



Anleitung zur

**KNIFFELIX online Experimentierplattform
mit Tragflächen-Rätsel**

www.kniffelix.de

&

**Experimentierkiste
„Warum fliegen Flugzeuge:
Tragflächen & Auftrieb“**

© KINDERFORSCHER AN DER TUHH
www.kinderforscher.de




Lehreranleitung: Warum fliegen Flugzeuge? Tragflächenform und Auftrieb

Ziele der Stunde:


- Selbständig Arbeitsanleitungen umsetzen.
- Zum Ausprobieren und Weiterdenken mithilfe des Versuchsarbeitsblattes heranzuführen.
- Durch einfache Versuche erfahren, wie Luftströmung und Auftrieb zusammenhängen.
- Durch einen Vergleich verschiedener Strömungskörper das Phänomen Auftrieb kennenlernen und eigene Erfahrungen sammeln.
- Dazu anregen, Phänomene aus dem Alltag wahrzunehmen, zu hinterfragen und zu erforschen.


1. Einleitung:

Hinweis: Zum Thema Flugzeuge gibt es zwei Experimentierkisten: diese zu Tragflächenform und Auftrieb und eine weitere zu Schwerpunkt und Flugverhalten. Daher ist die Einleitung zu beiden Themen am Anfang identisch. Wenn Sie das andere Thema bereits behandelt haben, können Sie in dieser Anleitung direkt zum Punkt „Wir wollen heute herausfinden, warum ein Flugzeug fliegen kann“ auf der Mitte der nächsten Seite springen.

 Heute soll sich alles rund um das Thema „Fliegen“ drehen. Wo kann man denn zum Beispiel in Hamburg Flugzeuge sehen oder in der Luftfahrt arbeiten?

- [am Flughafen, bei Airbus, bei Lufthansa Technik, an mehreren Instituten der TUHH und im DLR School Lab](#)

 In Hamburg arbeiten rund 30.000 Menschen im Luftfahrtbereich, und gut ausgebildete Leute sind sehr gesucht. Um Jugendliche für dieses Berufsfeld zu interessieren, wurde das DLR School Lab an der Technischen Universität Hamburg (TUHH) gegründet. Das ist kein Institut, an dem geforscht wird, sondern es wurde extra für Jugendliche entwickelt, die dort Experimente zum Fliegen, zu Strömungen in Luft und Wasser und zum Flugzeugbau durchführen können, um einen Eindruck davon zu bekommen, was Flugzeugbauingenieure tun.

 Warum arbeiten heutzutage noch Forscher am Flugzeugbau? Was könnten die Forscher heutzutage beispielsweise noch erfinden oder verbessern?

[An der TUHH untersuchen Forscher zum Beispiel:](#)

- [Wie können Flugzeuge noch zuverlässiger und sicherer konstruiert werden?](#)

- Wie können neue Flugzeuge mit Hilfe von Computerprogrammen entwickelt werden, damit sie z.B. weniger Treibstoff verbrauchen? Dazu gehören sehr viele Berechnungen sowie unterschiedliche Teile, die zueinander passen müssen, und vieles andere mehr.
 - Wie kann der Lärm im Flugzeug oder der Lärm, der von diesem ausgeht, verringert werden?
- F** Flugzeuge sind sehr schwer. Viele Menschen finden in ihnen Platz und können mit ihnen gleichzeitig transportiert werden. Was hält das Flugzeug also in der Luft? (Vorschläge sammeln: Es geht darum, wie die Luft die Tragflächen umströmt und um den dadurch entstehenden Auftrieb.)
- F** Welche Art von Flugobjekten habt ihr schon einmal am Himmel gesehen? Flugzeug, Segelflugzeug, Hubschrauber, Heißluftballon, Zeppelin, Fallschirm
- F** Wie unterscheiden sie sich? (schnelle/langsame Vorwärtsbewegung, Luft wird/wird nicht erwärmt, mit/ohne Motor)
- F** Wir wollen heute herausfinden, warum ein Flugzeug fliegen kann. Alle Flugzeuge haben Tragflächen. Wie müssen diese geformt sein? Um zu sehen, was diese so besonders macht, bauen wir Tragflächen aus Papier und versuchen, sie in einer Luftströmung, die wir mit einem Föhn erzeugen, fliegen zu lassen. Die Form der Tragfläche ist sehr wichtig.

2. Versuche:

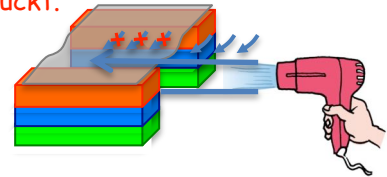
Die Gruppentische sind für sechs Gruppen mit jeweils 4-5 Schülern laut Materialliste vorbereitet. Je nach Zeit und Kenntnisstand der Schüler können nur Versuch 1 oder nur die Versuche 2 und 3 oder alle Versuche durchgeführt werden. Die drei Versuche können an einem Tag oder an drei verschiedenen Tagen gemacht werden. Für Versuch 3 benötigt man die in Versuch 2 gebastelten Materialien. Die Gruppe kann alternativ auch differenziert werden: Jede Gruppe führt entweder Versuch 1 oder die Versuche 2 und 3 durch.

- F** **Versuch 1:** Die Schüler sollen erkennen, dass Papier schwerer als Luft ist und deshalb nicht fliegt. Papier sinkt aber langsamer zu Boden, wenn es ausgebreitet ist, als wenn es geknüllt wurde. (Die Gewichtskraft ist bei beiden Papieren gleich, aber der Luftwiderstand unterschiedlich groß.)

Zusätzlich lassen die Schüler Luft über ein Blatt Papier strömen. Das Blatt wird vom Luftstrahl angesogen, bewegt sich also zum Luftstrahl hin. Dies lässt sich durch das Mitreißen von Luftteilchen erklären, das auf der Rückseite vom Stationsblatt erläutert ist. Vielfach findet man als Erklärung den

Bernoulli-Effekt: Schnelle Strömung erzeugt Unterdruck, dadurch wird das Papier angesaugt. Doch so einfach gilt das nicht, denn wenn man unter dem Papier pustet, wird das Papier nicht angesaugt, sondern hochgepustet, also weggedrückt.

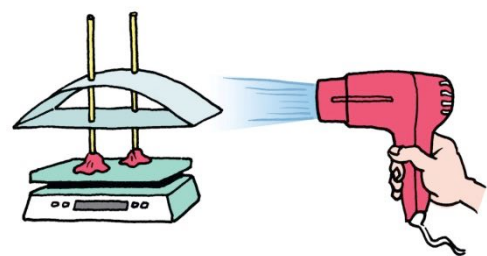
- F** Wenn genügend Zeit ist, kann auch beim Zusatzversuch 1.3 die Saugwirkung von Luftströmungen beobachtet werden.



- F** **Versuch 2 und 3:** Zeigen das physikalische Phänomen „Auftrieb“. Jede Gruppe bastelt 3 Tragflächen, die dann mit dem Föhn erprobt werden. Sie könnten sich die Arbeit aufteilen, indem zwei Kinder die gewölbte Tragfläche basteln, die etwas schwieriger ist und jeweils ein Kind die flache Tragfläche (sehr leicht) und das Dreiecksprofil (etwas schwieriger). Bei der Versuchsdurchführung soll das Holzstück als Fuß dienen. Die Tragflächen sollen sich an den Fäden, die mit den Händen senkrecht nach oben gespannt werden, frei auf und ab bewegen können. Dies sollte durch ein Hochschieben der Tragfläche mit der Hand überprüft werden, bevor der Föhn eingesetzt wird.
- F** Die Schüler können gerne noch eigene Tragflächen entwickeln und ausprobieren, z. B. die Tragfläche am Ende hochknicken wie bei den ganz modernen Flugzeugen!
- F** **AUFTEILUNG AUF 2 TAGE:** Tag 1: Versuch 1 und ggf. mit Versuch 2 beginnen. Tag 2: Versuch 2 (ggf. fertigstellen) und Versuch 3

- F** **Wenn noch Zeit bleibt:**

Der Auftrieb kann mit Hilfe einer Küchenwaage auch gemessen werden. So können z. B. die Tragflächen der verschiedenen Gruppen untereinander verglichen werden. Dazu wird die Tragfläche auf eine Küchenwaage gestellt.



Anstatt das Holzstück als Fuß zu verwenden, werden die Strohhalme der Tragfläche in Knete gedrückt, die auf der Waage liegt. Nun wird Tara gedrückt, damit die Waage 0 anzeigt. Sobald der Föhn auf die Tragfläche gerichtet wird, zeigt die Waage negative Werte an. Das gemessene Gewicht wird durch den Auftrieb reduziert. So kann abgelesen werden, welche Tragfläche einen besonders starken Auftrieb erzeugt.

3. Nachbesprechung:

F Wie seid ihr mit der Arbeitsanleitung klargekommen?

F Wann entstehen Luftströmungen?

- Durch Wind, Pusten, einen Föhn, ...
- Immer wenn sich ein Gegenstand in der Luft bewegt, entstehen Luftströmungen.

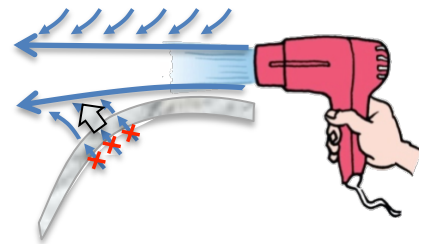
F Entstehen Luftströmungen auch im Vakuum?

- Nein, im Vakuum gibt es keine Luft.

F Bläst man ÜBER ein nach unten hängendes Blatt Papier, werden sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite des Luftstroms Luftteilchen mitgerissen. Weil auf der Unterseite keine Luft nachströmen kann, da das Papier keine Luft durchlässt, entsteht unterhalb des Luftstroms ein Unterdruck.

F Wohin bewegt sich ein Blatt Papier wenn über dem Papier ein schneller Luftstrom entlang strömt?

- Durch den Unterdruck auf der Papieroberseite bewegt sich das Papier nach oben.



F Wohin bewegt sich ein Blatt Papier wenn UNTER dem Papier ein schneller Luftstrom entlang strömt?


- Wenn der Föhn UNTER dem Papier pustet, so drückt die Luft das Papier nach oben.

F WER ES GANZ GENAU ERKLÄREN WILL: Zu Stundenbeginn haben wir besprochen, dass es verschiedene Flugobjekte gibt, Wodurch können all diese jeweils fliegen?

- Jeder fliegende Körper benötigt eine Auftriebskraft, die den Körper nach oben zieht. Diese Kraft ist der Gewichtskraft entgegengesetzt, welche ihn zur Erde zieht. Die Auftriebskraft kann auf verschiedene Weisen erzeugt werden. Ein Heißluftballon fliegt, da der Ballon durch das Verbrennen eines Gases mit heißer Luft gefüllt wird. Diese ist leichter (genauer gesagt: hat eine geringere Dichte) als die kalte Luft der Umgebung. Sie steigt daher auf und nimmt den Heißluftballon mit nach oben.
- Ein Hubschrauber besitzt Rotorblätter, die Auftrieb erzeugen, wenn Luft schnell um sie herumströmt. Wenn er seine Rotorblätter immer schneller dreht, erzeugt er sich so seine Luftströmung selbst.

 Warum fliegt ein Flugzeug?

- Ein Flugzeug besitzt starre Tragflächen, die es nicht bewegen kann. Es braucht Propeller oder Düsentriebwerke, die dafür sorgen, dass sich das Flugzeug schnell vorwärtsbewegt. Dadurch umströmt der Fahrtwind die Tragflächen, die dann Auftrieb erzeugen und dadurch dafür sorgen, dass das Flugzeug abhebt bzw. in der Luft bleibt. (Daher muss man auch beim Versuch den Föhn von vorn an die Tragflächen halten und nicht von unten!)

 Woher kommt der Auftrieb? (entweder erklären oder gemeinsam mit den Schülern die Wissensbox lesen bzw. die Bilder dort nutzen)

Wie wir beim Experimentieren mit dem Föhn festgestellt haben, liegt das Geheimnis in der **Form der Tragflächen** und darin, dass sie schräg zur Luftströmung gestellt werden. Die gewölbte Form der Tragfläche sorgt dafür, dass sich die Luftströmung an die Tragfläche anschmiegt, und die Schrägstellung bewirkt, dass die waagerechte Luftströmung nach unten umgelenkt wird. Um die Richtung der Luftströmung so zu verändern, muss die Tragfläche eine große Kraft auf die Luft ausüben. Das können wir uns vielleicht nicht vorstellen, denn wenn wir an einem schönen Tag, wo sich die Luft kaum bewegt, ein Flugzeug am Himmel sehen, meinen wir, es kann nicht viel Kraft kosten, Luft zu bewegen. Die Tragfläche aber erfährt den Fahrtwind und kämpft dagegen an. Damit kein luftleerer Raum hinter der Tragfläche entsteht, zieht sie die Luft über der Tragfläche kräftig nach unten. Außerdem drückt sie auch die Luft unter der Tragfläche nach unten. Wie ein berühmter Forscher namens Newton herausfand, gibt es aber keine Kraft ohne Gegenkraft, das heißt:

Da die Tragfläche eine Kraft nach unten auf die Luft ausübt, übt die Luft eine ebenso große Kraft nach oben auf die Tragfläche aus. Daher kommt der Auftrieb.

Dasselbe Prinzip ist übrigens auch bei Segelschiffen zu finden. Hier ist es das Segel, das vom Wind angeströmt wird. Entsprechend zum AUFTRIEB bei Flugzeugen, gibt es beim Segeln einen VORTRIEB, der das Schiff vorwärtszieht.

 Was sind die wichtigsten Eigenschaften einer Tragfläche?

- Eine Tragfläche sorgt beim Fliegen für den Auftrieb.
- Von unten ist die Tragfläche eben oder leicht nach innen gewölbt. Durch die Neigung der Tragfläche wird die Luft nach unten abgelenkt.

- Die Oberseite ist gewölbt: Die Luft wird auch hier nach unten abgelenkt. Die Wölbung darf nicht zu stark sein und keine Kanten haben, damit eine möglichst ideale Strömung ohne Verwirbelungen entsteht.
- Die Stellung der Tragfläche zur Bewegungsrichtung (Anstellwinkel) spielt eine wichtige Rolle für den Auftrieb. Je stärker die Tragfläche angestellt ist, umso größer ist der Auftrieb, bis die Strömung irgendwann abreißt (zu viel ist also auch schädlich).

4. Wissensbox verteilen (falls sie noch nicht in der Nachbesprechung genutzt wurde).

5. Weiterführende Informationen für Lehrkräfte



Im DLR School Lab werden die SchülerInnen in mehrere Kleingruppen geteilt und arbeiten mit Betreuern an verschiedenen Stationen zu den Themen Fliegen, Luft- und Wasserströmungen und Schallisolierung beim Flugzeugbau. (Übrigens: Das School Lab kann auch zum Thema Schiffe besucht werden!)

Mehr Information über das DLR School Lab unter


<https://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-14003/>
bzw. <https://www.dlr.de/schoollab> > DLR_SchoolLabs > TU Hamburg



Weitere Unterrichtsmaterialien finden Sie auch auf www.skyfuture.de in dem Programm für Schulen „Zukunftsflieger“. (Nachwuchsinitiative mit Wettbewerb des Bundesverbands der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI))



Weitere Experimentierkästen zu den Themen Luft- und Raumfahrt:

-  Fliegt das Flugzeug?: Schwerpunkt und Flugverhalten eines Holz-Schaum-Fliegers (Auch auf Kniffelix)
-  Hubschrauber: Vom Modell zur Zeichnung (Auch auf Kniffelix → Hubschrauber-Rätsel)
-  Das Juri-Magazin Experiment: Bionik & Hubschrauber
-  Das Juri-Magazin Experiment: Raketenantrieb & Weltraum

Materialliste für Lehrer

Warum fliegen Flugzeuge? Tragflächen & Auftrieb

- 1 FOTO-APPARAT (in „Allgemeiner Kiste“, wenn für Projekt geliefert)
- 1 Kiste „Warum fliegen Flugzeuge? Tragflächen & Auftrieb“

- 1x Lehreranleitung mit allen Unterlagen im blauen Schnellhefter
- 25x Schülerarbeitsblatt: „Warum fliegen Flugzeuge_{Auftrieb}“
- 25x Wissensbox: „Warum fliegen Flugzeuge?“
- 6x laminierte Lösung zum Schülerarbeitsblatt: „Warum fliegen Flugzeuge_{Auftrieb}“
- 3 unterschiedliche fertige Mustertragflächen (flache, gewölbte, Dreiecksprofil)

Jede der sechs Gruppen: (4-5 Kinder):

(Es sind genügend Tragflächenausschneidebögen und Strohhalm da, dass alle Kinder in der Gruppe alle Tragflächen basteln können. Die besten können dann mit dem Föhn erprobt werden.)

Für Versuch 1:

- 1 laminierte Anleitung zu Versuch 1
- 2 kleine Bögen Papier (DIN A6)
- 2 DIN A4-Blätter Papier (80g Papier)
- 1 Föhn mit verjüngendem Vorsatz
- 2 Stapel Bücher, je mind. 3 cm hoch (oder z.B. 2 Packungen Kopierpapier, oder ähnliches)

Für Versuch 2+3:

- 1 laminierte Anleitung jeweils zu Versuch 2 und 3
- 1 Vorlagebogen jeweils zum Basteln der flachen Tragfläche, gewölbten Tragfläche und des Dreiecksprofils
- 3 Trinkhalme ohne Knick mit 5 mm Durchmesser (oder Knick abschneiden)
- 1 vorbereitetes Holzstück mit 2 Fäden, an denen Strohhalm zum leichteren Auffädeln befestigt sind
- 1 Tesafilm
- 1 Föhn (aus Versuch 1)
- 1 Lochzange
- 1 Schere

Wenn noch Zeit bleibt: (Material für die gesamte Großgruppe):

- 1 digitale Küchenwaage
- Knete
- Extra Papier für selbst entwickelte Tragflächen
- Extra Strohhalm für selbst entwickelte Tragflächen

**Roter Text = nicht in Experimentierkiste, muss selbst gestellt werden
(ein Stapel Bücher reicht auch, wenn sich die Gruppen abwechseln)**

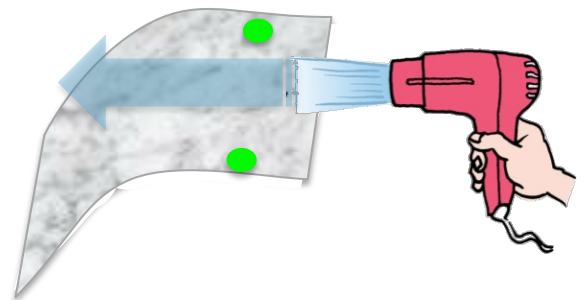
Anleitung Versuch 1 Luftwiderstand, Luftströmung & Auftrieb

1. Du hast zwei gleich große und gleich schwere Blätter Papier. Knülle eines davon zu einer Kugel und lasse dann beide aus derselben Höhe fallen. Was beobachtest du? Welches braucht länger bis zum Landen? Warum?

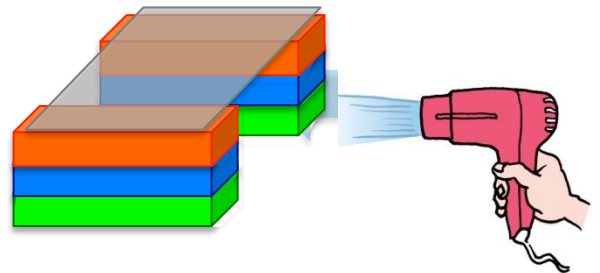


2. Was meinst du, was passiert, wenn man mit dem Mund oder einem Föhn ÜBER einem Blatt Papier pustet?

Halte ein Blatt Papier an seiner kurzen Seite fest (an den grünen Punkten auf der Zeichnung) und puste glatt ÜBER dem Papier, wie es der Föhn in der Zeichnung macht. Was beobachtest du?



3. **Zusatzversuch:** Was beobachtest du, wenn du mit einem Föhn durch einen Tunnel, der aus zwei Bücherstapeln und einem Blatt Papier als Tunneldeckel besteht, pustest? Warum? Verändere dabei mal die Buchabstände, die Höhe des Föhns und den Abstand des Föhns vor dem Tunnel.



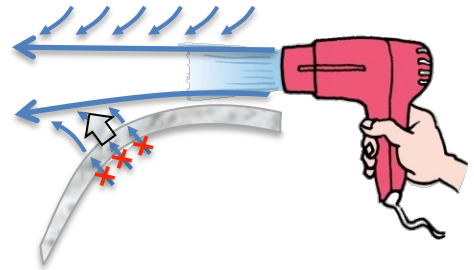
Gut zu wissen!

F Immer wenn sich ein Gegenstand in der Luft bewegt, entstehen Luftströmungen. Bewegt sich ein Gegenstand im Vakuum, also im luftleeren Raum, so entstehen diese nicht.

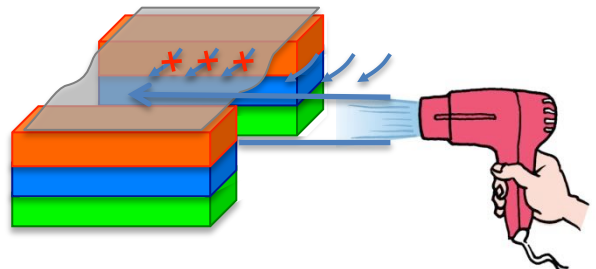
F Ein flaches Blatt fällt langsamer als ein geknülltes, da es durch seine größere Fläche mehr Luftwiderstand hat.

F Luftströmungen reißen ruhende Luft mit sich.

F Bläst man ÜBER ein nach unten hängendes Blatt Papier, werden sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite des Luftstroms Luftteilchen mitgerissen (kleine blaue Pfeile). Da auf der Unterseite keine Luft nachströmen kann (rote Kreuzchen), da das Papier keine Luft durchlässt, entsteht unterhalb des Luftstrahls ein Unterdruck. Dieser Unterdruck saugt das Papier nach oben (dicker grauer Pfeil).



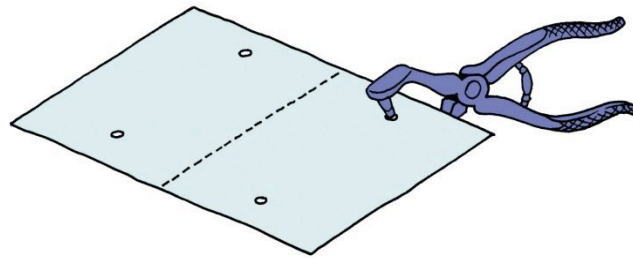
F Beim Tunnelversuch wird das Blatt nach unten gesaugt, da auch hier die Föhnluft Luftteilchen in der Nähe mitreißt. Da im Tunnel nicht genügend Luft nachströmen kann, entsteht ein Unterdruck, der das Papier nach unten saugt. (Auch die Bücher spüren diesen Unterdruck, sind aber zu schwer, daher bewegen sie sich nicht.)



Versuch 2

Drei unterschiedliche Tragflächen herstellen

Loche das Papier bei den aufgezeichneten Kreisen mit der Lochzange.

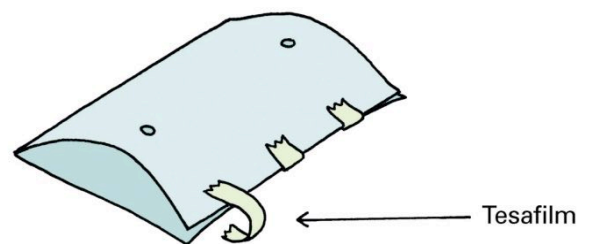


1) Flache Tragfläche herstellen

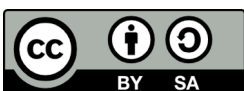
1. Falte das Papier an der Strichlinie.
2. Klebe die lange offene Seite mit Tesafilm zu.

2) Gewölbte Tragfläche herstellen

1. Falte das Papier an der Strichlinie.
2. Lege die längere Seite nach oben. Schiebe sie vorsichtig zurück, so dass das längere Ende sich wölbt (nicht knicken!).
3. Wenn es auf das andere Ende trifft, klebe die beiden Kanten mit Tesafilm zusammen. Lass dir dabei helfen, wenn es alleine schwierig ist.



- Weiter auf Seite 2 -

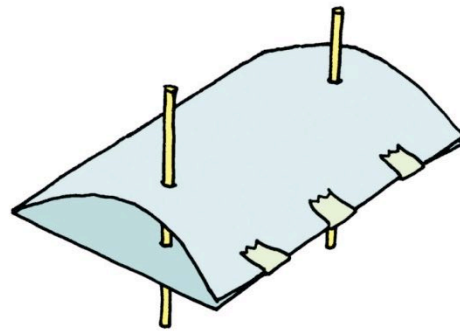
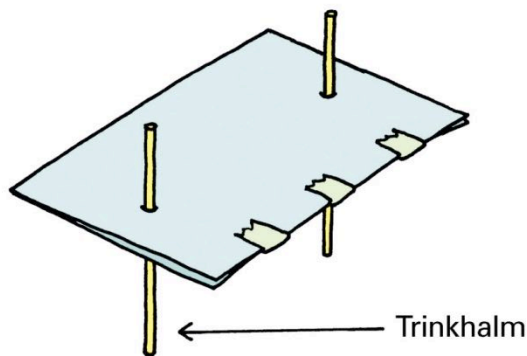


„Anleitung Versuch 2“ im Tragflächen Rätsel von KINDERFORSCHER AN DER TUHH (www.kniffelix.de) steht unter der Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

Für eine Kopie dieser Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

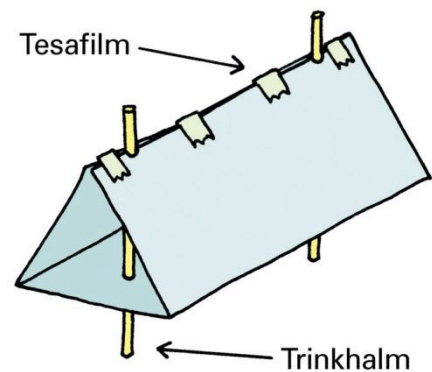
3) Tragflächen auf Trinkhalme stecken

1. Schneide zwei Trinkhalme in der Mitte durch.
2. Stecke bei beiden Tragflächen durch jedes Loch ein Trinkhalmsstück und befestige es mit etwas Tesafilm.



4) Dreiecksprofil herstellen

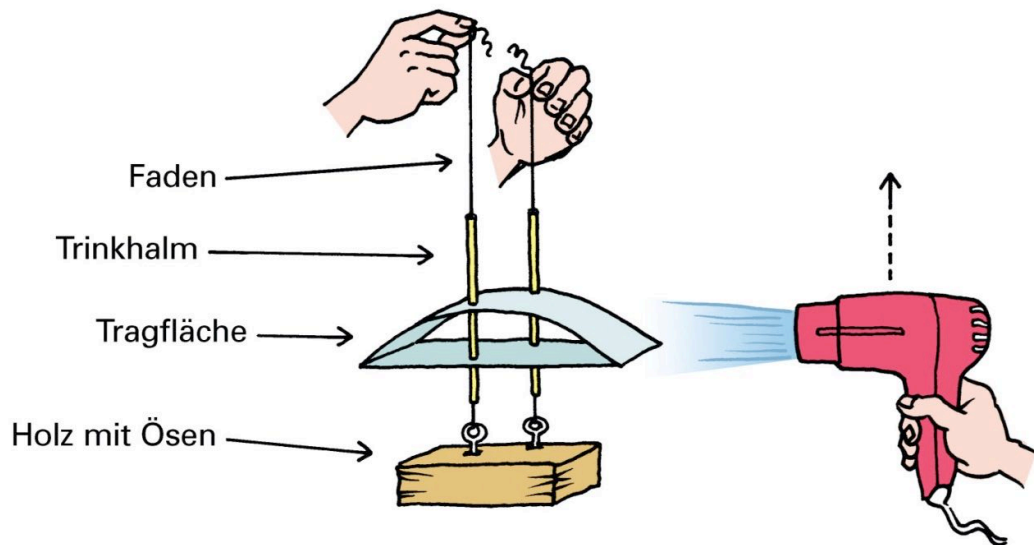
1. Falte das Papier an den Strichlinien. Klebe es mit Tesafilm zusammen, so dass eine Dreiecksform entsteht.
2. Stecke durch jedes Loch der Tragfläche einen halben Trinkhalm und befestige ihn mit etwas Tesafilm.



Versuch 3

Auftrieb von drei unterschiedlichen Tragflächen prüfen

1. Wählt eine Tragfläche aus. Bei der gewölbten Tragfläche muss die flache Seite nach unten zeigen!
2. Fädelt durch jeden der beiden Strohhalm je einen Faden vom Holzstück. Einer von euch hält nun beide Fäden straff senkrecht nach oben.
3. Ein anderes Kind schaltet den Föhn ein und bläst die Tragfläche von vorne (nicht von unten!) an. Bewege den Föhn LANGSAM aufwärts. Wie verhält sich die Tragfläche?



4. Wiederholt den Versuch mit allen 3 Formen! Untersucht, welche Tragfläche mit nach oben steigt, wenn ihr den Föhn aufwärtsbewegt: die flache, die gewölbte oder die spitze?
5. **Zusatzversuch:** Was ändert sich, wenn ihr leicht von unten gegen die Tragflächen pustet?

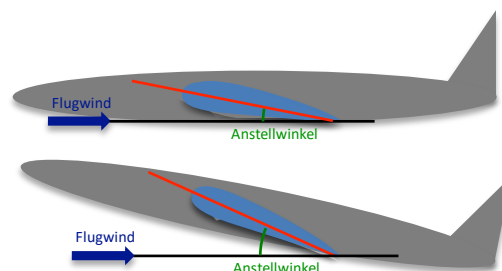
Gut zu wissen!

- F** Nur mit der richtigen Form steigt eine Tragfläche, die von vorn angeströmt wird, nach oben. Sie muss oben gewölbt sein und unten flach oder leicht nach innen gewölbt.

Eine genaue Erklärung, warum beim Anpusten von vorn nur die gewölbte Tragfläche nach oben steigt, findest du in der Wissensbox, die du am Ende der Stunde bekommst.

- F** **Zum Zusatzversuch:** Wenn du schräg von unten gegen die gewölbte Tragfläche pustest, steigt sie besser nach oben. Auch die anderen Tragflächen kannst du so zum Steigen bringen.

Leider kann sich ein Pilot nicht wünschen, dass der Wind von unten kommt, aber durch die Neigung des Flugzeugs mit Hilfe des Höhenruders kann er dafür sorgen, dass der Wind die Tragflächen mehr von unten anströmt.



Bei größerem Anstellwinkel hat das Flugzeug mehr Auftrieb. Es steigt.

- F** Bei einem richtigen Flugzeug sind die Tragflächen etwas schräg gestellt. Dadurch wird der Auftrieb vergrößert.

Die Stärke der Auftriebskraft ist abhängig von:

- Der Flügelform: Einige Flügel sind bessere Heber als andere.
- Der Flügelgröße: Große Flügel erzeugen mehr Auftrieb als kleine.
- Der Geschwindigkeit: Je schneller die Luftströmung, desto stärker der Auftrieb.
- Dem Anstellwinkel der Flügel: Winkel zwischen der Tragfläche und der Luftströmung.

- F** Weitere Informationen findest du unter: www.luftfahrtarchiv.eu

Flache Tragfläche



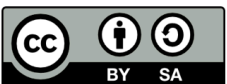
knicken



Flache Tragfläche



knicken



Gewölbte Tragfläche

Gewölbte Tragfläche

knicken

knicken



Dreiecksprofil

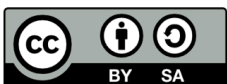
knicken

knicken

Dreiecksprofil

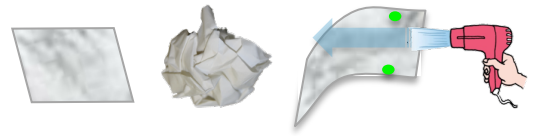
knicken

knicken



Arbeitsblatt: Warum fliegen Flugzeuge? (Auftrieb)

Versuch 1: Luftwiderstand & Auftrieb



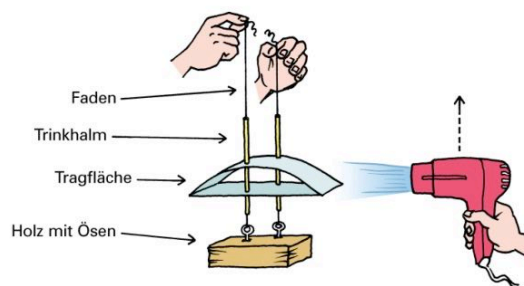
Du hast zwei gleich große und gleich schwere Blätter Papier. Knülle eines davon zu einer Kugel und lasse dann beide aus derselben Höhe fallen. Was beobachtest du?

Welches braucht länger bis zum Landen? Warum? _____

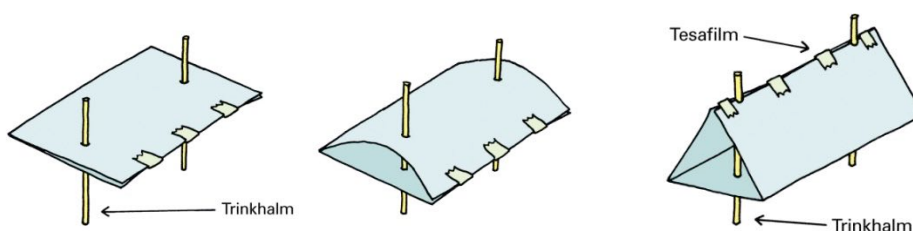
Wenn Luft schnell über ein gebogenes Blatt Papier strömt, in welche Richtung bewegt sich das Blatt Papier? Warum? _____

Versuch 2 & 3:

Auftrieb von drei unterschiedlichen Tragflächen prüfen



Welche Tragfläche steigt mit nach oben, wenn du den Föhn aufwärtsbewegst: die flache, die gewölbte oder die spitze? _____



Arbeitsblatt: Warum fliegen Flugzeuge? (Auftrieb) LÖSUNG

Versuch 1: Luftwiderstand & Auftrieb



Du hast zwei gleich große und gleich schwere Blätter Papier. Knülle eines davon zu einer Kugel und lasse dann beide aus derselben Höhe fallen. Was beobachtest du?

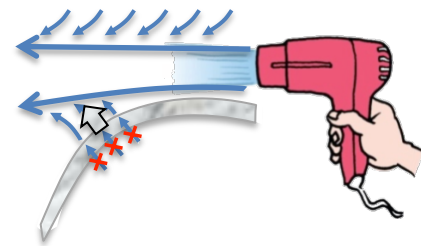
Das flache Blatt fällt langsamer als das geknüllte Papier.

Welches braucht länger bis zum Landen? Warum?

Das flache Blatt fällt langsamer, da es durch seine größere Fläche mehr Luftwiderstand hat. (Im Vakuum würden beide Blätter gleich schnell fallen, denn da gibt es keine Luft, also auch keinen Luftwiderstand.)

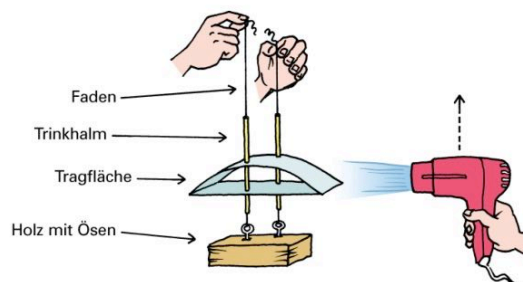
Wenn Luft schnell über ein gebogenes Blatt Papier strömt, in welche Richtung bewegt sich das Blatt Papier? Warum?

Wenn der Luftstrahl über das nach unten gebogene Papier strömt, werden sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite Luftteilchen mitgerissen. Da auf der Unterseite keine Luft nachströmen kann, weil das Papier keine Luft durchlässt, entsteht unterhalb des Luftstrahls ein Unterdruck, der das Papier nach oben saugt.

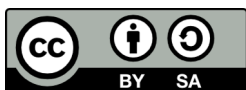
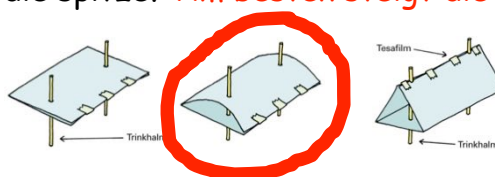


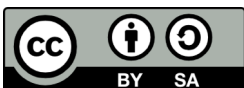
Versuch 2 & 3:

Auftrieb von drei unterschiedlichen Tragflächen prüfen



Welche Tragfläche steigt mit nach oben, wenn du den Föhn aufwärtsbewegst: die flache, die gewölbte oder die spitze? Am besten steigt die gewölbte Tragfläche.





„Anleitung Schaumstoff-Holz-Flieger“ im Flugzeug Rätsel von Kinderforscher an der TUHH
(www.kniffelix.de) steht unter der Creative Commons Namensnennung - Weitergabe unter gleichen
Bedingungen 4.0 International Lizenz.
Für eine Kopie dieser Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Wissensbox: Warum fliegen Flugzeuge?

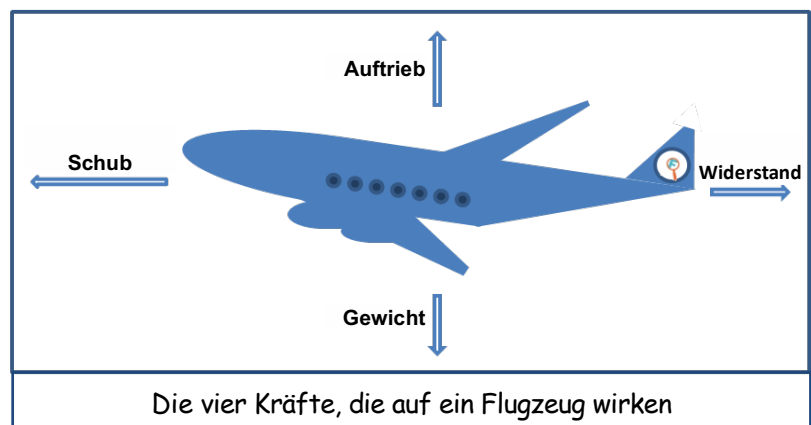
Dass Flugzeuge fliegen können, ist gar nicht so leicht zu begreifen, denn ihr Gewicht zieht sie ja zur Erde. Damit sie fliegen können, muss es eine Kraft geben, die dieser Gewichtskraft entgegenwirkt, die das Flugzeug also nach oben zieht. Diese Kraft nennt man **Auftriebskraft**.

Wo kann ich die Auftriebskraft der Luft spüren?



Dass Luft Kraft hat, kannst du dir an einem windstillen Tag kaum vorstellen, aber bei einem Sturm merkst du es. Die Kraft des Windes kannst du aber auch spüren, wenn es zwar windstill ist, aber du dich schnell bewegst, z. B. wenn du beim Autofahren wie abgebildet die Hand aus dem Fenster hältst. Dann spürst du zwei Kräfte, die auch beim Fliegen wichtig sind: **den Luftwiderstand**, der die Hand nach hinten drückt und **den Auftrieb**, der die Hand nach oben drückt.

Solchen Fahrtwind brauchen auch Flugzeuge. Durch Düsen oder Propeller wird der **Schub** erzeugt, der das Flugzeug vorwärtsbewegt. Durch diese Vorwärtsbewegung entsteht Fahrtwind, der die Tragflächen umströmt. Diese erzeugen dann den **Auftrieb**, sorgen also dafür, dass aus einer Vorwärtsbewegung eine Aufwärtsbewegung wird.

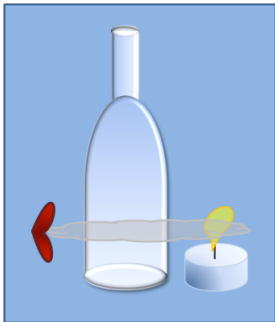


Wie können die Tragflächen Auftrieb erzeugen?

Wie du beim Experimentieren mit dem Föhn feststellen konntest, liegt das Geheimnis in der **Form dieser Tragflächen**. Sie sind meist oben leicht gewölbt, unten flach oder nach innen gewölbt und werden etwas schräg zur Luftströmung gestellt.

- Weiter auf Seite 2 -

Warum ist die Wölbung wichtig?



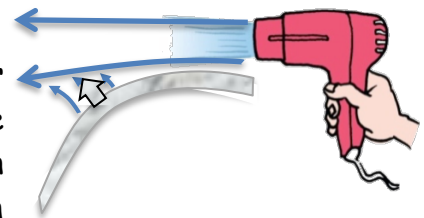
Um das zu verstehen, probiere, eine Kerze, die hinter einer Flasche steht, auszublasen. Du merkst:

Wenn Luft gewölbte Gegenstände umströmt, ändert sie ihre Richtung, sie schmiegt sich der Wölbung an.

Wichtig ist, dass die Krümmung nicht zu stark ist, sonst strömt die Luft geradeaus weiter und hinter der Krümmung bilden sich Luftwirbel.

Beim Pusten über ein nach unten hängendes Papier kannst du eine weitere Erkenntnis machen:

Strömende Luft übt Kraft aus. Dadurch dass sich der Luftstrom nicht völlig frei im Raum bewegt, sondern die Luft in der Nähe des Papiers mitreißt, entsteht ein Unterdruck, also eine saugende Kraft, die das Papier nach oben zieht.



Beim Fliegen werden die zwei oben genannten Erkenntnisse („Luftströmungen schmiegen sich an gewölbte Flächen an“ und „Strömende Luft übt Kraft aus“) kombiniert. Die Tragfläche steht beim Fliegen schräg, wodurch die Luft sich anschmiegt und nach unten gebogen wird. Hierbei übt die Tragfläche eine große Kraft auf die Luft aus. Das können wir uns vielleicht nicht vorstellen, denn wenn wir an einem schönen Tag, wo sich die Luft kaum bewegt, ein Flugzeug am Himmel sehen, meinen wir, es kann nicht viel Kraft kosten, Luft zu bewegen. Die Tragfläche aber erfährt den Fahrtwind und kämpft dagegen an. Damit kein luftleerer Raum hinter der Tragfläche entsteht, zieht sie die Luft über der Tragfläche kräftig nach unten. Außerdem drückt sie auch die Luft unter der Tragfläche nach unten. Wie ein berühmter Forscher namens Newton herausfand, gibt es aber keine Kraft ohne Gegenkraft, das heißt:

Da die Tragfläche eine Kraft nach unten auf die Luft ausübt, übt die Luft eine ebenso große Kraft nach oben auf die Tragfläche aus.

Daher kommt der Auftrieb.

- Weiter auf Seite 3 -

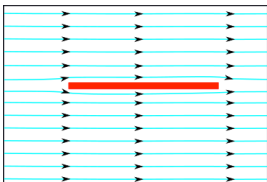
Beispiel für Newtons Gesetz von der Kraft und der Gegenkraft:

Wenn zwei Boote nebeneinander auf dem Wasser liegen und jemand aus dem einen Boot stößt sich von dem anderen Boot ab, so fahren beide Boote in entgegengesetzte Richtungen auseinander. Drückt sich jemand in einem Boot vom Steg ab, so fährt nur das Boot, aber auch der Steg spürt die Kraft, nur bewegt er sich nicht, weil er im Boden verankert ist.

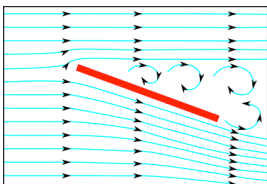
Vielleicht wirst du andere Erklärungen finden, warum Flugzeuge fliegen. Manche sagen nur, dass über der Tragfläche ein Unterdruck entsteht, der das Flugzeug wie ein Staubsauger nach oben saugt, während darunter ein Überdruck entsteht, der das Flugzeug zusätzlich nach oben drückt. Wir haben hier versucht, dir auch zu erklären, wodurch dieser Unterdruck entsteht.

Für den Superforscher: Manchmal wird behauptet, die Luft, die über der Tragfläche strömt, muss gleichzeitig mit der Luft, die unter der Tragfläche strömt, am Ende der Tragfläche ankommen und muss sich deshalb beeilen, weil sie den längeren Weg hat. Doch es gibt keinen Grund für diese Behauptung. Tatsächlich kommt die Luft, die über der Tragfläche strömt, sogar noch früher am Ende der Tragfläche an als die Luft, die unter der Tragfläche entlangströmt, obwohl sie den weiteren Weg hat.

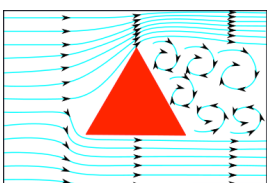
Warum funktionieren die anderen getesteten Tragflächen nicht?



Ist die Tragfläche flach und liegt waagerecht in der Luft, so wird die Luft nicht abgelenkt, es entsteht kein Auftrieb.



Wird sie schräg gestellt, so folgt die Luftströmung nicht der Tragfläche, sondern reißt an der scharfen Oberkante ab und strömt geradeaus weiter, während sich hinter der Kante Luftwirbel bilden. Auf der Unterseite wird die Luftströmung jedoch nach unten abgelenkt, so dass etwas Auftrieb entsteht. Hierdurch können z. B. Drachen fliegen.



Bei der Tragfläche mit Dreiecksprofil wird die Luft unten kaum umgelenkt. An der Oberkante ist der Knick so stark, dass die Luft nicht der Krümmung folgen kann, sondern abreißt und sich Wirbel bilden.