

Der Traum vom Fliegen

...gleich Vögeln durch die Luft zu schweben

„Icarus aber achtete nicht die Warnungen des Vaters und flog immer höher, bis die Strahlen der Sonne das Wachs schmolzen, mit dem die Federn seiner Flügel verklebt waren. Er stürzte ins Meer und ertrank.“

Die mehr als 2000 Jahre alte Sage von Daedalus und Icarus zeigt, dass Menschen vielleicht schon immer den Traum hatten, fliegen zu können. Warum können Vögel oder Fledermäuse das, aber Menschen nicht? – Und wie haben wir es schließlich doch geschafft? Warum fliegt ein Flugzeug?

Dinge, die leichter sind als Luft, steigen auf. (Man nennt das statischen Auftrieb.) Der erste große Heißluftballon wurde von den Gebrüdern Montgolfier im Jahre 1783 gebaut. Fesselballons und Zeppeline sind mit Wasserstoff oder Helium gefüllt. Sie werden bis heute verwendet, aber sie lassen sich nur schwierig steuern und fliegen recht langsam. Wie kann man so schnell und elegant fliegen wie ein Vogel?

Den Vögeln abgeschaut

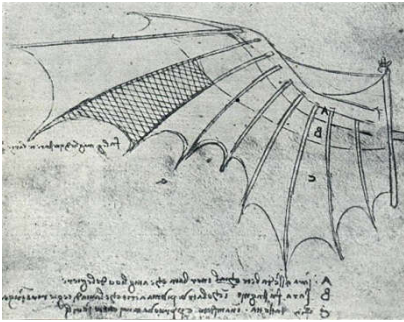


Abb. 1: Leonardo da Vinci: Konstruktion eines Flugapparates (ca. 1488)

Leonardo da Vinci studierte die Natur sehr genau. Von ihm stammen detaillierte Zeichnungen zu Fluggeräten, die aber – soweit wir wissen – niemals ausprobiert wurden. Albrecht Ludwig Berblinger, der Schneider von Ulm, ging einen Schritt weiter und scheiterte. Erst Otto Lilienthal baute 1891 funktionsfähige Gleitflieger. Lilienthal erkannte durch das Studium von Vogelflügeln und zahlreiche Messreihen, dass gewölbte Flügel weit besser zum Fliegen geeignet sind als flache Flügel. Warum ist das so?



Abb. 2: Ein Nachbau von Otto Lilienthals Gleitflieger wird im Windkanal vermessen

Bernoullis Entdeckung

Im 18. Jahrhundert beschäftigten sich Daniel Bernoulli und Giovanni Battista Venturi mit Wasser- und Luftströmungen. Sie erkannten, dass die Energie entlang einer Stromlinie gleich bleibt.

Stromlinien beschreiben, wie Wasser oder Luft um einen Gegenstand herumgleiten und dabei auf mehr oder weniger Widerstand treffen. Man kann sie z. B. in einem Windkanal durch Rauch sichtbar

machen. In Abbildung 3 sieht man die Stromlinien an einem ein Flügelprofil.

Wir erhalten Auftrieb

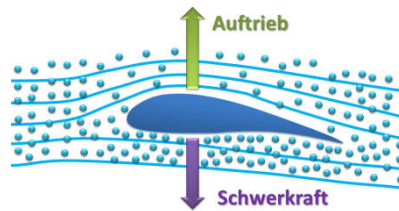


Abb. 3: Stromlinien an einem Flügelprofil

Die gewölbte Oberseite des Flügels wird anders umströmt als die flachere Unterseite. Über dem Flügel rücken die Stromlinien näher zusammen, dadurch entsteht ein Unterdruck. Unter dem Flügel entsteht ein Überdruck. Durch den Unterschied des Luftdrucks bewegt sich der Flügel nach oben: er erhält einen (dynamischen) Auftrieb. Wenn die Auftriebskraft größer ist als die Schwerkraft fliegt das Flugzeug.

Anders als im Windkanal entsteht beim fliegenden Flugzeug die Anströmung des Flügels durch den Vortrieb der Triebwerke: Das Flugzeug wird durch ihre Kraft durch die Luft geschoben (oder gezogen): Es erhält einen Schub, der den Luftwiderstand überwinden muss.

Es ist eigentlich noch ein wenig komplizierter ...

Mit dem Bernoulli-Prinzip wird in vielen Physikbüchern das Fliegen erklärt – und das ist auch richtig. Aber die Sache ist noch ein wenig komplizierter: Außer dem Druckunterschied treffen Luftteilchen auf die Tragfläche und tragen zum Auftrieb bei.

Dann bilden sich Luftwirbel (Anfahrwirbel), die während des Flugs das ganze Flugzeug umströmen.

Und schließlich spielt auch noch die Formung und das Material der Flugzeugoberflächen eine Rolle. Bis in die letzten Details haben wir noch immer nicht verstanden, was genau alles beim Fliegen eine Rolle spielt. Und trotz großer Rechnerkapazitäten kann man noch nicht

jedes Detail in Computersimulationen voraussagen. Daher sind Messungen in Windkanälen nach wie vor wichtig.

Eure Aufgabe: Vermessen eines Flügelprofils im Windkanal

Für Eure Messungen verwendet Ihr einen einfachen, offenen Windkanal. (Eigentlich wurde der Strömungskanal für das Experiment „Aktive Lärmkontrolle“ gebaut, darum ist das Gerät auch ziemlich laut. Bitte schaltet mit Rücksicht auf die anderen Gruppen den Strömungskanal nur während der Messungen ein.) Der aus dem Strömungskanal austretende Luftstrom wird durch einen wie eine Bienenwabe geformten „Gleichrichter“ („Honeycomb“) zu einer gleichmäßigen, turbulenzfreien Strömung geformt. Diesen Luftstrom richtet Ihr auf euer Flügelprofil (Abb. 4)

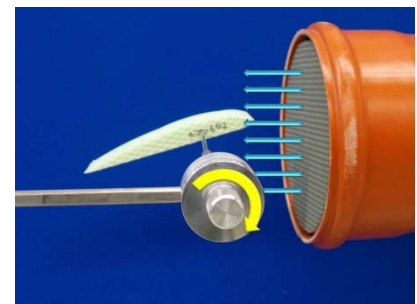


Abb. 4: Der Luftstrom trifft von rechts auf das Flügelprofil. Der Winkel des Profils kann mit der Vorrichtung vorn im Bild eingestellt werden.

Wie wir vorhin gesehen haben, erfährt das Flügelprofil durch das Anströmen eine (positive oder negative) Auftriebskraft. Diese Kraft können wir in der Auftriebswaage mit Hilfe eines empfindlichen Kraftsensors messen (Abb. 5). Die Auftriebskraft wird am Computer in Newton (N) angezeigt.

[Die Einheit der Kraft (N) wurde nach dem englischen Physiker Sir Isaac Newton (1643-1726) benannt. 1N entspricht etwa der Gewichtskraft von 100g (z. B. einer Tafel Schokolade).]

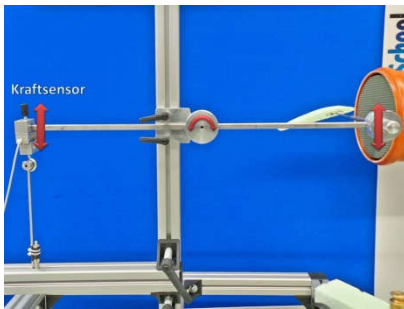


Abb. 5: Die Auftriebswaage

Wir fertigen ein Flügelprofil

Für Euer Experiment könnt Ihr aus verschiedenen Flügelprofilen wählen. Sechs Beispiele sind in Abb. 6 gezeigt. Die Profile in der linken Spalte stammen aus der Aerodynamischen Versuchsanstalt Göttingen, einer Vorläuferorganisation des DLR. Die Profile in der rechten Spalte hat das National Advisory Committee for Aeronautics der USA entworfen.

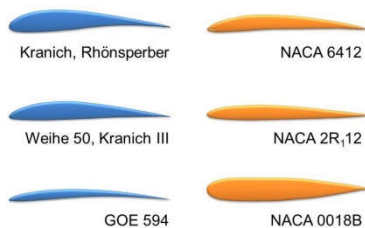


Abb. 6: Flügelprofile

Das Profil, das Ihr Euch ausgesucht habt, wird von einer computergesteuerten Schneidemaschine aus Styrodur® hergestellt.



Abb. 7: Schneidemaschine für Styrodur®

Welcher Anströmwinkel ist am besten?

Überlegt, wer für die folgenden Messungen welche Aufgabe in Eurem Team übernimmt:

- > Wer stellt die Windgeschwindigkeit ein?
- > Wer misst die Windgeschwindigkeit?
- > Wer verändert den Anströmwinkel?
- > Wer liest die Auftriebskraft am Computer ab?
- > Wer notiert die Messwerte und wer wertet sie grafisch aus?

Ändert zuerst den Anströmwinkel in dem ihr das Flügelprofil in 20°-Schritten von 80° bis -80° dreht. Messt jedes Mal die Auftriebskraft und zeichnet eine Grafik mit dem Anstellwinkel auf der X-Achse und der Auftriebskraft auf der Y-Achse.

- > Welcher Anstellwinkel ist am günstigsten?
- > Was passiert, wenn der Winkel zu steil nach oben oder unten gewählt wird? Und was würde das für ein Flugzeug bedeuten? (Schaut euch dazu auch Abb. 8 an und vergleicht sie mit Abb. 3)

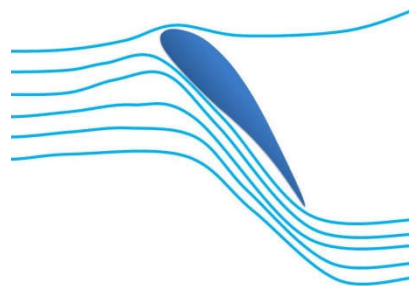


Abb. 8: Stromlinien bei steilem Anstellwinkel

Welchen Einfluss hat die Strömungsgeschwindigkeit?

Stellt den günstigsten Anstellwinkel ein und messt wie oben die Auftriebskraft bei unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten zwischen 3 und 6 m/s. (Wieviel km/h sind das?) Die Strömungsgeschwindigkeit könnt ihr mit dem Anemometer (Abb. 9) messen.

Diskutiert eure Ergebnisse auch mit Hilfe des Simulationsprogramms auf dem Tablet-Computer.

Vergleicht am Ende eures Besuchstages eure Ergebnisse mit den Daten einer Gruppe, die sich ein anderes Flügelprofil ausgesucht hatte.



Abb. 9: Anemometer

Änderbare Flügel?

Ihr habt vielleicht schon gesehen, dass das Flügelprofil der meisten Flugzeuge durch Landeklappen verändert werden kann. Diese Klappen wirken wie kleine zusätzliche Flügel. Außerdem gibt es noch Bremsklappen und am Ende vieler Flügel „Winglets“ (im Bild rot). Was es damit auf sich hat und wie man auf die Idee kam, so etwas zu konstruieren, werdet ihr diskutieren.



Abb. 10: Landeklappen

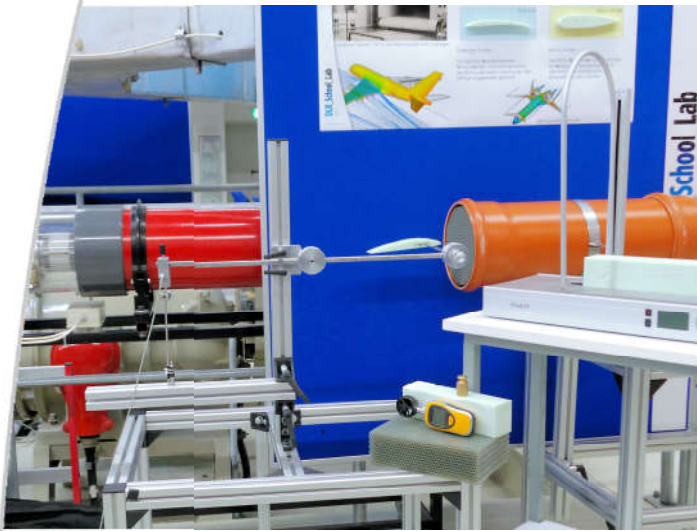


Abb. 11: Versuchsaufbau „Der Traum vom Fliegen“

Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Wir betreiben Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger betreuen Förderprogramme und unterstützen den Wissenstransfer.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 55 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 10.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

DLR Köln

Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr, Energie und Sicherheit sind die Forschungsfelder, die im DLR Köln in neun Forschungseinrichtungen bearbeitet werden. Das Rückgrat der Forschung und Entwicklung bilden Großversuchsanlagen, wie Windkanäle, Triebwerks- und Materialprüfstände und ein Hochflussdichte-Sonnenofen. Auf dem 55 Hektar großen Gelände ist neben den Forschungs- und Zentraleinrichtungen des DLR auch das Astronautenzentrum EAC der Europäischen Weltraumbehörde ESA angesiedelt. Das DLR beschäftigt in Köln-Porz rund 1.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt**

DLR_School_Lab Köln
Linder Höhe
51147 Köln

Leitung: Dr. Jan Bechert
Telefon: 02203 601-3590
E-Mail: schoollab-koeln@dlr.de
Internet: www.DLR.de/dlrschoollab

Hinweise zum Experiment:

Jahrgangsstufe: 6 bis 10
Gruppengröße: 5 bis 6
Dauer: 50 Minuten
Inhaltlicher Bezug:
Physik