



# Didaktische Ressourcen

zur Veranstaltung von Jugend-Workshops  
mithilfe von Experimentier-Videos



## Aufbau der Videos

Jedes Video geht einer Ausgangsfrage aus dem Themenkreis der Luft- und Raumfahrt auf den Grund. Diese jeweils ganz grundsätzliche Frage motiviert die Protagonisten, sich durch Experimentieren einer Antwort zu nähern. Zu jeder Frage wird recherchiert und dann wird praktisch experimentiert, um das Ergebnis der Recherche zu überprüfen.

Mehr als das letztendliche Ergebnis – ob nun ein Erfolg oder nicht – zählt hier der Weg. Wie kann ich Ideen einfach testen und umsetzen, um eine Annahme zu verifizieren oder zu widerlegen?

Die Vorgehensweise in diesen Videos kann daher:

- unverändert übernommen werden, indem die Experimente genauso durchgeführt werden,
- angepasst werden, durch Ausprobieren anderer Materialien oder alternativer Experimente,
- als erster Schritt betrachtet werden, um dann neue Fragen zu stellen, die Argumentation fortzuführen und eigene, neue Hypothesen zu testen,
- als Inspiration für jede andere wissenschaftliche Fragestellung dienen, die für das forschende Team von Interesse ist.

## Tipps zur Durchführung der Experimente zu Hause

Die in den Videos gezeigten Experimente lassen sich zu Hause leicht selbst durchführen. Man benötigt dazu die im Video gezeigten Materialien.

Wenn Sie sich für diesen Weg entscheiden, empfehlen wir, die Jugendlichen, mit denen Sie arbeiten, so viel wie möglich selbst machen zu lassen, sie aber dort, wo ein Risiko besteht (Feuer, Hammer oder Wasserstoffperoxid), eng zu begleiten.

Lassen Sie die Jugendlichen ruhig selbst Zweck und Ziel des Experiments erkennen. Fragen Sie sie, was sie aus dem Experiment mitnehmen und gelernt haben.

Hinweis: Es wird in den Videos mit bestimmten Materialien experimentiert, es sind aber auch viele Alternativen möglich.

Ein Ziel des Kurses kann daher sein, verschiedene Alternativen für die verwendeten Materialien zu finden. Dadurch wird letztlich herausgearbeitet, worum es in dem Experiment wirklich geht, was damit erreicht werden soll.





## Wissenschaftliches Arbeiten mit Jugendlichen – ausgehend von einer präzise gestellten Frage

Den Erwachsenen fällt in erster Linie die Aufgabe zu, die Jugendlichen in ihren Überlegungen zu begleiten. Mit Ihnen als Begleitung kann grundsätzlich jeder Weg erkundet werden.

### 1) Helfen Sie den Jugendlichen, eine klare Fragestellung zu formulieren.

Je klarer und präziser diese Frage gestellt ist, desto einfacher und genauer lässt sich ausmachen, was die Hypothese ist und wo die Recherche ansetzen sollte. Das bringt die Jugendlichen dazu, zu formulieren, was sie bereits wissen, und ihr Wissen dann experimentell auf die Probe zu stellen.

### 2) Nutzen Sie die im Internet oder in Ihrer Umgebung verfügbaren Ressourcen, um mit der Recherche in Gang zu kommen.

Wenn die Informationslage nicht klar ist, lesen Sie das Material mit den Jugendlichen gemeinsam oder unterstützen Sie sie methodisch (andere Website aufrufen, Gegenprobe machen).

Auch das Wissen anderer greifbarer Erwachsener ist eine Informationsquelle. Arbeitet eine Gruppe von Jugendlichen zusammen, ist es gut, wenn sie ihr Vorwissen zusammenführen, um dann von einer gemeinsamen Basis aus zu starten.

### 3) Stellen Sie Hypothesen auf, um Antwort auf die Frage zu finden.

Was könnten mögliche Ursachen sein? Wie kann ich überprüfen, ob meine Annahmen zur Ursache stimmen? Unterstützen Sie die Jugendlichen dabei, Hypothesen klar zu formulieren.

### 4) Denken Sie sich ein Experiment mit Alltagsmaterialien aus.

In dieser Phase ist es wichtig, der Fantasie freien Lauf zu lassen. Jedes Experiment oder jede Aktion ist grundsätzlich erst einmal machbar (es sei denn, sie ist gefährlich). Es ist wichtig, mit den Jugendlichen Sinn und Zweck des Experiments abzustecken:

- Wozu soll es dienen?
- Welches Ergebnis wird erwartet?
- Wenn es nicht funktioniert, was heißt das im Umkehrschluss?

Auch wenn Sie ein Experiment für nicht durchführbar oder zu komplex halten, lassen Sie die Teilnehmer:innen machen, damit sie sich selbst davon überzeugen.

Stecken Sie Ihrerseits die Materialien ab, die die Jugendlichen verwenden können.

### 5) Lassen Sie den Jugendlichen beim Experimentieren freie Hand.

Was hier zählt: eigene Erfahrungen zu machen und eigenständig Schlüsse zu ziehen. Helfen Sie den Teilnehmer:innen, ihre Gedanken zu sortieren.

Wenn Ihnen eine Schlussfolgerung falsch erscheint, zögern Sie nicht, es zu sagen. Vor allem aber sollten Sie zur Recherche animieren, damit die Jugendlichen ihre Argumentationskette überprüfen. Wenn mehrere Jugendliche zusammenarbeiten, scheuen Sie nicht die „Konfrontation“: Fragen Sie, ob alle einverstanden sind, und falls nicht, warum.

### 6) Führen Sie die Ergebnisse und Schlüsse fort und drängen Sie darauf, dass neue Fragen gestellt werden.

Ein Experiment ist kein Selbstzweck, sondern ein Baustein komplexerer Gedankengänge.

Die Anregung, weiterzudenken und neue Fragen zu stellen, hilft den Jugendlichen, sich der Welt zu öffnen und die Phänomene um sie herum immer besser zu begreifen.



## Mit dem Frust der Teilnehmer:innen umgehen

Diese Art des Experimentierens kann zu Frust führen, da die Experimente nicht immer das erwartete Ergebnis liefern.

In diesem Fall kann man die Teilnehmer:innen dazu auffordern:

- das Experiment zu wiederholen: Es klappt nicht immer, vielleicht braucht es mehr Sorgfalt oder eine ruhigere Hand.
- sich bewusst zu machen, dass ein gescheitertes Experiment auch ein Ergebnis ist und man auch daraus etwas lernen kann, genauso wie bei einem Experiment, das funktioniert. Welche Schlüsse ziehe ich aus der Erfahrung? Was sagt mir das?

Hinweis: In der Wissenschaft scheitern Experimente in den meisten Fällen oder führen nicht zu den erwarteten Ergebnissen! Und dennoch wird weitergeforscht!

Um den Workshop positiv zu gestalten, kann man den Teilnehmer:innen auch dabei helfen, ein Experiment zu finden, das immer funktioniert und mit dem sie ihren Frust vergessen.

## Es soll Spaß machen!

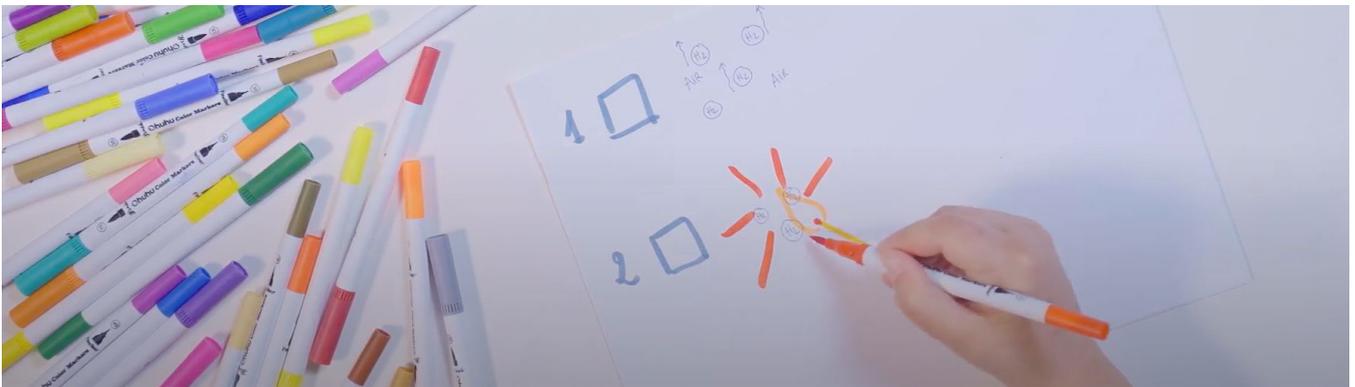
Diese Experimente und Videos sind vor allem dazu da, um spielerisch Neues zu entdecken. Lassen Sie sich also vor allem den Spaß am Experimentieren nicht nehmen!

# Übersicht

1. Die Erzeugung von Wasserstoff S.4
2. Die Rolle des Feuers beim Raketenantrieb S.6
3. Satelliten auf dem Weg ins All S.8
4. Vakuum und die Wirkung auf den menschlichen Körper S.10
5. Verbundwerkstoffe S.12
6. Die Luftströmung um einen Flügel S.14
7. Antriebe für Flugobjekte S.16



# 1. Die Erzeugung von Wasserstoff



## Die wissenschaftliche Frage im Video

In diesem Video hat Paul festgestellt, dass man Wasserstoffgas als Fahrzeugantrieb verwenden kann. Er probiert aus, wie man dieses Gas erzeugen kann und welche Eigenschaften es hat.

Paul legt eine Batterie ins Wasser legt und stößt damit, ohne es zu wissen, eine chemische Reaktion an, die als Wasserelektrolyse bezeichnet wird. Wassermoleküle ( $H_2O$ ) werden durch den elektrischen Strom, der durch das Wasser fließt, gespalten. Diese Spaltung führt dazu, dass sich zwei verschiedene Gase bilden, an jedem Batteriepol eins. Dihydrogen ( $H_2$ ) – Wasserstoffgas, allgemein als Wasserstoff bekannt – an einem Pol der Batterie und Dioxygen ( $O_2$ ) am anderen Pol. Wasserstoff entsteht in doppelt so großer Menge wie Dioxygen. Daher sind die so erzeugten Blasen viel besser sichtbar und leicht aufzufangen. Dieses Prinzip wird in großem Maßstab in Kraftwerken eingesetzt, um Wasserstoff in großer Menge zu erzeugen.

In wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen wird die umgekehrte Reaktion genutzt: Wasserstoff und Dioxygen treffen aufeinander, die Reaktion treibt den Motor an und bewegt das Fahrzeug vorwärts, wobei Wasserdampf freigesetzt wird.

Paul überprüft mit einem einfachen Experiment die beiden Haupteigenschaften von Wasserstoff:

- Es ist weniger dicht als Luft, steigt also auf, sodass es in einem Behälter aufgefangen werden kann
- Es ist besonders leicht entzündlich, also explosiv

## Weiteres Experiment: Eine andere Art der Sauerstofferzeugung

*Achtung, bei diesem Experiment kommt Wasserstoffperoxid zum Einsatz. Diese Flüssigkeit kann Haut und Augen verätzen. Führe dieses Experiment immer im Beisein eines Erwachsenen durch und trage dabei, wenn möglich, Handschuhe und eine Schutzbrille!*



**Material:**

- Schüssel,
  - leere Flasche,
  - Backhefe,
  - konzentriertes Wasserstoffperoxid (idealerweise 6 %) (Vorsicht, gefährliches Produkt!),
  - Geschirrspülmittel,
  - Trichter,
  - Wasser,
  - etwas zum Mischen,
  - Wanne, in der das Experiment durchgeführt wird.
- 1) Gib 3 Esslöffel lauwarmes Wasser und ein halbes Päckchen Backhefe in eine Schüssel und rühre gut um, bis eine gleichmäßige Mischung entsteht.
  - 2) In die leere Flasche gießt du ca. 15 cl Wasserstoffperoxid sowie etwas Spülmittel. Mische es vorsichtig, damit nicht zu viele Blasen entstehen.
  - 3) Stelle die Flasche mit dem Wasserstoffperoxid und dem Spülmittel in die Wanne.
  - 4) Gieße mithilfe eines Trichters die Hefe-Wasser-Mischung in die Flasche.
  - 5) Beobachte das Ergebnis: Es sollte sich zügig ein mit vielen Blasen gefüllter Schaum bilden. Achte darauf, den Schaum nicht zu berühren, da er sehr heiß ist.

Lass einen Erwachsenen das Experiment abbauen und wasche dir danach gründlich die Hände.

**Was ist deiner Meinung nach passiert?**

Bei diesem Experiment ist wieder eine chemische Reaktion zu beobachten. Hier führt sie zur Entstehung großer Mengen an Dioxygen (dem Gas im Schaum).

Mithilfe eines Enzyms – eines großen Moleküls – namens Katalase, das in der Backhefe vorhanden ist, wird das Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) in zwei Moleküle gespalten:

- Wasser ( $H_2O$ ), das in der Flüssigmischung zurückbleibt,
- gasförmiges Dioxygen ( $O_2$ ), das versucht zu entweichen, aber in den Seifenblasen zurückgehalten wird.

Hier lässt sich eine Parallele zwischen der Katalase in dieser Reaktion und dem elektrischen Strom bei der Wasserelektrolyse ziehen. Beide Elemente ermöglichen die Spaltung eines Moleküls, um daraus zwei andere zu erzeugen. Das wird als Dismutation bezeichnet.

**Herausforderung!**

**Gelänge es dir wohl, ein Fahrzeug zu bauen, das sich ohne Treibstoff oder Strom selbstständig über eine kurze Strecke fortbewegt?**

Du kannst dir im Internet Tipps holen. Suche nach:

- Gummibandmotor
- Gasantrieb



Du kannst dir auch das Video zum Thema Antriebe anschauen, um auf neue Ideen zu kommen!

## 2. Die Rolle des Feuers beim Raketenantrieb



### Die wissenschaftliche Frage im Video

In diesem versuchten Video Paul, Maxime und Clémentine zu verstehen, welche Rolle das Feuer beim Antrieb einer Rakete spielt. Sie probieren es erst mit einer einfachen Flamme und versuchen dann, eine gerichtete Flamme zu basteln, weil ihnen das wirkungsvoller erscheint.

Im Video zeigt sich durch das Experiment, dass es für einen Antrieb nicht ausreicht, einfach nur eine Flamme zu erzeugen. Es müssen komplexere Bedingungen erfüllt sein. Was befördert also eine Rakete in den Weltraum? Vor allem der Ausstoß eines Gases in sehr großer Menge nach unten, sodass die Rakete in die andere Richtung abhebt. Man nennt diesen Antrieb nach dem Prinzip „Aktion – Reaktion“ auch Rückstoßantrieb.

Im Raketentriebwerk werden die Gase durch eine Explosion erzeugt und stark beschleunigt. Das löst einen enormen Schub aus ... und führt zu einem beeindruckenden Start!

### Weiteres Experiment: Die Streichholzrakete

*Achtung: Bei diesem Experiment kommt Feuer zum Einsatz. Unbedingt im Beisein eines Erwachsenen im Freien durchführen und darauf achten, dass sich nichts Entflammbares rund um das Streichholz befindet. Und vor allem: Gut achtgeben, dass niemand im Weg steht, wenn sich das Streichholz entzündet!*

Um dir das Experiment besser vorzustellen, kannst du im Internet nach „Streichholzrakete“ suchen.

Benötigtes Material:

- Streichholz,
- quadratisches Stück Alufolie,
- Glasflasche,
- Feuerzeug.



- 1) Wickle die oberen zwei Drittel des Streichholzes in Alufolie ein, mindestens vierlagig. Die Alufolie muss fest am Streichholz anliegen, mit so wenig Luft dazwischen wie möglich. Es ist wichtig, dass die Alufolie über den roten Kopf des Streichholzes hinausragt.
- 2) Falte die Folie, die über den Streichholzkopf hinausragt, damit es nach vorne gut dicht ist. Die Alufolie muss den gesamten Streichholzkopf bedecken.
- 3) Setze das Streichholz in einen nicht brennbaren Träger (z. B. in den Hals einer Glasflasche). Der Streichholzkopf in der Alufolie muss nach oben zeigen. In die Abschussrichtung muss Platz sein!



**Achte an dieser Stelle darauf, dass nichts Entflammbares in der Nähe ist und dass niemand gerade vorbeigeht.**

- 1) Führe die Flamme eines Feuerzeugs unter den Kopf des Streichholzes (an die Stelle, an der du das Streichholz entzündet hättest).
- 2) Warte ein paar Sekunden ab und beobachte, wie die Rakete losfliegt!



**Was ist deiner Meinung nach passiert?**

Wenn sich die Flamme dem Streichholzkopf nähert, erhitzt er sich und setzt Verbrennungsgase frei, die zu entweichen versuchen. Der einzige Ausgang befindet sich am unteren Ende des Streichholzes. Dadurch startet das Streichholz in dem Moment, in dem es dem Gas gelingt, mit einem Schlag nach unten zu entweichen, nach oben durch.

## Herausforderung!

**Könntest du eine Rakete oder ein Antriebssystem herstellen, das ohne Feuer funktioniert?**

Du kannst dir im Internet Tipps holen. Suche nach:

- Antrieb ohne Feuer
- Rakete basteln zu Hause
- Rakete ohne Feuer

Du kannst dir auch das Video zum Thema Antriebe anschauen, um auf neue Ideen zu kommen!



# 3. Satelliten auf dem Weg ins All



## Die wissenschaftliche Frage im Video

Dieses Video behandelt die Frage, wie es gelingt, von der Erde aus gestartete Satelliten in eine Umlaufbahn zu bringen.

Zunächst einmal der Hinweis, dass unter den Begriff „Satellit“ nicht allein künstliche Satelliten fallen: Der Mond ist zum Beispiel ein Satellit der Erde!

### Satelliten in der Umlaufbahn

Wenn sich ein Satellit in der Nähe der Erde befindet, unterliegt er der Erdanziehungskraft. Je weiter der Satellit von der Erde entfernt ist, desto geringer ist die Gravitationskraft, die ihn zur Erde zurückzieht.

Wenn sich ein Satellit zu weit entfernt, kann er nicht in die Umlaufbahn zurückkehren.

Aber Schwerkraft ist nicht alles! Wenn sie die einzige Kraft wäre, würde der Satellit auf die Erde zurückfallen (solange er nicht zu weit weg wäre). So wie wir, wenn wir z. B. von einem Sprungbrett herunterspringen.

Es braucht einen weiteren Faktor: die Geschwindigkeit!

Denk einmal an eine Salatschleuder. Wenn du den Salat in der Schleuder drehst, wird das Wasser an den Rändern hochgetrieben.

Bei Satelliten geschieht in gewisser Weise dasselbe. Sie müssen mit hoher Geschwindigkeit gestartet werden, damit sie nicht auf die Erde zurückfallen, sondern um sie kreisen ... Sie dürfen aber auch nicht zu schnell durchstarten, da sie sich sonst zu weit entfernen würden und im Weltall verloren gingen.

Damit ein Satellit die Erde umkreist, müssen also Höhe und Geschwindigkeit aufeinander abgestimmt sein.

### Mögliche Umlaufbahnen

Wie sich der Satellit um die Erde bewegt, bestimmt sich also über dieses Gleichgewicht aus Höhe und Geschwindigkeit.

Wenn ein Satellit die Grenzggeschwindigkeit von 11,2 km pro Sekunde überschreitet, dann ist unabhängig von der Höhe die auf den Satelliten wirkende Gravitationskraft nicht mehr stark genug, um zu verhindern, dass der Satellit ins Weltall abdriftet.

In Abhängigkeit von der Höhe führt nur eine ganz bestimmte Geschwindigkeit dazu, dass sich der Satellit um die Erde dreht. Mit dieser Geschwindigkeit muss der Satellit gestartet werden, damit er in eine kreisförmige Umlaufbahn gelangt.

Ein Satellit, der in 300 km Höhe kreist, muss zum Beispiel fast 8 km pro Sekunde schnell sein! Ein bisschen schneller oder langsamer und schon wäre die Umlaufbahn nicht mehr kreis-, sondern ellipsenförmig!

### In die Umlaufbahn gebracht

Wie werden Satelliten denn nun in die Umlaufbahn gebracht?

Es braucht eine Abschussvorrichtung (oder Rakete), die

- abhebt,
- bis zu der Höhe aufsteigt, in der der Satellit kreisen soll,
- beginnt, sich mit der Geschwindigkeit um die Erde zu drehen, die der Satellit braucht,
- den Satelliten schließlich freigibt, der damit die gewünschte Höhe und Geschwindigkeit erreicht hat!



## Weiteres Experiment: Gewinner-Billard

Bau dir ein Billardspiel, bei dem du jedes Mal gewinnst!

Material:

- Pappe,
- zwei Reißzwecken,
- Faden,
- Bleistift,
- zwei Murmeln,
- Schnürsenkel.

- 1) Markiere zwei Punkte, die etwa 20 cm voneinander entfernt liegen, auf der Pappe.
- 2) Schneide ein 28 cm langes Stück Faden ab.
- 3) Befestige jedes Ende des Fadens an einem der Punkte mit einer Reißzwecke: Du erhältst einen Faden, der auf der Pappe fest sitzt. Er ist nicht zwischen den beiden Reißzwecken gespannt, lässt sich aber durch Ziehen spannen.

Nun zeichnest du mithilfe dieser Vorrichtung eine so genannte Ellipse.

- 4) Ziehe mit der Spitze deines Bleistifts den Faden auf eine Seite, bis er straff gespannt ist.
- 5) Nun kannst du mit dem Zeichnen beginnen: Halte den Faden mit der Spitze des Bleistifts immer straff und zeichne die Ellipse, indem du den Bleistift um die Reißzwecken herumführst (du musst den Bleistift an einer Stelle anheben und dann wieder absetzen).
- 6) Wenn die Ellipse fertig ist, entferne den Faden und die Reißzwecken.

Du hast nun eine mit Bleistift gezeichnete Ellipse! Jetzt ist die Umrandung des Billardtisches an der Reihe.

- 7) Klebe einen Schnürsenkel entlang der gesamten Ellipse auf die Pappe.

Das Billardspiel ist fertig!

Jetzt:

- 8) Setze je eine Murmel an die Stellen, an denen du die Reißzwecken eingestochen hast.
- 9) Lass eine Murmel in gerader Linie in eine beliebige Richtung rollen.
- 10) Beobachte, was passiert!

Du wirst feststellen, dass die Kugel bei jedem Stoß, egal aus welcher Richtung, gegen den Schnürsenkel prallt und dann die andere Kugel trifft.

### Was passiert da deiner Meinung nach?

Die Ellipse ist die vom Satelliten beschriebene Bahn (die Kreisbahn ist tatsächlich eine spezielle, nicht „abgeflachte“ Ellipse).

Wenn man ein Objekt von einem der Erstellungspunkte der Ellipse aus in eine beliebige Richtung rollt, passiert es zwangsläufig den anderen Erstellungspunkt!

## Herausforderung!

**Was sind deine „Top 3“ der seltsamsten Dinge, die von Menschen ins All befördert wurden?**

Du kannst dir im Internet Tipps holen. Suche nach:

- Dinge im Weltraum
- was wurde schon alles ins All geschossen



# 4. Vakuum und die Wirkung auf den menschlichen Körper



## Die wissenschaftliche Frage im Video

In diesem Video gehen Clementine, Maxime und Paul einer Frage nach, die Maxime stellt: Was würde mit Menschen geschehen, die im All keinen Raumanzug tragen?

Hier beginnt die Auseinandersetzung mit dem Thema „Vakuum“ und wie man ein solches erzeugt.

In der Physik bezeichnet ein Vakuum die Abwesenheit jeglicher Materie. Einen Raum jedoch, der KEINERLEI Atome oder Moleküle enthält, kann es gar nicht geben.

Wenn wir vom „interstellaren leeren Raum“ oder auch vom „Vakuum im Weltall“ sprechen, meinen wir eigentlich eine Umgebung, in der es viel, viel weniger Moleküle gibt als auf der Erde um uns herum.

Stellen wir uns zum Beispiel einen kleinen Würfel mit einer Seitenlänge von einem Zentimeter ( $1 \text{ cm}^3$ ) vor, der über unserer Handfläche schwebt:

- Wenn wir uns auf der Erde befinden, enthält dieser Luftwürfel etwa 20 Milliarden Milliarden Moleküle (20 000 000 000 000 000 000 000)
- Wenn wir uns jedoch in den „leersten“ Bereichen des Universums befinden, enthält dieser Würfel vielleicht nur ein einziges Molekül! Man sagt, dass die Luft „dünn“ ist.

Es gibt Wege, eine Art Vakuum herzustellen, indem wir die Moleküle ausdünnen: Vakuumpumpen zum Beispiel saugen die Luft aus einem Glas, um möglichst viele Moleküle zu entfernen. Aber ihre Wirkung ist nicht stark genug, um alle restlos zu entfernen!

Eine weitere Möglichkeit, Moleküle auszudünnen, ist die im Video beschriebene Methode: Ein Luftvolumen wird in einem Behälter eingeschlossen und der Behälter vergrößert (aber ohne dabei Luft hinein- oder herauszulassen!). Von einem Vakuum sind wir noch weit entfernt, aber schon jetzt kann sich eine Wirkung einstellen.

Das sieht man im Video daran, dass sich die Luftblasen leicht aufblähen: In der Luft des Glases sind die Moleküle weniger zahlreich als in den Blasen. Die Luftmoleküle in den Luftblasen neigen dann dazu, die Außenfläche der Blasen von innen herauszudrücken, wodurch sie sich leicht aufblähen.



Im letzten Experiment im Video wird mithilfe der Spritze die Anzahl der Moleküle pro  $\text{cm}^3$  Luft in der Spritze noch weiter verringert: Das Wasser ist dann von sehr „dünnere“ Luft umgeben und kann viel leichter ins Sieden geraten (also diese „dünnere“ Luft mit Wasserdampf füllen) als unter Normalbedingungen. Wenn die Luft ausreichend dünn ist, siedet das Wasser bei Zimmertemperatur!

Hinweis: Von „Druck“ ist im Video nie die Rede. Dieses Experiment und die Beobachtungen, die daran möglich sind (der Luftballon wird nach innen gezogen, die Luftblasen blähen sich auf, das Wasser siedet), können Ausgangspunkt für neue Fragen sein!

## Weiteres Experiment: Der kalte Luftballon

Material:

- Luftballon,
- spitzer Gegenstand (um den Luftballon zu durchstechen).

- 1) Blase den Luftballon auf.
- 2) Lege den Luftballon auf den Boden und setze dich langsam darauf: Er sollte nicht platzen :-)
- 3) Wenn du auf dem Luftballon sitzt, bringe ihn mit dem spitzen Gegenstand zum Platzen.
- 4) Wie fühlt sich dein Gesäß an? Berühre auch den Luftballon: Wie fühlt er sich an?

Normalerweise solltest du direkt nach dem Platzen des Luftballons ein kühles Gefühl verspüren.

### Was passiert da deiner Meinung nach?

Wenn man den Luftballon zum Platzen bringt, wird die im Ballon enthaltene Luft, die stark „gepresst“ (unter Druck) war, sehr plötzlich freigesetzt und nimmt viel mehr Raum ein als kurz vor der Explosion. Es ist ein bisschen wie beim Experiment im Video, wenn der Deckel entfernt wird. Nur geht es hier viel schneller.

Wenn Luft ganz plötzlich viel mehr Raum bekommt, kühlt sie ab!

Diese Abkühlung spürst du an deinem Gesäß oder auch, wenn du den geplatzen Luftballon berührst, der durch die Luft abgekühlt ist.

## Herausforderung!

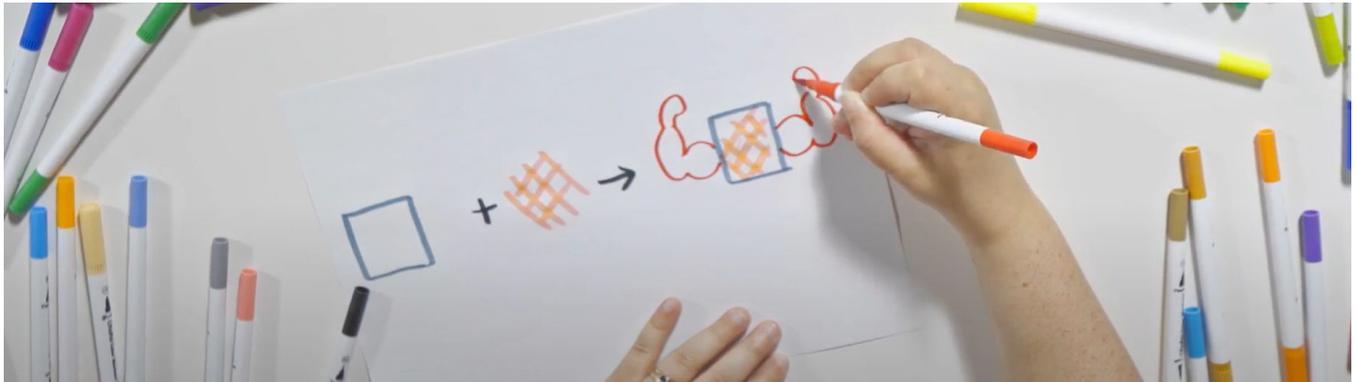
### Findest du drei Lebewesen (Pflanzen oder Tiere), die ohne Schutz im Weltraum überleben könnten?

Du kannst dir im Internet Tipps holen. Suche nach:

- Tier, das im Weltraum überlebt
- Pflanze, die ein Vakuum überlebt



# 5. Verbundwerkstoffe



## Die wissenschaftliche Frage im Video

Dieses Video behandelt das Thema Verbundwerkstoffe: Ausgehend von der Frage, woraus Flugzeuge hergestellt sind, wird überlegt, was Verbundwerkstoffe sind, und es wird versucht, solche herzustellen.

Im Fahrgestell von Autos, in Flugzeugen, in den Rotorblättern von Windkraftanlagen ... überall findet man die berühmten „Verbundwerkstoffe“.

Es gibt viele verschiedene Arten. Einige eignen sich für eine Herstellung im industriellen Maßstab, andere sind Hightech-Anwendungen vorbehalten usw.

Ein großes Anwendungsgebiet ist die Luft- und Raumfahrt, denn durch die Kombination zweier verschiedener Materialien lassen sich widerstandsfähige und leichte Verbundwerkstoffe herstellen.

Das Prinzip ist immer dasselbe: Zwei Materialien werden auf bestimmte Art und Weise zusammengefügt, damit ein neues Material mit Eigenschaften entsteht, die die Ausgangsmaterialien allein für sich nicht haben.

Ein Verbundwerkstoff besteht (mindestens) aus zwei Materialien:

- einem **Gerüst** (oder Verstärkung): Dies ist sozusagen das „Skelett“ des Verbundwerkstoffs. Zum Beispiel Stäbe oder Fasern, die exakt angeordnet sind
- einer **Matrix** (Grundmasse): Das ist die Materie, die das Skelett umschließt bzw. enthält. Zum Beispiel Harz, Beton oder Metall.

Einige Beispiele!

**Stahlbeton:** Metallstangen (Gerüst) werden mit Beton (Matrix) umgossen.

**Lehm:** Wird für Außen- und Trennwände verwendet. Die Matrix besteht aus mit Wasser vermischter lehmhaltiger Erde, das Gerüst aus Naturfasern (Stroh, Heu, Pferdehaare).

## Weitere Experimente: Papier ist seltsamer, als man denkt!

### Erstes Experiment

Material:

- Papierblätter.

Ein Blatt Papier hat meist die Form eines Rechtecks. Es hat also eine lange und eine kurze Seite.



- 1) Reiße ein Blatt von der Mitte der kurzen Seite her durch und beobachte, wie es reißt.
- 2) Reiße dann ein Blatt ab, aber diesmal von der Mitte der langen Seite aus, und beobachte erneut.

Vielleicht ist dir aufgefallen, dass der Riss in einer Richtung (oft von der kurzen Seite aus) „geradeaus“ verläuft, während er von der anderen Seite aus eine Kurve beschreibt, als ob es geradeaus nicht ginge.

### Zweites Experiment

Material:

- Papierblätter,
- Schere.

Schneide zwei rechteckige Streifen aus dem Blatt Papier. Beide Streifen sind gleich groß: 10 cm lang und 2 cm breit.

- 1) Erster Streifen: Schneide parallel zur langen Seite des Blattes.
- 2) Zweiter Streifen: Schneide parallel zur kurzen Seite des Blattes.
- 3) Lege nun die beiden Streifen genau übereinander und halte sie waagrecht zusammen, indem du die kurzen Enden zwischen Daumen und Zeigefinger klemmst. Beobachte, was passiert!
- 4) Drehe deine Hand um 180 Grad, sodass der Streifen, der vorher oben war, nun unten ist und der Streifen, der vorher unten war, nun oben liegt. Beobachte, was passiert!

Du bemerkst wahrscheinlich, dass man nicht dasselbe sieht! In einem Fall trennt sich der untere Streifen vollständig vom oberen und verdreht sich dabei nach unten.

Im anderen Fall: Der untere Streifen trennt sich nicht vom oberen. Die beiden Streifen neigen sich gemeinsam nach unten.

Was ist deiner Meinung nach passiert?

Papier besteht aus Fasern, die insgesamt in eine Richtung verlaufen. Dies führt dazu, dass Blätter dazu neigen, entlang der Laufrichtung zu reißen (erstes Experiment) und sich in eine Richtung leichter zu verdrehen (zweites Experiment).

## Herausforderung!

**Kannst du 5 Lebewesen nennen, die als Inspirationsquelle für die Entwicklung neuer Materialien dienen könnten?**

Du kannst dir im Internet Tipps holen. Suche nach:

- Bionik
- Biomimetisches Material



## 6. Die Luftströmung um einen Flügel



### Die wissenschaftliche Frage im Video

In diesem Video geht es um folgendes Schaubild:

Es ist das klassische Schaubild, das zeigt, wie die Luft um einen Flugzeugflügel strömt. Im Video wird versucht, das Schaubild experimentell zu überprüfen.

Es mag auf den ersten Blick seltsam erscheinen, dass die von rechts kommende Luft, die über den Flügel strömt, der Form folgt, als würde sie am Flügel „kleben“.



Mithilfe eines Räucherstäbchens und eines aus Papier gebastelten Flügelprofils kann man überprüfen, ob das wirklich stimmt.

Wenn man die Oberseite des Flügels betrachtet, gibt es im Schaubild zwei Bereiche:

- einen ersten Flügelbereich, in dem sich der Luftstrom an die Form des Flügels anpasst,
- einen Bereich im Anschluss, in dem die Luft scheinbar „abhebt“ und etwas turbulenter wird.

Dies sind zwei Strömungsmuster, auf die es in der Beziehung zwischen Luft und Flügel ankommt.

Es gibt die **laminare Strömung**: Flugzeuge sind auf diese Art Strömung hin optimiert, da sie den besten Auftrieb bietet und am sichersten ist. Bei der laminaren Strömung folgt die Luft den Kurven entlang dem Profil des Flügels.

Die zweite Art ist die **turbulente Strömung**: Sie lässt sich nicht ganz verhindern, aber es wird versucht, sie so gering wie möglich zu halten. Bei dieser Strömung wird die Luft unruhig und es kann zu Verwirbelungen kommen, die die Flugfähigkeit eines Flugzeugs deutlich herabsetzt.

Die Frage, ob und wie ein Flugzeug fliegt, ist eng mit diesen Strömungsmustern verbunden. Zum einen durch den Begriff **Auftrieb** (das ist die Kraft, die von unten auf den Flügel wirkt und somit das Flugzeug „trägt“), zum anderen durch den **Luftwiderstand** (das ist die Kraft, die dem Flugzeug entgegenwirkt, die „reibt“).



Wenn ein Flugzeug seinen Anstellwinkel nach und nach erhöht (mit der Nase nach oben zeigt), kommt irgendwann der Punkt, an dem die Strömung völlig turbulent wird. Dann „stürzt“ das Flugzeug ab: Es fliegt nicht mehr.

Ob die Strömung über einen Flugzeugflügel oder ein Hindernis laminar oder turbulent ist, hängt stark davon ab, welche Form das Hindernis hat. Deshalb wird durch Studien, Berechnungen und Experimente versucht, die beste Flügelform zu finden.

## Weiteres Experiment: Der fliegende Tischtennisball

Material:

- ein Tischtennisball

Du musst ganz gerade nach oben pusten!

Dazu:

- Lege deinen Kopf in den Nacken, damit du direkt nach oben blickst.
- Nimm den Tischtennisball zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand und halte ihn im Abstand von einem Zentimeter vor deinen Mund.
- Stell dir einen sehr dünnen, kräftigen, senkrechten und gleichmäßigen Luftstrom vor und puste.
- Wenn du angefangen hast zu pusten, lass den Tischtennisball los.

Mit etwas Übung sollte es dir gelingen, den Ball einige Sekunden lang in der Luft zu halten (solange du noch Puste hast!).

Wenn es dir schwerfällt, kannst du deinen Atem durch einen Föhn ersetzen.

### Was ist deiner Meinung nach passiert?

Wenn du die Bewegung des Tischtennisballs genau beobachtest, wirst du feststellen, dass er im Luftstrom deines Atems wie festgeklemmt ist: Er scheint zur Seite ausbrechen zu wollen, wird aber wieder zur Mitte zurückgeführt. Dann zur anderen Seite, und wieder bleibt er am Ende in der Mitte. Und so weiter: Er wackelt von einer Seite zur anderen, bleibt aber im Luftstrom, solange du gleichmäßig pustest.

Das interessante Phänomen bei diesem Experiment ist die Tatsache, dass der Ball immer wieder zur Mitte des Luftstroms zurückgeführt wird: Wenn er sich verlagert, ist die Luft auf der Seite des Luftstroms viel schneller als auf der anderen Seite des Balls. Dieser Geschwindigkeitsunterschied sorgt dafür, dass der Ball in die Mitte des Luftstroms zurückkehrt.

## Herausforderung!

### Ist es möglich, Objekte auf andere Weise als nach Art der Flugzeuge fliegen oder schweben zu lassen?

Du kannst dir im Internet Tipps holen. Suche nach:

- Levitation
- akustische Levitation
- magnetische Levitation
- elektrostatische Levitation



# 7. Antriebe für Flugobjekte



## Die wissenschaftliche Frage im Video

In diesem Video versuchen Maxime und Clémentine, verschiedene Antriebsprinzipien zu verstehen – anhand bekannter Modelle: Hubschrauber und Raketen.

Durch ihre Experimente erkennen sie, dass es mehrere Möglichkeiten gibt, ein Objekt so anzutreiben, dass es abhebt.

Das erste Prinzip, das sie erforschen, ist der **Rückstoßantrieb**, der in Propellersystemen oder auch in Raketenstartsystemen zu finden ist. Der Rückstoßantrieb basiert auf dem **Prinzip Aktion - Reaktion**.

Man spricht vom 3. Newtonschen Gesetz: „Übt der Körper A eine Kraft auf den Körper B aus, so übt Körper B auf Körper A die Gegenkraft aus.“

→ Beim Drehen drückt der Propeller die Luft nach unten (Aktion), was ihn im Gegenzug nach oben treibt (Reaktion).

→ Das Gas, das aus der Rakete austritt, drückt nach unten (Aktion), wodurch die Rakete nach oben getrieben wird (Reaktion).

Dieses grundsätzliche Prinzip kommt auch in anderen Systemen zum Einsatz, z. B. in Düsenflugzeugen oder beim Antrieb von Schiffen mit Propeller.

Das zweite Experiment erforscht ein anderes Prinzip: Den Druck, der auf ein Objekt ausgeübt wird, so lange zu erhöhen, bis es sich durch die Schubkraft plötzlich in Bewegung setzt. So drückt hier das unter Druck gesetzte Gas in der Flasche auf den Korken und treibt ihn nach oben.



## Weiteres Experiment: Die Wasserrakete

Nur im Beisein eines Erwachsenen!

Für dieses Experiment kannst du dir auch das folgende Tutorial ansehen:

<https://www.instructables.com/Pump-Rocket/>

(Autor: *mikeasaurus* auf der Website *Instructables*; Lizenz CC BY-NC-SA 4.0)

**Material:**

- feste Plastikflasche (idealerweise eine Softdrink-Flasche),
- Pappe,
- Schere,
- Korken,
- Luftpumpe mit Adapter zum Aufpumpen von Fuß- oder Basketbällen.

- 1) Schneide aus der Pappe drei oder vier identische, relativ große Stützen aus.
- 2) Bringe sie mit Klebeband symmetrisch an deiner Flasche an (die Öffnung der Flasche zeigt nach unten). Die Stützen müssen länger als die Flasche sein und deine Rakete halten (die Rakete muss auf den Stützen stehen).
- 3) Durch den Korken in der Größe des Flaschenhalses stichst du die Nadel der Fahrradpumpe.
- 4) Gieße Wasser in die Flasche.
- 5) Verschließe die Flasche mit dem von der Nadel durchstochenen Korken.
- 6) Stell dich mit der Pumpe so weit wie möglich von der Flasche weg (schau auf keinen Fall von oben auf die Flasche herunter!).

**SICHERHEIT:**

**Die Flasche wird jetzt aufgepumpt und fliegt ohne Vorwarnung los! Es ist daher sehr wichtig, dass:**

- **eine erwachsene Person anwesend ist,**
- **die Rakete nach oben ausgerichtet ist,**
- **alle umstehenden Personen mindestens 1 m von der Flasche entfernt stehen und sie vom Start bis zum Fall im Blick behalten.**

- 7) Pumpe Luft in deine Flasche, um den Druck darin zu erhöhen, bis sie von selbst abhebt! (Achtung, es spritzt, wenn die Rakete abgeht!)

Wiederhole das Experiment und variiere die Menge an Wasser, die du in die Flasche füllst. Finde heraus, mit welchem Füllstand die Rakete besonders hoch steigt!

**Was ist deiner Meinung nach passiert?**

Hier kommt das Prinzip des Rückstoßantriebs zum Einsatz. Die Luft in der Flasche wird mithilfe der Luftpumpe komprimiert. Ab einem bestimmten Druck hält die Reibkraft zwischen Korken und Flaschenhals den Korken nicht mehr am Platz: Das gesamte Wasser sowie die Luft in der Flasche werden mit einem Schlag nach unten ausgestoßen. Das katapultiert die Wasserrakete nach oben.

**Herausforderung!**

**Versuche, eine Technik zu finden, die einen Tischtennisball so hoch wie möglich in die Luft bringt, ohne dass du deine Muskelkraft einsetzt!**

Hast du Ideen? Dann probiere sie aus!

