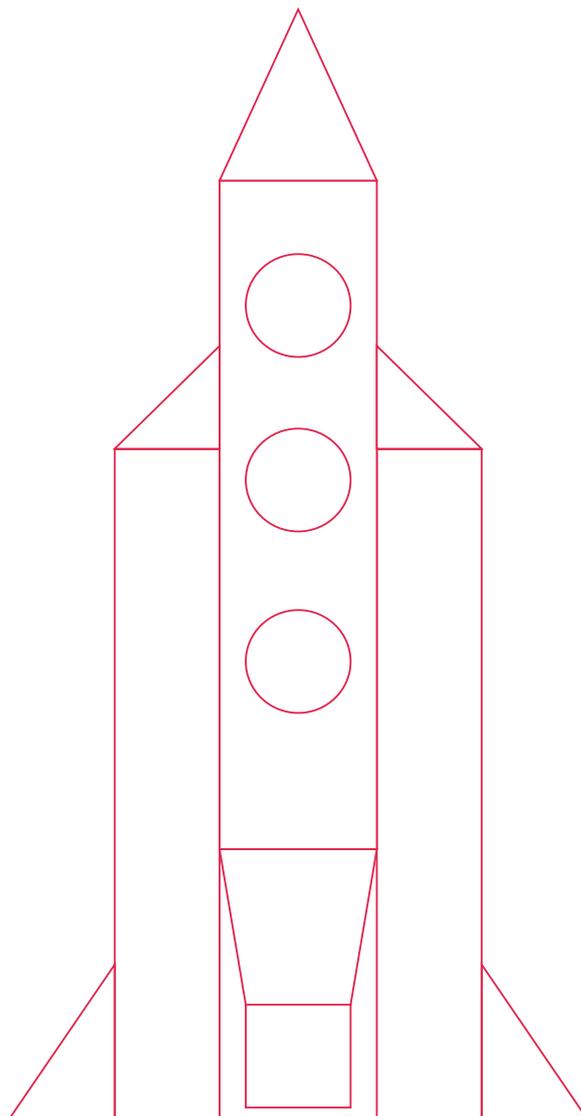


teach with space

→ HOCH HINAUS INS ALL!

Eigene Raketen bauen und starten





Die wichtigsten Fakten	Seite 3
Hintergrundinformationen	Seite 4
Die Übungen im Überblick	Seite 6
Übung 1: Auf in den Orbit!	Seite 7
Übung 2: Luft für die Rakete (I)	Seite 8
Übung 3: Luft für die Rakete (II)	Seite 10
Übung 4: Treibstoff für die Rakete	Seite 13
Anhang 1: Raketen der ESA	Seite 14
Anhang 2: Finnen für Übung 1	Seite 15
Anhang 3: Finnen und Nase für Übung 2	Seite 15
Glossar	Seite 16
Links	Seite 17



→ HOCH HINAUS INS ALL!

Eigene Raketen bauen und starten

DIE WICHTIGSTEN FAKTEN

Altersgruppe: 8-12 Jahre

Art: praktische Gruppenübungen

Schwierigkeitsgrad: leicht

Vorbereitungszeit für Lehrer: 30 Minuten

Benötigte Unterrichtszeit: 25-60 Minuten pro Übung

Kosten pro Klasse: niedrig bis mittel

Ort: drinnen und draußen (für die Raketenstarts)

Unter Verwendung von: Abschusswinkel aus dem 3D-Drucker, Link zu den Dateien: <http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/1PBL.zip>

Kurzfassung

In vier Gruppenübungen bauen die Schüler drei unterschiedliche Raketen. Die erste ist eine einfache Papierrakete mit einem Strohhalm als Antrieb, in den man hineinbläst. Die zweite ist eine komplexere Papierrakete mit einer Wasserflasche als Antrieb, die man zusammendrückt. Die dritte ist eine Rakete mit chemischem Antrieb. Die Schüler starten ihre Raketen und untersuchen dabei, welche Variablen für Flugstrecke und Flugbahn relevant sind. Dadurch erarbeiten sie sich ein grundlegendes Verständnis der Merkmale und Funktionsweise von Raketen.

Die Schüler lernen Folgendes

- Was eine Rakete ist und warum sie nach oben steigt
- Was eine Rakete stabilisiert und welche Bedeutung Finnen und Nase zukommt
- Dass die Flugstrecke einer Rakete von der anfänglichen Startenergie und dem anfänglichen Startwinkel abhängt
- Dass Energie nötig ist, damit sich Gegenstände bewegen

Die Schüler können Folgendes verbessern

- Ihre Fähigkeit, Ideen zu entwickeln und zu testen
- Ihre Fähigkeiten im Messen, Interpretieren von Ergebnissen und Ziehen der richtigen Schlüsse
- Ihre Fähigkeit, Variablen zu erkennen und nach Bedarf zu kontrollieren
- Ihre Fähigkeiten in der Projektentwicklung



→ HINTERGRUND

Warum brauchen wir Raketen?

Hinweis: Diese Informationen sind auch in den Übungsmaterialien der Schüler enthalten.

Auf der Erde gibt es eine Kraft, die uns kontinuierlich nach unten zieht. Wir sind so an diese Kraft gewöhnt, dass wir sie gar nicht mehr wahrnehmen. Aber wenn wir hochspringen, fallen wir wegen dieser Kraft immer wieder zurück auf den Boden. Diese Kraft heißt **Schwerkraft*** oder Gravitation.

Wollte ein Astronaut die irdische Schwerkraft überwinden, müsste er extrem schnell extrem hoch springen. Andernfalls würde er wieder auf die Erde zurückfallen (wie in Abbildung 1, Sprung 1 und 2).

Könnte der Astronaut jedoch mit der nötigen Geschwindigkeit in der richtigen Richtung abspringen, dann könnte er der starken Schwerkraft der Erde entkommen. Bei dieser Absprunggeschwindigkeit und Absprungrichtung würde er nicht mehr einfach auf die Erde zurückfallen, sondern zwar auf sie zu, aber an ihr vorbeifallen. Infolgedessen würde er gewissermaßen um die Erde herumfallen. Das heißt, er befände sich auf einer **Erdumlaufbahn*** (Abbildung 1, Sprung 3). Die Astronauten in der Internationalen Raumstation sowie die Erdbeobachtungssatelliten befinden sich auf solchen Erdumlaufbahnen.



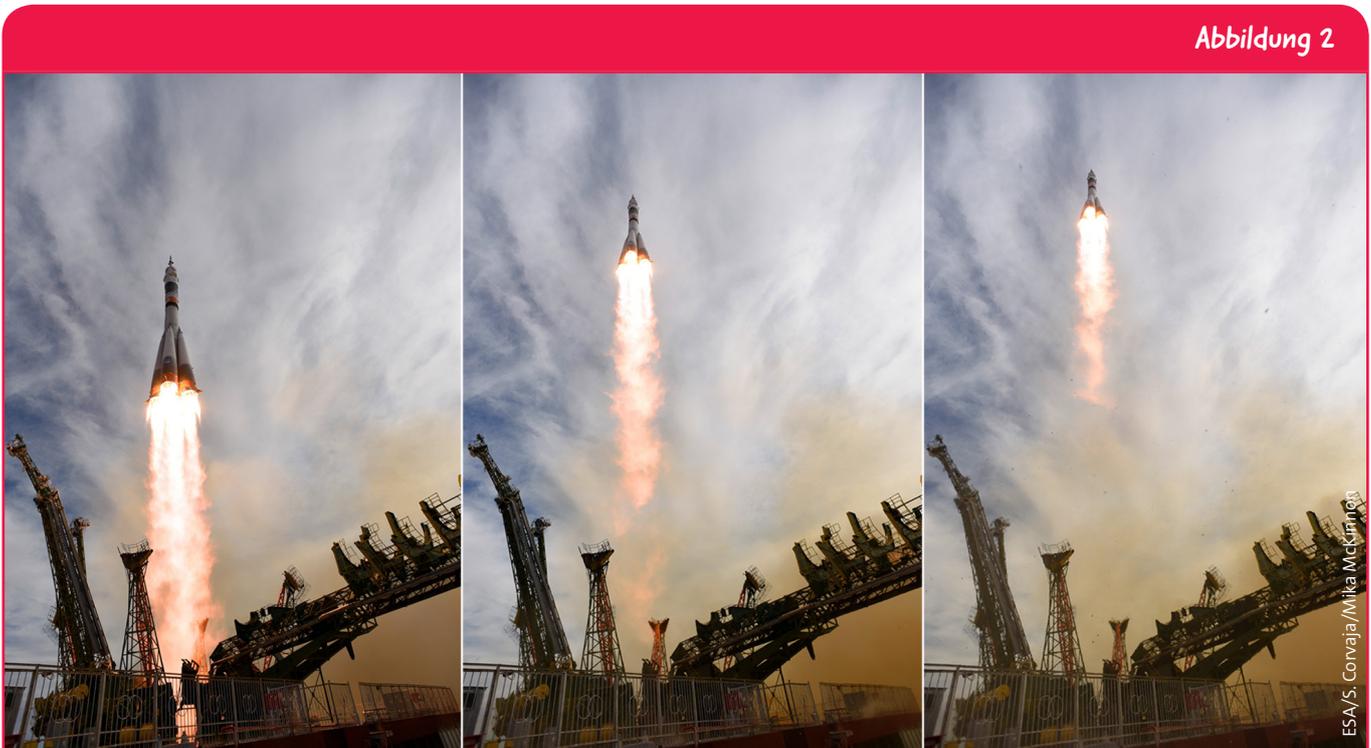
↑ Die Schwerkraft zieht uns kontinuierlich nach unten. Um ihr zu entkommen, müssten Astronauten mit sehr hoher Geschwindigkeit in eine bestimmte Richtung hochspringen.

Kein Astronaut kann schnell genug von der Erde abspringen, um ihrer Schwerkraft zu entkommen! Aus diesem Grund haben Wissenschaftler Raketen erfunden.

Warum fliegen Raketen nach oben?

Hinweis: Diese Informationen sind auch in den Übungsmaterialien der Schüler enthalten.

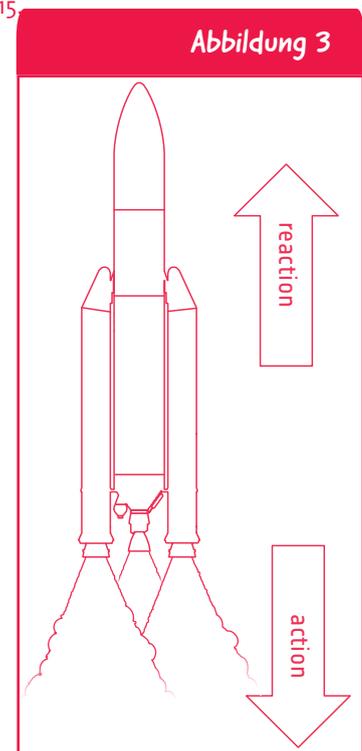
Zum Starten einer Rakete müssen Tausende Kilogramm Treibstoff kontinuierlich innerhalb von nur wenigen Minuten verbrannt werden. Der brennende Treibstoff erzeugt heiße Gase, die unter hohem Druck am Heck der Rakete austreten und der Rakete damit die nötige Beschleunigung und Geschwindigkeit für den Start



↑ Raketenstart. Das Bild zeigt den Start einer Sojus-Rakete in Französisch-Guayana im Jahr 2015.

Durch die unter hohem Druck austretenden heißen Gase entsteht eine **Gegenkraft***, die die Rakete nach oben treibt – in die Gegenrichtung des Gasaustritts. Diese Gegenkraft heißt **Schub***.

Das **dritte newtonsche Gesetz*** erklärt, wie Raketen Schub erzeugen – übt ein Gegenstand auf einen zweiten Gegenstand eine Kraft aus, so wirkt gleichzeitig eine gleich große, aber entgegengerichtete Kraft (Gegenkraft) vom zweiten Gegenstand auf den ersten. Anders ausgedrückt: Zu jeder Kraft gibt es eine gleich große, aber entgegengerichtete Gegenkraft (Abbildung 3). Genau das kann man beobachten, wenn Luft aus einem Ballon entweicht. Die Luft entweicht in die eine Richtung und der Ballon fliegt in die entgegengesetzte Richtung. Bei einer Rakete werden die Verbrennungsgase durch die Triebwerksdüse am Heck gedrückt und erzeugen eine Kraft, die ihrerseits eine Gegenkraft erzeugt, von der die Rakete in Richtung Himmel und Weltall getrieben wird.



↑ Das dritte newtonsche Gesetz, auch Gegenwirkungsprinzip, Wechselwirkungsprinzip oder Reaktionsprinzip genannt, erklärt, warum eine Rakete nach oben getrieben wird.
European Space Agency

→ DIE ÜBUNGEN IM ÜBERBLICK

Die vier vorgestellten Übungen wurden im Sinne des forschenden Lernens, eines pädagogischen Prinzips für den naturwissenschaftlichen Unterricht, konzipiert. Die Schüler planen einfache Experimente und führen sie durch. Sie zeichnen ihre Vorhersagen und Beobachtungen auf und analysieren die Ergebnisse. Am Ende konzipieren sie ein eigenes Forschungsprojekt.

Die Übungen können im Klassenzimmer durchgeführt werden, aber mehr Platz wie beispielsweise in der Aula, in der Turnhalle oder im Freien wäre besser. Legen Sie einen Bereich als „Startzone“ fest, von wo aus die Schüler ihre Raketen starten.

Fordern Sie die Schüler auf, sich für den Bau und Start ihrer Raketen zu Zweier- bis Vierergruppen zusammenzutun. Verteilen Sie die Übungsblätter zum Notieren der Beobachtungen und Schlussfolgerungen in den einzelnen Experimenten jedoch an alle Schüler.

In **Übung 1** erfahren die Schüler, was Raketen sind und wofür sie genutzt werden. Die Schüler untersuchen dazu einen bestimmten ESA-Raketentyp. Übung 1 dauert etwa 25 Minuten.

In **Übung 2** bauen die Schüler nach Anleitung einfache Papierraketen. Sie testen Raketen mit und ohne Nase, um herauszufinden, warum Raketen an einem Ende eine geschlossene Nase haben. In diesem Zusammenhang kann das dritte newtonsche Bewegungsgesetz vorgestellt werden. Übung 2 dauert etwa 30 Minuten.

In **Übung 3** wird ein Startsystem für eine größere Papierrakete gebaut. Dieses besteht aus einer Wasserflasche und einem Abschusswinkel aus dem 3D-Drucker. Wenn Sie einen solchen Winkel nicht bereits auf dem ESA-Workshop für Lehrkräfte erhalten haben, können Sie die .stl-Datei von der in diesem Dokument genannten Webseite herunterladen und den Abschusswinkel selbst auf einem 3D-Drucker in einem Makerspace (öffentliche Kreativwerkstatt) ausdrucken oder bei einem Webservice für 3D-Drucke herstellen lassen. Übung 3 dauert etwa 1 Stunde.

In **Übung 4** arbeiten die Schüler eigene Experimente zur Untersuchung von Raketentreibstoff aus. Die Rakete bezieht ihre Energie aus der Wirkung einer in Wasser gelösten Alka-Seltzer-Brausetablette. Übung 4 dauert etwa 40 Minuten.

Sicherheitshinweise

Die vorgestellten Übungen müssen unter Aufsicht eines Erwachsenen durchgeführt werden. Die Schüler müssen darauf hingewiesen werden:

- Schutzbrillen zu tragen, damit es beim Start nicht zu Augenverletzungen kommt.
- Die Raketen in einem offenen Bereich zu starten, der im Vorfeld klar festgelegt werden muss
- Raketen nicht in Richtung anderer Personen zu starten.
- Hinter dem Startpunkt stehen zu bleiben.
- Sich nicht über Raketen zu beugen, die nicht starten. Denn eine Rakete kann jederzeit ganz plötzlich starten.

→ ÜBUNG 1: AUF IN DEN ORBIT!

In dieser Übung untersuchen die Schüler Raketen, analysieren ihre Hauptmerkmale und finden heraus, warum Raketen unterschiedlich groß sind. Die Schüler entwickeln ein Verständnis dafür, was Raketen sind und wofür sie genutzt werden.

ERKZEUG UND MATERIAL

- 1 Schere
- Klebstoff
- Papieretiketten (zum Drucken der Raketenaufkleber in Anhang 1 – fakultativ)

Hinweis: Zum Beantworten von Frage 3 dieser Übung benötigen die Schüler Internet-Zugriff.

Übung

1. Anhang 1 enthält drei verschiedene Aufkleberstreifen. Teilen Sie die Klasse in drei 3 Gruppen ein. Sämtliche Schüler in Gruppe 1 erhalten ein Exemplar des ersten Aufkleberstreifens, sämtliche Schüler in Gruppe 2 eins des zweiten Aufkleberstreifens und sämtliche Schüler in Gruppe 3 eins des dritten Aufkleberstreifens. Fordern Sie die Schüler auf, Frage 1 aus dem Schülerübungsblatt zu beantworten.
2. Fordern Sie die Schüler auf, die Raketen zu vergleichen, die Unterschiede herauszuarbeiten und dann Frage 2 zu beantworten. Erläutern Sie als Hilfestellung, dass Raketen im oberen Teil ihres Rumpfes **Nutzlasten*** transportieren. Einige Raketen bringen Satelliten in den Orbit (Erdumlaufbahn). Mit anderen Raketen wurden Menschen auf die Reise zum Mond gebracht, wieder andere dienen zum Transport von Raumsonden ins All. Im Wesentlichen hängt die Gesamtgröße einer Rakete von zwei Faktoren ab: Größe der Nutzlast und anzusteuerndes Ziel. Je weiter die Reise ins All führen soll, desto mehr Treibstoff und entsprechend mehr Tanks sind erforderlich.
3. Unterteilen Sie die einzelnen Schülergruppen in je drei kleinere Gruppen. Lassen Sie jede dieser Kleingruppen über eine der drei Raketen auf ihrem Aufkleberstreifen recherchieren. Geben Sie vor, welche Kleingruppe über welche Rakete recherchiert. Erklären Sie den Schülern, wie sie dabei vorgehen sollen. Die Schüler können im Internet nach den relevanten Informationen suchen, um Frage 3 aus dem Übungsblatt zu beantworten. Bitten Sie einen Vertreter jeder Gruppe, die Hauptmerkmale „ihrer“ Rakete vorzustellen.



→ ÜBUNG 2: LUFT FÜR DIE RAKETE (I)

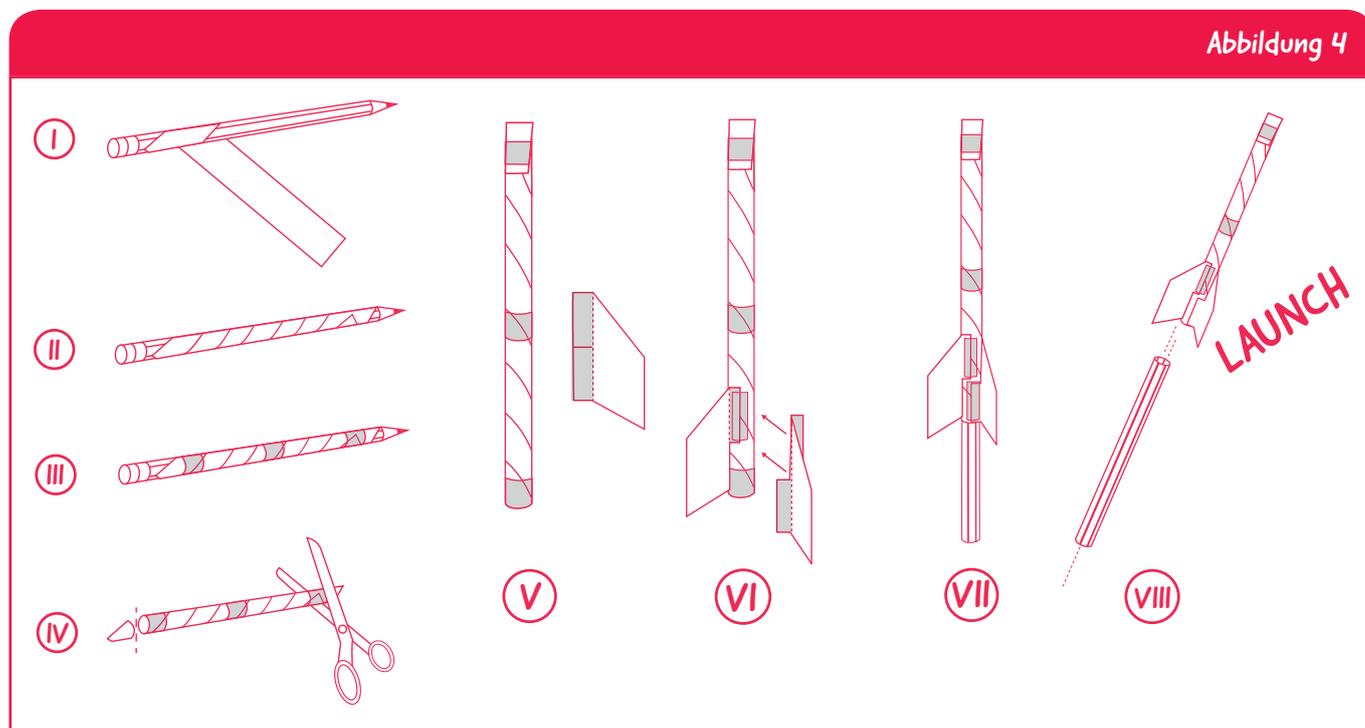
In dieser Übung beginnen die Schüler, mit Papierraketen zu experimentieren. Sie bauen eine Papierrakete und beobachten ihr Verhalten in der Luft in zwei verschiedenen Entwicklungsstadien. Erst wird die Rakete mit offenem Ende gestartet. Dann wird sie mit gefaltetem Ende, also einer Nase, gestartet. Die Schüler starten die Raketen mithilfe eines Strohhalmes. Letztendlich sollen sie erkennen, dass sich eine Rakete nach dem dritten newtonschen Bewegungsgesetz verhält.

WERKZEUG UND MATERIAL

- 1 DIN-A4-Papierblatt
- 1 Strohhalm (mit großem Durchmesser, wenn möglich)
- 1 Bleistift (mit dem gleichen Durchmesser wie der Strohhalm oder etwas größer)
- 1 Schere
- Klebeband
- Schablone für die Finnen (Anhang 2)

Übung

1. Verteilen Sie das Werkzeug und Material für den Bau und den Start einer Rakete an die Schülergruppen. Zunächst sollen die Schüler beim Bau des Raketenrumpfes AUSSCHLIESSLICH nach den Diagrammen I bis IV in der Abbildung unten (Abbildung 4) vorgehen. Diese sind auch auf dem Schülerübungsblatt abgedruckt.



↑ Bau einer Papierrakete, die mit einem Strohhalm gestartet werden kann.



2. Bevor die Schüler ihre Raketen starten, bitten Sie sie, in Gruppen zu diskutieren, wie sich ihre Rakete in der Luft verhalten wird. Welche Flugbahn wird die Rakete voraussichtlich zurücklegen? Wird sie weit fliegen? Fordern Sie die Schüler auf, ihre Vorhersagen in Tabelle A2 des Übungsblatts einzutragen.
3. Bitten Sie dann einen Schüler aus jeder Gruppe, seine Rakete von der „Startzone“ aus zu starten. Alle Schüler sollen beim Start dabei sein und diesen beobachten. Fordern Sie die Schüler auf, ihre Beobachtungen in Tabelle A2 einzutragen.
4. Nun dürfen die Schüler ihre Rakete verbessern. Zu diesem Zweck statten sie die Rakete mit Finnen und einer spitz zulaufenden Nase aus. Dabei sollen die Schüler nach den Diagrammen V bis VII in Abbildung 4 vorgehen. Bitte beachten Sie, dass in dieser Übung ausschließlich die Nase relevant ist. Die Finnen sind lediglich eine Zugabe, die Spaß machen soll.
5. Lassen Sie die Schüler ihre Vorhersagen und Beobachtungen für den zweiten Start in Tabelle A2 eintragen.
6. Fordern Sie die Schüler auf, Frage 2 und 3 aus dem Schülerübungsblatt zu beantworten. Lassen Sie die Antworten von der Klasse diskutieren. Regen Sie über Frage 3 hinaus die Diskussion an, indem Sie die Schüler fragen, ob sie schon einmal Bilder oder Filme eines echten Raketenstarts gesehen haben. Bitten Sie sie, den Moment des Starts zu beschreiben (sie sollten dabei das Geräusch und das Leuchten des brennenden Treibstoffs sowie der Verbrennungsgase erkennen, die aus dem Heck der Rakete austreten).

Antworten auf die Diskussionsfragen 2 und 3

2. Vergleicht eure Beobachtungen bei Start 1 und Start 2. Beschreibt und erklärt die Unterschiede zwischen den beiden Starts.

Die Rakete ohne gefaltetes Ende fliegt überhaupt nicht. Die Rakete mit einer Nase nimmt eine parabolische Flugbahn. Bläst man beim Start in den Strohhalm, entsteht hinter der Rakete ein höherer Druck. Dies geschieht jedoch nur bei einer Rakete mit Nase. Das gefaltete Ende bewirkt, dass die Luft nicht sofort wieder aus der Papierrakete entweichen kann, sondern dass sich in der Rakete Druck aufbaut. Dieser erzeugt eine Kraft. In echten Raketen erzeugen die heißen Gase, die unter Druck am Heck der Rakete austreten, ebenfalls eine Kraft. Die Rakete hebt ab, weil gemäß dem dritten newtonschen Gesetz gleichzeitig eine gleich große, aber entgegengerichtete **Gegenkraft** auftritt.

3. Erläutert auf der Grundlage eurer Beobachtungen, was eurer Meinung nach notwendig ist, um eine Rakete ins All zu befördern. Worin unterscheidet sich der Start einer echten Rakete vom Start einer Papierrakete?

Um eine Rakete ins All zu befördern, ist Energie erforderlich. Echte Raketen beziehen ihre Energie aus dem brennenden Treibstoff. Es bilden sich heiße Gase, die nach unten entweichen und die Rakete nach oben treiben. Papierraketen beziehen ihre Energie aus der Bewegung der Luft.



→ ÜBUNG 3: LUFT FÜR DIE RAKETE (II)

In dieser Übung bauen die Schüler eine Papierrakete und starten sie mithilfe einer Wasserflasche aus Plastik. Sie untersuchen, wie sich eine Veränderung des Startwinkels auf die Flugbahn der Rakete auswirkt, und beantworten die Schlüsselfrage: Bei welchem Startwinkel fliegt die Rakete am weitesten (in horizontaler Richtung)? Als Anschlussübung können die Schüler untersuchen, wie sich der Startdruck auf die Flugbahn einer Rakete auswirkt. Dadurch lernen die Schüler, wie sich unterschiedliche Variablen auf das Flugverhalten einer Rakete auswirken.

WERKZEUG UND MATERIAL

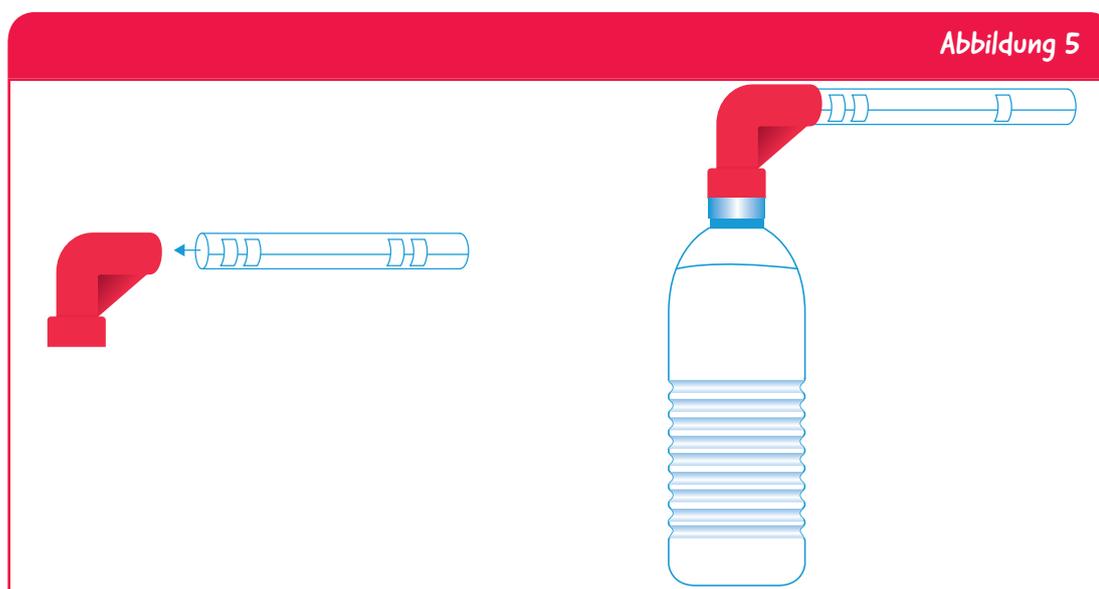
Pro Gruppe:

- 2 DIN-A4-Papierblätter
- Schablone für Nase und Finnen (Anhang 3)
- 1 500-ml-Plastikwasserflasche (muss auf den Abschusswinkel aus dem 3D-Drucker passen)
- 1 Abschusswinkel aus dem 3D-Drucker
- 1 Winkelmesser
- 1 Schere
- Klebeband
- Langes Maßband

Übung

1. Statten Sie die einzelnen Gruppen mit dem aufgelisteten Werkzeug und Material aus. Als Erstes bauen die Schüler ein Startsystem für ihre Rakete (Abbildung 5 und A5), dann eine Papierrakete. Achten Sie darauf, dass die Startsysteme sehr fest verklebt sind. Das Schülerübungsblatt enthält ein detailliertes Diagramm dazu.

Die Schüler können Finnen und Nase anhand der Schablone aus Anhang 3 ausschneiden.



↑ Startsystem für die Rakete

2. Erklären Sie den Schülergruppen vor dem Start der Raketen, dass sie untersuchen sollen, wie sich Veränderungen des Startwinkels auf die horizontale Flugstrecke der Rakete auswirken. Bitten Sie sie, den Zusammenhang zwischen beiden Parametern vorherzusagen.

3. Weisen Sie den einzelnen Schülern in den Gruppen Aufgaben zu. Ein Schüler fungiert als Starter, ein zweiter prüft den Startwinkel und gibt den Startbefehl, ein dritter misst die Flugstrecke ab dem Startpunkt und bringt die Rakete für den nächsten Flug zur Startbasis zurück.

Hinweis: Um sich die Messung langer Flugstrecken zu erleichtern, können die Schüler Markierungen (beispielsweise Markierungskegel) in Abständen von jeweils 1 m bis zu einer Distanz von 20 m ab dem Startpunkt aufstellen. Dann brauchen sie nur noch die Markierungskegel zu zählen, um zu ermitteln, wie weit ihre Raketen geflogen sind.

4. Lassen Sie die Schüler ihre Raketen zweimal aus jedem Startwinkel (75° , 60° , 45° , 30°) starten und die durchschnittliche Flugstrecke berechnen. Fordern Sie die Schüler auf, den zweiten Start unter genau den gleichen Bedingungen (gleicher Startwinkel, gleicher Druck auf die Wasserflasche) durchzuführen wie den ersten.

5. Fordern Sie die Schüler auf, die Flugstrecke in Tabelle A3 einzutragen. Ältere Schüler können ein Diagramm der Flugstrecken in Abhängigkeit vom Startwinkel zeichnen (Beispiel möglicher Ergebnisse siehe Abbildung 6 auf Seite 12).

6. Fordern Sie die Schüler auf, die Diskussionsfragen 2 und 3 aus dem Schülerübungsblatt zu beantworten. Besprechen Sie die Antworten.

7. Ergänzend können Sie die Schüler fragen, wie es sich auf die Flugbahn der Rakete auswirkt, wenn sie stärker auf die Wasserflasche drücken. Fordern Sie die Schüler auf, ihre Hypothesen ins Übungsblatt einzutragen.

8. Nun sollen die Schüler ihre Hypothesen überprüfen. Fragen Sie sie, wie sie für „faire“ Testbedingungen sorgen wollen. Betonen Sie, wie wichtig es ist, bei dem Test immer nur einen Aspekt (eine Variable) zu verändern. Bei dieser Übung ist der Druck auf die Flasche (Startdruck) die veränderliche Variable.

9. Lassen Sie die Schüler ihre Ergebnisse mit den Ergebnissen der vorhergehenden Übung vergleichen. Lassen Sie sie dafür einen bestimmten Startwinkel aus Tabelle A3 auswählen.

10. Fordern Sie die Schüler auf, Frage 2 und 3 zur Anschlussübung zu beantworten. Besprechen Sie die Antworten.



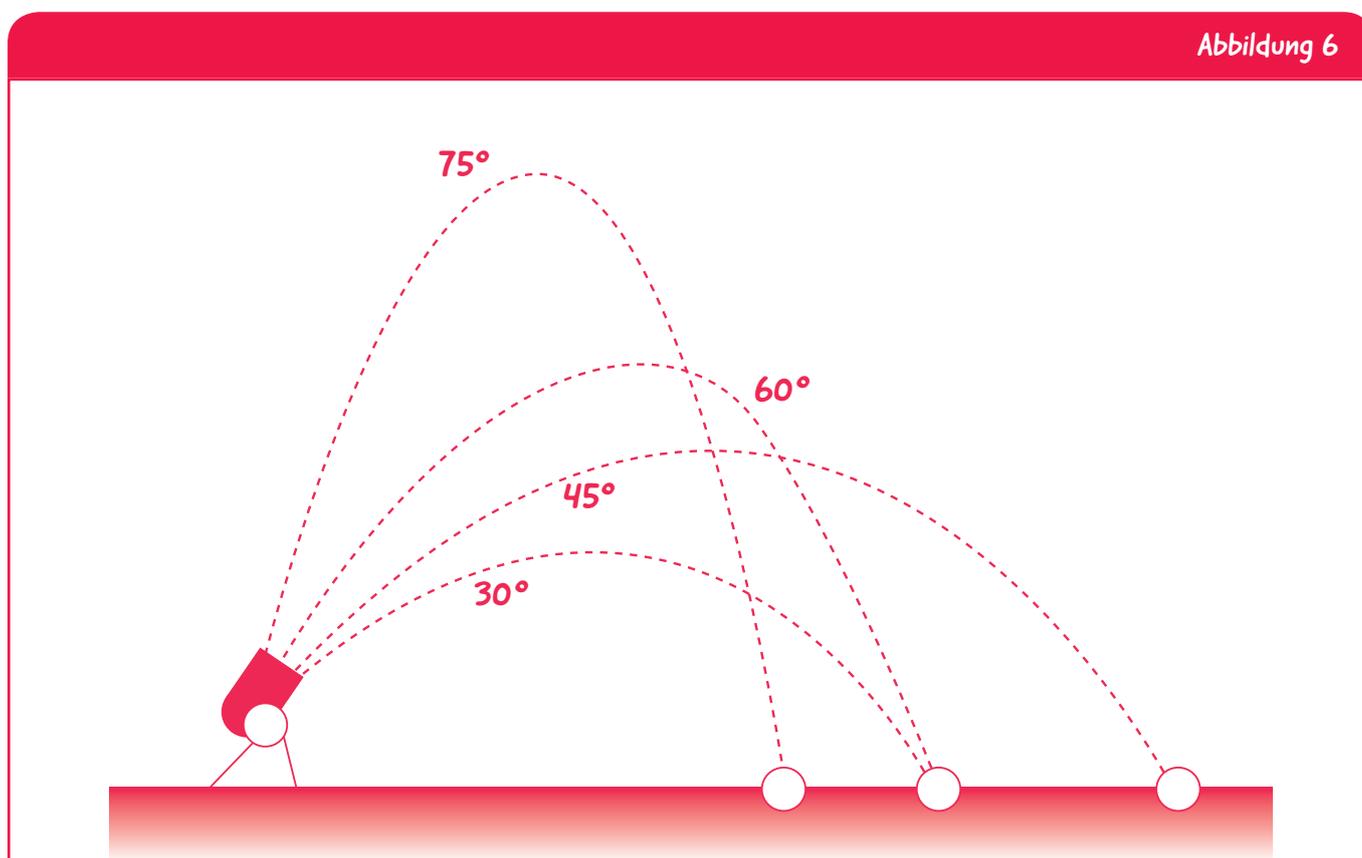
Antworten auf die Diskussionsfragen

2. Erläutert anhand eurer Ergebnisse, wie sich der Startwinkel der Rakete auf ihre Flugbahn auswirkt.

Die Schüler werden beobachten, dass die Rakete bei einem Startwinkel von 45° am weitesten fliegt. Darüber hinaus sollte ihnen auffallen, dass die Rakete bei einem Startwinkel von 30° und 60° gleich weit fliegt (Abbildung A7).

Bei einem Startwinkel von 90° fliegt die Rakete vertikal nach oben (unter Vernachlässigung eventueller Luftströmungen) und fällt wieder auf die Startbasis zurück, sobald die Aufwärtsbewegung stoppt. Aufgrund der Schwerkraft wird die Papierrakete auf dem Weg nach oben immer langsamer und dann beim Rücksturz auf den Boden immer schneller.

Bei einem Startwinkel von unter 90° beschreibt die Rakete einen Bogen in Abhängigkeit vom Startwinkel und landet in einer gewissen Entfernung von der Startbasis. Welche Flugstrecke sie ab der Startbasis zurücklegt, hängt von Startwinkel und Startgeschwindigkeit ab. In dieser Übung bestimmt der Druck auf die Flasche die Startgeschwindigkeit.



↑ Zusammenhang zwischen Startwinkel und Flugstrecke bei Raketen mit gleicher Startgeschwindigkeit. Adaptiert vom ESA-Video: „ATV Jules Verne – The science of leaving the Earth“.

3. Nennt zwei mögliche Unsicherheitsfaktoren bei dieser Startmethode für Raketen.

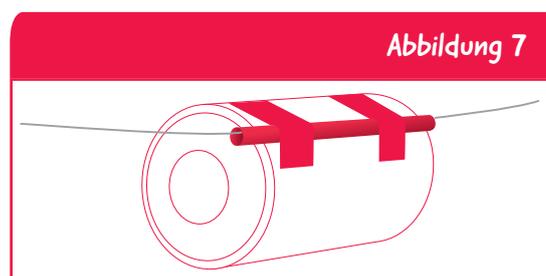
Die Schüler erkennen in der Regel kleine Unterschiede in den Ergebnissen, selbst wenn sie sich alle Mühe geben, identische Bedingungen zu schaffen. Dies liegt unter anderem daran, dass der auf die Flasche ausgeübte Startdruck nicht gemessen wird und schwer zu kontrollieren ist. Darüber hinaus kann sich der Startwinkel beim festen Drücken auf die Flasche zum Starten der Rakete leicht verändern. Um möglichst genaue Ergebnisse zu erzielen, ist es wichtig, die Versuche zu wiederholen und Durchschnittswerte zu ermitteln.

→ ÜBUNG 4: TREIBSTOFF FÜR DIE RAKETE

In dieser Übung bauen die Schüler eine Rakete aus einer Filmdose und Alka-Seltzer-Brausetabletten und untersuchen damit den Zusammenhang zwischen der Treibstoffmenge in einer Rakete und ihrer Flugstrecke. Dabei sollen die Schüler den Versuchsaufbau selbst entwickeln. Auf diese Weise vertiefen sie ihr Verständnis für die Funktionsweise von Raketen.

WERKZEUG UND MATERIAL

- 1 35-mm-Filmdose, weiß (weiße Filmdosen funktionieren besser als schwarze)
- Brausetabletten (z. B. Alka-Seltzer®)
- Wasser
- Langes Maßband
- Klebeband
- 1 Schere
- 2 Stühle
- 5 m Angelschnur
- 1 Strohhalm
- 1 Plastikbecher



↑ Versuchsaufbau

Übung

1. Teilen Sie jeder Gruppe einen Arbeitsbereich zu und statten Sie die Gruppen mit dem nötigen Werkzeug und Material für das Experiment aus. Achten Sie auf ausreichend Platz zwischen den Arbeitsbereichen, damit die Gruppen Bewegungsfreiheit haben. Verteilen Sie nur eine Brausetablette pro Schülergruppe (selbst mit nur einer viertel Tablette lassen sich bereits gute Ergebnisse erzielen!).
2. Machen Sie den Schülern bewusst, dass für einen sinnvollen Versuchsaufbau immer nur eine Variable auf einmal getestet werden darf.
3. Es ist möglich, dass Sie den Schülergruppen erst einmal zeigen müssen, was geschieht, wenn man Brausetabletten in Wasser löst. Fordern Sie die Schüler auf, dies im Plastikbecher auszuprobieren und ihre Beobachtungen zu diskutieren. Je nach Alter der Schüler ist es unter Umständen sinnvoll, ihnen Abbildung 7 zu zeigen, um ihnen einen Tipp für den Versuchsaufbau zu geben.
4. Wenn jede Schülergruppe einen erfolgreichen Start geschafft hat, bitten Sie einen Vertreter jeder Gruppe, das Experiment zu erläutern und die Ergebnisse vorzustellen.

→ ANHANG I: RAKETEN DER ESA



Vega



Soyuz



Ariane 5 ECA



Ariane 1



Ariane 3



Ariane 62



Ariane 2

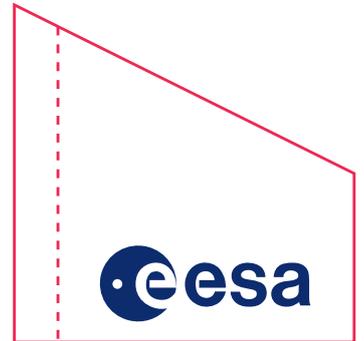
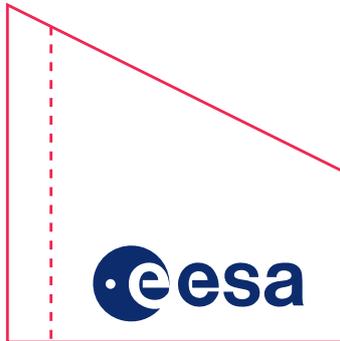
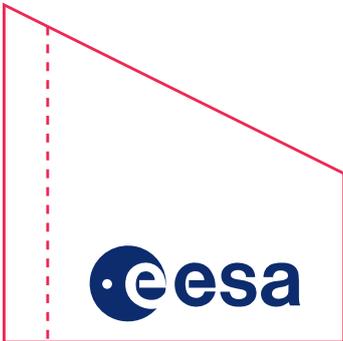


Ariane 4

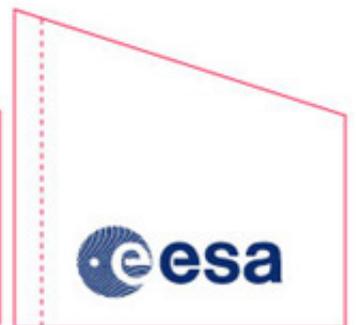
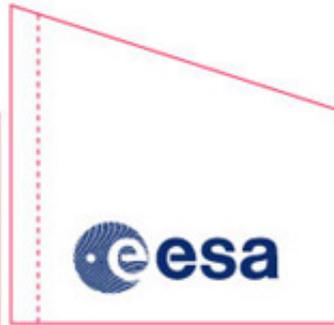
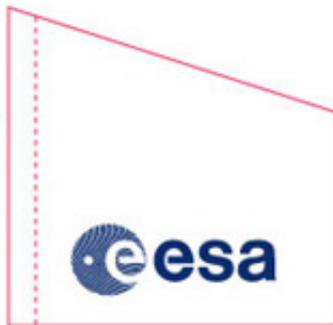
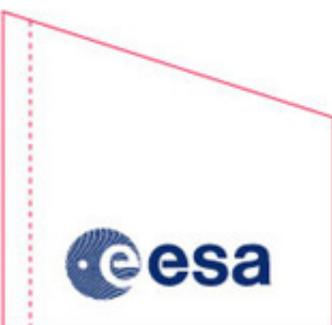
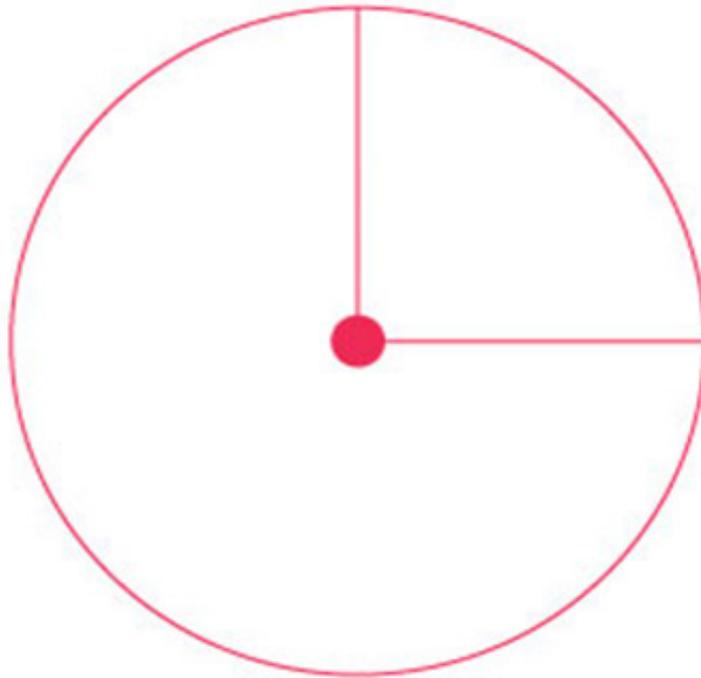


Ariane 64

→ ANHANG 2: FINNEN FÜR ÜBUNG 2



→ ANHANG 3: FINNEN UND NASE FÜR ÜBUNG 3



→ GLOSSAR

Schwerkraft: Anziehungskraft zwischen zwei Gegenständen, beispielsweise zwischen der Erde und uns. Auch „Gravitation“ genannt.

Orbit: Bewegung eines Gegenstands auf einer kreisförmigen oder elliptischen Bahn um einen anderen Gegenstand. Auch „Umlaufbahn“ genannt.

Nutzlast: Last, die von einem Transportmittel an einen Zielort befördert wird. Im Fall von Raketen handelt es sich bei Nutzlasten oftmals um Satelliten oder um Menschen.

Gegenkraft: Kräfte treten immer paarweise auf. Die Gegenkraft wirkt in entgegengesetzter Richtung wie die ursprüngliche Kraft.

Schub: Antriebskraft eines Flugzeug- oder Raketentriebwerks.

Flugbahn: Weg, auf dem sich ein Gegenstand bewegt, wenn eine bestimmte Kraft auf ihn ausgeübt wird.

→ LINKS

ESA-Ressourcen

ESA-Ressourcen für den Unterricht:

www.esa.int/Education/Classroom_resources

ESA Kids-Startseite:

www.esa.int/esaKIDSen

Paxi Fun Book:

<http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/PaxiFunBook>

Weitere Informationen über Raketen

Übung 1: Trägerraketen der ESA:

www.esa.int/Our_Activities/Launchers/Launch_vehicles/Europe_s_launchers

Activity 1: ESA kids – European Rockets:

www.esa.int/esaKIDSen/SEMYWIXJD1E_Liftoff_o.html

Übung 2: Die drei newtonschen Bewegungsgesetze:

www.esa.int/Education/Mission_1_Newton_in_Space

Übung 2: ExoMars-Start 2016:

<https://youtu.be/wbSyvBICfGc>

Übung 3: ATV Jules Verne – The science of leaving the Earth:

www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/ATV_Jules_Verne_-_The_science_of_leaving_the_Earth

Übung 4: Funktionsweise einer Rakete:

www.esa.int/esaKIDSen/SEMVVIXJD1E_Technology_o.html

3D-Druckdateien für den Abschusswinkel:

<http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/1PBL.zip>

teach with space – hoch hinaus ins all | PR23a
www.esa.int/education

Activity concept developed by ESERO Portugal and ESERO NETHERLANDS

The ESA Education Office welcomes feedback and comments
teachers@esa.int

An ESA Education production
Copyright © European Space Agency 2017