



# Schulbiologiezentrum Hannover

Vinnhorster Weg 2, 30419 Hannover

Tel: 0511-168-47665/7

Fax: 0511-168-47352

Email : schulbiologiezentrum@hannover-stadt.c

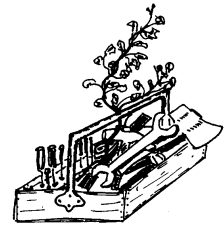
Hannover

## Unterrichtsprojekte Natur und Technik

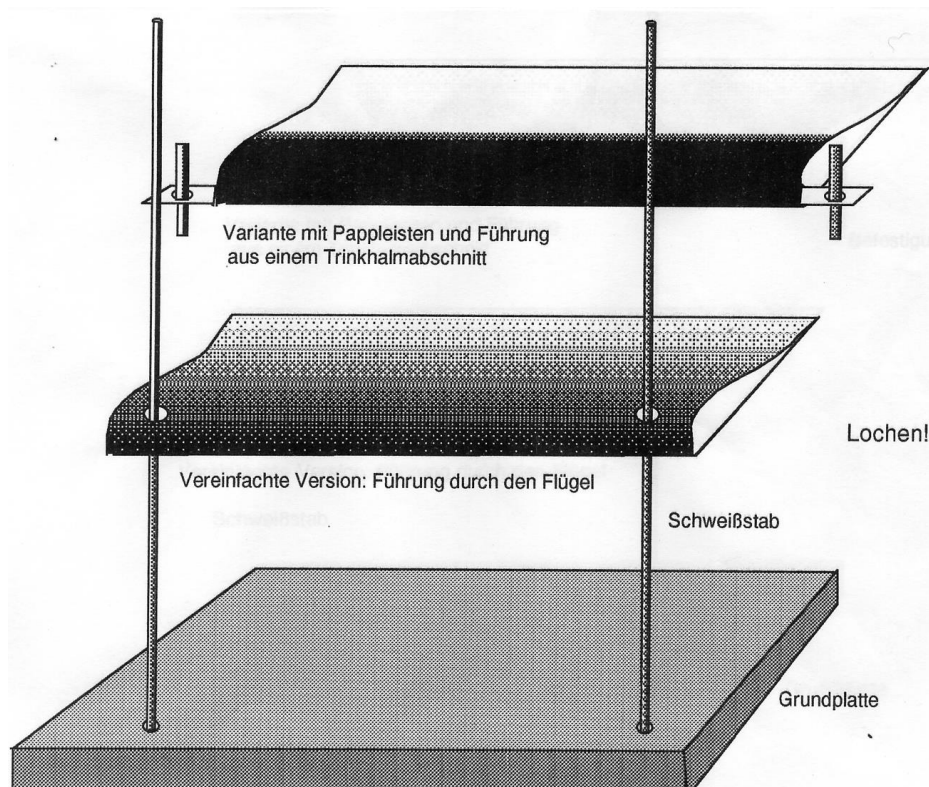
### 19.2

Zum Selbstbau

für Arbeitsgemeinschaften und Projektwochen:



## Auftrieb - Ein Modell zum Herausfinden, warum Vögel und Jumbo-Jets in der Luft bleiben



Welche Kräfte halten ein Flugzeug oder einen Vogel in der Luft? Wie ist es zu erklären, dass Segler auch nahezu gegen den Wind vorankommen?

Diese Arbeitshilfe soll zeigen, wie mit einfachen Mitteln ein Experimentiermodell zum Thema "Fliegen" hergestellt werden kann. Mit Hilfe eines Föns (oder kräftigen Pustens) kann das leichte Tragflügelmodell zum Schweben gebracht werden. Dabei kann untersucht werden, wie sich unterschiedliche Profile im "Windkanal" verhalten. Die Bauanleitung bezieht sich auf ein Grundschema, das in jeder Beziehung variierbar ist. Für Kritik, Verbesserungsvorschläge und praktische Erfahrungen wären wir sehr dankbar. Viel Spaß beim Nachbau!

### **Benötigt wird:**

- Eine Holzplatte ca. 20 cm x 20 cm, etwa 2 cm stark
- Ein Schweißstab (das ist eine Kupferbeschichtete Stahlstange zum Schweißen, in Baumärkten erhältlich!) 1 m lang, 2 mm dick
- Ein Blatt Papier DIN A 4
- Dünne Pappe,
- Ein Trinkhalm
- Und als Werkzeug: Eine Schere, einen Hammer, ein Nagel (1,5 cm dick), ein Seitenschneider, ein Locher, Klebstoff, ein Lineal
- Ein Fön (oder viel Puste!)

Ein einfaches Experiment mit zwei Schreibmaschinenseiten führt in das Phänomen "Auftrieb" ein: Jede Seite wird an der einen Schmalseite 2 cm weit um 90 Grad nach unten abgeknickt. Das Blatt wird jetzt mit dieser Seite voran über eine Tischkante gezogen. Dadurch bekommt das Papier eine Krümmung. Fasse die beiden Blätter an den abgeknickten Stücken an und halte die beiden Blätter so vor den Mund, dass sich die konvexen (nach außen gewölbten) Seiten fast berühren. Blase nun heftig in den Spalt zwischen den Blättern hinein. Was geschieht?

Entgegen allen Erwartungen nähern sich die beiden Blätter, der Spalt wird mit kräftigerem Pusten immer kleiner und verschwindet ganz.

Die Erklärung: Eine gegebene, wenn auch unzählbare Menge Luftteilchen verteilt sich auf einen bestimmten Raum und bestimmt den Luftdruck. Durch die Querschnittsverengung zwischen den Seiten werden die Luftteilchen beschleunigt, vergleichbar mit dem Wasser aus dem Gartenschlauch über dessen Öffnung ein Daumen gedrückt wird. Wird diese Teilchenmenge beschleunigt, steigt der relative Abstand der Teilchen zueinander, der Luftdruck sinkt, die Luft wird also "dünner". Was Unterdruck bedeutet, können wir z.B. mit einer Luftpumpe oder einer Spritze zeigen: Halte ich den Daumen fest auf die Öffnung und ziehe den Kolben ganz heraus, wird er von selbst wieder zurückgezogen, wenn ich ihn loslasse. (Ich kann mit der Luftpumpe auch Staubsaugen.)

In unserem Fall zieht die beschleunigte Luft das Blatt zum Ort geringeren Luftdrucks. Der Gegendruck der anderen Seite (normaler Luftdruck) unterstützt diese Bewegung. Ein Tragflügel, wie der eines Flugzeuges oder der eines Vogels hat eine aerodynamische, für den jeweiligen Zweck optimierte Form. Er besitzt im Profilquerschnitt eine Sichelform mit einer abgerundeten Vorderkante, eine konvexe, nach hinten auslaufende Oberseite, eine scharf zugespitzte Hinterkante und eine ebene, leicht konkave oder konvexe Unterseite. Der Flügel ist in Bewegungsrichtung mehr oder weniger nach hinten geneigt ("angestellt"), dieser Winkel wird als Anstellwinkel bezeichnet.

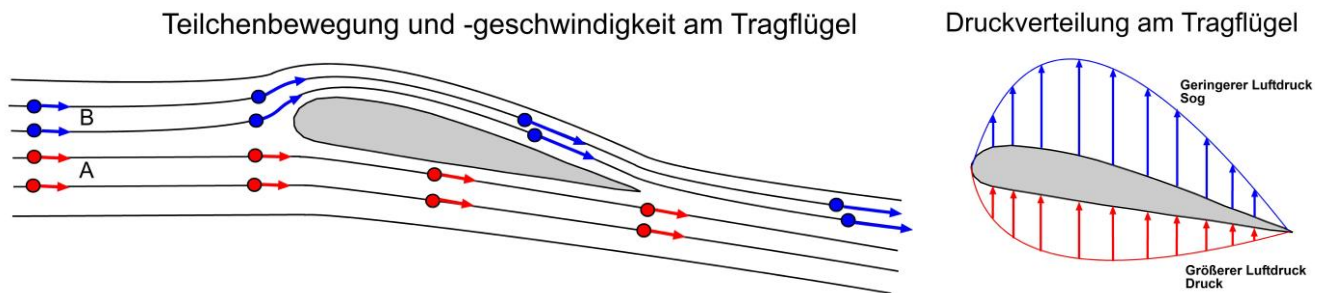
Wird der angestellte Flügel von vorn angeströmt, teilt sich der Luftstrom. Die Luftteilchen, die den Weg über die Oberseite herum nehmen, müssen sich auf einen engeren Querschnitt verteilen als die Luftteilchen, die unter dem Profil durchströmen. Dadurch werden sie beschleunigt.

Auf den Raumquerschnitt bezogen, sinkt auf der Oberseite die Menge der Teilchen, der Luftdruck fällt. die Flügeloberseite wird nach oben gesogen.

Man bezeichnet sie als Saugseite. Die Unterseite ist die Druckseite. Die Kraft, die den Flügel nach oben treibt, ist der Auftrieb und wird durch die so genannte Bernoulli'sche Gleichung definiert. Entscheidend ist die **Flügelform** und der **Anstellwinkel**. Durch ihn wird an der Flügelunterseite Luft nach unten gelenkt was eine nach oben gerichtete Gegenkraft auslöst. Beide lassen sich in unserem Modell verändern.

Für einen *Propeller* gilt Vergleichbares, auch er erzeugt Auftriebskräfte, die beim Hubschrauber nach oben, beim Flugzeugpropeller nach vorn gerichtet sind. Dazu mehr in Arbeitshilfe **19.03** " Ein Hubschrauber für den Handbetrieb"

Der *Repeller* eines Windgenerators wandelt die Bewegung des Windes in eine quer dazu stehende Drehbewegung um und erzeugt Strom. Modelle zum Selbstbau sind in den Arbeitshilfen **19.01** und **19.04** beschrieben.

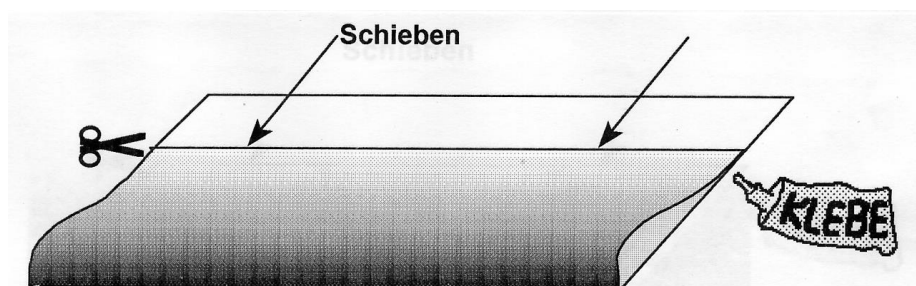


Grafiken aus Arbeitshilfe 19.64 "Keine Angst vorm Fliegen"

### Und so wird es gemacht:

Bereite eine hölzerne Grundplatte (etwa 20 x 20 x 2cm) vor. Empfehlen können wir ausrangierte und aufgeschnittene Schultische (hartes Holz, da wackelt später nichts!) Schneide aus dem DIN A 4 Blatt ein Quadrat von ca. 15 cm Kantenlänge aus. Falte das Quadrat so, dass zwei gleich große Hälften entstehen. Loche die Vorderkante, achte dabei darauf, dass der Abstand der Löcher dem Abstand der Schweißstäbe entspricht (bei anderer Bauweise entfallen die Löcher, s.u.).

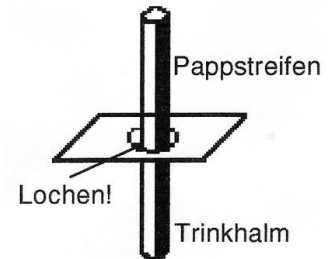
Lege die beiden Hälften übereinander und schiebe die oben liegende Hälfte zur Knickfalte hin. Dabei wölbt sie sich auf. Die Höhe der Wölbung kann durch Vor- und Zurückschieben selbst bestimmt werden. Mit etwas Klebstoff wird dann die endgültige Form fixiert. Jetzt ist ein Flügel entstanden.



Dieser kann in dieser einfachen Bauform einfach über die Stäbe geschoben werden und hat durch den leichten Versatz der Löcher schon einen bestimmten Anstellwinkel (Variante s. Seite 1):

Schneide aus dünner Pappe zwei 3 cm lange und 1,5 cm breite Streifen aus. Loch die beiden Pappstreifen. Schneide vom Trinkhalm zwei 3 cm lange Stücke ab. Klebe die Trinkhalmstücke in die Löcher der Pappstreifen ein und führe sie nach dem Trockenwerden über die Schweißstäbe.

Die Pappstreifen mit den Trinkhalmstücken müssen anschließend in den Flügel hineingeklebt werden. Halbiere den Schweißstab. Lege den Flügel auf die Holzplatte und stecke den Nagel durch die eingeklebten Trinkhalmstücke hindurch. Drücke ihn etwas in das Holz hinein. Dadurch entsteht eine Markierung. Nimm den Flügel wieder weg und bohre an der Markierung senkrecht etwa 1,5 cm tief in das Holz hinein (vorsichtig!). In die Löcher kannst Du jetzt



vorsichtig die beiden Schweißstabhälften hineinschlagen oder drücken. Sie dürfen nicht wackeln, müssen senkrecht zur Holzplatte und parallel zueinander stehen.

Schiebe den Flügel mit den Trinkhalmstücken über die Stäbe und achte darauf, dass er ganz leicht, ohne Behinderungen auf- und abgleitet.

Versuche nun mit dem Fön (oder mit viel Puste) den Flügel vom Boden abheben zu lassen. Wie muss der Luftstrom auf den Flügel auftreffen, damit er schnell und kräftig abhebt?

Drehe den Flügel um, so dass die Wölbung unten ist. Was geschieht nun? Gibt es eine Erklärung dafür?

Die Kraft, die den Flügel steigen lässt, wird **Auftrieb** genannt. Es ist diese Kraft, die dafür sorgt, dass ein Geier stundenlang in der Luft segeln kann. Es ist aber auch diese Kraft, die einen Jumbo-Jet, der soviel wiegt wie 88 ausgewachsene Elefanten, in der Luft hält.

Nur, wer pustet da..

Ingo Mennerich, Februar 1994

Leicht veränderte Neuauflage Januar 2005  
Kleine Korrekturen (Auftrieb) im Juli 2020