem die Uhren in den GPS-Satelliten anders gestellt werden, als die auf der Erde.

Ohne Albert Einstein gäbe es keine funktionierenden GPS-Systeme.



Dass die Zeit für Körper mit einer hohen Geschwindigkeit langsamer vergeht hat wiederum mit der **speziellen Relativitätstheorie** Einsteins zu tun. Ihr liegt zu Grunde, dass in jedem Referenzrahmen die gleichen physikalischen Gesetze gelten und sich Licht immer mit der konstanten Geschwindigkeit von 300.000 km/s bewegt. Wenn aber die Lichtgeschwindigkeit immer die gleiche ist, müssen sich Raum und Zeit ändern. Dies ist sehr komplex und sei an dieser Stelle nur kurz erwähnt. Wenn ihr mehr zu diesem Thema wissen wollt, fragt am besten euren Lehrer was es mit der speziellen Relativitätstheorie auf sich hat.

ALBERT WER?



Albert Einstein ist wirklich einer der berühmtesten Wissenschaftler überhaupt. Das liegt aber nicht nur an seinen tollen Erfindungen, sondern auch an seiner Person selbst. Einstein war nämlich nicht nur super intelligent, sondern auch ein super cooler Typ. Ausführliche Biografien gibt es in großer Zahl in Buchform wie auch im Internet. Hier ein paar unterhaltsame Short-facts zu Albert und seinem Leben:

“Fantasie ist wichtiger als Wissen, denn Wissen ist begrenzt!”



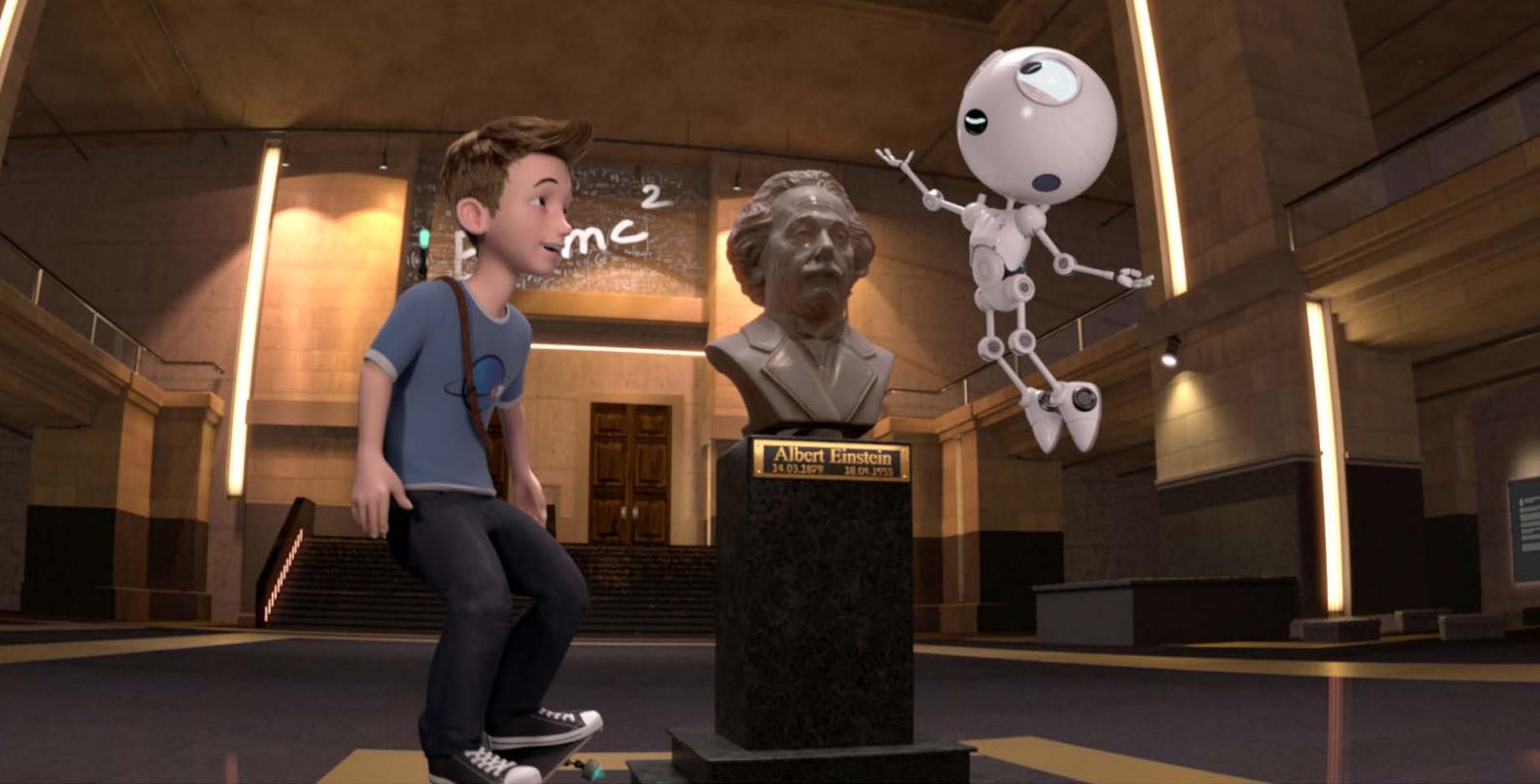
Am 14.03.1879 wird Albert in Ulm als Sohn jüdischer Eltern geboren.



Obwohl er später seine außerordentliche Intelligenz beweist, lernt Einstein erst mit 3 Jahren das Sprechen. Auch sonst ist er eher ein Spätzünder und kann sich Dinge schlecht merken.



Schule findet er unglaublich langweilig, aber seit ihm sein Vater mit 5 Jahren einen Kompass geschenkt hat, interessiert er sich brennend für Naturwissenschaft.



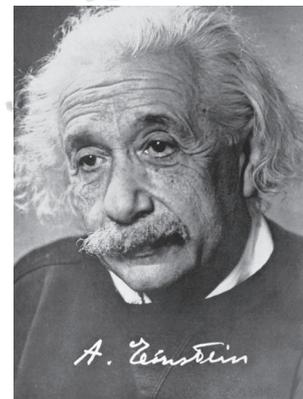
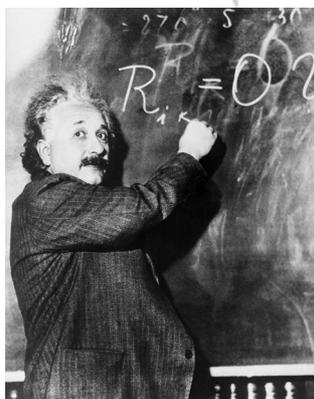
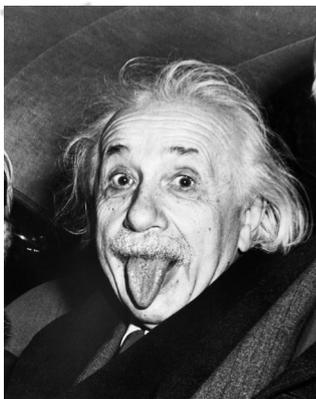
1905 stellt Einstein die Physik auf den "Kopf". Im zarten Alter von nur 26 Jahren veröffentlicht er die spezielle Relativitätstheorie sowie Studien zur Quantenphysik, nämlich den Photoelektrischen Effekt, für den er 1921 schließlich den Nobelpreis erhält. Nicht für die Relativitätstheorie!



Alberts Hobbys sind das Segeln, obwohl er niemals schwimmen gelernt hat, und das Violine spielen. Besonders liebt er die Musik von Mozart.



Einstein hat nie Socken getragen, da es ihn ärgerte, dass sie sowieso immer so schnell wieder Löcher bekommen.



“Lernen ist Erfahrung.
Alles andere ist einfach nur Information.”

“Wichtig ist, dass man nicht aufhört zu fragen.”



Nach der Ehe mit seiner ersten Frau Mileva Marić heiratet er seine Cousine und bekommt eine uneheliche Tochter.



1952 wird Einstein gefragt, ob er Präsident von Israel werden wolle. Er lehnt mit der Begründung ab, dass ihm die Erfahrung im Umgang mit Menschen fehle. Dafür wird er auf seiner Amerikareise zum Häuptling eines Indianerstammes ernannt.



Einstein ist nie selbst aktiv am Bau der Atombombe beteiligt. Dennoch haben sein Brief an den damaligen amerikanischen Präsidenten Roosevelt und die Formel $E=mc^2$ maßgeblich zur Entwicklung beigetragen. Einstein bedauert dies und setzt sich später aktiv für den Weltfrieden ein.



Nach Einsteins Tod 1955 entnimmt der US-amerikanische Pathologe Thomas Harvey heimlich dessen Gehirn und verschickt kleine Würfel davon an Hirnspezialisten, um die außergewöhnliche Intelligenz Einsteins zu erforschen. Teile davon befinden sich heute in Medizin-Museen.

LITERATUR



- Bürke, Thomas: $E=mc^2$ Einführung in die allgemeine und spezielle Relativitätstheorie. Anakonda. 2015
- Calaprice, Alice: Einstein sagt: Zitate, Einfälle, Gedanken. Piper 2015
- Einstein, Albert: Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. 24. Auflage. Springer Spektrum. 2009
- Gilliland, Ben: How to Build a Universe. From the Big Bang to the End of the Universe. Cassell, 2015
- Göbel, Holger: Gravitation und Relativität: Eine Einführung in die Allgemeine Relativitätstheorie. De Gruyter. 2104
- Hawking, Stephen: Die illustrierte kurze Geschichte der Zeit. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg 2013
- Isaacson, Walter: Einstein. His Life and Universe. Simon&Schuster, New York 2007
- Novelli, Lucas: Einstein und die Zeitmaschine. Arena Verlag GmbH, Würzburg 2005
- Teichmann, Jürgen/Krapp, Thilo: Mit Einstein im Fahrstuhl. Physik genial erklärt. Arena Verlag GmbH, Würzburg 2013

ONLINEQUELLEN



- <http://www.haus-der-kleinen-forscher.de/nc/de/praxisideen/experimente-versuche/astronomie/experiment/schwerkraft-auf-der-erde-und-anderen-planeten/>
- <http://www.factslides.com/s-Einstein>
- <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-142879038.html>
- <http://www.weltderphysik.de/gebiet/astro/gravitationswellen/>

IMPRESSUM



Stand: Juni 2016
Herausgeber : REEF Distribution GmbH, München

Konzept, Redaktion, Texte, Videos: Nina Scholz
Erklärgrafiken: Mario Betz
Layout, Gestaltung: Christina Baumgartner
Bilder: © REEF Distribution GmbH, All Rights Reserved

www.reef-distribution.com

Corbis Entertainment: BE001080, BE034861, NA014491 © Bettmann/ Corbis

Dieser Unterrichtsleitfaden darf nur für die Arbeit an Schulen und Bildungseinrichtungen verwendet werden. Jedweder Handel, Verkauf oder käuflicher Erwerb ist ausdrücklich untersagt und wird straf- und zivilrechtlich verfolgt. Das Material darf für Unterrichtszwecke uneingeschränkt vervielfältigt werden.