



<b>Arbeitsauftrag</b>	Wie kommt ein tonnenschweres Flugzeug überhaupt in die Luft? Was ist Aerodynamik und wie sieht ein Flügelprofil aus?
<b>Ziel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SuS wissen, wie ein Flugzeug funktioniert.</li> </ul>
<b>Material</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsblatt</li> <li>• Für die Experimente:</li> <li>• Haarfön</li> <li>• mehrere Tischtennisbälle</li> <li>• Trinkhalme</li> <li>• Bleistifte oder Farbstifte</li> </ul>
<b>Sozialform</b>	EA
<b>Zeit</b>	45'

**Zusätzliche Informationen:**




- Präsentation auf youtube:  
<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&v=AYJyYf63qFg&NR=1>
- Mehr zum Thema Fliegen in der kiknet-Lektion „Fliegen“.




## Weshalb fliegt ein Flugzeug?

Um zu fliegen, muss man die Schwerkraft überwinden, die uns immer wieder zur Erde zieht. Es gibt bisher keine Möglichkeit, die Schwerkraft abzuschalten oder auszublenden. Dies sieht man nur in Science Fiction Filmen. Um zu fliegen, muss man also durch eine Kraft hoch gehoben und gehalten werden. Diese Kraft kann ein Kran ausüben, aber das ist natürlich unpraktisch. Es gibt bessere Möglichkeiten:

### Verschiedene Schweb- und Flugverfahren:

	<p><b>Magnetische Kräfte</b></p> <p>Sie wirken ohne Berührung und können anziehend oder abstossend wirken. So kann man in geringer Höhe fliegen.</p> <p>Beispiel: Magnetschwebbahn</p>
<p><b>Schweben in der Luft</b></p> <p>Man kann in der Luft wie Löwenzahnsamen treiben, z.B. mit einem Fallschirm.</p> <p>Beispiele: Fallschirm, bestimmte Samen, Pollen, Nebel, Rauch</p>	
	<p><b>Auftrieb durch geringere Dichte</b></p> <p>Man kann etwas so leicht machen, dass es wie eine Blase in der Luft aufsteigt.</p> <p>Beispiele: Heissluftballon, Gasballon, Zeppelin</p>



<p><b>Auftrieb durch Rückstoss</b></p> <p>Man kann etwas so stark nach unten schiessen lassen, dass man nach oben abgestossen wird.</p> <p>Beispiele: Rakete, Senkrechtstarter, Schleudersitz, Space Shuttle beim Start</p>	
	<p><b>Auftrieb durch Staudruck</b></p> <p>Man kann die Luft auch unter einem Fahrzeug zusammendrücken und auf ihr gleiten.</p> <p>Beispiele: Luftkissenboot, Bodeneffektgleiter</p>
<p><b>Auftrieb durch Aerodynamik</b></p> <p>Durch Luftströmung um einen Flügel entsteht eine Kraft nach oben, sodass sie den Flügel hebt.</p> <p>Beispiele: Flugzeug, Hubschrauber, Drachen, Vogel, Fledermaus, Ahornsamen</p>	
	<p><b>Überschallflug</b></p> <p>Auch Aerodynamik, aber hier wird die Luft stärker zusammengedrückt (komprimiert) und es treten starke Druckwellen auf. Alle Formen müssen anders sein, damit der Auftrieb optimal ist und die Flügel und das Seitenruder nicht brechen. Andere Triebwerke sind nötig.</p> <p>Beispiele: Concorde, Militärjets wie F/A 18, Tiger, Gripen</p>



Man kann so flattern, dass man sich von seinen **eigenen Luftwirbeln abstösst**.

Beispiele: bestimmte Insekten, Kolibris.



### Umlaufbahn

Man kann „sich“ im Weltraum geschickt frei fallen lassen, sodass man um die Erde herum fällt.

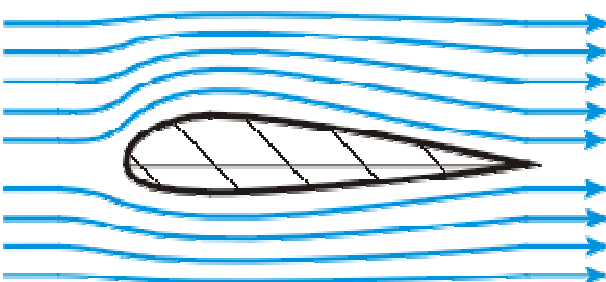
Beispiele: Satelliten, ISS (International Space Station), Space Shuttle in der Umlaufbahn.

### Auftrieb durch Aerodynamik

Egal ob eine einmotorige Cessna oder eine A380, damit das Flugzeug fliegen kann, braucht es eine Kraft, welche

- a) nach oben wirkt und
- b) mindestens so gross ist wie das Flugzeug.

Diese Kraft nennt man Auftrieb und sie entsteht durch Luft, die von vorne um die Tragflächen oder Flügel strömt.

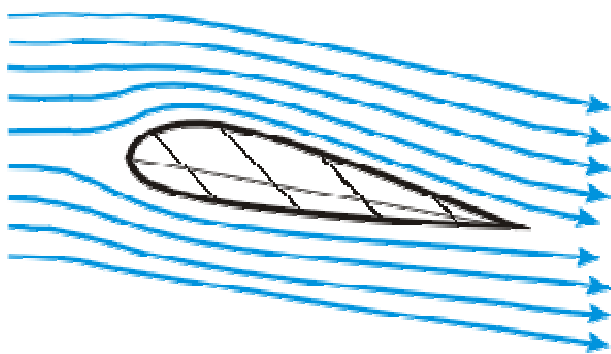
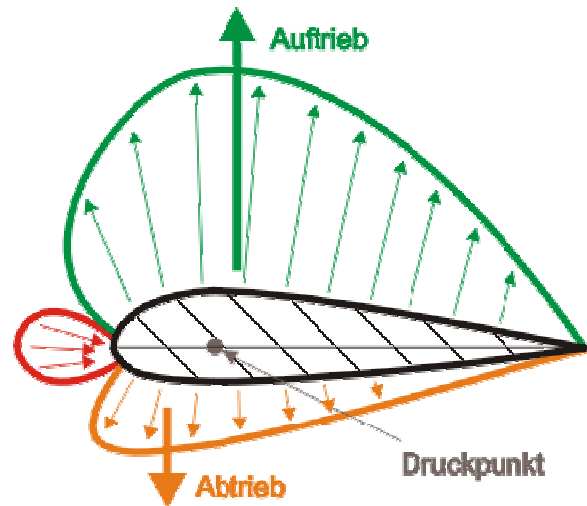


Auf der Abbildung ist gut erkennbar, dass die Tragfläche im Querschnitt (Profil) auf der Oberseite stärker gewölbt ist als auf der Unterseite. Dieses Profil ist nicht entscheidend für den Auftrieb, verbessert ihn jedoch. Auch ein flacher Flügel erzeugt Auftrieb.

Wenn sich nun das Flugzeug vorwärts bewegt, teilt das Profil den Luftstrom. Ein Teil der Luft strömt über den Flügel, der andere Teil unter dem Flügel durch.



Der Weg über den Flügel ist durch die Wölbung etwas länger, aus diesem Grund erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit. Daraus resultieren verschiedene Druckverhältnisse, wobei der Auftrieb bei diesem Flügelprofil stärker als der Abtrieb ist. Wäre das Flügelprofil symmetrisch, wären die beiden Kräfte gleich gross.



Diese Kräfte reichen jedoch noch nicht aus, um ein Flugzeug in die Luft zu bringen. Der Flügel muss im Luftstrom leicht angestellt werden (siehe Abbildung). Dadurch wird auf der Flügelunterseite ein Überdruck und auf der Flügeloberseite – die Luft muss nun einen noch weiteren Weg zurücklegen – ein Unterdruck produziert. Durch die Anstellung des Flügels wird aber auch der Luftwiderstand erhöht, was mit einer grösseren Leistung für den Vortrieb kompensiert werden muss.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der Auftrieb grösser wird, je schneller sich das Flugzeug vorwärts bewegt. Gleichzeitig wird aber auch der Luftwiderstand erhöht. Aus diesem Grund besitzen Flugzeuge, welche nur langsam fliegen, dicke Profile, bei sehr schnellen Flugzeugen reichen schlanke Profile für die Erzeugung des Auftriebs aus.

Quellen: [www.hubschrauber.li](http://www.hubschrauber.li), [www.erklärt.de](http://www.erklärt.de), [www.luftfahrtwerkstatt.de](http://www.luftfahrtwerkstatt.de)

Wieso klappt ein Regenschirm bei Sturm nach oben und warum kann derselbe Sturm Häuser abdecken? Zwei einfache Versuche zeigen dir, wie der Bernoulli-Effekt funktioniert.



Experiment 1: Führe diesen einfachen Versuch zum Bernoulli-Effekt durch.

### Material:

- ein Haarfön
- ein Tischtennisball

### Versuchsdurchführung

Halte den Fön mit der Öffnung nach oben und lege den Ball in den Luftstrom.



## Was ist geschehen?

Legt man einen Ball in den Luftstrom des Haarföns, so fliegt er nicht weg, sondern schwebt relativ stabil über dem Fön. Zu erklären ist dies mit dem so genannten Bernoulli-Effekt. Danach wird der Druck umso niedriger, je schneller die Luft strömt. Dort, wo aber ein niedriger Druck oder Unterdruck herrscht, entsteht ein Sog, der den Ball immer wieder neu in die Mitte des Luftstroms treibt.



Experiment 2: Führe auch diesen Versuch zum Bernoulli-Effekt durch.

## Material:

- ein Trinkhalm
- zwei Tischtennisbälle
- zwei Bleistifte

## Versuchsdurchführung

Lege die zwei Bleistifte als Führung für die beiden Tischtennisbälle parallel zueinander. Nun setzt du die beiden Bälle mit einem Anstand von ca. 2 cm in die Bleistift-Führung. Blase nun mit dem Trinkhalm kräftig in der Mitte zwischen den Bällen hindurch.

## Was ist geschehen?

Die Bälle werden in die Mitte gesogen und stossen sogar zusammen. Die strömende Luft aus dem Trinkhalm erzeugt einen Unterdruck in ihrer Umgebung. Man kann sich das so vorstellen, dass diese Luft andere Luftmoleküle mit sich fortreisst und dadurch einen Mangel an Luft in der gesamten Umgebung erzeugt. Dieser Luftmangel äussert sich als Unterdruck. Durch diesen Unterdruck werden die Tischtennisbälle angesogen und zum Zentrum des Geschehens getrieben.

## Der Bernoulli-Effekt im Alltag

Bei den erwähnten Beispielen zum Bernoulli-Effekt führt der Wind, der mit hoher Geschwindigkeit über Regenschirm und Dach hinwegfegt, zu einem Unterdruck während im Haus und unter dem Schirm Normaldruck herrscht. Dieser Unterdruck wiederum führt zu einem kräftigen Sog nach oben, der so stark sein kann, dass dadurch sogar Häuser abgedeckt werden. Dem Schweizer Mathematiker Daniel Bernoulli (1700 - 1782) verdanken wir es, dass wir heute funktionierende Fluggeräte aller Art bauen können, denn der Bernoulli-Effekt spielt beim Fliegen eine wesentliche Rolle.