

Fliegen wie die Vögel - *Wie alles angefangen hat*

Tragflächen – *Wie sieht aus, was fliegen kann*

Ohne Wind kein Fliegen – **Wir machen Wind!**

Kraft – *Die Sprache der Physik*

- Kräfte im Gleichgewicht – *In der Luft kann man nicht stehen*
- Auftriebskraft – *Warum Flugzeuge nicht vom Himmel fallen*
- Schubkraft – *Warum Vögel in der Luft vorwärts kommen*

Wirbel – *Was wir nicht sehen beim Fliegen*

✈ **Was Ihr behalten sollt**

Wir machen Wind!

Experimentalvortrag über die Grundlagen des Fliegens

Dr. Wolfgang Send

Kinder Uni Göttingen, 3. Dezember 2008

© 2008 Dr. Wolfgang Send - ANIPROP GbR
Für PDF und Internet aufbereitete Version
Darstellung enthält weitere Bildrechte

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.





Fliegen wie die Vögel!

Wie schön wäre es, wenn wir dies könnten.

**Flügel anschnallen, die Arme wie Schwingen ausbreiten,
und mit kräftigem Flügelschlag geht es hoch in die Lüfte.**

Wie alles angefangen hat ...



Bildrechte: Otto-Lilienthal-Museum Anklam



Otto Lilienthal

(1848 – 1896)

Ist als erster Mensch mit einem Gleiter längere Strecken geflogen. 1896 ist er tödlich verunglückt.

Fliegen wie die Vögel!

Können wir das als Menschen eigentlich?

Das hat sich auch schon Otto Lilienthal gefragt. Seine Vorbilder sind die Vögel gewesen. Deren Flug hat er bereits als Kind beobachtet . . .

Der Darsteller Lilienthals ist Dr. Lukasch der heutige Leiter des Lilienthal-Museums in Anklam.

„Der Gleiter von Otto Lilienthal“ - Target Film & Video Produktion GmbH, München



Fliegen wie die Vögel!

Wie schön wäre es, wenn wir dies könnten. Flügel anschnallen, die Arme wie Schwingen ausbreiten, und mit kräftigem Flügelschlag geht es hoch in die Lüfte.

Die vielen Engel zu Weihnachten zeigen doch, dass ein Körnchen Wahrheit dahinter stecken muss.

Solche Engel können bestimmt nicht fliegen. Und etwas kitschig ist das Bild auch, ... wie die meisten Engelsfiguren zu Weihnachten.



Gibt es denn überhaupt Engel?

Wenn wir daran glauben, dann gibt es sie auch. In unserem Herzen und in unseren Gedanken.

Aber das hat nichts mehr mit Physik zu tun und mit den Experimenten zum Fliegen.

Und haben alle Engel Flügel?

Da habe ich eine Empfehlung für Euch ...

... frag doch mal die Maus.



.. und noch ein Buch:



Unter den 10 meist-
gestellten Fragen
lautet die Nummer 5:

„Warum können
Flugzeuge fliegen?“

... und das erkläre
ich Euch jetzt!

Im Verlag C. Bertelsmann erschienen.



Fig. 55.

Aus: Otto Lilienthal (1848-1896), *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst*, Berlin 1899.

... und so sieht auch aus, was fliegen kann!



Ihr alle passt locker mit dicken
Koffern in dieses Flugzeug.

Erstflug am 27. April 2005
Toulouse-Blagnac (Frankreich)



Segelflugzeug im Landeanflug



Schwarze Libelle

Wolfgang Dreyer, *Die Libellen*, Hildesheim 1986

- Tragflächen:**
- lang gestreckt
 - dünner Querschnitt
 - und irgendwie „windschlüpfzig“

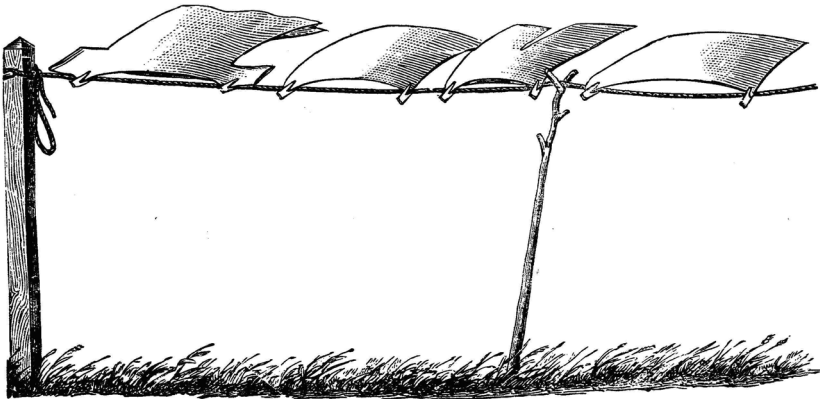


Fig. 55.

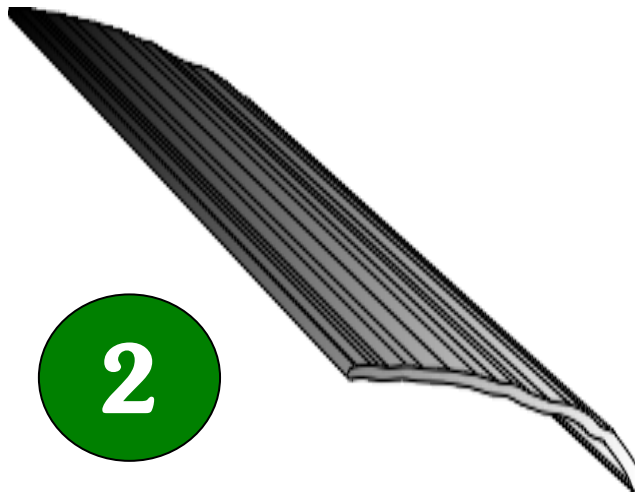
**Jetzt experimentieren
wir gemeinsam:
Wir machen Wind!
Wir besprechen erst die
einzelnen Schritte:**

1



Wir nehmen das Papier...

2



**ziehen es über die Pultkante,
so dass es sich wölbt,**

3



**... und rollen es an
einer Seite auf.**

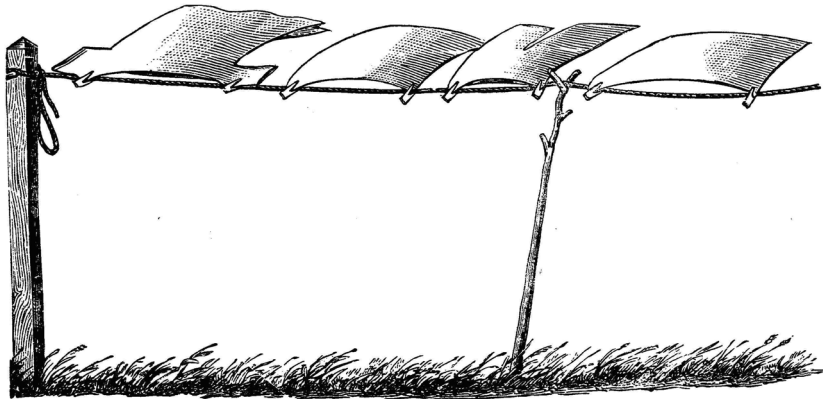
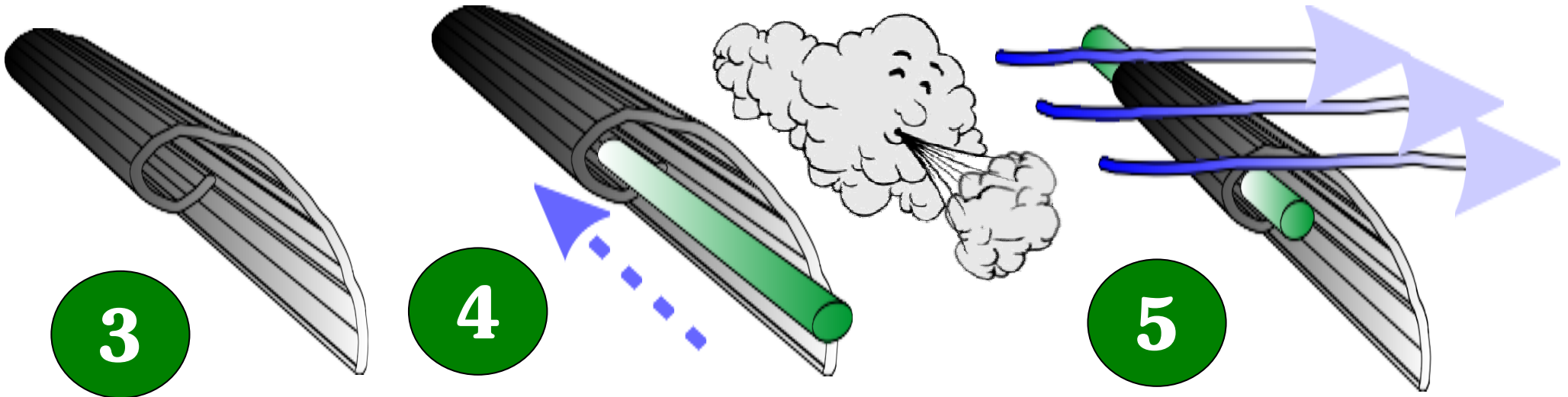


Fig. 55.

**Jetzt experimentieren
wir gemeinsam:
Wir machen Wind!
Wir besprechen nun die
weiteren Schritte:**



... und rollen es auf.

**Wir schieben es auf den Schreibstift
oder Strohhalm als Drehachse**

**... und pusten über die
Drehachse hinweg.**

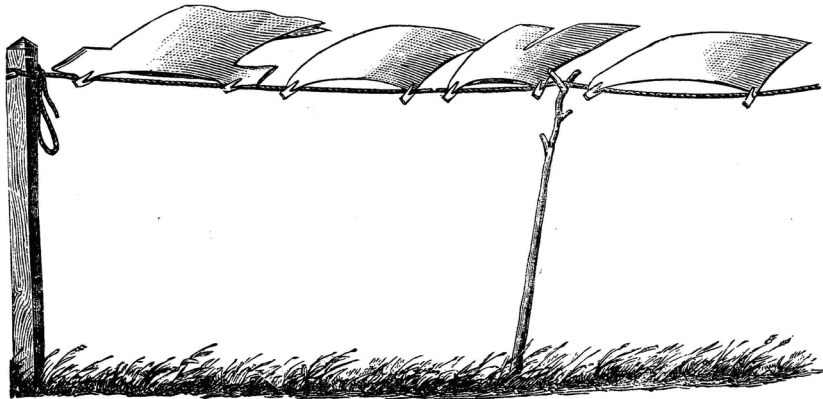
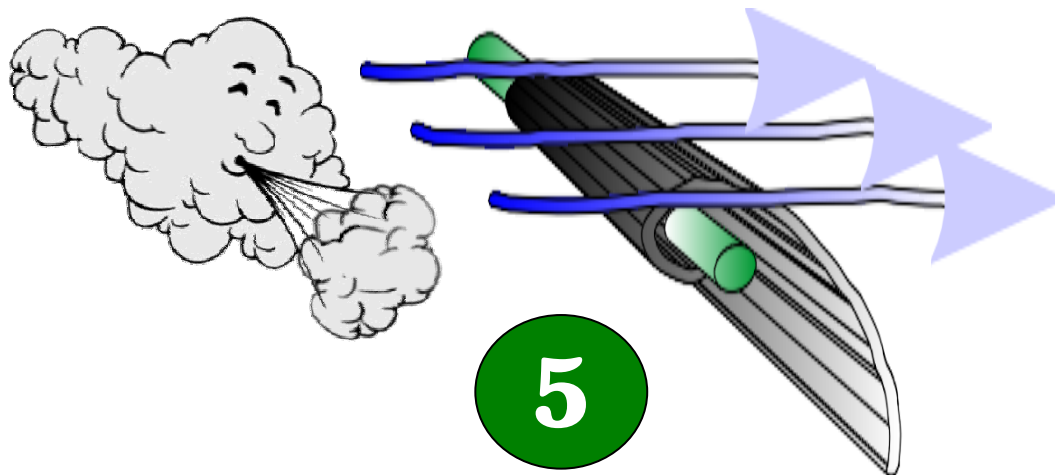


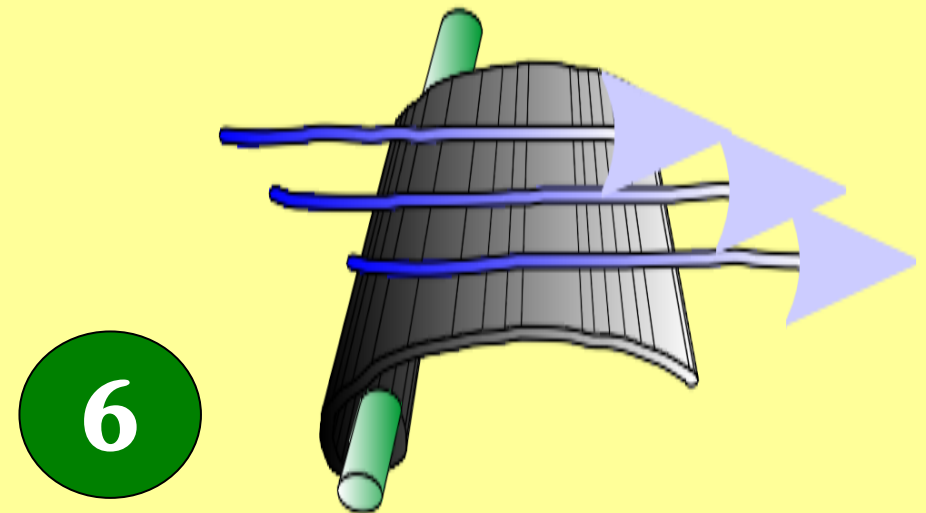
Fig. 55.



... und pusten ... und nochmal.

Was beobachten wir?

Das gewölbte Papier wird angehoben.



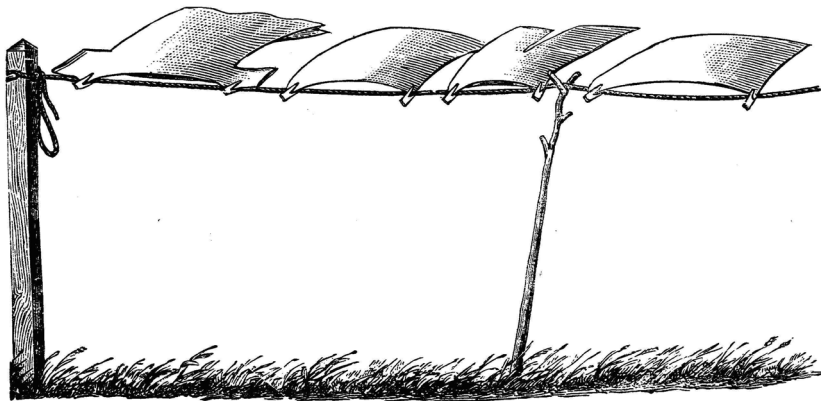
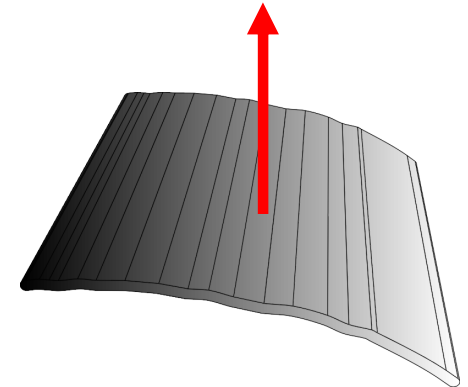
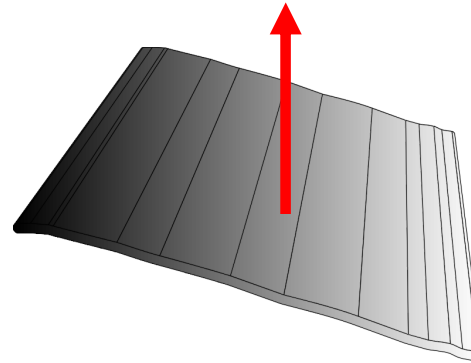


Fig. 55.



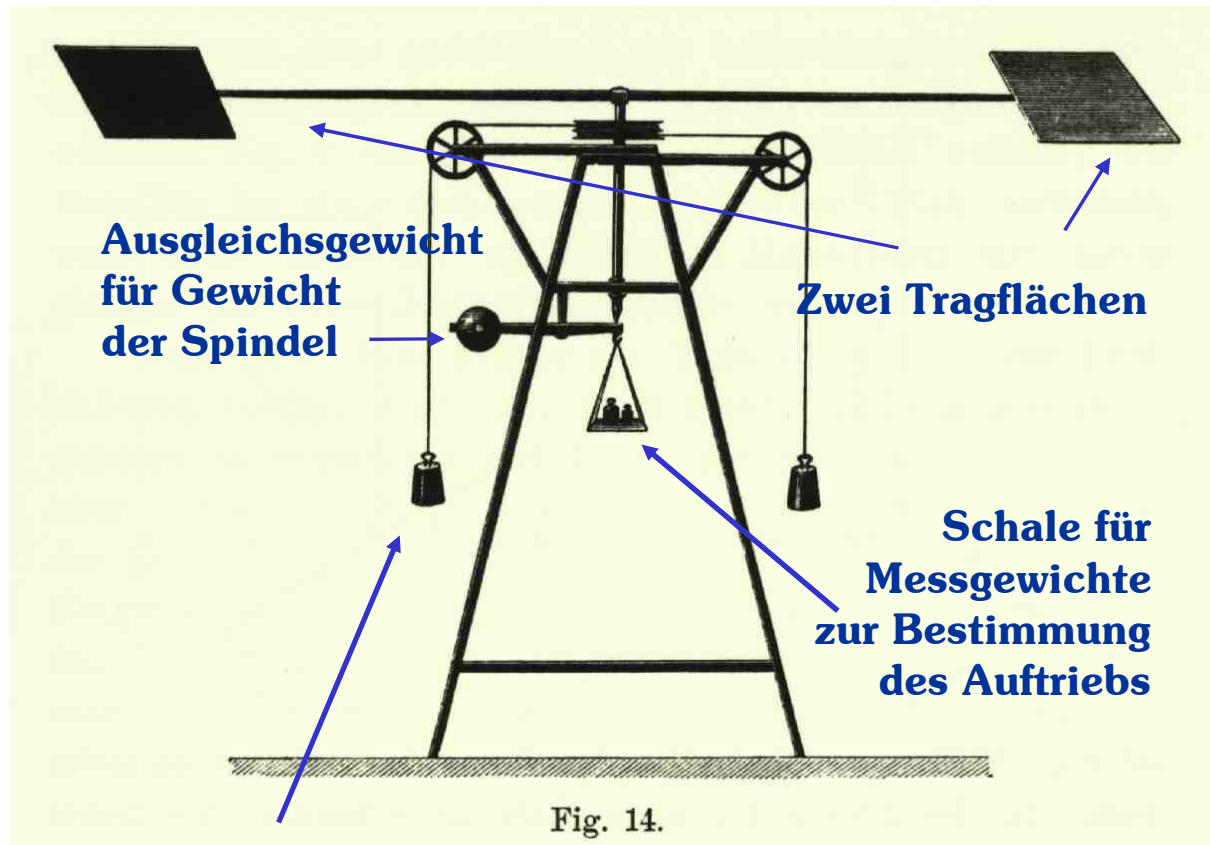
Die Fläche muss nicht notwendig gewölbt sein, um angehoben zu werden. Aber die Wölbung stellt sich als die beste Form „von allein“ ein, wie die Wäsche auf der Leine im Wind zeigt.

Und warum wird die Fläche überhaupt angehoben?

✈ Eine gewölbte Fläche in einem Luftstrom wird angehoben. Auch eine ebene Fläche, die schräg angestellt ist, wird nach oben gesaugt.

Der Wind erzeugt einen Unterdruck auf der Oberseite.

Das zeige ich Euch jetzt mit meinem Rundlauf.



**Gewichte setzen
Spindel in Bewegung**

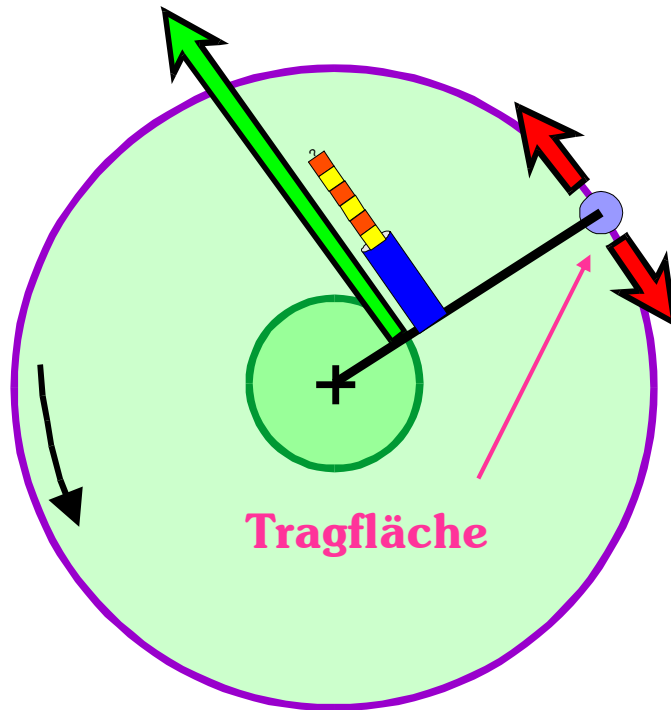
Rundlauf von Otto Lilienthal



**Rundlauf von Felix Scharstein
und Wolfgang Send**

Schleppkraft

zieht die Tragfläche.



Tragfläche

Der Widerstand wird durch die Schleppkraft überwunden.

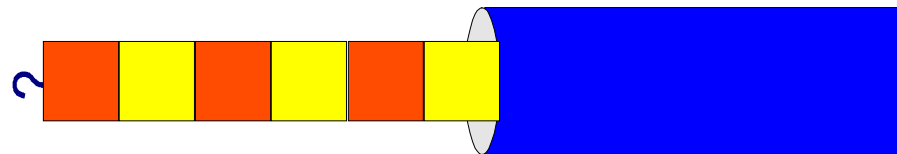
Wir stellen uns vor, dass wir von oben auf den Rundlauf schauen!

Schubkraft.

Damit das Modell nicht zur Ruhe kommt, muss eine fortwährend wirkende Schubkraft den Widerstand überwinden.

Widerstandskraft.

Auf jeden Körper, der sich durch die Luft bewegt, wirkt die Luft mit dieser Kraft.



Kraftmesser – darüber gleich mehr!

Kraft und Gleichgewicht zweier Kräfte

Verschränkt bitte eure Hände und zieht mit beiden Armen!



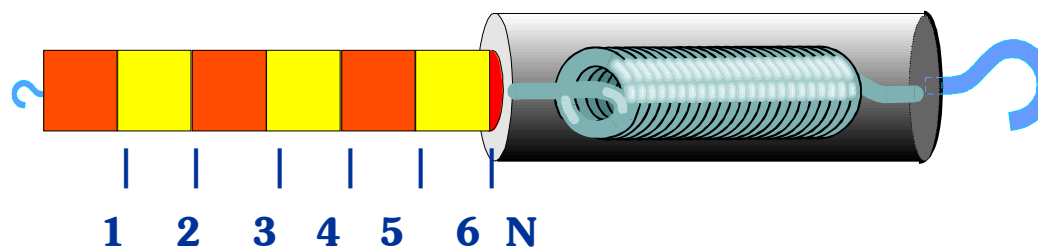
Kraft nach links



Kraft nach rechts

Sind beide Kräfte gleich, hebt die Kraft nach links die Kraft nach rechts auf: Kräfte sind im Gleichgewicht.

Kräfte kann man messen mit einem Kraftmesser:



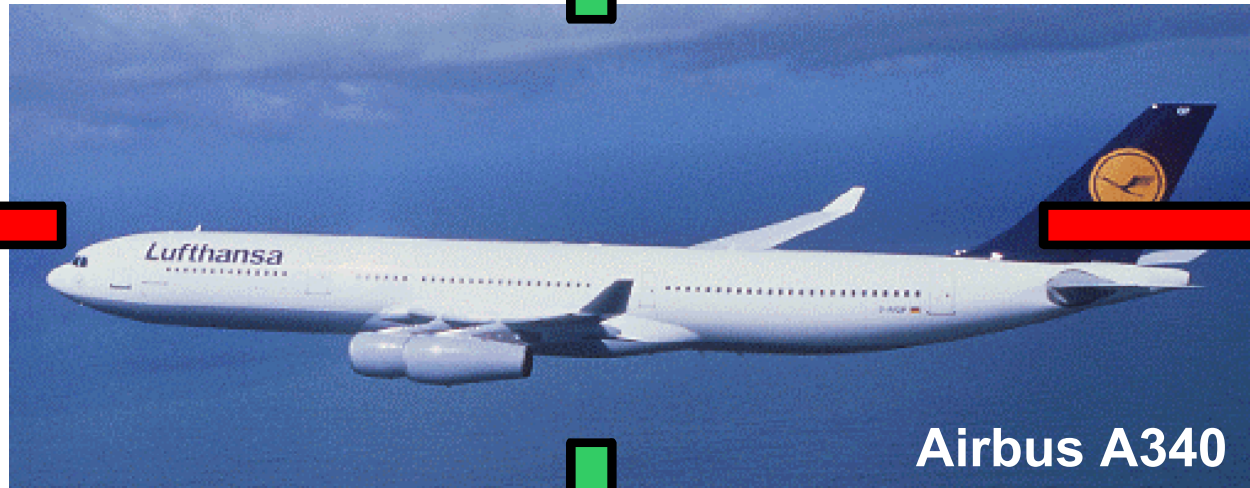
Bei 1 N Zugkraft
reißt gewöhnlich
ein Haar.

Die Einheit der Kraft ist das „Newton“ [nju:tn], abgekürzt 1 N.

Auftriebskraft

Nur was leichter als Luft ist,
kann in der Luft auch „stehen“.

Schubkraft



Airbus A340

Widerstand

Gewicht

Gleichgewicht der Kräfte beim Fliegen

Warum Flugzeuge nicht vom Himmel fallen:

- ✈ Flugzeuge haben Tragflächen. Die anströmende Luft „saugt“ die Tragflächen nach oben. Dadurch werden sie angehoben und können eine Last tragen.
- ✈ Die entstehende Kraft wird Auftrieb genannt. Ist diese Kraft genau so groß wie das Gewicht des Flugzeugs, dann bleibt das Flugzeug auf einer Höhe.

Aber wie kommt man erst einmal in die Luft? - Start eines Flugzeugs:



„Triebwerke“ bringen
Schubkraft auf.

Triebwerke saugen die Luft an wie ein Ventilator und drücken sie nach hinten weg.

Diese Schubkraft brauchen auch die Vögel. Vögel und Flugzeuge haben viele gemeinsame Eigenschaften.

➔ Flugzeuge und Vögel brauchen Schubkraft für drei Zwecke:

- zum Beschleunigen auf der Landebahn,
- zu Steigen auf eine bestimmte Flughöhe und
- zur Überwindung des Luftwiderstands.

Eine Boeing 747 - ein „Jumbo-Jet“

Firmenvideo Boeing, Building the Dream

Experiment mit Videoübertragung



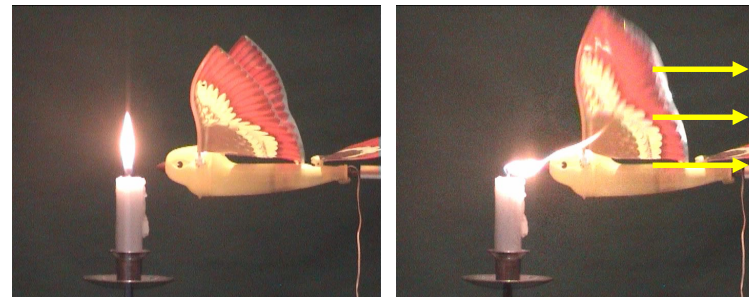
**Die Zeitlupenaufnahme hat mir
Tatjana Hubel gegeben.**

Technische Universität Darmstadt

✈ **Beim Schwingenflug der Vögel wird
die Schubkraft mit dem Schlagen der
Flügel erzeugt.**

**Eine gleichzeitige Schlag- und Drehbewegung
saugt Luft an und stößt sie nach hinten weg:
Dadurch entsteht die Schubkraft.**

**Wir untersuchen diese Wirkung der beiden
Bewegungen mit einer Kerze:**



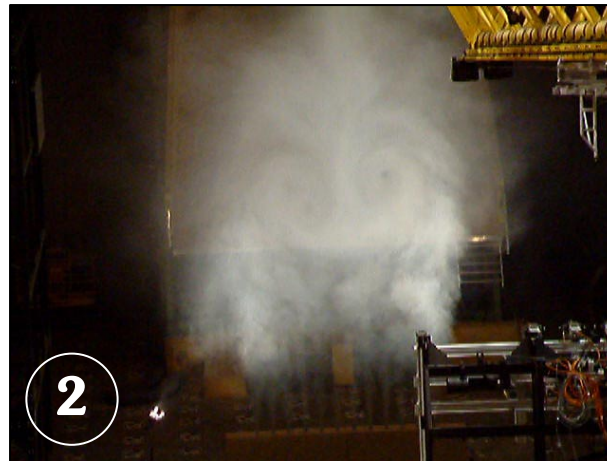
**Die Luft wird vor
dem Flügel
angesaugt und
nach hinten
weggestoßen.**

Keine Bange: Die Kerze steht seitlich neben dem Rumpf.



Experiment mit Demonstration
des erzeugten Winds beim
Flügelschlag

**Im DLR_School_Lab:
Die Schubkraft eines
ferngesteuerten
künstlichen Vogels
wird mit einem
Kraftmesser
gemessen.**



Der Unterdruck auf den Tragflächen gleicht sich an den Flügelspitzen aus.

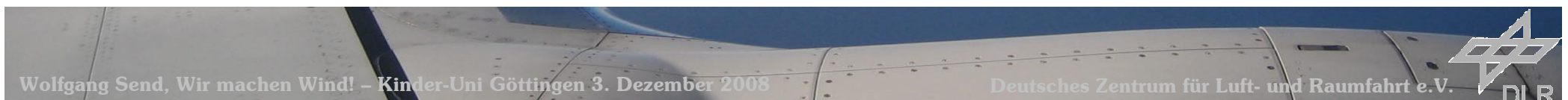
Die Luft drängt auf die Oberseite der Tragflächen in das Gebiet des Unterdrucks.

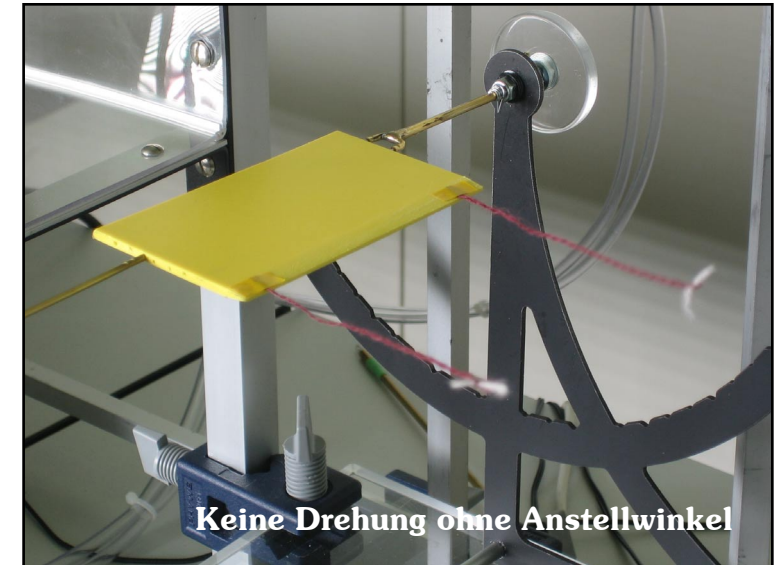
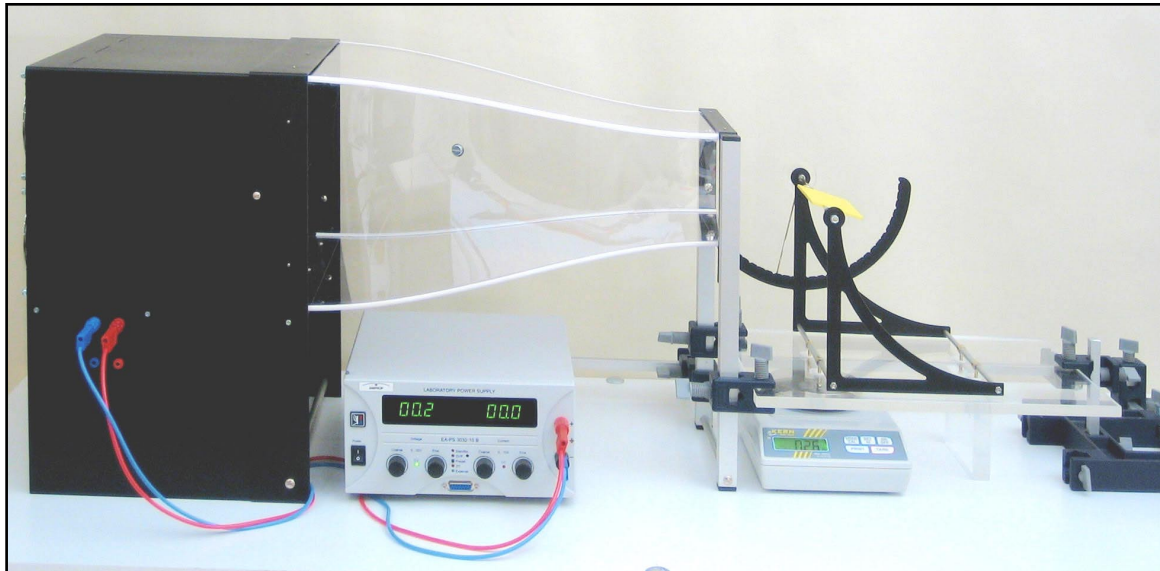
✈ An den Flügelspitzen wird die Luft in eine Drehung versetzt. Diese Drehung bildet hinter dem Flugzeug einen großen Luftwirbel.



Quelle: A. Schröder – DLR Göttingen

Das Wirbelpaar hinter einem fliegenden Flugzeug



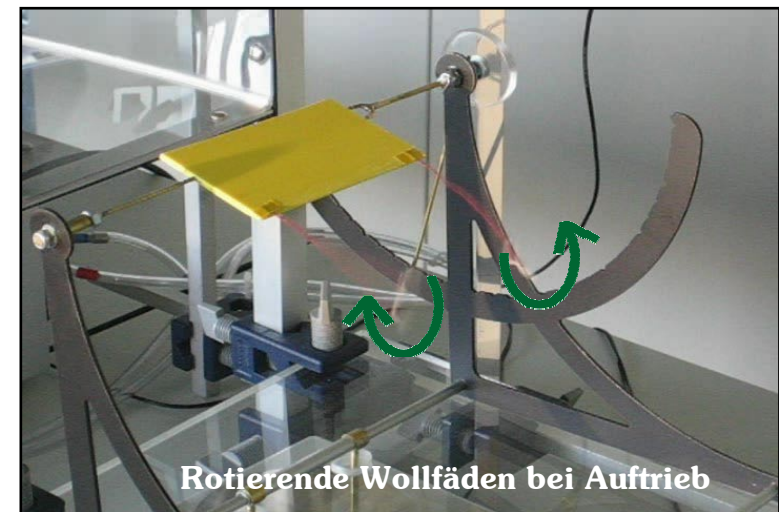


Windkanal ANIPROP KWK2

Wir beobachten die Randwirbel und ihre Drehung mit zwei Wollfäden.

Die Wirbel drehen in unterschiedliche Richtung, je nach dem die Platte eine Auftriebskraft (nach oben) oder eine Abtriebskraft (nach unten) erfährt.

Experiment mit Videoübetragung





✈ **Buch „Vom Fliegen“**

Autor ist Klaus Liebers, ehemals Professor für Didaktik der Physik in Potsdam.

Mein kurzes Urteil:

Das Buch ist sehr liebevoll gemacht und ist das vielseitigste Buch zum Fliegen in deutscher Sprache. Ein schönes Geschenk zu Weihnachten!

✈ **Mehr Information zu Wolfgang Send und zur**

**„Physik des Fliegens“ im Internet:
www.aniprop.de**

© 2008 Dr. Wolfgang Send - ANIPROP GbR
Für PDF und Internet aufbereitete Version
Darstellung enthält weitere Bildrechte