



---

Anleitung zur

**KNIFFELIX online Experimentierplattform  
mit Tragflächen-Rätsel**

[www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de)

**&**

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

© KINDERFORSCHER AN DER TUHH  
[www.kinderforscher.de](http://www.kinderforscher.de)



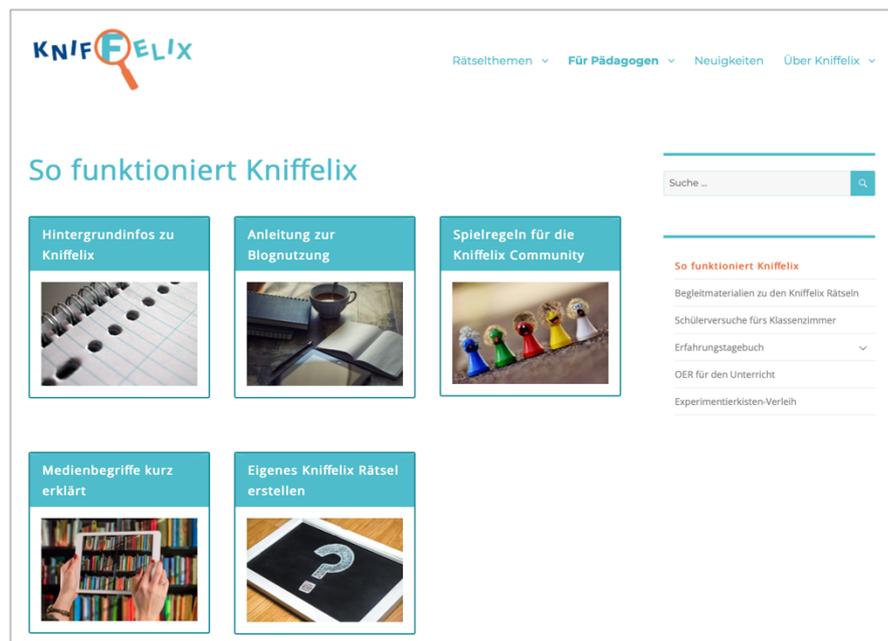


## Anregungen zur Kniffelix Kursstunde

Mit unserer Mitmach-Experimentier-Webseite Kniffelix können die Schüler nun online von ihren Experimentiererlebnissen im KINDERFORSCHER-Kurs berichten, Gelerntes wiederholen und spielerisch ihr Wissen vertiefen. Dabei erwerben sie zugleich mediale Kompetenzen, wie den verantwortungsvollen Umgang mit anderen Nutzern und den eigenen Daten im Internet. Die Kniffelix Seite orientiert sich streng am Jugendschutzgesetz.

Die Kniffelix Webseite ist zu finden unter: [www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de)

Informationen zum Kniffelix Angebot finden Sie auf der Seite „So funktioniert Kniffelix“ unter dem Menüpunkt „Für Pädagogen“. Dort finden Sie auch die „Anleitung zur Blognutzung“, welche Ihnen die Funktionsweise von Kniffelix näherbringt.



The screenshot shows the Kniffelix website with a navigation bar containing 'Rätselthemen', 'Für Pädagogen', 'Neuigkeiten', and 'Über Kniffelix'. The main heading is 'So funktioniert Kniffelix'. Below this are five content tiles: 'Hintergrundinfos zu Kniffelix' (with a grid image), 'Anleitung zur Blognutzung' (with a laptop and coffee image), 'Spielregeln für die Kniffelix Community' (with a group of puppets image), 'Medienbegriffe kurz erklärt' (with a tablet image), and 'Eigenes Kniffelix Rätsel erstellen' (with a question mark on a tablet image). On the right side, there is a search bar and a list of resources under 'So funktioniert Kniffelix', including 'Begleitmaterialien zu den Kniffelix Rätseln', 'Schülerversuche fürs Klassenzimmer', 'Erfahrungstagebuch', 'OER für den Unterricht', and 'Experimentierkisten-Verleih'.

### Vorbereitung zur Kursstunde:

Wenn Sie eine KINDERFORSCHER-Experimentierkiste ohne Projektteilnahme verwenden, können Sie zuerst eine reine Experimentierstunde mit der Kiste machen und in einer separaten Stunde das Kniffelix-Rätsel. Oder, Sie beginnen mit dem Kniffelix-Rätsel und lassen die Kinder die Versuche so machen, wie sie im Rätsel vorkommen. Sie können Kniffelix über einen Beamer oder Smartboard im Klassenraum abbilden oder einen PC-Raum nutzen.

Der Zeitplan in KINDERFORSCHER-**Projekten** ist so angelegt, dass der Kniffelix-Kursstunde eine Experimentierstunde vorausgeht mit dem Versuch, der zum Kniffelix-Rätselthema passt. In der danach folgenden Kniffelix-Stunde können sich die Schüler dann online über ihre Erlebnisse beim Experimentieren austauschen. Es empfiehlt sich, die Schülerversuche zu fotografieren (ohne Menschen drauf - siehe Spielregeln!). Denn auf der Kniffelix Webseite können (müssen aber nicht) auch Bilder hochgeladen werden. Diese sollten den Schülern zur Kniffelix-Stunde zur Verfügung stehen (z.B. auf USB-Sticks, Tablets oder Rechnern gespeichert). Für die Schüler ist es toll, wenn sie mit eigenen Geräten Kniffelix erkunden können (z.B. im PC-Pool, dem eigenen Smartphone, einem Tablet Klassensatz oder zu Hause).

**Am allerwichtigsten ist: Stellen Sie sicher, dass eine stabile Verbindung zum Internet besteht und die Webseite auch ohne Probleme genutzt werden kann!**



## Stundengestaltung:

### Baustein A Medieumgang: Worum geht's bei Kniffelix

Zu Beginn der Kursstunde können Sie mit den Kindern das Begrüßungsvideo auf der Startseite schauen. Dieses verrät, worum es bei Kniffelix geht, es soll Aufmerksamkeit und Interesse wecken.

Auf der Startseite befindet sich unter dem Begrüßungsvideo die Box „Mach mit bei Kniffelix“. Wenn man auf „Wie kann ich bei Kniffelix mitmachen?“ klickt, öffnet sich eine Seite mit einer Videoanleitung für Kniffelix. Dort wird den Kindern erklärt, wie die Kniffelix Community funktioniert. Bevor die Kinder in der Community loslegen, sollten Sie mit ihnen noch einmal die „Spielregeln für die Kniffelix Community“ durchgehen. Dies können Sie direkt auf der Kniffelix Seite machen oder Sie drucken sich die PDF im Pädagogen-Bereich (unter „So funktioniert Kniffelix“) aus.

### Baustein B Experimentiererfahrungen austauschen: die Kniffelix Community

Über den Menüpunkt „Rätselthemen“ gelangen Sie zu den Missionsübersichten der einzelnen Rätsel. Zur Gestaltung der Kniffelix-Stunde haben wir folgende Vorschläge:

BEISPIEL-Rätsel: (Es gibt mehr Rätsel-Themen)	Pizza Rätsel	Ketchup Rätsel	Hubschrauber Rätsel	Flugzeug Rätsel
<b>Experimentierkiste</b>	Wie arbeitet ein Forscher am Beispiel „Hefe“?	Ketchup & Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten	Hubschrauber: Vom Modell zur Zeichnung	Warum fliegen Flugzeuge? Schwerpunkt & Flugverhalten
<b>Üben einen Kommentar zu schreiben</b>	Community Auftrag zum Intro			
<b>Fotos vom Versuch auf Kniffelix hochladen</b>	Community Auftrag zu Mission 2 (Auftrag 2)	Community Auftrag zu Mission 2	Community Auftrag zu Mission 3	Community Auftrag zu Mission 2 (Auftrag 2)
<b>Gelerntes wiederholen</b>	Erklär-Video & Quizze zum Experiment bei Mission 3	Erklär-Video & Quizze zum Experiment bei Mission 3	Erklär-Video & Quizze zum Experiment bei Mission 1 (& 2)	Erklär-Video & Quizze zum Experiment bei Mission 2 (Teil 1)
<b>Ausklang der Stunde:</b>	Community Aufträge zu Mission 1, 3 & 5 (Schätzfragen, Lückentext, Memory)	Community Aufträge zu Mission 1 & 3 (Lückentext, vertiefende Recherche)	Community Auftrag zu Mission 1 & 4 (Auftrag 2) (Bezug Freizeit, Memory)	Quizze und Community Auftrag in Mission 2 & 3 (Lückentext, 2 Quizze)

Nach und nach entstehen weitere Rätselthemen auf [www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de), wie es z.B. bereits ein „Erde Rätsel“ aus dem Bereich Biologie gibt, sowie das Thema „Tragflächen“. Sie können ein Vorgehen ähnlich zu dem hier beschriebenen wählen oder die Rätsel einfach komplett und chronologisch bearbeiten. Die Rätsel können natürlich auch ohne Kommentare zu verfassen oder Fotos zu posten bearbeitet werden. Alle Kommentare und Fotos werden auf Einhaltung der Spielregeln vor der Veröffentlichung durch uns überprüft.

Bei Fragen, für Unterstützung oder wenn Sie Anregungen zu Kniffelix geben wollen können Sie uns auch gerne kontaktieren: 040-428784082 oder [gesine.liese@kinderfoscher.de](mailto:gesine.liese@kinderfoscher.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:

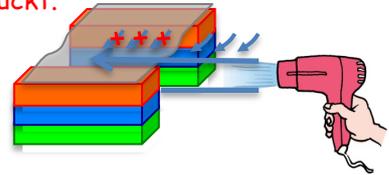
Die Gruppentische sind für sechs Gruppen mit jeweils 4-5 Schülern laut Materialliste vorbereitet. Je nach Zeit und Kenntnisstand der Schüler können nur Versuch 1 oder nur die Versuche 2 und 3 oder alle Versuche durchgeführt werden. Die drei Versuche können an einem Tag oder an drei verschiedenen Tagen 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 hochgepusht, also weggedrückt.

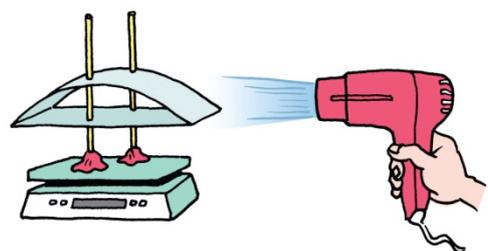
- Wenn genügend Zeit ist, kann auch beim Zusatzversuch 1.3 die Saugwirkung von Luftströmungen beobachtet werden.



- 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.
- Die Schüler können gerne noch eigene Tragflächen entwickeln und ausprobieren, z. B. die Tragfläche am Ende hochknicken wie bei den ganz modernen Flugzeugen!
- AUFTEILUNG AUF 2 TAGE:** Tag 1: Versuch 1 und ggf. mit Versuch 2 beginnen. Tag 2: Versuch 2 (ggf. fertigstellen) und Versuch 3

**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 Strohhalm 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.

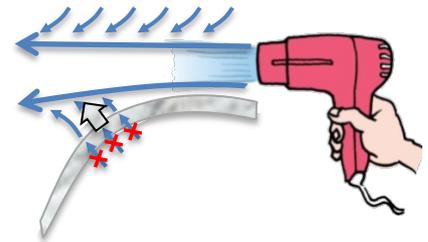
**F** Entstehen Luftströmungen auch im Vakuum?

- 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).

**F** Wissensbox verteilen (falls sie noch nicht in der Nachbesprechung genutzt wurde). Bei jüngeren Kindern, denen das Lesen schwerfällt, kann auch nur Seite 1 und 2 der Wissensbox verteilt werden. (Seite 3 und 4 dann einfach weglassen)

#### 4. Weiterführende Informationen für Lehrer



Im DLR School Lab werden die SchülerInnen in mehrere Kleingruppen geteilt und arbeiten mit Betreuern an verschiedenen Stationen zu den Themen Luft- und Wasserströmungen und Fliegen. Mehr Information über das DLR School Lab unter <https://www.dlr.de/schoollab> > DLR\_SchoolLabs > TU Hamburg

Weitere Unterrichtsmaterialien zum Thema Luft- und Raumfahrt finden Sie auch auf [www.zukunftsflieger.de](http://www.zukunftsflieger.de) (Nachwuchsinitiative des Bundesverbands der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI))

Weitere KinderForscher Experimentierkisten zu den Themen Luft- und Raumfahrt:

- F** Warum fliegen Flugzeuge? Schwerpunkt (Auch auf Kniffelix.de)
- F** Hubschrauber: Vom Modell zur Zeichnung (Auch auf Kniffelix.de → Hubschrauber-Rätsel)
- F** Das Juri-Magazin Experiment: Bionik & Hubschrauber
- F** Das Juri-Magazin Experiment: Raketenantrieb & Weltraum

[www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de)

Berufe/Studienorientierung Für Pädagogen Neuigkeiten Über Kniffelix

Wissenschaftliche knifflige Alltagsrätsel!

Willkommen bei **Kniffelix.de** **ALLTAG**

Wissenschaft & Forschung für alle ab 8 - 99+ Jahre

Ein Mitmachangebot der **TUHH** (Technische Universität Hamburg)

Unser Alltag bietet spannende Ausgangsthemen, um selbst Wissenschaft zu erproben und zu verstehen. Wähle anhand der Themen unten, was dich am meisten interessiert! Vom Einstieg in das Thema über Experimente mit Alltagsmaterial wirst du dann viel spielerisch lernen können und spannende Menschen, die in diesen Bereichen arbeiten, kennenlernen!

Für Interessierte gibt es zusätzliche „Community Aufgaben“, bei denen du dich beteiligen kannst. Die Beiträge werden von uns geprüft und moderiert, sodass du dich dabei sicher fühlen kannst. Mehr Infos dazu sowie die Spielregeln hier für stehen unter den Themen.

Klicke auf das Bild oben, um den Begrüßungsfilm zu starten!

Informationen zum Kniffelix-Angebot

WIR SIND AUSGEZEICHNET:

**STARK** SEITENSTARK-GÜTESEGEL DIGITALE KINDERMEDIEEN

Kinderrechten

Das sind die Kniffelix-Rätsel für Einsteiger:

 <b>Pizza:</b> Hefe, Enzyme, Bioverfahrenstechnik	 <b>Erde:</b> Bodenarten, Wasserspeicherung	 <b>Flugzeug:</b> Schwerpunkt, Kräfte am Flugzeug
 <b>Ketchup:</b> Fließverhalten, Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten	 <b>Hubschrauber:</b> 2D- und 3D-Zeichnen, räumliche Vorstellung	 <b>Tragflächen:</b> Luftwiderstand, Luftströmungen, Auftrieb

## Materialliste für Lehrer

### Warum fliegen Flugzeuge? Tragflächen & Auftrieb

- 1 Kiste „Warum fliegen Flugzeuge? Tragflächen & Auftrieb“
- 1x Lehreranleitung mit allen Unterlagen im blauen Schnellhefter
- 25x Schülerarbeitsblatt: „Warum fliegen Flugzeuge<sup>Auftrieb</sup>“
- 25x Wissensbox: „Warum fliegen Flugzeuge?“  
**Bei jüngeren Kindern, denen das Lesen schwerfällt, kann auch nur Seite 1 und 2 der Wissensbox verteilt werden. (Seite 3 und 4 dann einfach weglassen)**
- 6x laminierte Lösung zum Schülerarbeitsblatt: „Warum fliegen Flugzeuge<sup>Auftrieb</sup>“
- 3 unterschiedliche fertige Mustertragflächen (flache, gewölbte, Dreiecksprofil)

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

(Es sind genügend Tragflächenausschneidebögen und Strohhalme 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)**



# Stationsblatt Versuch 1

## Luftwiderstand, Luftströmung & Auftrieb

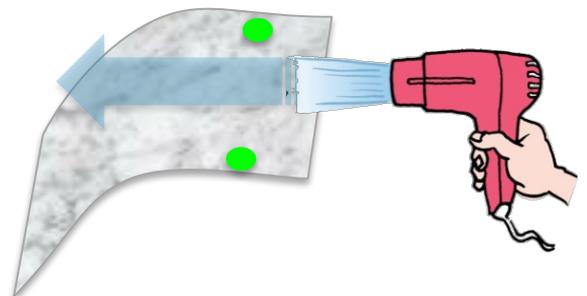
(Erklärungshilfe auf der Rückseite)

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?



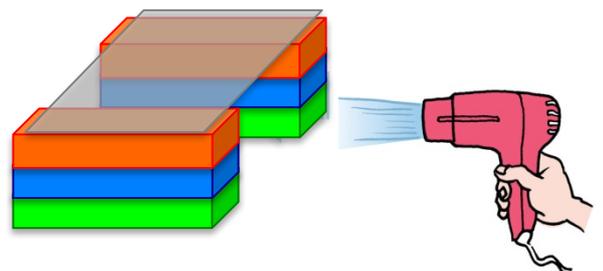
2. Was meinst du, was passiert, wenn man mit dem Mund oder einem Föhn ÜBER einem Blatt Papier pustet?

- a. 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?



- b. Wiederhole den Versuch mit einem Föhn und probiere auch, was passiert, wenn du auf der Unterseite des Papiere pustest.

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.



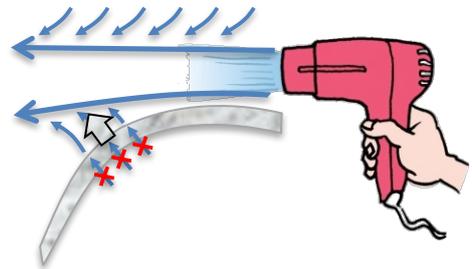
## Gut zu wissen!

**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.

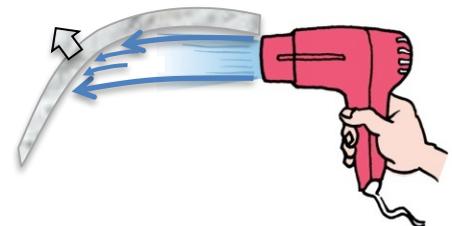
**F** Ein flaches Blatt fällt langsamer als ein geknülltes, da es durch seine größere Fläche mehr Luftwiderstand hat.

**F** Luftströmungen reißen ruhende Luft mit sich.

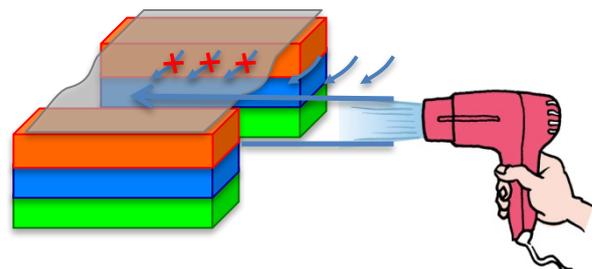
**F** Bläst man ÜBER ein nach unten hängendes Blatt Papier, werden sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite des Luftstroms Luftteilchen mitgerissen (kleine blaue Pfeile). Da auf der Unterseite keine Luft nachströmen kann (rote Kreuzchen), da das Papier keine Luft durchlässt, entsteht unterhalb des Luftstrahls ein Unterdruck. Wäre das Papier auch unten befestigt, würde es den Luftstrahl nach unten ziehen (dies nennt man Coanda-Effekt). Da das Papier aber am unteren Ende nicht befestigt ist, wird es durch den Unterdruck nach oben gesaugt (dicker grauer Pfeil).



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



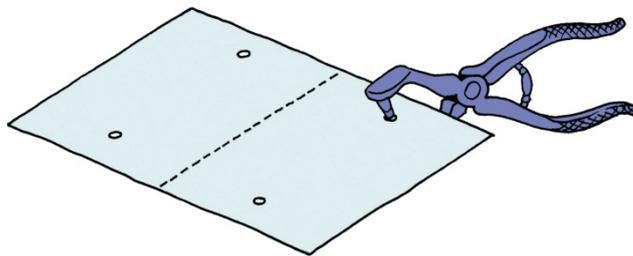
**F** Beim Tunnelversuch wird das Blatt nach unten gesaugt, da auch hier die Föhnluft Luftteilchen in der Nähe mitreißt. Da im Tunnel nicht genügend Luft nachströmen kann, entsteht ein Unterdruck, der das Papier nach unten saugt. (Auch die Bücher spüren diesen Unterdruck, sind aber zu schwer, daher bewegen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



## Stationsblatt Versuch 2

### Drei unterschiedliche Tragflächen herstellen

Loche das Papier bei den aufgezeichneten Kreisen mit der Lochzange.

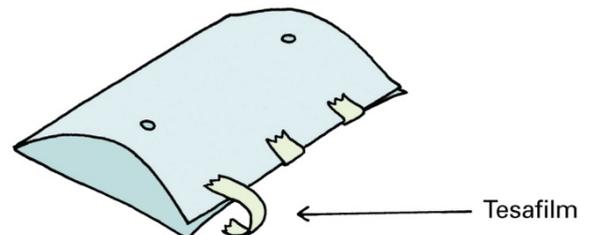


#### 1) Flache Tragfläche herstellen

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

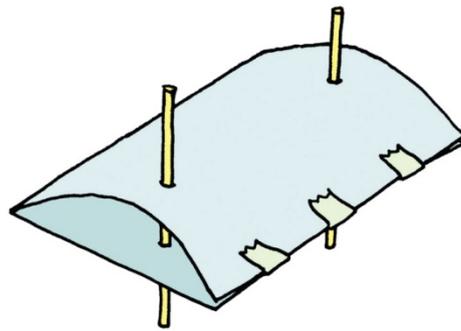
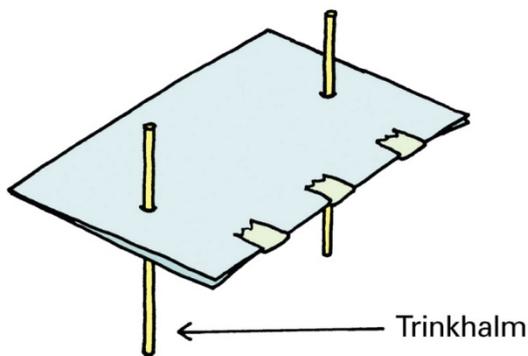
#### 2) Gewölbte Tragfläche herstellen (zu zweit)

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, lasse ein anderes Kind die beiden Kanten mit Tesafilm zusammenkleben.



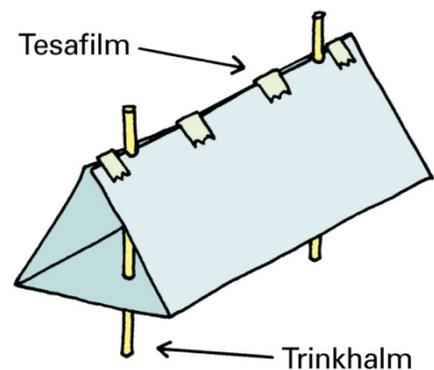
### 3) Tragflächen auf Trinkhalme stecken

1. Schneide zwei Trinkhalme in der Mitte durch.
2. Stecke bei beiden Tragflächen durch jedes Loch ein Trinkhalmstück 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.

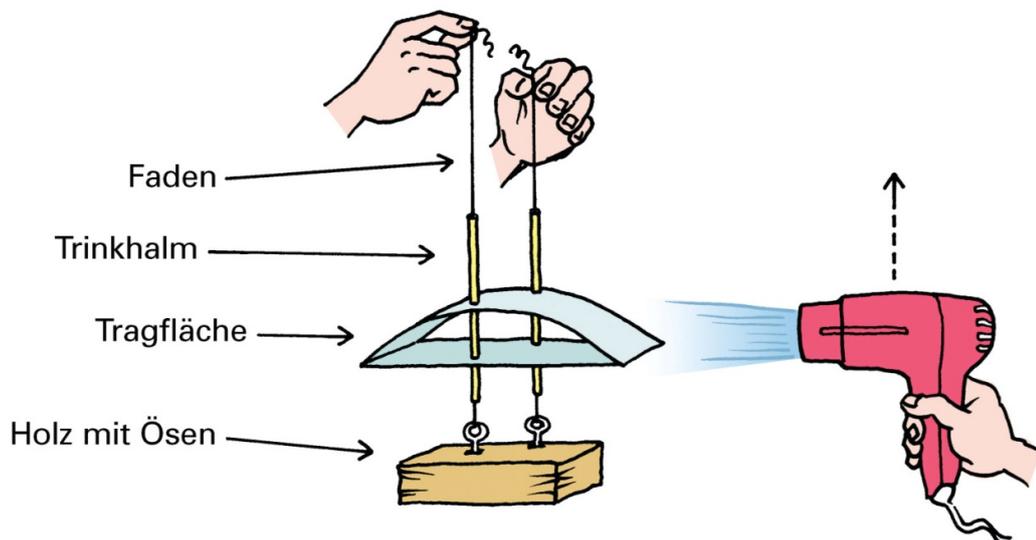


## Stationsblatt Versuch 3

### Auftrieb von drei unterschiedlichen Tragflächen prüfen

(Erklärungshilfe auf der Rückseite)

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 aufwärts bewegt: die flache, die gewölbte oder die spitze?
5. **Zusatzversuch:** Was ändert sich, wenn ihr leicht von unten gegen die Tragflächen pustet?

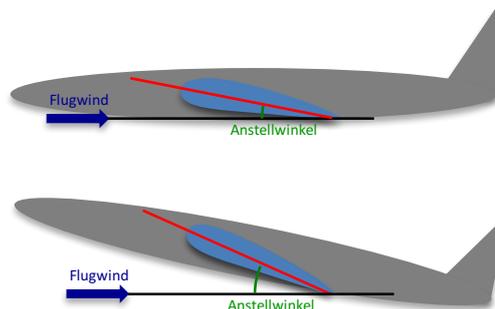
## Gut zu wissen!

- 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](http://www.luftfahrtarchiv.eu)

Flache Tragfläche



Flache Tragfläche



knicken



knicken



- auf **120g-Papier** drucken
- bei Druck aus pdf Größe "100%" einstellen, **NICHT RANDLOS** drucken



Gewölbte Tragfläche



Gewölbte Tragfläche



knicken



knicken



- auf **120g-Papier** drucken
- bei Druck aus pdf Größe "100%" einstellen, **NICHT RANDLOS drucken**





Dreiecksprofil

Dreiecksprofil

knicken

knicken



knicken

knicken



- Bei DIN A4-Papier DIN A4 RANDLOS einstellen
- auf 120g-Papier drucken
- bei Druck aus pdf Größe "100%" einstellen



# 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? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

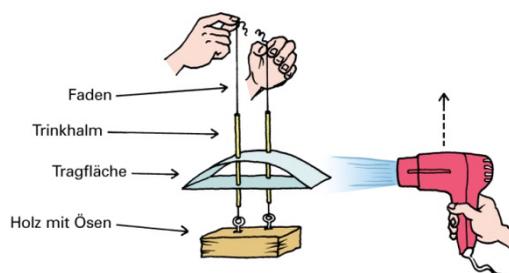
Welches braucht länger bis zum Landen? Warum? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

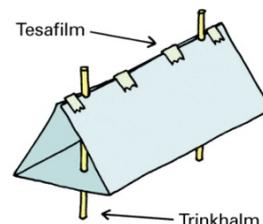
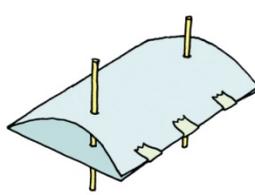
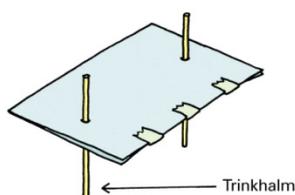
Wenn Luft schnell über ein gebogenes Blatt Papier strömt, in welche Richtung bewegt sich das Blatt Papier? Warum? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Versuch 2 und 3: Auftrieb von drei unterschiedlichen Tragflächen prüfen

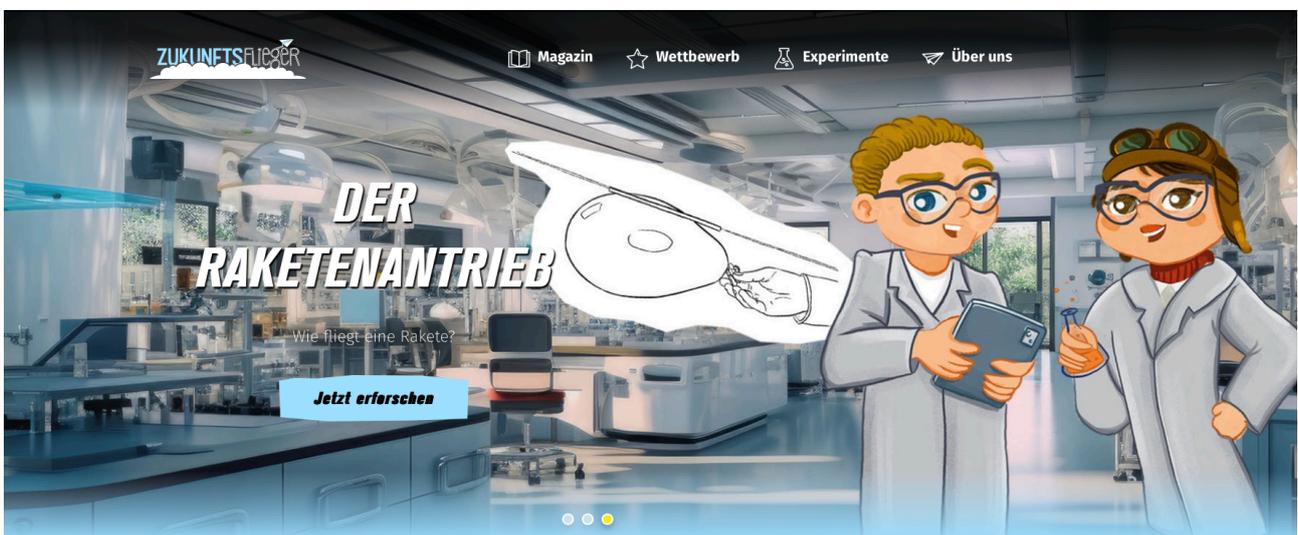


Welche Tragfläche steigt mit nach oben, wenn du den Föhn aufwärts bewegst: die flache, die gewölbte oder die spitze? \_\_\_\_\_



Mehr Erklärungen, Lernvideos und interaktive Quizze zu deinem Flieger findest du auf unserer Kinderexperimentierseite im Internet unter [www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de) beim Thema „Tragflächen“.

Zum Thema Luft- und Raumfahrt gibt es Internet-Seiten für Grundschüler, ihre Eltern und Lehrkräfte vom Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie: [www.zukunftsflieger.de](http://www.zukunftsflieger.de). Dort gibt es Zeitschriften, Poster und alle Informationen über Wettbewerbe.



### Entdecke die Luft- und Raumfahrt

Warum schützt uns eine griechische Göttin vor riesigen, fliegenden Steinen? Wieso sind Ziegen gefährlich für Hawaii? Und was hat das mit der Luft- und Raumfahrt zu tun? Auf der Magazinseite erfährst du das und noch einiges mehr! Viel Spaß beim Lesen.

#### Zu den Artikeln

Und übrigens, die Artikel gibt es auch im gedruckten Magazin, das einmal im Jahr erscheint. Wie und wo du das bekommst, findest du ebenfalls auf der Magazinseite.

### Hi, wir sind Melli und Otto!

**Melli** war die erste Frau in Deutschland, die einen Privatpilotenschein gemacht hat. Natürlich ist Fliegen ihr größtes Hobby.

**Otto** ist der erste Mensch, der mit einem Gleitflugzeug fliegen konnte. Dafür musste er ganz schön viel lesen und lernen.

Viel Spaß beim Lesen und Entdecken!



### Erforsche die Luft- und Raumfahrt

Hast du dich schon mal gefragt, wieso Hubschrauber fliegen können, Windräder aber nicht – wo doch beide Rotorblätter haben? Und wieso kann Luft unterschiedlich schwer und sogar laut sein? Diese und viele weitere spannende Themen rund um die Luft- und Raumfahrt kannst du auf der Experimentseite selbstständig erforschen.

#### Zu den Experimenten

Zudem: Zu jedem Experiment findest du erstaunliche Erklärungen zum physikalischen Phänomen.

# Arbeitsblatt: Warum fliegen Flugzeuge? Auftrieb

## LÖSUNG

### Versuch 1: Luftwiderstand & Auftrieb

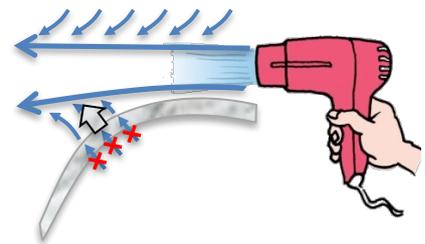


Du hast zwei gleich große und gleich schwere Blätter Papier. Knülle eines davon zu einer Kugel und lasse dann beide aus derselben Höhe fallen. Was beobachtest du? **Das flache Blatt fällt langsamer als das geknüllte Papier.**

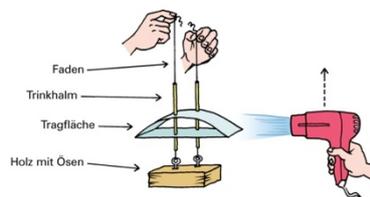
Welches braucht länger bis zum Landen? Warum? **Das flache Blatt fällt langsamer, da es durch seine größere Fläche mehr Luftwiderstand hat. (Im Vakuum würden beide Blätter gleich schnell fallen, denn da gibt es keine Luft, also auch keinen Luftwiderstand.)**

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

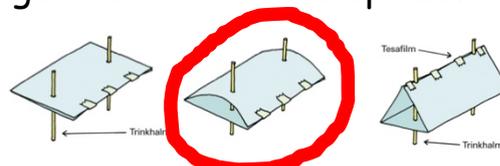
**Wenn der Luftstrahl über das nach unten gebogene Papier strömt, werden sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite Luftteilchen mitgerissen. Da auf der Unterseite keine Luft nachströmen kann, weil das Papier keine Luft durchlässt, entsteht unterhalb des Luftstrahls ein Unterdruck, der das Papier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



### Versuch 2 und 3: Auftrieb von drei unterschiedlichen Tragflächen prüfen



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





## 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?**

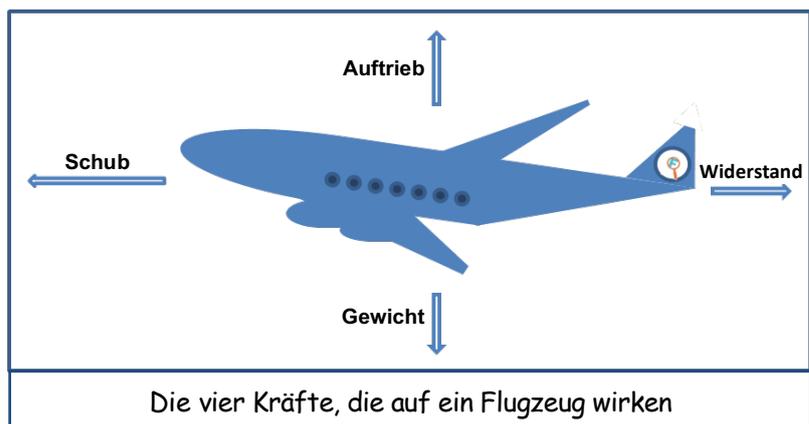


Dass Luft Kraft hat, kannst du dir an einem windstillen Tag kaum vorstellen, aber bei einem Sturm merkst du es. Als Fahrtwind kannst du diese Kraft auch spüren, wenn es zwar windstill ist, aber du dich schnell bewegst, z. B. wenn du beim Autofahren wie abgebildet die Hand aus dem Fenster hältst.

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 Düsentriebwerke oder Propeller wird der **Schub** erzeugt, der das Flugzeug vorwärtsbewegt.

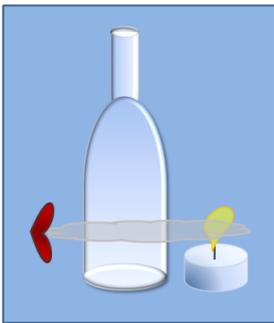
Durch diese Vorwärtsbewegung entsteht Fahrtwind, der die Tragflächen umströmt. Diese erzeugen dann den Auftrieb, sorgen also dafür, dass aus einer Vorwärtsbewegung eine Aufwärtsbewegung wird.



**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 schräg zur Luftströmung gestellt.

## Warum ist die Wölbung wichtig?



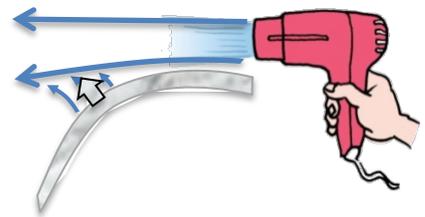
Um das zu verstehen, probiere, eine Kerze, die hinter einer Flasche steht, auszublasen. Du merkst:

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

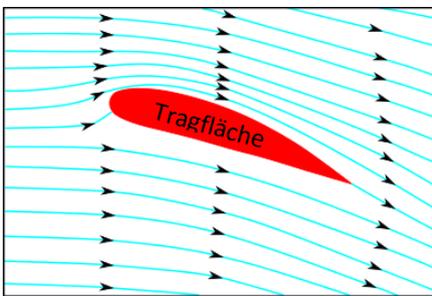
Wichtig ist, dass die Krümmung nicht zu stark ist, sonst strömt die Luft geradeaus weiter und hinter der Krümmung bilden sich Luftwirbel.

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.

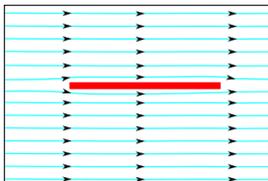
### Beispiel für Newtons Gesetz von der Kraft und der Gegenkraft:

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.

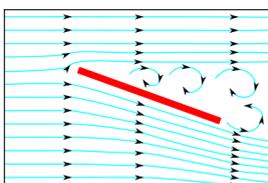
Vielleicht wirst du andere Erklärungen finden, warum Flugzeuge fliegen. Manche sagen nur, dass über der Tragfläche ein Unterdruck entsteht, der das Flugzeug wie ein Staubsauger nach oben saugt, während darunter ein Überdruck entsteht, der das Flugzeug zusätzlich nach oben drückt. Wir haben hier versucht,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

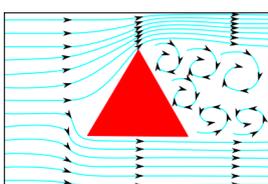
### Warum funktionieren die anderen getesteten Tragflächen nicht?



Ist die Tragfläche flach und liegt waagrecht 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, sodass 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.

An der **Technischen Universität Hamburg (TUHH)** gibt es viele Studiengänge, die sich mit Strömungen beschäftigen, zum Beispiel **Flugzeugsystemtechnik**, aber auch **Schiffbau, Maschinenbau, Chemie- und Bioingenieurwesen** sowie **Green Technologies**. Einblicke in einige dieser Studiengänge erhältst du auf der **Mitmach-Experimentier-Webseite Kniffelix ([www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de))**. Neben drei Rätseln zu Flugzeugen und Hubschraubern findest du dort **Berufsorientierendes: Interviews mit Studenten, einem Piloten, einer technischen Zeichnerin und vieles mehr.**

Für Schulklassen gibt es an der TUHH das **DLR\_School\_Lab**. Dies ist ein Schülerlabor des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), in dem Schulklassen Experimente zu Luft- und Schifffahrt durchführen können, unter anderem den Flugsimulator, den du auf dem Foto sehen & auch auf [www.kniffelix.de](http://www.kniffelix.de) beim „Flugzeugrätsel“ erleben kannst. Weitere online Angebote und Experimente für zu Hause findest Du auf der Website [www.dlr.de/schoollab](http://www.dlr.de/schoollab).



[https://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/images/hamburg/Experimente/Hamburg\\_Experimente\\_Flugsimulator\\_B61\\_680x450.jpg](https://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/images/hamburg/Experimente/Hamburg_Experimente_Flugsimulator_B61_680x450.jpg)

**Faszination Fliegen** ist ein Angebot vom **Young Talents Hamburg Club** mit Vorlesungen, Workshops und Unternehmensbesichtigungen, das neugierig auf das Thema Luftfahrt in Hamburg macht. Weitere Informationen unter [www.yota-hamburg.de](http://www.yota-hamburg.de). Dort findest du auch weitere Angebote im Bereich Technik für Kinder und Jugendliche ab 8 Jahren bis zum Ende der Schulzeit.

### **Schülerpraktikum & Ausbildung bei Airbus**

Airbus ist ein führender Flugzeugbauer mit interessanten Berufsfeldern und Ausbildungsmöglichkeiten an den Standorten Bremen, Buxtehude, Hamburg und Stade. Wenn du dort ein Schülerpraktikum machen möchtest, solltest du Airbus **über ein Jahr vorher** eine sehr gute Bewerbung schicken, in der du auch beschreibst, warum du dich genau bei ihnen bewirbst und was du dort lernen möchtest. Näheres findest du unter:

<https://www.airbus.com/en/careers/apprentices-and-pupils/schulerpraktikum-germany>

**Skyfuture.de:** Für jüngere SchülerInnen und Klassen findest du schöne Aktivitäten auf [www.zukunftsfliieger.de](http://www.zukunftsfliieger.de)

Gute Berufsorientierung zur Ausbildung und zum Studium in der Luft- und Raumfahrt findest du unter: [www.skyfuture.de](http://www.skyfuture.de)