

Zu Projekt 4: Bauanleitung Flügelwaage

Zu der Bauanleitung der Flügelwaage

Mit der Flügelwaage kann man den Auftrieb bei verschiedenen Anstellwinkeln messen. Ein Anstellwinkel von 0° bedeutet, dass der Flügel waagrecht steht. Der ermittelte Auftrieb kommt dann alleine durch die Wölbung (das Profil) des Flügels zustande.

Häufig wird in populärwissenschaftlicher Literatur der Eindruck vermittelt, ein solches Flügelprofil (ein so genanntes Wölbprofil) sei notwendig, damit ein Flügel Auftrieb erzeugt.

Ein flaches Brett kann jedoch auch Auftrieb erzeugen, wenn man dessen Vorderkante gegenüber der Strömung nach oben dreht. Der Winkel, mit dem ein Flügel gegenüber der Strömung angestellt ist, nennt man Anstellwinkel. Je steiler der Anstellwinkel ist, desto größer wird auch der Auftrieb. Allerdings geht das nicht unbegrenzt, ab einem bestimmten Winkel kann die Strömung dem Profil nicht mehr folgen und löst sich ab. Man spricht dann von einem Strömungsabriss (siehe Abschnitt 7 zu Rückstrombremsen). Deshalb wird man bei sehr hohen Anstellwinkeln (45°) keine Zunahme, sondern eher eine Abnahme des Auftriebes feststellen.

Der in der Bauanleitung vorgestellte Flügel erzeugt bei Anströmung mit einem Fön einen Auftrieb von 0,02 N bis maximal etwa 0,2 N.

Was ist aber nun der Vorteil des vorgestellten Flügelprofils?

Zum einen kann bei Anströmung von vorne schon Auftrieb erzeugt werden, auch wenn der Flügel nicht angestellt ist, also bei einem Anstellwinkel von 0° . Auch bei höheren Anstellwinkeln wird ein größerer Auftrieb erzeugt als bei einem flachen Brett. Stark negative Anstellwinkel erzeugen einen Abtrieb, die Waage zeigt dann höhere Werte an.

Virtuelle Windkanäle findet man an einigen Stellen im Internet. Dort können verschiedene Flügelprofile, Anströmungsgeschwindigkeiten und Anstellwinkel eingestellt werden. Der zu erwartende Auftrieb wird simuliert. Suchbegriff: Virtueller Windkanal

Links (Stand Juni 2007):

Quarks & Co-Homepage: <http://www.quarks.de/dyn/14351.phtml>

SWR3 "Warum? Fliegen":

<http://www.wissen.swr.de/warum/fliegen/themenseiten/t2/s1.html>

Themenseiten zum Fliegen und zur Auftriebserzeugung gibt es sehr viele im Internet. Eine der umfangreichsten ist die von „SWR3 Warum? Fliegen“, auf der auch der Virtuelle Windkanal verlinkt ist:

http://www.wissen.swr.de/warum/fliegen/themenseiten/t_index/s1.html

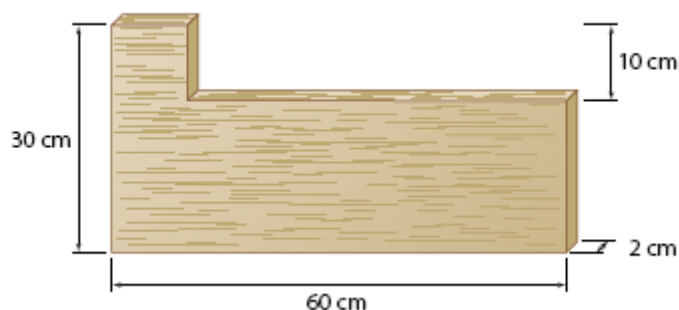
Zu Projekt 4: Bauanleitung Flügelwaage

Bau der Styrodursäge

Ihr benötigt eine Styrodursäge (=“heißer Draht“), mit der ihr ein Flügelprofil aus dem Styrodur schneiden könnt. Diese besteht aus einem gespannten Draht in einer Holzhalterung, Der Draht wird unter Strom gesetzt und erhitzt sich dadurch.

Material	Erhältlich im
60 cm Widerstandsdraht z.B: Konstantan	Elektronikhandel
Als Netzgerät: für diese Drahtlänge eignet sich ein 12 Volt-Trafo mit 2-4 A	Elektronikhandel
Kabel, um das Netzgerät mit dem Draht zu verbinden	Elektronikhandel
Holzbrett L: 70 cm, B: 30 cm, T: 1,5 cm	Baumarkt
leicht elastischer Holzstab (Länge 15 cm, Durchmesser 0,8 cm)	Modellbaugeschäft
Ösen (Halslänge 1,5 cm Kopffinnendurchmesser 0,6 cm)	Modellbaugeschäft oder Baumarkt

Schneidet aus dem Brett folgendes Profil:



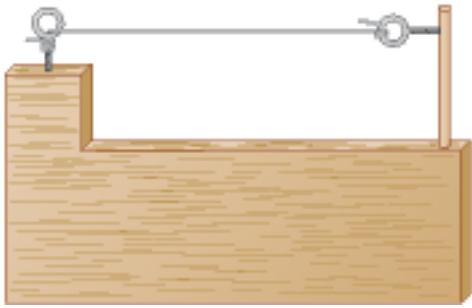
Schraubt links in den Absatz eine Öse und bohrt für den Stab ein ca. 4 cm tiefes Loch (Durchmesser = 0,8 cm) an der rechten Seite.

Bringt am Stab in ca. 14 cm Höhe eine weitere Öse an und steckt ihn so in das Loch, dass die beiden Ösen auf gleicher Höhe liegen.

Wickelt ein Ende des Drahtes um den Hals der linken Öse und befestigt dann beide Enden an den jeweiligen Ösen.

Spannt nun den Draht durch Drehen der Öse auf dem Absatz vor. Das funktioniert so ähnlich, wie das Spannen einer Gitarrensaite. Dadurch bleibt der Draht auch gespannt, wenn er sich beim Erhitzen ausdehnt.

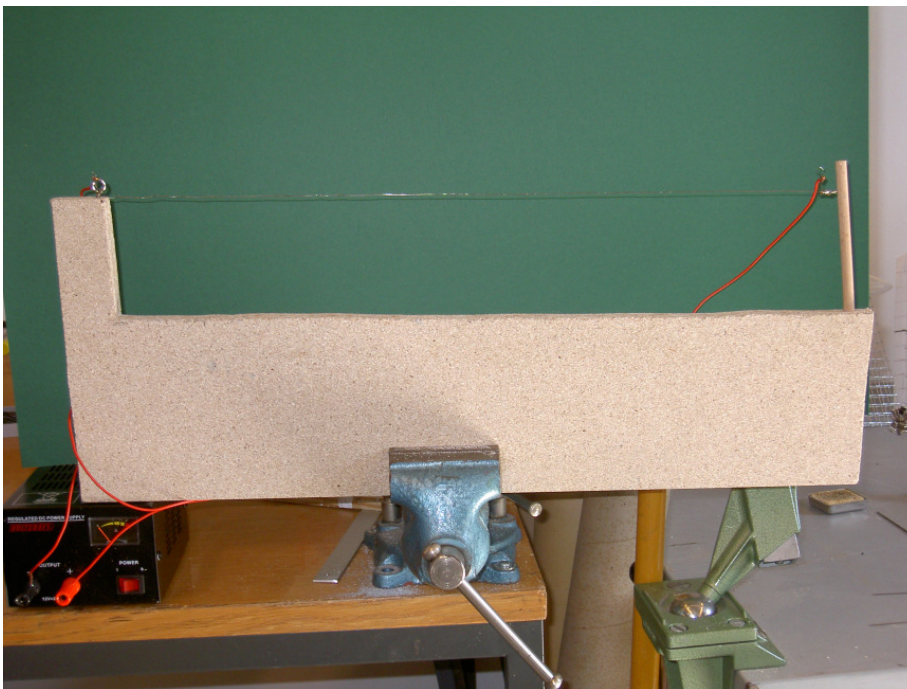
Zu Projekt 4: Bauanleitung Flügelwaage



Verbindet das linke und das rechte Ende des Drahtes mit dem Netzteil, indem Ihr das jeweilige Kabelende mit dem Draht verzwirbelt oder z.B: Krokodilklemmen verwendet.

Um mit der Styrodursäge stabil und sicher arbeiten zu können klemmt ihr sie am besten in einen Schraubstock ein oder konstruiert einen Holzfuß.

Weitere Bauanleitungen für eine Styrodursäge findet ihr im Internet, zum Beispiel unter:
<http://www.jensn.de/modellbau3.html>



Styrodursäge mit gespanntem Widerstandsdraht und Netzteil

Zu Projekt 4: Bauanleitung Flügelwaage

Bau der Flügelwaage

Material	Erhältlich im
Waage (Küchenwaage)	
Holzstab ca. 6 cm lang (Durchmesser = 0,5 cm)	Modellbaugeschäft
Holzbrett 1: L: 30 cm, B: 10 cm, T: 0,5 cm	Modellbaugeschäft
Holzbrett 2: L: 10 cm, B: 10 cm, T: 0,5 cm	Modellbaugeschäft
Material für den Flügel z.B.: Styrodurblock L:30 cm, B: 10 cm, T: 5 cm	Styrodurplatten sind im Baumarkt erhältlich und müssen mit der Styrodursäge entsprechend zugeschnitten werden.
Material für die Flügelprofilschablonen z.B.: festere Pappe	Bastelgeschäft, Schreibwarenladen
Zahnstocher oder Stecknadel	
Fön	

Schneidet aus fester Pappe zwei Schablonen eures Flügelprofils. Ihr könnt verschiedene Flügelprofile bauen und diese anschließend im Versuch testen. Die Schablonen für die Profile sollten eine Länge von etwa 10 cm haben.

Nehmt einen Styrodurblock (30 cm lang, 10 cm breit, 5 cm tief) und pinnt symmetrisch an die linke und rechte Schmalseite eine Schablone.



Schneiden des Styrodurblocks

Achtung, Gefahrenquelle!

Zieht vor dem Schneiden des Flügels Arbeitshandschuhe an! Achtet beim Schneiden darauf, dass der Draht nicht mit eurer Haut, Haaren oder Kleidung in Berührung kommt!

Schaltet zunächst die Styrodursäge ein und achtet darauf, dass die Säge gut befestigt ist! Schneidet nun den Flügel aus dem Styrodurblock.

Dann fasst ihr den Styrodurblock an den Seiten an (Finger auf die Schablone) und zieht ihn vorsichtig am Draht entlang.

Zu Projekt 4: Bauanleitung Flügelwaage

Rechts und links gibt die Schablone vor, welche Form der Flügel im Profil (also von der Seite gesehen) hat.

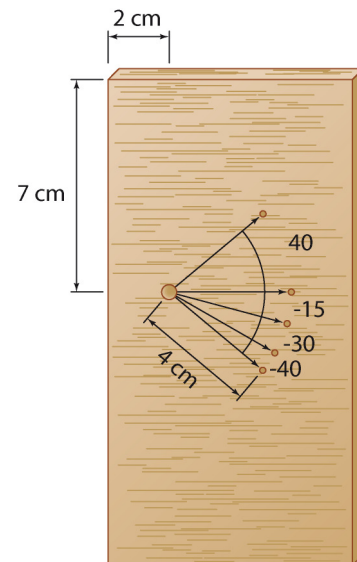
Entfernt die Schablonen und bohrt an der dicksten Stelle des Profils ein Loch (Durchmesser = 0,5 cm, Tiefe 5 cm) in den Flügel (siehe Skizze).

Bau der Flügelhalterung

Bohrt nun in das Brett 1 ein Loch ($d = 0,5 \text{ cm}$), das von Seite B 7 cm Abstand und von Seite A 3 cm Abstand hat. Durch dieses Loch wird später der Holzstab zum Aufhängen des Flügels gesteckt.

Bohrt im Abstand von 4 cm zu diesem Loch fünf weitere Löcher ($d = 0,1 \text{ cm}$) in den Winkelpositionen -40° , -30° , -15° , 0° und 40° zur Horizontalen.

Um den Flügel in 30 cm Höhe an der Waage befestigen zu können, fertigt ein Gestell in L-Form an, indem Ihr Brett 2 an die Unterkante der Seite C von Brett 1 klebt oder nagelt.



Klebt das L aufrecht stehend auf die Waage und befestigt den Flügel mit dem Stab und den Zahnstochern bzw. Stecknadeln. Nun ist eure Flügelwaage fertig und ihr könnt sie mit dem Fön anströmen.



Flügelprofil an der Halterung