

## Das Raketen-Experiment:

### Mit vollem Schub ins Weltall – Raketen selbst gebaut



Abb. 1: In den Nachrichten sind Starts von Raketen für die Zuschauerinnen und Zuschauer schon etwas fast Selbstverständliches. Auch ist uns allen klar, dass ohne Raketen, die Satelliten ins All transportieren, keine Wetterbeobachtung, kein Satellitenfernsehen, keine weltumspannende Telekommunikation und kein GPS möglich wären. Doch warum heben Raketen überhaupt vom Erdboden ab und wie können sie sich im Vakuum des Weltalls bewegen? Mit einer einfachen, selbst gebauten Wasserrakete könnt ihr dem Antrieb von Raketen auf die Spur kommen. Bild: ESA, CNES, Arianespace

## Einleitung

Schülerinnen und Schüler, die das DLR\_School\_Lab in Lampoldshausen besuchen, sind überrascht, welches umtriebige Leben mitten im Wald hinter der Pforte des DLR-Standorts herrscht. 80 km nördlich von Stuttgart werden hier die großen und kleinen europäischen Raumfahrtmotoren – von den Antrieben zur Lageregelung der Satelliten bis hin zum Vulcain-Triebwerk, mit 4 Millionen PS dem leistungsstärksten Raketenmotor Europas – getestet.

Aber nicht nur die High-Tech-Atmosphäre des Standorts, auch die authentische Umgebung des DLR\_School\_Lab begeistert die Schülerinnen und Schüler: Hier kann selbst experimentiert werden – und wenn man Glück hat, erlebt man sogar den eindrucksvollen Testlauf eines Raketenmotors live mit.

Um zu verstehen, was die Raketen nach oben treibt, sind aber nicht unbedingt laute und gefährliche Verbrennungsmotoren notwendig. Mit normalen PET-Flaschen, Klebeband, Schere und anderen Haushaltsgegenständen sowie etwas Bastelgeschick lassen sich die grundlegenden Prinzipien des Raketenflugs einfach aber eindrucksvoll auch in der Schule erforschen.

### **Bezug zur Forschung**

Für die Sicherstellung eines wettbewerbsfähigen und unabhängigen europäischen Zugangs zum Weltraum wurde der DLR-Standort Lampoldshausen im Rahmen des europäischen ARIANE- Programms damit beauftragt, Raumfahrtantriebe zu testen und weiterzuentwickeln. Das Ziel ist die uneingeschränkte Nutzung von Satellitendaten für Telekommunikation, Navigation, Wettervorhersagen und auch Katastrophenprävention bzw. -management.

Im Institut für Raumfahrtantriebe geht es allgemein um zwei Dinge: erstens um die Forschung und zweitens um den Versuchsbetrieb von Raketenprüfständen. Die laufenden Forschungsarbeiten beinhalten als Schwerpunkte grundlegende Untersuchungen für künftige Raumtransportsysteme – und zwar zu den Verbrennungsvorgängen in Triebwerken von Flüssigkeitsraketen wie auch in sogenannten „luftatmenden“ Antrieben. Der Einsatz von faserkeramischen Werkstoffen für Raketenbrennkammern sowie die Entwicklung und Anwendung laseroptischer Messverfahren für Hochtemperaturgasströmungen sind weitere Arbeitsgebiete. Eine zentrale Aufgabe besteht in Planung, Errichtung und Betrieb von Prüfständen für Raumfahrtantriebe im Auftrag der Europäischen Weltraum-Organisation ESA und in Zusammenarbeit mit der europäischen Raumfahrtindustrie. Auf dem Gebiet der Entwicklung und des Betriebs von Höhensimulationsanlagen für Oberstufentriebwerke – hier geht es also um die Funktionsweise von Triebwerken jenseits der Atmosphäre – hat das DLR eine einmalige Kompetenz in Europa erworben.

### **Das Experiment**

Ihr baut eine funktionsfähige Wasserrakete, mit der ihr dem Geheimnis des Raketenantriebs auf den Grund gehen könnt. Mit zusätzlichen Versuchen könnt ihr die Rakete optimieren und für euren persönlichen „Wasserraketen-Höhenrekord“ verbessern. Mit einer Videoanalyse des Raketenflugs seht ihr, wie lange und wie schnell die Rakete beschleunigt. Einfache Geometrie aus dem Schulunterricht hilft, senkrechte Höhen des Raketenflugs bis zu hundert Metern zu bestimmen. Und vielleicht startet ihr ja sogar einen Wasserraketen-Wettbewerb und findet heraus, wer die Physik des Raketenflugs am besten für eine große Flughöhe umgesetzt hat.

## Materialien und Hilfsmittel



### Für die Rakete:

- 2 PET-Mehrweg-Flaschen 1,5 Liter
- 1 Bogen Fotokarton oder Bastelpappe
- 1 Trinkhalm
- 1 Rolle Isolierband
- 1 Rolle Gewebepapier

### Für das Fallschirmsystem (optional):

- 1 Müllsack
- ca. 5m Nylonschnur
- Verstärkungsringe
- Aufziehspielzeug
- Blumendraht
- Tennisball
- Elastikkordel
- 2 Kabelbinder (möglichst klein)
- 1 Kabelbinder (mittelgroß)
- 1 Einweg-Flasche

### Für die Startvorrichtung:

- 1 Sektkorken
- 1 Fahrradschlauch
- 1 glatter Metall- oder Holzstab (im Durchmesser dünner als der Trinkhalm)
- 1 Wäscheklammer

### Werkzeuge:

- Schere
- Stifte (Kuli + wasserlöslicher Folienstift)
- Lineal
- Akkuschrauber + Bohrer (1mm kleiner als Ventildurchmesser des Schlauches, sowie ein sehr kleiner Bohrer)
- Teppichmesser
- Luftpumpe mit Manometer
- Bastelunterlage
- Zangen

## 1. Bau der Rakete

### Schritt 1.1

Den Trinkhalm unter dem Knickbereich kürzen, damit er ohne überzustehen am zylindrischen Teil einer Flasche mit Isolierband festgeklebt werden kann. Darauf achten, dass der Halm parallel zur Flaschenachse ist. Mit dem Stab – er fungiert später als „Startrampe“ – kontrollieren, ob sich die Rakete darauf leicht verschieben lässt.



### Schritt 1.2

Aus der 2. Flasche ein langes, zylindrisches Stück ausschneiden. Daran werden später die Finnen befestigt. Der obere Teil der Flasche kann als Spitze eingesetzt werden, während der Boden später als Basis für das Fallschirmsystem benutzt wird. Aus diesem Grund sollte der Boden erst 3-4 cm unter der Kante vom zylindrischen Stück getrennt werden. Für eine gerade Schnittkante ist es sinnvoll, die Bastelpappe um die die Flasche zu wickeln und mithilfe des Folienschnittstiftes die Schnittlinie vorzuzeichnen.



### Schritt 1.3

Das zylindrische Teilstück der 2. Flasche mit Gewebepapier am Raketentank befestigen.



### Schritt 1.4

Den Fotokarton auf A4-Format zuschneiden, und die Vorlage für die Finnen im Anhang darauf drucken. Die Finnen ausschneiden und entsprechend der Vorlage falten. Die offenen Kanten mit Isolierband abkleben.



### Schritt 1.5

Alle drei Finnen symmetrisch mit Gewebepband an der Flasche befestigen.



## 2. Bau der Startvorrichtung

### Schritt 2.1

In den Korken ein Loch bohren, dessen Durchmesser um mindestens 1 mm kleiner als der Durchmesser des Fahrradschlauch-Ventils ist.



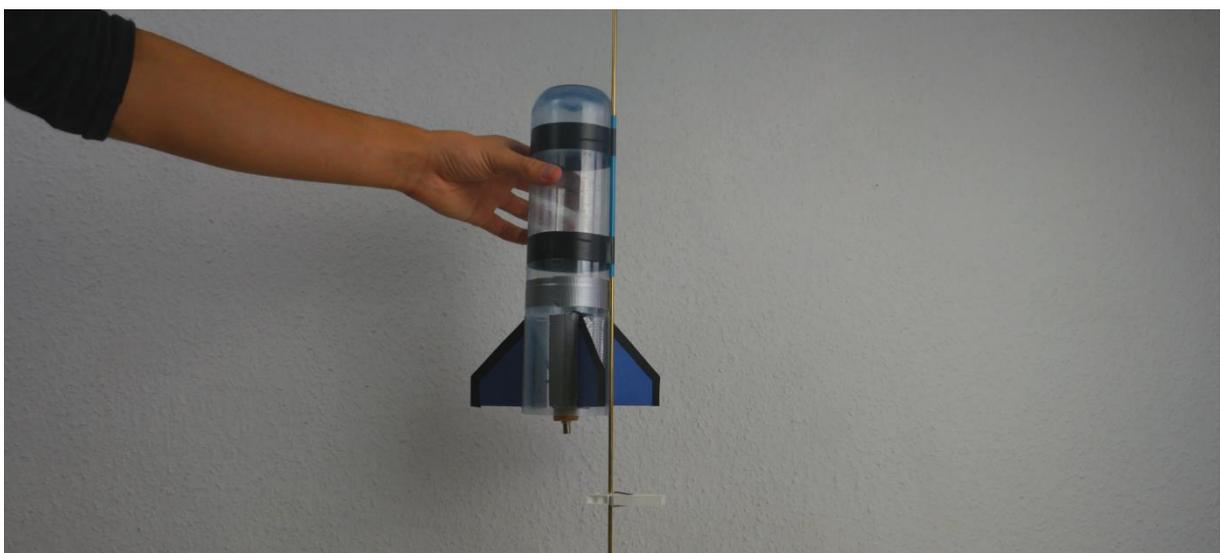
## Schritt 2.2

Mit dem Teppichmesser den Sektkorken so zuschneiden, dass er den Flaschenhals dicht abschließt. Eventuell mit Schmirgelpapier die groben Kanten glätten.



## Schritt 2.3

Das Fahrradventil aus dem Schlauch schneiden. Das Ventil durch Schraubbewegungen in das gebohrte Loch eindrehen, bis das Gummi des Fahrradschlauches die Bohrung dicht abschließt. Den Korken fest in die Rakete einpressen. Am besten den Einpresspunkt auf dem Korken mit dem Kugelschreiber markieren, um für Experimente immer denselben Startdruck zu gewährleisten. Die Rakete auf die Startvorrichtung stecken, und die Wäscheklammer als Auflagepunkt benutzen.



### 3. Bau des Fallschirmsystems / der Spitze

An dieser Stelle muss entschieden werden, ob die Wasserrakete über ein Fallschirmsystem verfügen soll. Ein Fallschirmsystem bietet sich immer dann an, wenn es darum geht, Experimente mit Nutzlast (Höhenmesser, Kamera, ...) durchzuführen, oder aber, wenn möglichst viele Flüge ohne zwischenzeitliche Reparaturen durchgeführt werden sollen. Ein Fallschirmsystem eröffnet nicht nur neue Möglichkeiten, sondern erhöht auch das Anforderungsniveau und ist ein zusätzlicher Spaßfaktor, der das Interesse an dem Experiment steigern kann.

Auf ein Fallschirmsystem kann verzichtet werden, wenn die Flüge ohne Nutzlast durchgeführt werden sollen. Allerdings gilt hier höchste Vorsicht, denn die Rakete schlägt mit hoher Geschwindigkeit auf.

**Eine Anleitung zum Bau eines äußerst einfachen Fallschirmsystems findet ihr hier:**

[Bau eines Fallschirmsystems für Wasserraketen \(PDF\)](#)



**Tipp:** Bei Projekten mit vielen Teilnehmenden müssen nicht alle Teams ein eigenes Fallschirmsystem bauen. Denn die Fallschirme können sehr einfach auf den Raketen auf- und abmontiert werden.

**Solltet ihr euch entscheiden, auf ein Fallschirmsystem zu verzichten, sollte eine Spitze aus einem Tennisball gebastelt werden:**

Dazu den Tennisball mithilfe der Schere halbieren und einige Löcher hineinbohren. Die Löcher ermöglichen es der Luft beim Aufprall aus dem Tennisball zu entweichen. Den Tennisball nun mithilfe von Klebeband auf dem Flaschenboden der Rakete befestigen – schon ist die Rakete startbereit.



## 4. Start der Rakete

Die Rakete mit Wasser „betanken“ und den Korken bis zur Markierung einpressen.

Im freien Gelände die Startvorrichtung in den Boden stecken, die Rakete mit gut einem Drittel Wasser befüllen und auf die Startrampe setzen. Die Fahrradpumpe mit Manometer anschließen. Falls ein Fallschirmsystem (siehe Schritt 3) verwendet wird, die Schnur des Auslöse-Kabelbinders entweder mit dem Stab unter die Erde stecken oder einen Erdhaken verwenden.

Sobald gepumpt wird, steigt der Druck in der Rakete bis der Korken herausgepresst wird und die Rakete startet.

Für weitere Experimente können unterschiedliche Raketenspitzen hergestellt werden, um den Einfluss der Aerodynamik auf die Steighöhe der Rakete zu untersuchen.



### Hinweis

Die hier beschriebenen Mitmach-Experimente wurden sorgfältig ausgearbeitet. Sie können jedoch auch bei ordnungsgemäßer Durchführung und Handhabung mit Gefahren verbunden sein. Die hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente sind ausschließlich für den Einsatz im Schulunterricht vorgesehen. Ihre Durchführung sollte in jedem Fall durch eine Lehrkraft betreut werden. Die Richtlinien zur Sicherheit im Schulunterricht sind dabei einzuhalten.

Das DLR kann keine Garantie für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Durchführbarkeit der hier beschriebenen Experimente geben. Das DLR übernimmt keine Haftung für Schäden, die bei Durchführung der hier vorgeschlagenen Mitmach-Experimente entstehen.

### Weitere Informationen

Diese Anleitung ist durch eine Zusammenarbeit zwischen dem DLR und dem Schüler-Team „*Raketfued Rockets*“ entstanden, das sich seit 2011 mit dem Bau von komplexeren Wasserraketen auseinandersetzt. Auf der Webseite und dem YouTube-Kanal des Teams sind viele weitere Anleitungen zum Bau und Start von Wasserraketen für Fortgeschrittene zu finden:

<http://www.raketfuedrockets.com/>

<https://www.youtube.com/user/Raketfued>

### Weiterführende Links

DLR\_School\_Lab: Raketenantriebe

[http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1985/2833\\_read-4370/](http://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-1985/2833_read-4370/)

## Informationen für Lehrkräfte

### Fächer

Physik

### Alter/Schwierigkeitsgrad

Für Mittel- und Oberstufe. Etwas handwerkliches Geschick ist erforderlich. Für das Themengebiet Kinematik und Impulserhaltung sollten unmittelbar zuvor schon die Newtonschen Axiome sowie Weg-Zeit- und Geschwindigkeit-Zeit-Diagramme behandelt worden sein.

### Dauer des Experiments

#### Bau der Rakete: (ohne Fallschirmsystem):

1,5 bis 2 Stunden

#### Bau des Fallschirmsystems (siehe weitere Anleitung):

1 bis 1,5 Stunden

#### Ablauf/Durchführung/Auswertung:

mindestens 2 Stunden

Hinweis: Zweiergruppen empfohlen. Nicht jede Rakete muss ein Fallschirmsystem haben, da es ausgewechselt werden kann.

## Lernziele

### Für die Mittelstufe:

Zusammenbau einer Wasserrakete; Einführung des Impulsbegriffes, Erklärung des Rückstoß-Prinzips; Start der Rakete; Höhenmessung durch Triangulation; Optimierung Verhältnis Wasser/Druckluft durch Variation der Größen bei mehreren Starts; Videoaufzeichnung der Flugbahn; Einzelbildauswertung, Erstellen von s-t-Diagrammen mit Excel.

### Für die Oberstufe:

Ableitung Raketengleichung; Integration der Raketengleichung mittels Excel-Sheet; Parametervariation, Simulation s-t-Diagramm, v-t-, und a-t-Diagramm; Start der Rakete; Höhenbestimmung durch Triangulation; Videoaufzeichnung Flugbahn; Einzelbildauswertung, Erstellen von s-t-, v-t-, und a-t-Diagrammen mit Excel; Vergleich Simulation – Messung.

### **Vorschläge für weitere Experimente:**

- Optimierung der Flugstabilität und der Aerodynamik der Rakete
- Wettbewerb: Wer kann ein rohes Ei sicher starten und landen?
- Bau einer komplexeren Wasserrakete / Startrampe

Weitere Informationen zu den DLR\_School\_Labs finden Sie unter

[www.dlr.de/dlrschoollab](http://www.dlr.de/dlrschoollab)

### **Kontakt:**

Tobias Neff, DLR\_School\_Lab Lampoldshausen / Stuttgart Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Im Langen Grund 74239 Harthausen

Email: [schoollab-LA-ST@dlr.de](mailto:schoollab-LA-ST@dlr.de) Tel.: +49 629828 – 206 Fax: +49 629828 – 112

[www.DLR.de/next](http://www.DLR.de/next)

Das Raketen-Experiment: Mit vollem Schub ins Weltall – Raketen selbst gebaut

**Flügelvorlage:**

