



## Der modulare Windkanal

Was steckt alles in einem Windkanal und warum kann man damit herausfinden ob ein Flugzeug fliegen kann?

Windkanäle gehören seit über 100 Jahren zum Handwerkszeug der Strömungsmechaniker. Um 1900 entwickelte der Göttinger Physiker Ludwig Prandtl mit seinem Team die ersten Vorläufer unserer heutigen Windkanäle. Seit dem sind sie nicht mehr aus der Strömungsphysik, dem Flugzeug- und Automobilbau uvm. wegzudenken. Im DLR\_School\_Lab Göttingen könnt ihr selber einen Windkanal aus vielen Einzelteilen zusammenbauen und dabei die Funktionen und die Auswirkungen jedes Bauteils auf die Strömung kennenlernen.

# Der modulare Windkanal



Quelle: Zentrales Archiv DLR,  
Fotograf unbekannt

## Historisches:

Die ersten Windkanäle wurden vor ca. 100 Jahren von Ludwig Prandtl in Göttingen und Gustav Eiffel in Paris entwickelt. Seit dem werden Windkanäle ständig weiterentwickelt, so gibt es heutzutage Windkanäle, welche bei einer Temperatur von  $-170^{\circ}\text{C}$  oder andere, welche bei einem Druck von 100 bar betrieben werden. In den dreißiger Jahren wurden zahlreiche Untersuchungen zu Zeppelinen (Bild 1) und anderen grundlegenden Formen durchgeführt. In den folgenden Jahren wurden Flugzeuge, später auch Automobile, Züge, Sportler oder sogar Brücken in Windkanälen untersucht. Diese Untersuchungen werden dabei aus mehreren Gründen durchgeführt: Bei Flugzeugen um zu wissen ob z.B. genügend Auftrieb zum Fliegen erzeugt wird. Bei Automobilen um einen möglichst geringen Widerstand und somit einen geringen Benzinverbrauch zu erhalten. Bei Brücken um die Stabilität bei Seitenwind und das Schwingungsverhalten zu bestimmen. Bei all diesen Untersuchungen ist die Entstehung von Luftverwirbelungen von großem Interesse.



## Was muss ein Windkanal können?

Damit solche Untersuchungen durchgeführt werden können muss die im Windkanal erzeugte Luftströmung mehrere Kriterien erfüllen:

- Die Windgeschwindigkeit muss die gewünschten Kriterien erfüllen.

- Es muss eine laminare, gleichmäßige Strömung vorliegen, d.h. es dürfen keine Turbulenzen in der Strömung auftreten, da sonst nicht festgestellt werden kann wo z.B. Wirbel entstehen.
- Die Strömung muss zeitlich und räumlich in der Messstrecke konstant bleiben, damit Messungen reproduzierbare Ergebnisse liefern.



## Warum können wir überhaupt ganze Zeppeline, Flugzeuge, Züge oder Brücken in einem Windkanal vermessen?

Die Antwort darauf beruht auf der Ähnlichkeit von Strömungen. Wenn wir ein maßstabsgetreues Modell nehmen und die Parameter wie die Strömungsgeschwindigkeit entsprechend anpassen, dann wird das Modell genauso umströmt, wie das Original. Dazu gibt es eine dimensionslose Kennzahl, die Reynolds-Zahl, wenn diese gleich ist, dann liegen die gleiche Strömungsverhältnisse vor.

## Zum Versuch:

Aus folgenden Teilen kann der modulare Windkanal zusammen gesetzt werden:

- Gebläse
- Gleichrichter
- zwei Düsen
- vier Krümmer
- Gerade
- Vorkammer
- drei Siebe
- Diffusor
- vier Leitbleche

Zu Beginn des Versuches befindet sich einzig das Gebläse auf dem Tisch und ihr könnt selber die einzelnen Module nach und nach anbauen und so einen vollständigen, funktionsfähigen Windkanal aufbauen.

Durch eine Faden- und eine Gittersonde (Bild 2) kann die Richtung sowie die Turbulenz der Strömung und mit Hilfe des Windmasters die Strömungsgeschwindigkeit bestimmt werden. Mit diesen Messinstrumenten kann die Strömung hinter jedem einzelnen Bauteil untersucht und charakterisiert werden, somit könnt ihr selber herausfinden welchen Einfluss ein Bauteil auf die Strömung hat und warum dieses Bauteil in einem Windkanal benötigt wird.

Wenn der Windkanal fertig aufgebaut wurde kann durch das Einbringen von Rauchfahnen die Luftströmung visualisiert werden. Mit Hilfe dieser Rauchfahnen könnt ihr nun die Umströmung verschiedener Autos und anderer Körper untersuchen (Bild 3). Dabei steht euch auch Knete zur Verfügung, mit der ihr die Autos aerodynamisch optimieren könnt.

Mit Hilfe einer Einkomponenten-Waage kann der Luftwiderstand und somit der  $c_w$  Wert der einzelnen Fahrzeuge von euch bestimmt werden. Dieser ergibt sich aus dem Luftwiderstand  $F_w$ , der Luftdichte  $\rho$ , der angeströmten Fläche  $A$  und der Strömungsgeschwindigkeit  $v$  zu:

$$F_w = c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot v^2$$



## Technische Daten des Schülerkanals:

- Windkanal Göttinger Bauart in Modularbauweise
- Offene Messstrecke
- Antriebsleistung:  $93W_{el}$
- Max. Windgeschwindigkeit:  $17,6m/s$
- Messstreckenquerschnitt:  $0,1m \cdot 0,1m$  oder  $0,2m \cdot 0,2m$
- Düsenkontraktion:  $16:1$  oder  $4:1$
- Freistrahllänge:  $0,2m$  oder  $0,4m$
- Maße über alles:  $2,15m \cdot 0,75m$
- Max. Reynoldszahl:  $1,2 \cdot 10^3$

## Fragen zum Nachdenken

- Welche Bedeutung haben diese Versuche für unsere Umwelt und Industrie?
- Für welche Bereiche benötigen wir diese Untersuchungen in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr?
- Wie erzeugen Flugzeuge Vortrieb?
- Wie erzeugen Vögel im Vergleich dazu Vortrieb?
- Wie entwickelt sich der Auftrieb bei größer werdendem Anstellwinkel?
- Was passiert mit der den Tragflügel überströmenden Luft?
- Wozu braucht ein Flugzeug Klappen?

## Glossar

### Aerodynamik

Lehre von den mechanischen Wechselwirkungen zwischen einem in Luft bewegten Körper und dem umgebenden Strömungsfeld.

### Anstellwinkel

ist der Winkel zwischen der Anströmung und der Verbindungslinie zwischen dem vordersten und hintersten Punkt eines Tragflügels.

### Flügeltiefe

Abstand von der Vorderkante des Flügels bis zur Hinterkante.

### Oszillograph

Messgerät, das Schwingungen aufzeichnet. (Schwingungsschreiber)

### Reynoldszahl

Beschreibt das Verhältnis von Trägheits- zu Reibungskräften. Sie ist definiert  $R_e = UL/\nu$  dabei ist  $U$ =Strömungsgeschwindigkeit;  $L$  = charakteristische Länge;  $\nu$  = kinematische Zähigkeit des Strömungsmediums. Die kritische Reynoldszahl bezeichnet den Übergang der laminaren in die turbulente Strömung. Strömungen des gleichen Typs, mit derselben Reynoldszahl, sind ähnlich.

### Staupunkt

Hier ist die Strömungsgeschwindigkeit gleich null.

### Tragfläche

Sammelbegriff für tragende Flächen an Fluggeräten, bei denen die umgebende Strömung eine nennenswerte Kraft quer zur Fläche ausübt.

## Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den dreizehn Standorten Köln (Sitz des Vorstandes), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

## DLR Standort Göttingen

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) konzentriert seine Aktivitäten in den Schwerpunkten Luftfahrt und Verkehr an den Standorten Göttingen und Braunschweig. Das DLR Göttingen, 1907 als Modellversuchsanstalt der späteren Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) gegründet, beschäftigt ca. 350 Fachleute in der grundlagen- wie anwendungsorientierten Luftfahrtforschung.

Gefördert durch:



Bundesministerium für Bildung und Forschung



Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie



Leibniz Labor



Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur



Niedersächsisches Kultusministerium

ROBERT BOSCH STIFTUNG



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR School\_Lab Standort Göttingen

Bunsenstraße 10  
D-37073 Göttingen

Dr. Oliver Boguhn  
Telefon: 0551/709-2409  
Telefax: 0551/709-2439  
E-Mail: oliver.boguhn@dlr.de

schoollab-goettingen@dlr.de