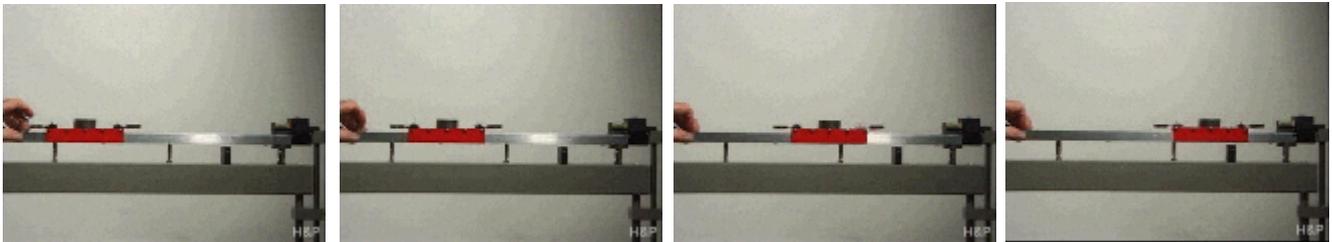


Entwicklung computergenerierter Animationen

Hermann Härtel
ITAP
Universität Kiel

Zu verschiedenen physikalischen Themen wurden kurze Lehrfilme im mpg- und wmv-Format entwickelt. Dabei wird die Flexibilität der Computergraphik genutzt, um komplexe Zusammenhänge oder Lernaufgaben durch fließende Übergänge, virtuelle Fahrten, motivierende Visualisierungen u.ä. zu verdeutlichen.

1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn Konstante Geschwindigkeit und Kraft



Bewegt sich ein Körper mit konstanter Geschwindigkeit, so gilt in einer weit verbreiteten Alltagsvorstellung, daß hierfür eine konstante Antriebskraft erforderlich ist.

Das Video zeigt das klassische physikalische Demonstrationsexperiment eines auf einer Luftkissenbahn gleitenden Schlittens und konfrontiert somit diese Alltagsvorstellung mit der physikalischen Realität. Jedoch haben viele Untersuchungen zu Schülervorstellungen gezeigt, daß diese Alltagsvorstellung über den Zusammenhang von konstanter Geschwindigkeit und konstanter Antriebskraft sehr robust ist. Im Alltag erfahren wir beständig, daß es einer Antriebskraft bedarf, um einen Körper zu bewegen und diese andauernde Erfahrung scheint das im Physikunterricht erworbene Wissen weitgehend zu neutralisieren.

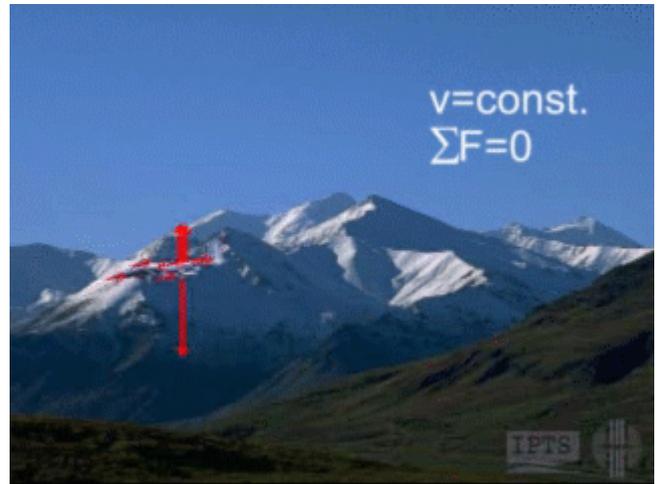
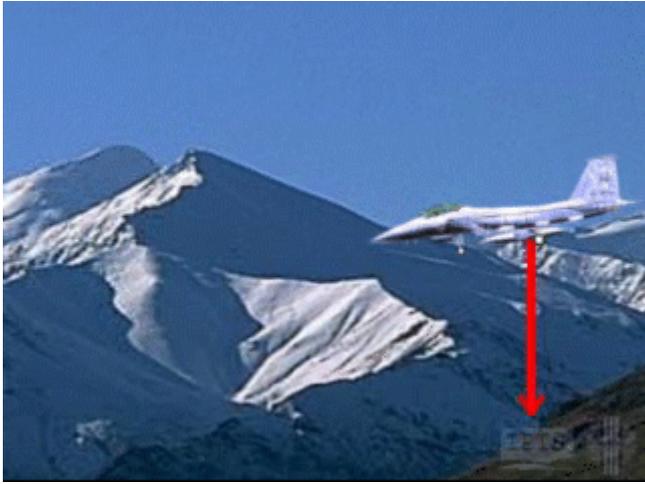
Zusätzlich zu dem gezeigten Demonstrationsexperiment mag es daher hilfreich sein, die Schüler mit Szenen aus dem Alltag zu konfrontieren, in denen der physikalischen Zusammenhang zwischen konstanter Geschwindigkeit und Kraft aufgezeigt wird.

Die folgenden 7 videos zeigen solche Szenen. Werden diese Videos den Schülern gezeigt - wenn möglich nicht nur einmal - und ausführlich besprochen, so mag es gelingen, einen stabilen Wechsel von der Alltagsvorstellung zur Newtonischen Interpretation der Wirklichkeit einzuleiten.

Luftkissenbahn.mpg (10 MB)

Luftkissenbahn.wmv(0,7 MB) (geringere Auflösung)

1.2. Gleitendes Flugzeug Konstante Geschwindigkeit und Kraft

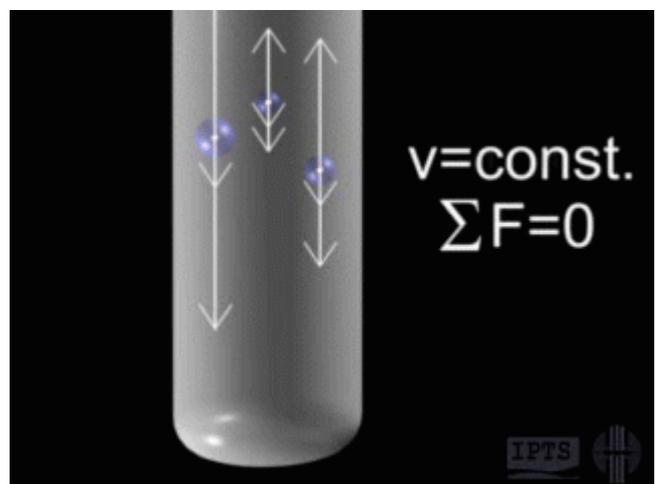
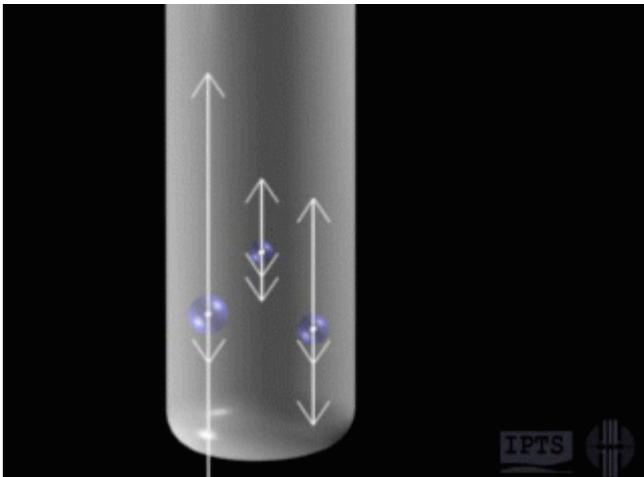


Kommentar siehe oben „1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn“

Gleitendes_Flugzeug.mpg (8 MB)

Gleitendes_Flugzeug.wmv(0,6 MB) (geringere Auflösung)

1.3. Aufsteigende Blasen Konstante Geschwindigkeit und Kraft

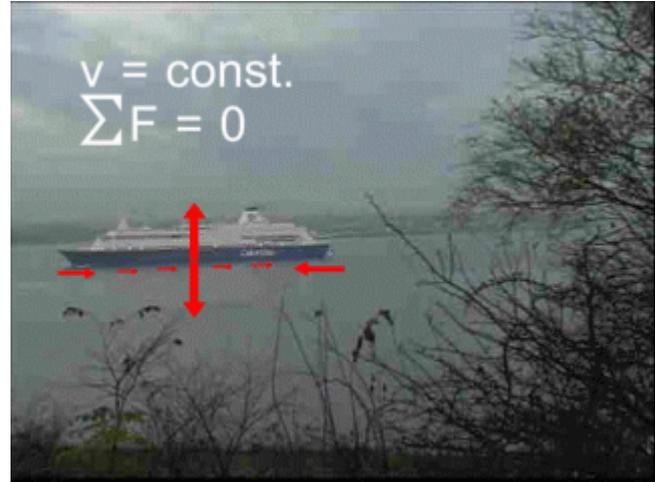


Kommentar siehe oben: „1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn“

Aufsteigende_Blasen.mpg (9 MB)

Aufsteigende_Blasen.wmv(0,7 MB) (geringere Auflösung)

1.4. Schiff in ruhigem Wasser Konstante Geschwindigkeit und Kraft

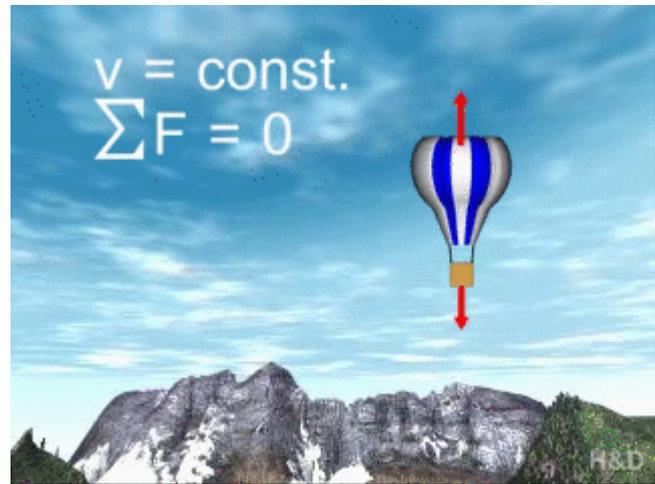
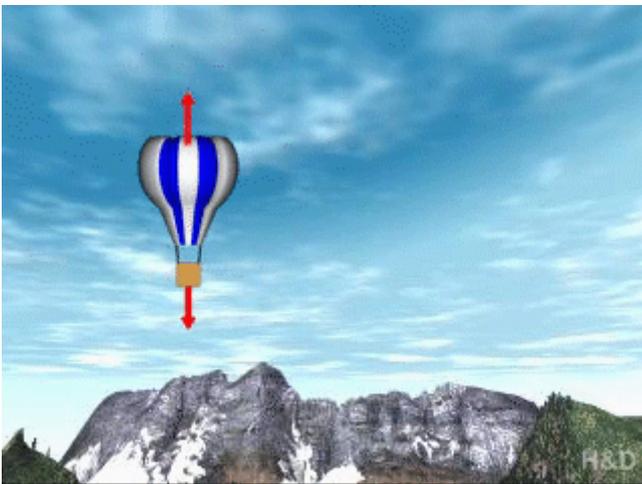


Kommentar siehe oben: „1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn“

Schiff.mpg (5 MB)

Schiff.wmv (0,3 MB) (geringere Auflösung)

1.5. Im Wind treibender Ballon Konstante Geschwindigkeit und Kraft

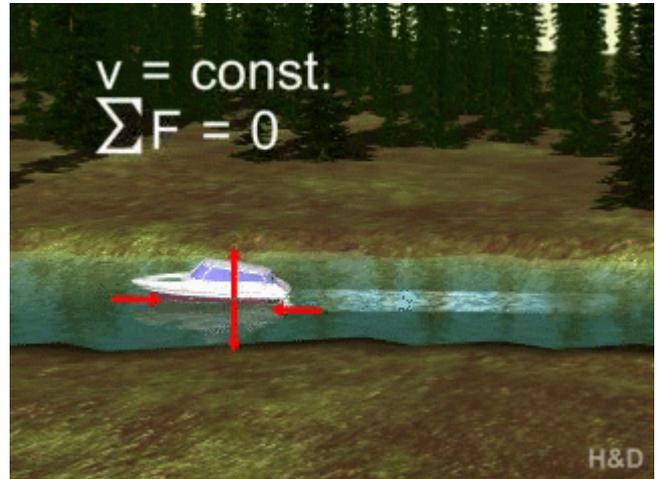


Kommentar siehe oben: „1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn“

Ballon.mpg (5 MB)

Ballon.wmv (0,4 MB) (geringere Auflösung)

1.6. Motor Boot auf einem Fluß Konstante Geschwindigkeit und Kraft

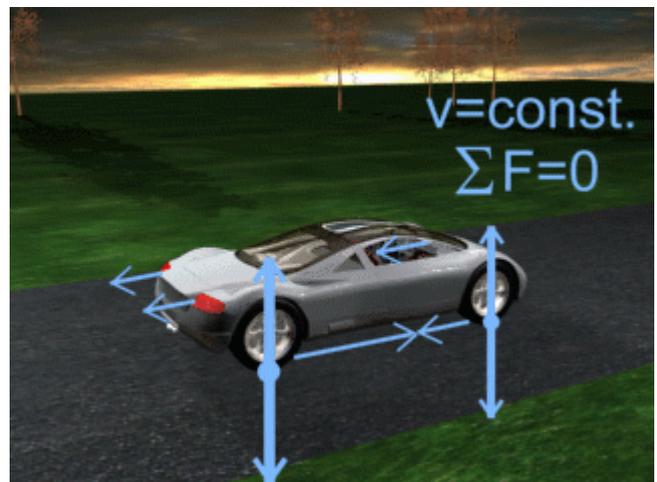


Kommentar siehe oben: „1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn“

Motorboot.mpg (5 MB)

Motorboot.wmv (0,3 MB) (geringere Auflösung)

1.7. Fahrendes Auto Konstante Geschwindigkeit und Kraft

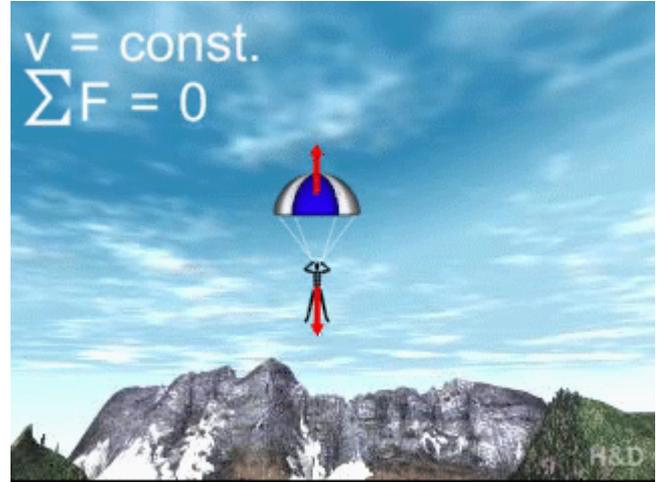


Kommentar siehe oben: „1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn“

Fahrendes_Auto.mpg (9 MB)

Fahrendes_Auto.wmv (0,7 MB) (geringere Auflösung)

1.8. Fallschirmspringer am offenen Fallschirm Konstante Geschwindigkeit und Kraft

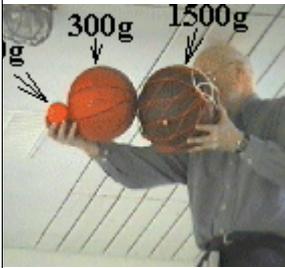


Kommentar siehe oben: „1.1. Schlitten auf einer Luftkissenbahn“

Fallschirmspringer.mpg (5 MB)

Fallschirmspringer.wmv (0,4 MB) (geringere Auflösung)

2.1. Objekte im freien Fall Schwere Masse und träge Masse

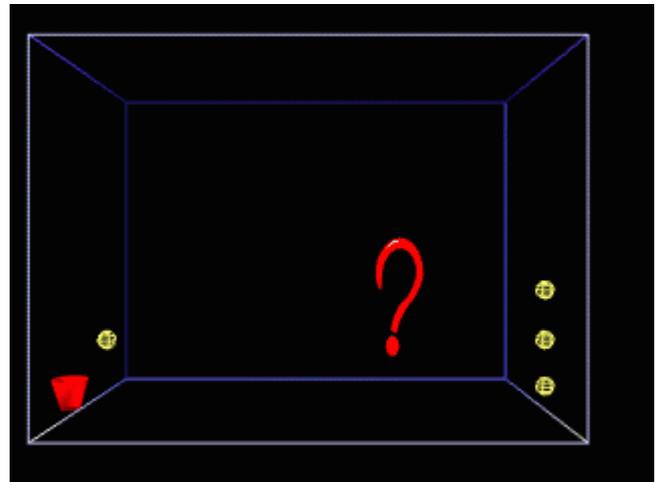


Beschleunigte Bewegungen unter dem Einfluß der Gravitation sind ein wichtiger Teil eines jeden Mechanikkurses. Um die diesbezüglichen Versuche im Klassenraum zu unterstützen, sollten Videos hilfreich sein, die Wurf- bzw. Fallbewegungen in einem größeren Maßstab und unter besonderen Bedingungen darstellen. Zusätzlich kann die Beziehung zwischen dem Experiment und einer dazu passenden Simulation verdeutlicht werden.

Freier_Fall.mpg (5 MB)

Freier_Fall.wmv(0,6 MB) (geringere Auflösung)

2.2. Horizontaler Wurf Superpositionsprinzip



Das Video zeigt das reale Experiment eines horizontalen Wurfs und weist mit einer Fragestellung auf das Prinzip der Superposition hin.

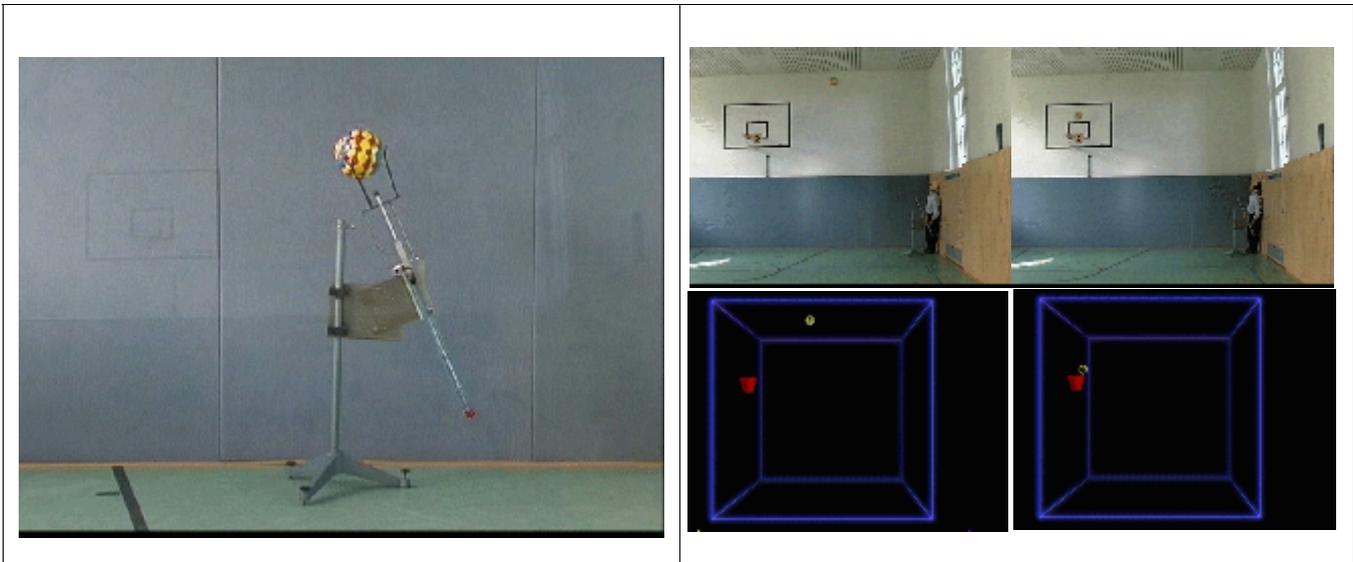
Die Frage lautet: Würde ein zweiter Ball, der im gleichen Augenblick anfangen würde zu fallen, früher oder später oder im gleichen Augenblick den Boden erreichen?

Eine erste Antwort kann mit Hilfe einer geeigneten Simulation gefunden werden.

Horizontaler_Wurf.mpg (10 MB)

Horizontaler_Wurf.wmv (0,5 MB) (geringere Auflösung)

2.3. Schiefer Wurf Beziehung zwischen Experiment und Simulation



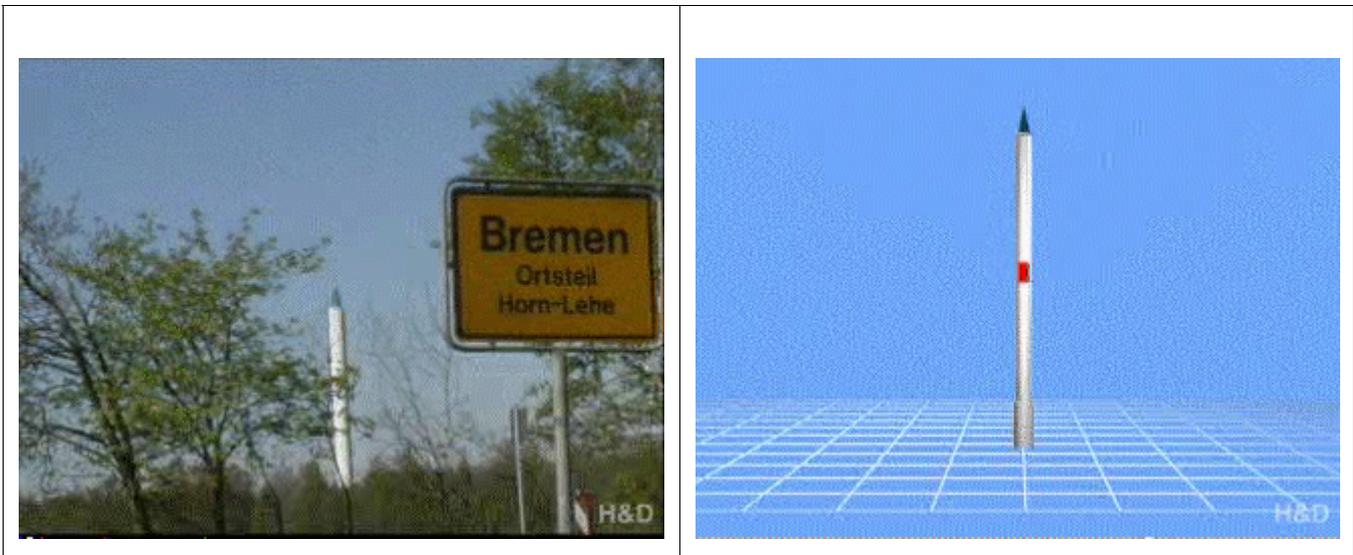
Die schräg gestellte Stange wird durch eine sich entspannende Feder angetrieben. Sie stößt gegen den Ball und dieser trifft den Korb.

Dies Video kann dazu dienen, für eine theoretische Behandlung der entsprechenden Wurfbewegungen zu motivieren und zur Lösung entsprechender Aufgaben mit Hilfe einer Simulation anzuregen.

Schiefer_Wurf.mpg (12 MB)

Schiefer_Wurf.wmv (0,7 MB) (geringere Auflösung)

2.4. Senkrechter Wurf - Schwerelosigkeit oder Kräftefreiheit

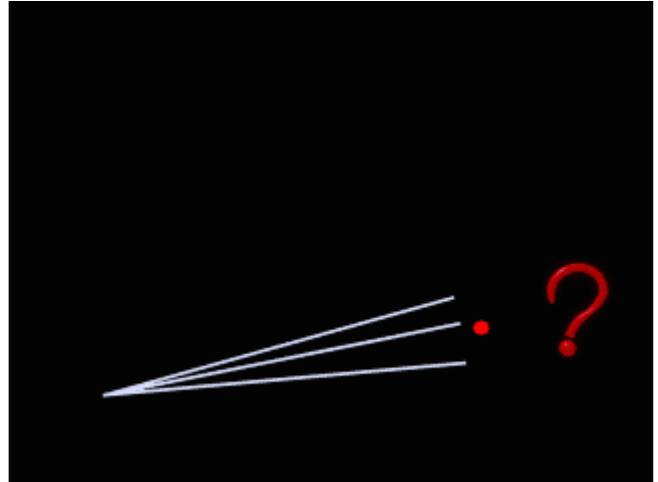


Das Video zeigt den Fallturm in Bremen, der zur Durchführung von Versuchen unter Bedingungen der Schwerelosigkeit dient. In einer anschließenden computergenerierten Animation wird die Frage nach der Unterscheidung zwischen Kräftefreiheit und Schwerelosigkeit gestellt.

Fallturm.mpg (11 MB)

Fallturm.wmv (1,3 MB) (geringere Auflösung)

2.5. Vergleich zwischen einer fallenden Latte und einem frei fallenden Ball



Die Latte und der Ball werden im gleichen Augenblick fallen gelassen. Wer erreicht den Boden zuerst?

Fallende_Latte_1.mpg (10 MB)

Fallende_Latte_1.wmv (0,7 MB) (geringere Auflösung)

2.6. Fallende Latte und frei fallender Ball Das Experiment



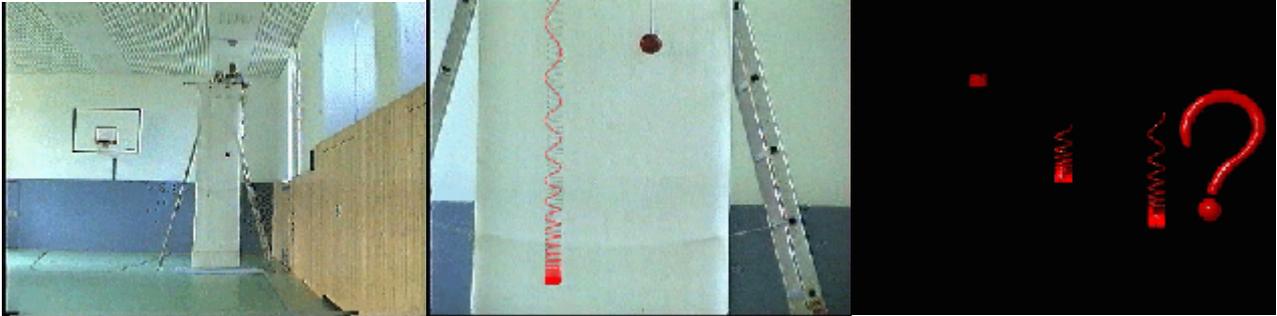
Das Video zeigt das reale Experiment bei dem der Fall einer schräg stehenden Latte und der eines Medizinballes verglichen werden. Wenn die Latte den Boden erreicht, befindet sich der Ball noch mehr als einen halben Meter in der Luft.

Dieser Versuch soll zu einer vertieften Diskussion über die Bedingungen und Regeln des freien Falls anregen.

Fallende_Latte_2.mpg (13 MB)

Fallende_Latte_2.wmv (0,8 MB) (geringere Auflösung)

2.7. Eine weiche, senkrecht hängende Feder beginnt zu fallen Aber wie?



In diesem Video wird die Fallbewegung einer senkrecht hängenden Feder untersucht und die Frage nach dem Verhalten des unteren Endes der Feder gestellt. Wird es beim Loslassen der Feder zu erst nach oben gehen, für kurze Zeit stehen bleiben oder sofort beginnen zu fallen?

Fallende_Feder_1.mpg (14 MB)

Fallende_Feder_1.wmv (0,7 MB) (geringere Auflösung)

2.8. Eine weiche, senkrecht hängende Feder beginnt zu fallen Das Experiment



Dies Video zeigt den freien Fall einer senkrecht hängenden Feder im Vergleich mit einem Ball, der in der Höhe des Massenmittelpunktes der Feder startet.

Das untere Ende der Feder beginnt erst zu fallen, wenn sich die Feder nahezu völlig zusammengezogen hat.

Die Experiment dient dazu, eine vertiefte Diskussion über die Grenzen des Modells vom starren Körper, der Rolle der inneren Kräfte und der Bedeutung des Massenmittelpunktes anzuregen.

Fallende_Feder_2.mpg (11 MB)

Fallende_Feder_2.wmv (0,8 MB) (geringere Auflösung)

3.1. Kreisbewegung

Welche Richtung hat die auftretende Kraft?

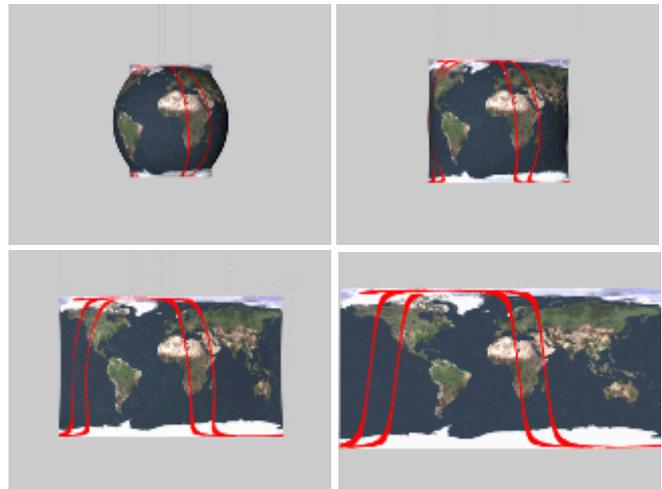
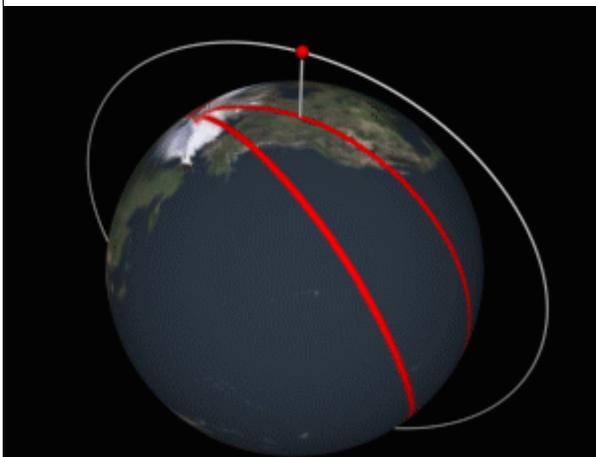


Am Anfang wird ein Experiment gezeigt, bei dem durch rasche Rotation des Bechers die Kugel hochsteigt. Durch fließenden Übergang zu einer computergenerierten Animation wird die Aufmerksamkeit auf die Frage konzentriert: Was geschieht, wenn die Kugel auf das Loch trifft?

Zentripetalkraft.mpg (7 MB)

Zentripetalkraft.wmv (0,9 MB) (geringere Auflösung)

3.2. Bahn eines Polar-Satelliten - in 3D und 2D



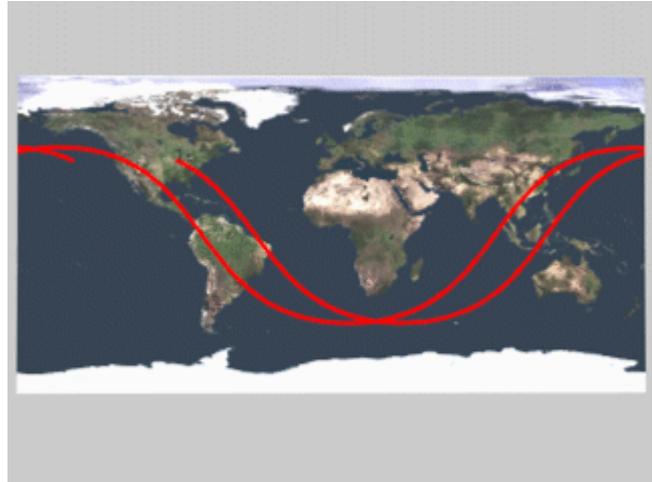
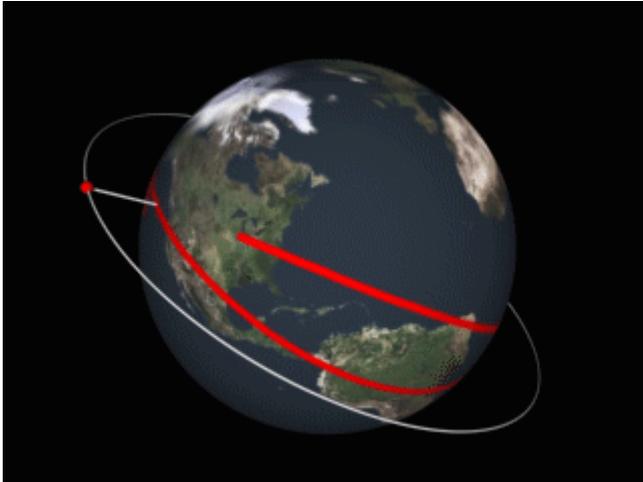
Dies und die folgenden 4 Videos behandeln ein modernes Thema unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die meisten Schüler nur über ein begrenztes räumliches Vorstellungsvermögen verfügen.

Dies Video zeigt auf der Erdoberfläche die Projektion der Bahn eines Satelliten, der Nord- und Südpol überfliegt. In einem kontinuierlichen Übergang wird dies recht einleuchtende dreidimensionale Bild in das weniger einleuchtende Bild einer zweidimensionalen und entsprechend verzerrten Weltkarte überführt.

Polar-Satellit.mpg (10 MB)

Polar-Satellit.wmv (1,1 MB) (geringere Auflösung)

3.3. Bahn eines Satelliten in 3D und 2D

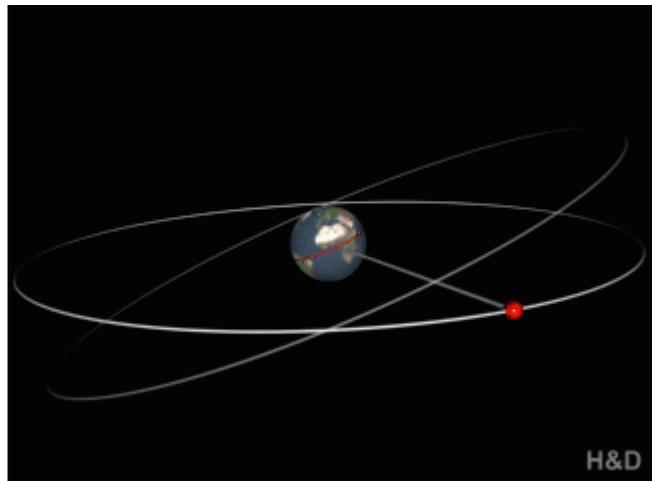
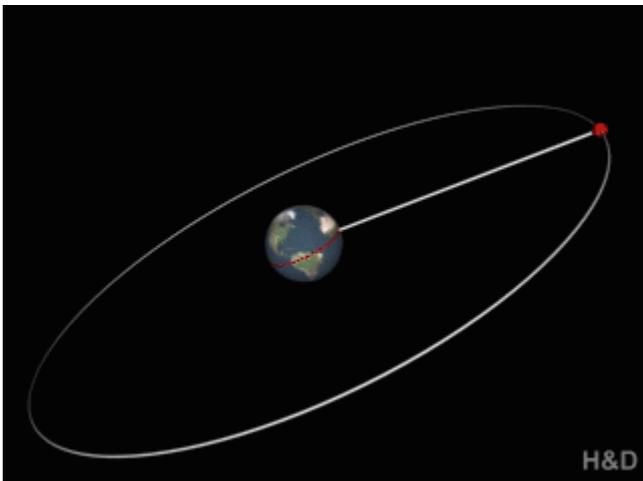


Dies Video zeigt auf der Erdoberfläche die Projektion der Bahn eines Satelliten, der auf einer Bahn ähnlich der ISS die Erde umkreist. In einem kontinuierlichen Übergang wird dies noch einigermaßen einleuchtende dreidimensionale Bild in das weniger einleuchtende Bild einer zweidimensionalen und entsprechend verzerrten Weltkarte überführt.

Kreisender_Satellit.mpg (9 MB)

Kreisender_Satellit.wmv (1,1 MB) (geringere Auflösung)

3.4.1. Geostationärer Satellit und eine Frage zum Nachdenken



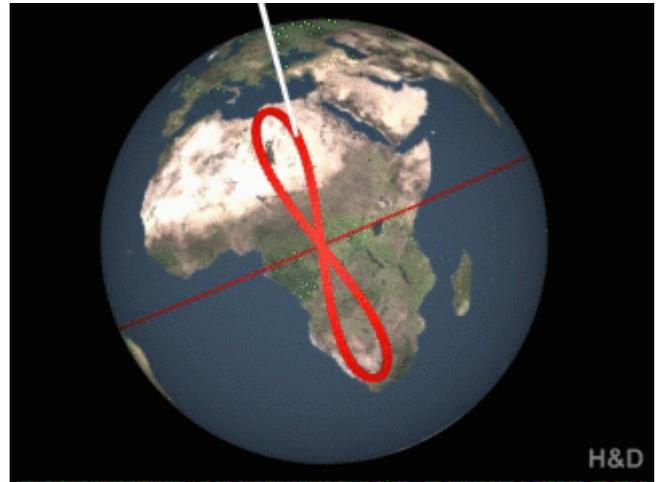
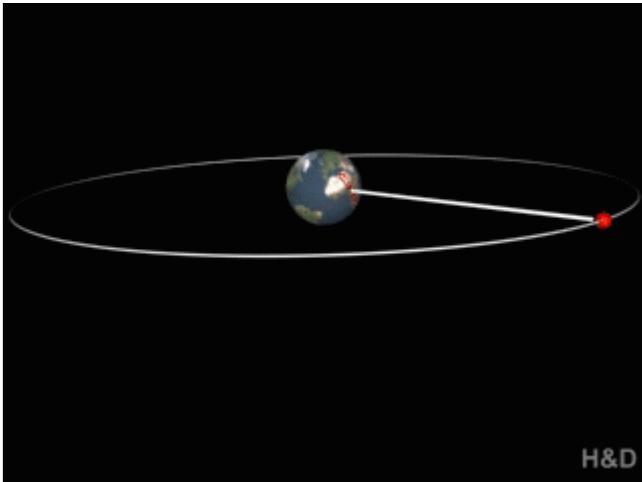
Dies Video verdeutlicht die Bedingungen, die gelten müssen, damit ein Satellit auf einer geostationären Bahn umläuft und stellt die Frage, welche Änderung der Projektion auf der Erdoberfläche bei einer kleinen Bahnänderung zu erwarten ist.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Frage die meisten Schüler überfordert, wodurch einmal mehr die Begrenztheit unseres räumlichen Vorstellungsvermögens verdeutlicht wird, insbesondere, wenn es sich um etwas komplexere Bewegungen im Raum handelt.

Geostationärer_Satellit_1.mpg (9 MB)

Geostationärer_Satellit_1.wmv (0,7 MB) (geringere Auflösung)

3.4.2. Geostationärer Satellit auf einer abweichenden Bahn



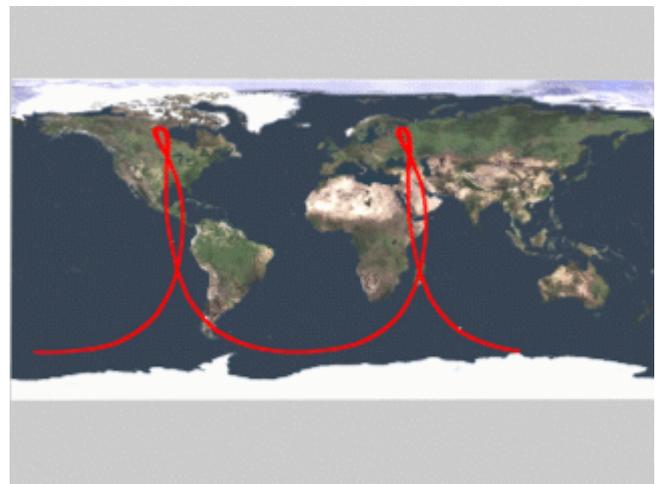
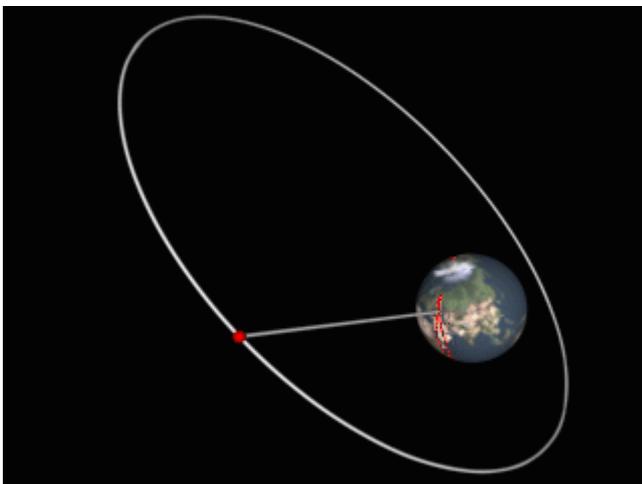
Die Projektion eines nahezu geostationären Satelliten auf die Erdoberfläche ergibt eine Figur, die kaum von einem Schüler vorhergesagt wird.

Als Übung des räumlichen Vorstellungsvermögens mag es hilfreich sein, wenn die Schüler die Korrektheit dieser Figur nachweisen, wenn nötig auch anhand eines dreidimensionalen Modells.

Geostationärer_Satellit_2.mpg (10 MB)

Geostationärer_Satellit_2.wmv (0,9 MB) (geringere Auflösung)

3.5. Umlaufbahn eines Molnya Satelliten in 3D und 2D

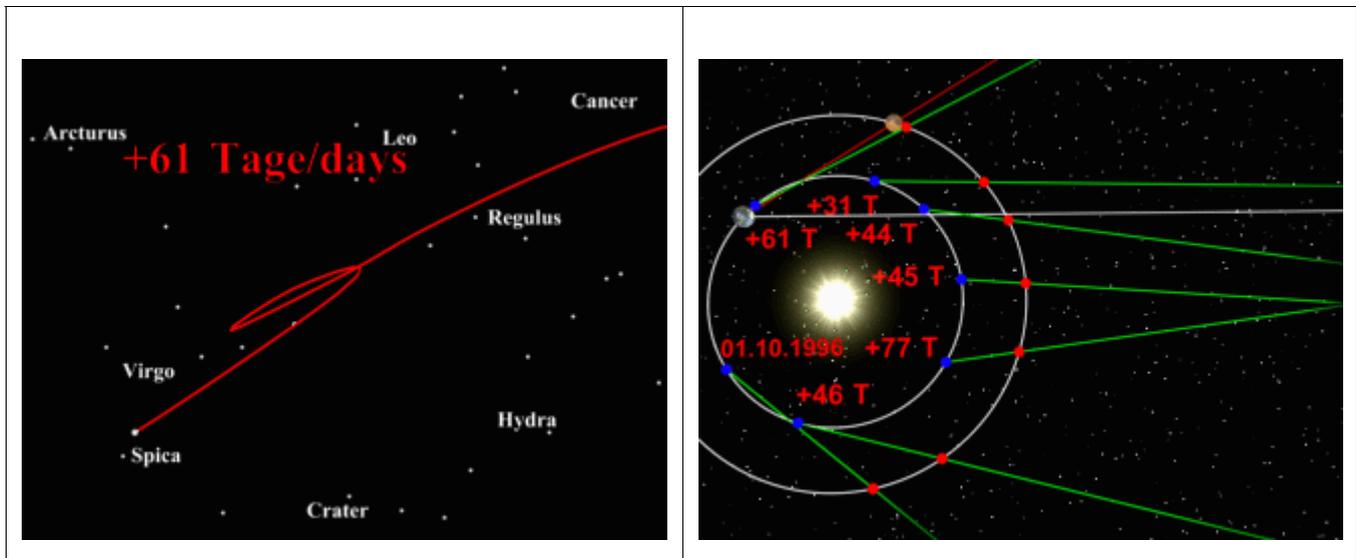


Von dem nördlichen Teil unserer Hemisphäre aus sind die normalen geostationären Satelliten nicht sichtbar. Das Video zeigt, auf welcher Bahn die sogenannten Molnya-Satelliten umlaufen, um während eines Teils ihrer Umlaufbahn die Rolle eines quasi stationären Satelliten einzunehmen.

Molnya_Satellit.mpg (18 MB)

Molnya_Satellit.wmv (1,4 MB) (geringere Auflösung)

4.1. Bewegung des Planeten Mars Geozentrische und heliozentrische Perspektive

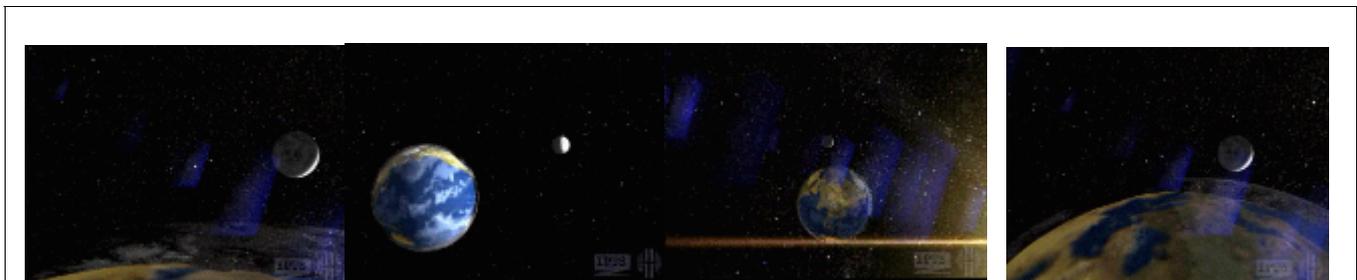


Um die Rückläufigkeit unserer Planeten zu verstehen, müssen gedanklich die geozentrische und die heliozentrische Perspektive zu einem einheitlichen Bild zusammengefaßt werden. Zur Unterstützung dieser für viele Schüler durchaus anspruchsvollen Aufgabe dient dies Video, in dem diese beiden Perspektiven sowohl im einzelnen ausführlich dargestellt als auch eng aufeinander bezogen werden.

Umlauf_von_Mars.mpg (26 MB)

Umlauf_von_Mars.wmv (2,3 MB) (geringere Auflösung)

4.2. Mondphasen

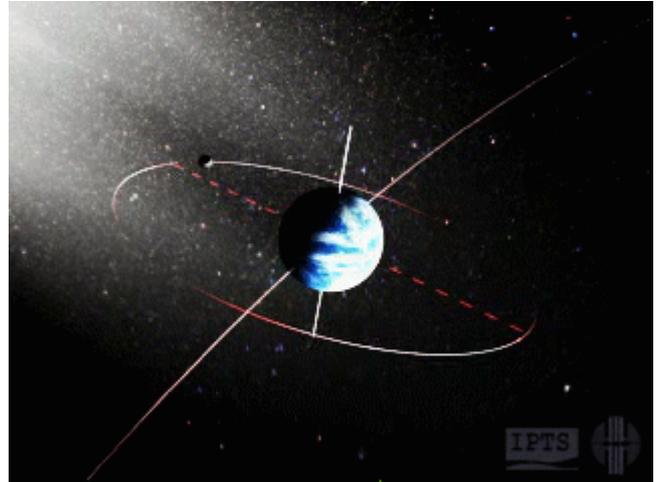
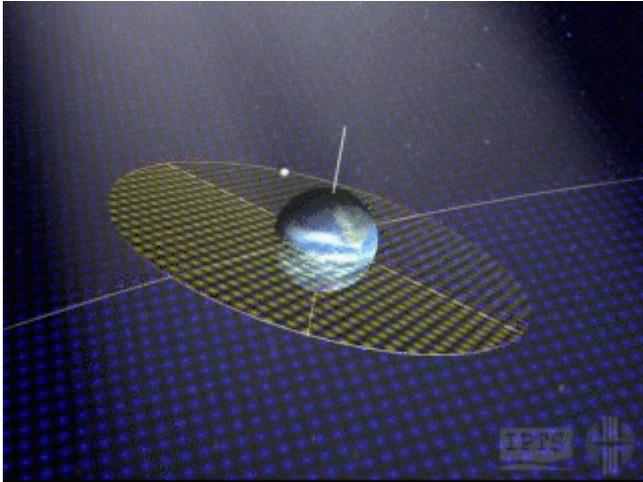


Um die regelmäßig auftretenden Phasen des Mondes zu erklären, muß die Blickrichtung von der Erde ausgehend und die von außerhalb der Erde gedanklich zu einem stimmigen Bild zusammengeführt werden. Diese für viele Schüler durchaus anspruchsvolle Aufgabe wird durch dies Video unterstützt. Es zeigt in einer virtuellen Fahrt mit der Erde als Start- und Landepunkt, wie bei einer Umrundung des Systems Erde/Mond die verschiedenen Phasen im Hinblick auf die Sonne zu erklären sind.

Mondphasen.mpg (11 MB)

Mondphasen.wmv (1,1 MB) (geringere Auflösung)

4.3. Mondfinsternis

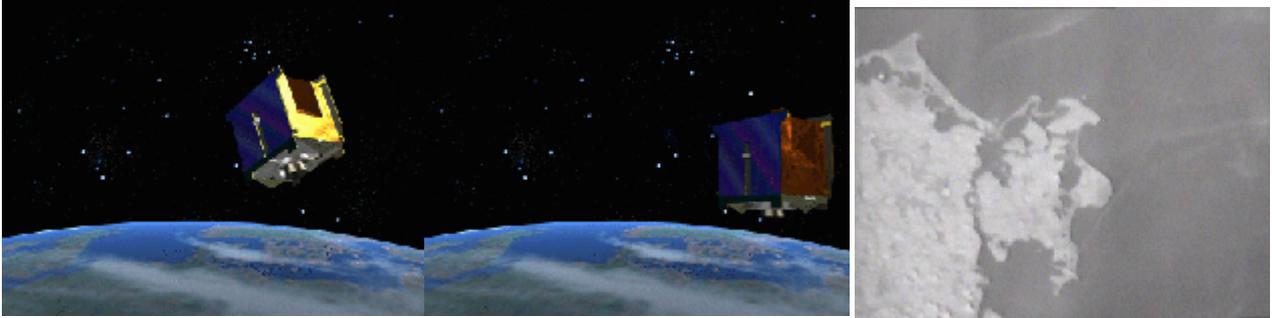


Eine Erklärung der im Gegensatz zur Mondphase unregelmäßig auftretenden Mondfinsternis ist nicht ganz einfach. Es muß klar gemacht werden, daß die Ekliptik und die Ebene, in der sich der Mond um die Erde bewegt, einen Winkel einschließen. Nur wenn sich der Mond und der Kernschatten der Erde auf der Schnittlinie dieser beiden Ebenen treffen, ergibt sich eine Mondfinsternis. Das Video veranschaulicht diese Erklärung.

Mondfinsternis.mpg (14 MB)

Mondfinsternis.wmv (1,2 MB) (geringere Auflösung)

5.1. Erhaltung des Drehimpulses (Wie kann ein Satellit gedreht werden)



Die Position kleinerer Satelliten kann verändert werden, indem man interne Rotoren ansteuert. Das Video, das diesen Effekt zeigt, gibt keine Erklärung, sondern ist als motivierender Einstieg in die Behandlung des Themas "Erhaltung des Drehimpulses" gedacht.

Drehimpulserhaltung_1.mpg(10,5 MB)

Drehimpulserhaltung_1.wmv(1,2 MB) (geringere Auflösung)

5.2. Erhaltung des Drehimpulses (Wie reagiert die Erde, wenn ein Zug anfährt?)



In einem Tele-Experiment wurde eine elektrische Eisenbahn auf einer zentral aufgehängten Unterlage aufgebaut. Gesteuert durch ein Applet und beobachtet durch eine WEB-Kamera kann so der Satz von der Erhaltung des Drehimpulses demonstriert werden.

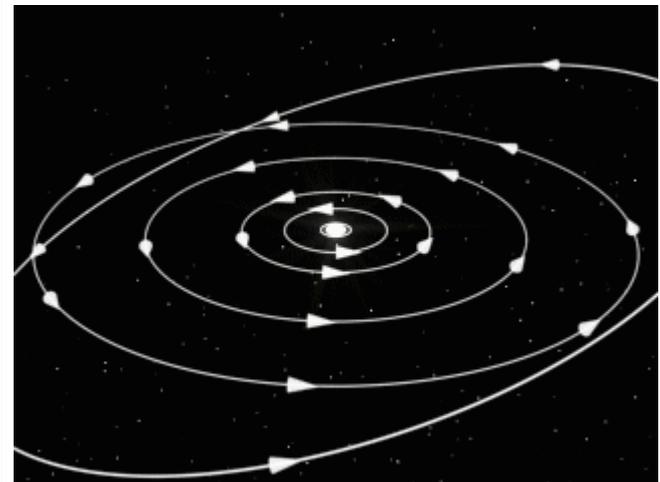
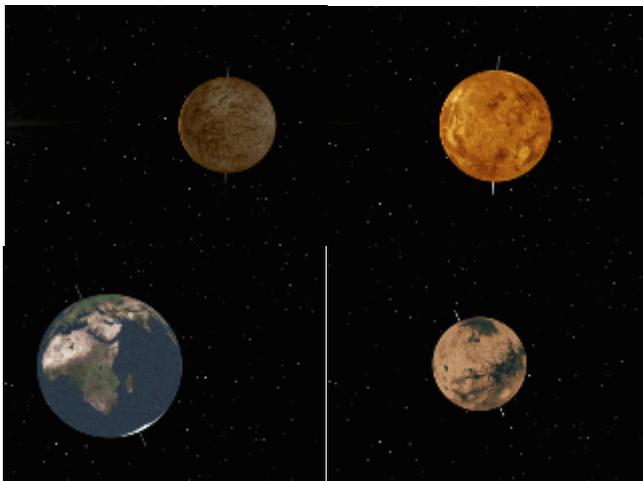
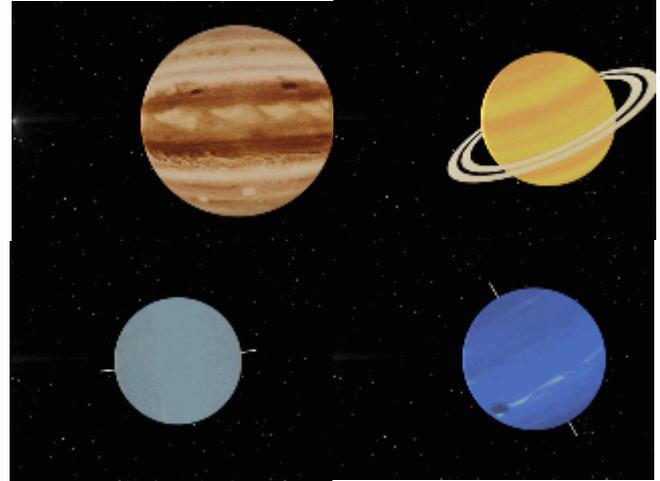
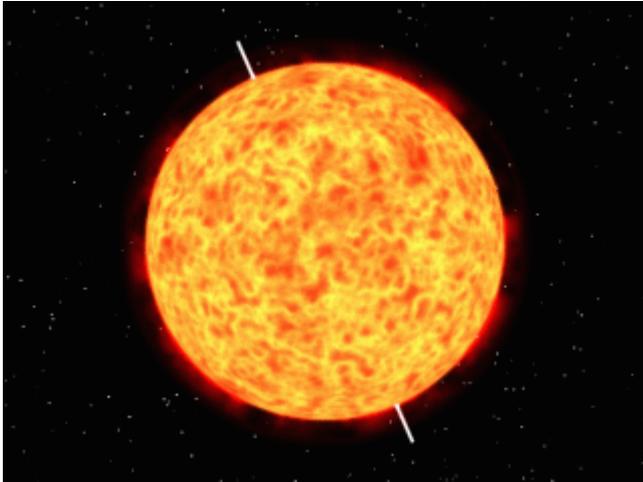
Das Video zeigt dieses Experiment und stellt nach einem Schwenk auf eine anfahrende Dampflokomotive die Frage, ob und wie jetzt die Erde als Unterlage reagiert.

Das Video gibt keine Antwort sondern kann dazu dienen, eine Diskussion über die universelle Gültigkeit von Erhaltungssätzen anzuregen sowie über die Begrenztheit des Modells der Erde als starrer Körper.

Drehimpulserhaltung_2.mpg (22 MB)

Drehimpulserhaltung_2.wmv (2,5 MB) (geringere Auflösung)

5.3. Das Planetensystem und der Erhaltungssatz des Drehimpulses



Während einer virtuellen Reise durch unser Planetensystem vorbei an der Sonne und allen Planeten wird die Tatsache verdeutlicht, daß bis auf zwei Ausnahmen alle Körper im gleichen Drehsinn rotieren und ebenfalls im gleichen Sinn und etwa in der gleichen Ebene die Sonne umrunden.

Das Video gibt keine Erklärung sondern kann dazu dienen, eine Diskussion über die Bedeutung und universelle Gültigkeit des Satzes von der Erhaltung des Drehimpulses anzuregen sowie über die kosmologische Frage des gemeinsamen Ursprungs unseres Planetensystems.

Planetensystem.mpg (24 MB)

Planetensystem.wmv (2,5 MB) (geringere Auflösung)