

Das Wasserdampf-Triebwerk: ein Raketenantrieb zum Nachbauen



Einleitung

Wie ist es eigentlich möglich, dass Raketen mit ihrer schweren Nutzlast in den Weltraum abheben, Satelliten in einer Umlaufbahn ihre Lage verändern oder gar nachträglich in einen anderen Orbit befördert werden können? Dies alles funktioniert durch das Rückstoßprinzip. Schon 1687 formulierte Isaac Newton in seinem Werk „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica“ das Wechselwirkungsgesetz als Grundlage des Rückstoßprinzips. Und genau dieses Prinzip, nach dem auch große Raketen starten, wollen wir hier mit einem einfachen Experiment veranschaulichen.

Für den Start von Trägerraketen wie der Ariane 5 und die Fortbewegung im Weltraum sind leistungsfähige Triebwerke erforderlich.
Bild: ESA, CNES, Arianespace

Bezug zur Forschung

Das Rückstoßprinzip kommt auch in der Natur vor. Auf diese Weise erfolgt sogar die Fortbewegung vieler Lebewesen: So verfügt beispielsweise der Tintenfisch über einen regelrechten „Düsenantrieb“ – aber auch andere Lebewesen nutzen das Rückstoßprinzip, wie du bei einigem Nachdenken feststellen wirst.

Auch Raketentriebwerke funktionieren nach diesem Prinzip. Unter allen technischen Antriebsarten nimmt die Raketentechnik eine ganz besondere Stellung ein: Schließlich wären ohne diese leistungsstarken Triebwerke überhaupt keine Flüge ins All möglich.

Zahlreiche Forschende und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler planen und entwickeln daher immer bessere Raketenantriebe – so sparsam und umweltfreundlich wie möglich. Ein Forschungsschwerpunkt ist dabei die Untersuchung verschiedener Triebwerksarten und der dafür geeigneten Treibstoffe. Klassische Energieträger sind hier Öl oder Gase, die verbrannt werden und dadurch den erforderlichen Schub erzeugen. In den sog. Boostern kommen zudem feste Treibstoffe zum Einsatz. Inzwischen werden aber auch ganz andere Triebwerksarten wie solarthermische Triebwerke oder Ionentriebwerke erforscht.

Das Experiment

Eine Konservendose wird mit einer Düse versehen. Eine Halterung sorgt dafür, dass sie sich wie ein Satellit auf einer Kreisbahn dreht. Mit etwas Wasser gefüllt und erhitzt setzt sie sich in Bewegung.

Materialien und Hilfsmittel

- 1 kleine Holzplatte etwa 10 cm x 10 cm und ca. 2 cm dick
- 1 Gewindestange M3 ca. 40 cm Länge
- 4 Schrauben M3
- 1 Konservendose aus Metall ca. 6 cm Durchmesser
- 1 Aluminiumbecher eines Teelichtes
- 1 Kupferdraht ca. 1 m bis 2 m je nach Bauweise
- 1 Gegengewicht (z.B. ein kleiner sog. „Hühnergott“, der auf die Gewindestange passt, oder eine große Schraubenmutter)
- 1 Lüsterklemme
- 1 Düse (am besten aus einem Luftpumpen-Adapterset)
- 1 Sicherheitsbrennpaste
- 1 Rundstab aus Holz ca. 10 mm Durchmesser und 20 cm Länge
- 1 Alleskleber oder Holzleim

Vorbereitung, Aufbau und Durchführung

Step 1:

Beschaffung des Baumaterials und Bereitstellung der Werkzeuge



Abb. 1: Diese Werkzeuge benötigst du zum Aufbau des Wasserdampf-Triebwerks.

Besorge dir die oben genannten Materialien. Vieles davon ist sicher in der Bastelkiste zu Hause vorhanden; alle fehlenden Teile und Hilfsmittel bekommst du im Baumarkt. Das erforderliche Kabel stammt von einer ehemaligen Satellitenempfangsanlage. Dieses Kupferkabel eignet sich hervorragend für die Bastelarbeiten. Alternativ kann Klingeldraht verwendet werden.

Step 2:

Die Vorbereitung der Konservendose und der Düse

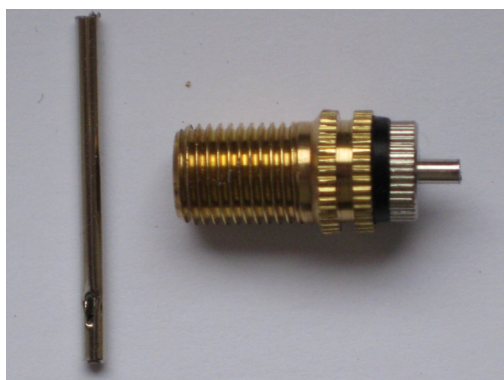


Abb. 2: Gewindeadapter (messingfarbig) mit aufgeschraubter, eingekürzter Düse

Bestimme den Durchmesser und daraus den Radius der Konservendose. Fertige aus Pappe oder Papier eine Kreisscheibe mit diesem Radius an und markiere auf ihr den Mittelpunkt. Lege die Scheibe auf die Dosenoberseite und übertrage den Mittelpunkt auf die Dose. Öffne sie an dieser gekennzeichneten Stelle mit einem spitzen Gegenstand. Nach dem Öffnen der Dose entleere diese vollständig und erweitere die Öffnung auf ca. 8 mm. Am besten eignet sich dazu ein Schälbohrer oder Spiralbohrer.

Mit ein wenig Geschick kann die Öffnung auch mit Hilfe einer passenden Rundfeile auf die erforderliche Größe erweitert werden. Dann nimmst du aus dem Luftpumpen-Adapterset den Gewindeadapter (mit Innen- und Außengewinde) und die Düse. Kürze diese so ein, dass die seitliche Öffnung an der Düsen Spitze verschwindet (Abb. 2).

Step 3: Die Konservendose wird zum Triebwerk



Abb. 3: Eingelöteter Gewintheadapter mit aufgeschraubter Düse

Löte den Gewintheadapter für die Düse sehr sorgfältig in die Bohrung der Konservendose ein (Abb. 3). Dabei sollte die Düse abgeschraubt sein, um eine Beschädigung des Dichtungsgummis zu vermeiden. Die Lötstelle muss unbedingt dicht sein, damit im späteren Betrieb der Wasserdampf nur durch die Düse austritt.

Baue nun an die Konservendose eine Aufhängung, mit der die Dose an der Gewindestange befestigt werden kann. Entferne das Teelicht aus seinem Becher und befestige den Becher mittels zweier Drahtstücke unterhalb der Dose. Dazu sollte eine Entfernung von 2 bis 3 cm eingehalten werden (Abb. 4).

Tipp: Eine Lochzange ermöglicht dir ein einfaches Einbringen der notwendigen Löcher in den Rand des Teelichtbechers.

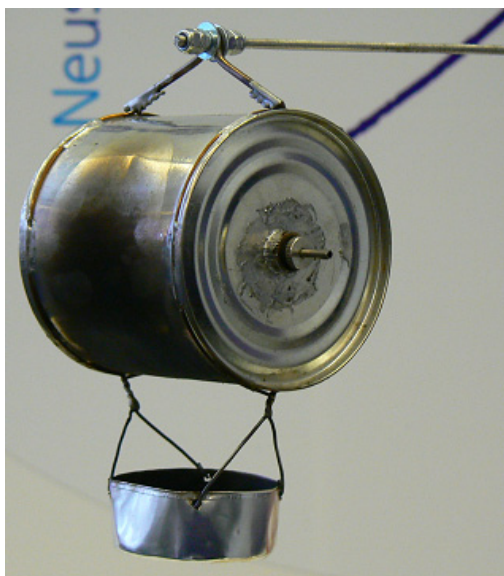


Abb. 4: Befestigung des Teelichtbechers an der Dose

Step 4: Der Zusammenbau



Abb. 5: Lüsterklemme als Auflagerlager

Verleime den Holzstab in einer passenden Bohrung in der Mitte der Holzplatte. Danach wird er mit einem ca. 10 cm langen Teilstück der Gewindestange nach oben verlängert. Das obere Ende der Stange muss mit einer Feile oder geeignetem Schleifpapier abgerundet werden, so dass die eine Öffnung der Lüsterklemme (Schraube vorher entfernen) gut beweglich darauf passt (Abb. 5).

Befestige jetzt die in Schritt 3 vorbereitete Dose an einem Ende der noch ca. 30 cm langen Gewindestange. Über das freie Ende der Stange wird die Lüsterklemme bis zur Mitte geschoben und mit der verbliebenen Schraube arretiert.

Jetzt kann die gesamte Anordnung auf die Halterung gesetzt und mit dem Gegengewicht austariert werden. Achte dabei auf eine möglichst geringe Reibung im Auflagepunkt der Gewindestange.

Der Raketenantrieb kann nun getestet werden.

Step 5: Durchführung des Experiments

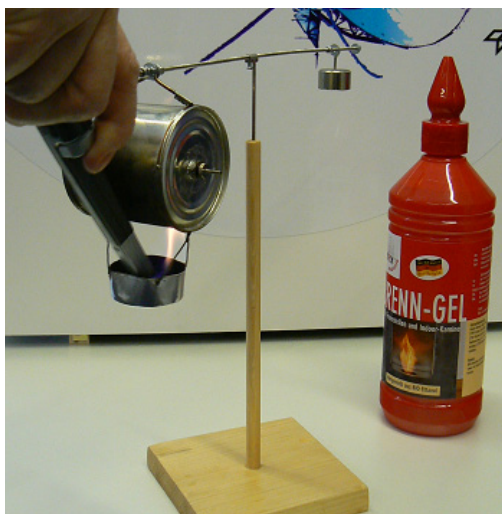


Abb. 6: Entzünden der Brennpaste zum Start des Triebwerks

Fülle ca. 20 ml Wasser durch den Adapter in die Dose (z.B. mit einer kleinen Spritze) und verschraube sie dann mit der Düse. Den Tee-lichtbecher „betankst“ du mit etwas Brennpaste. Nun muss die Anordnung erneut durch Verschieben des Gegengewichtes austariert werden. Zünde dann die Brennpaste vorsichtig unter genauer Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen an. (Abb. 6).

Achtung: Verbrennungsgefahr!

VORSICHT: Ein Betrieb des Raketenantriebs ohne Wasser führt zum Überschreiten des Schmelzpunkts des Lötzinns und zur Zerstörung des Modells.

Step 6: Auswertung und Ergebnisse

Beobachte das Verhalten des aufgebauten Triebwerkes aufmerksam. Wenn du alles richtig gemacht hast, tritt nach kurzer Zeit Wasserdampf aus der Düse und die Konservendose beginnt ihre Reise auf einer Kreisbahn. Dabei stößt sich das Triebwerk am austretenden Wasserdampf ab. Die Geschwindigkeit des Triebwerkes ist abhängig von Geschwindigkeit und Menge des austretenden Wasserdampfes. Bei längerem Betrieb muss die Gleichgewichtslage nachgeregelt werden.

Weiterführende Links

DLR_next: Der Weg ins All

http://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-6283/10728_read-24198

PDF: Von Aktion und Reaktion

http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/kinder_und_jugend/si1_raketentechnik.pdf

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.

Informationen für Lehrkräfte

Fächer

Technik, Physik, Naturwissenschaftliches Arbeiten, Naturkunde

Alter/Schwierigkeitsgrad

Unter Anleitung kann der Bau des Wasserdampftriebwerkes bereits in der Vorschule erfolgen.
Mit Blick auf das Funktionsprinzip ist der Einsatz des Experiments in der Mittelstufe/Sekundarstufe I sinnvoll.

Dauer des Experiments

ca. 1,5 Stunden – 2 Stunden Aufbau je nach Fertigkeiten
ca. 20 Minuten für Ablauf/Durchführung/Auswertung

Lernziele

Mit dem Aufbau der Experimentier-Apparatur können bei den Schülern praktische Fertigkeiten im Modellbau (Umgang mit Werkzeugen, Schulung der Feinmotorik) entwickelt werden. Nach der Durchführung und Auswertung sollen sie erkennen, dass grundlegende physikalische Prinzipien mit einfachen Mitteln demonstrierbar sind. Der Einsatz dieses Experimentier-Aufbaus beschränkt sich nicht auf den Technik- und Physikunterricht. Auch lassen sich die Vorgänge bei der Erwärmung des Wassers im Chemieunterricht thematisieren.

Eventuellen Fehlvorstellungen über das Rückstoßprinzip soll mit dieser Demonstration entgegengewirkt werden. Den Schülern fällt es in diesem Zusammenhang oft schwer, die beiden wechselseitig aufeinander einwirkenden Körper und die dabei auftretenden Kräfte – gerade wenn keine stoffliche Verbindung besteht – zu erkennen.

Erweiterungen

Die Möglichkeit zur Behandlung der Kreisbewegung besteht bei diesem Versuchsaufbau in idealer Weise. Die physikalischen Größen Umlaufzeit und Bahngeschwindigkeit sowie die Winkelgrößen können mit der Versuchsanordnung als Demonstrationsexperiment eindrucksvoll eingeführt werden. Weiterhin ist es möglich, den Einfluss verschiedener Austrittsdüsenquerschnitte auf die Bahngeschwindigkeit zu untersuchen und energetische Betrachtungen durchzuführen. Auch die Thematik Drehmoment lässt sich anschaulich erläutern und mit Messreihen belegen.

Kontakt

schoollab-neustrelitz@dlr.de