



Foto: © Marek Kruszewski

Strömungs- untersuchungen im Windkanal:

Viel Wirbel um Nichts?

Für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind Windkanäle nichts ganz Neues mehr. Schon seit über 100 Jahren erforschen sie mit dieser Technik immer wieder neue Problemstellungen. Und dennoch hat der Windkanal nichts von seiner Aktualität eingebüßt: Flugzeuge, Autos oder Züge sind gängige Untersuchungsgegenstände unserer Zeit. Aber auch Fenstermarkisen oder nur ein einfacher Regenschirm können „Windkanal-geprüft“ sein. Die Vorteile liegen auf der Hand: Nicht nur „harte Zahlen“ wie Geschwindigkeiten, Kräfte oder Windlasten lassen sich im Windkanal messen, sondern man kann die Strömung auch sichtbar machen. Und wenn man den Windkanal entsprechend einstellt, kann man sogar vorab untersuchen, wie Gegenstände sich bei besonderer Belastung verhalten werden, noch bevor der Fall in der Natur eintritt.

Geschichte der Windkanäle

Anfang 1900 führte Gustave Eiffel, der Erbauer des Eiffelturms, Untersuchungen durch, die ihn dazu bewogen, ein Strömungslabor aufzubauen. Dieses bestand aus einer geschlossenen Messkabine, der von außen Luft durch eine Düse zugeführt wurde und auf der anderen Seite wieder abfloss. Das war die Geburtsstunde der „Eiffel-Kanäle“.

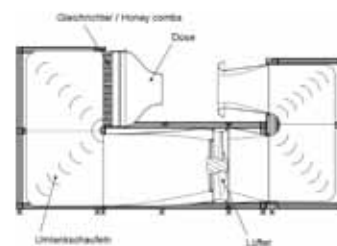
Da sich Druck-, Temperatur- und Geschwindigkeitsunterschiede der von außen zugeführten Luft bis in die Messstrecke fortsetzen und die Messungen verfälschen können, nahm Ludwig Prandtl einige Modifikationen vor: Er führte die abströmende Luft durch einen Kollektor wieder zum Gebläse zurück, die Luft bewegte sich somit im Kreislauf. Diese Art der Kanalführung nennt man noch heute „Göttinger Bauart“, da Herr Prandtl in Göttingen in der von ihm gegründeten „Modellversuchsanstalt“ tätig war.

Schnell zeigte sich der Nutzen der Windkanäle: Im kleinen Maßstab lassen sich Untersuchungen durchführen, die in der Natur gar nicht oder nur mit deutlich höherem Aufwand machbar sind. Die Autoindustrie misst in eigenen Windkanälen u.a. den Luftwiderstand der Fahrzeuge, die Flugzeugindustrie interessiert sich für Widerstand, Auftrieb und Stabilität. Aber auch ganze Stadtquartiere werden untersucht. Es wird gemessen, wie sich Schadstoffe verteilen, oder es wird der so genannte „Windkomfort“ untersucht, die bodennahe Verteilung der Windgeschwindigkeit.

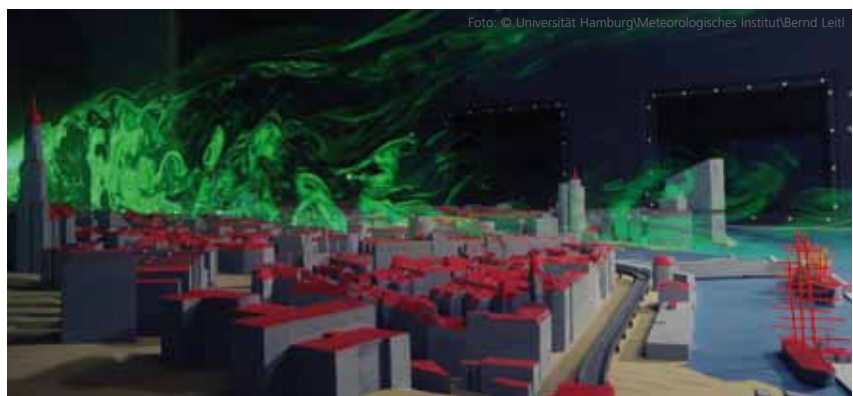
Auch aus dem Sportbereich sind die Windkanäle nicht mehr wegzudenken: Ob Formel 1, die Form von Rennbobs, Fahrrädern oder Helmen, viele Teams und Firmen investieren viel Geld in die Untersuchung im Windkanal um ihren Sportlern zu Höchstleistungen zu verhelfen.

Woraus besteht ein Windkanal?

Windkanäle, die im Unterschallgeschwindigkeitsbereich arbeiten, besitzen die folgenden Komponenten:



Ein Gebläse oder Lüfter versetzt die Strömung in Bewegung. Da sich hierbei meist kleine Wirbel bilden, die Strömung aber möglichst gleichförmig sein soll, wird sie durch so genannte „Honey combs“ gedrückt. Das sind wabenförmige Gleichrichter, die die Luft zwingen, parallel und waagrecht in die Düse zu strömen. Dort wird sie beschleunigt und gelangt in die Messstrecke. Nach Verlassen der Messstrecke wird die Luft entweder geschlossen im Kreis geführt oder nach draußen entlassen. Die geschlossene Kreisführung ist meistens energetisch günstiger.



Entsprechen die Ergebnisse aus Windkanalmessungen der Realität?

Wie stellt man sicher, dass die Ergebnisse auch wirklich übertragbar sind? Im Vergleich zum realen Fall ist im Windkanal das Modell meist kleiner als das Original. Um die Ergebnisse auf die Realität übertragen zu können, benutzt man sogenannte Beiwerte, die vom Modellmaßstab unabhängig sind. Der Widerstandsbeiwert C_w , den man von Autos kennt, ist zum Beispiel so eine Zahl.

Damit man die Ergebnisse verwerten kann, müssen aber auch einige Ähnlichkeitsgesetze erfüllt sein. Außer der Einhaltung des geometrischen Maßstabs ist das zum Beispiel die Reynoldszahl, die gleich ist, wenn sich im Versuch und in der Realität gleich viel Turbulenz in der Strömung bildet. Mit einem kleinen Modell kann man aber nicht immer alle Ähnlichkeitsbedingungen exakt erfüllen. Deswegen macht man vorher eine Abschätzung, mit welchen Strömungsverhältnissen im Windkanal man dem Realfall am nächsten kommt. Mit diesem Wissen und indem man Beiwerte benutzt, kann man die Ergebnisse auf die Natur übertragen und man lernt aus einem Windkanalexperiment, wie sich das Flugzeug, das Auto oder der Zug in der Natur verhalten bzw. umströmt wird.

Versuchsdurchführung

Autos mit verschiedenen Formen können ebenfalls untersucht werden. Wie ändert sich die Strömung, wenn sich der Abstand zwischen den Fahrzeugen ändert? Warum hat ein Auto mit Stufenheck einen Scheibenwischer, jenes mit Fließheck aber nicht? Das sind Fragestellungen, denen Ihr im Windkanal ganz praktisch nachgehen könnt.

Die Strömung und ihre Wirkung kann auf mehrere Arten erkundet werden: zum Einen liegt ein 2-dimensionales Tragflügelprofil bereit, welches Ihr Euch über den Arm schnallen und in die Strömung halten könnt. Auf diese Weise

könnt Ihr Auftrieb und Widerstand am eigenen Leib erfahren. Weitere Profile stehen zur Verfügung, die über einen einfachen Verstellmechanismus mit verschiedenen Winkeln in die Strömung gehalten werden können, der Fachmann nennt das den „Anstellwinkel“. Mit Fadensonden könnt Ihr erkunden, welchen Einfluss der Anstellwinkel hat und wie das Profil überhaupt eine Auftriebskraft erzeugen kann. Mit den Fadensonden könnt Ihr dabei die Strömung sichtbar machen. Ihr könnt auch untersuchen, was passiert, wenn man die Dicke oder die Wölbung eines Profils verändert. Das beste Profil für eine bestimmte Aufgabe zu finden, ist eine der Aufgaben von Aerodynamikern beim Flugzeugentwurf.

Neben den Windkanaluntersuchungen könnt Ihr noch ein weiteres, für aerodynamische Untersuchungen sehr verbreitetes Werkzeug ausprobieren: Die numerische Simulation. Es wird ein Computerprogramm verwendet, um die Strömung um z.B. eine Tragfläche zu berechnen. Dabei berechnet der Computer für jeden Punkt auf der Oberfläche, wie der Druck an dieser Stelle die Strömung verändert. Dann sucht er die Druckverteilung, die die Strömung exakt um das Profil herumführen würde. Daraus ergibt sich auch direkt die Geschwindigkeit, die die Strömung an der Oberfläche hat. Aus der Geschwindigkeit kann der Computer dann die Reibungskräfte ausrechnen, und mit allen Drücken der Oberfläche zusammen ergeben sich dann die Kräfte, die das Profil erzeugt: Auftrieb und Widerstand. Andere, noch genauere Verfahren brauchen ein Netz von Punkten überall in der Strömung und berechnen dann Drücke und Geschwindigkeiten überall in der Strömung.

Nachrechnungen mit dem Computer sind eine weitere Möglichkeit, Untersuchungen durchzuführen, ohne dass z.B. die Tragfläche in der Realität fliegen muss. Die Begrenzung hierbei ist lediglich die Computerkapazität...Die hat zwar in den letzten Jahren deutlich zugenommen, aber in diesem Bereich stoßen die Wissenschaftler mit ihren Hochleistungsrechnern immer noch schnell an die Grenzen des Möglichen.



Fragen zum Nachdenken

- Der Kraftstoffverbrauch eines Autos hängt u.a. von seinem Widerstand ab. Was wirkt sich positiv und was negativ am Auto auf ihn aus?
- Welche Unterschiede gibt es zwischen dem auf der Straße fahrenden Auto und der Windkanalsimulation?
- Was versteht man unter „Wind-schatten“?
- Wo und wie wird in der Natur die Strömung sichtbar gemacht?
- Wann sind Computersimulationen sinnvoll, wann würde man lieber Versuche im Windkanal machen?
- Wie erzeugt ein Tragflügelprofil Auftrieb, und welchen Einfluss hat der Anstellwinkel?
- Braucht man unbedingt ein Tragflügelprofil, um Auftrieb zu erzeugen?
- Woher kommt die Wirbelschleppe, die sich hinter einem fliegendem Flugzeug bildet?

Glossar

Fadensonde

Eine Methode, die Strömung im Windkanal sichtbar zu machen, bei der dünne Wollfäden an einem Stab befestigt werden und dieser in die Strömung gehalten wird. Die Fäden legen sich entlang von Stromlinien und markieren das Strömungsbild.

Auftrieb

Der Auftrieb ist eine Kraftwirkung in Fluiden (Flüssigkeiten oder Gas), die der Schwerkraft entgegengerichtet ist. Man unterscheidet weiterhin den statischen A. (durch Verdrängung von Fluid durch einen Körper, wie bei Schiffen) und den dynamischen A. (hervorgehoben durch die Umströmung des Körpers).

Widerstand

Eine der Bewegungsrichtung entgegengesetzt (also bremsend) wirkende Kraft in der Fluidodynamik.

Laminare Strömung

Laminar nennt man eine Strömung, in der keine Turbulenz auftritt. Das Fluid strömt in Schichten, die sich nicht vermischen. Es handelt sich hierbei um eine stationäre (zeitlich nicht veränderliche) Strömung.

Turbulente Strömung

Turbulenzen nennt man unregelmäßige Störungen in der Strömung. Dabei treten zufällig Wirbel in völlig unterschiedlichen Größen gleichzeitig auf – von sichtbaren bis zu mikroskopisch kleinen. Die Strömung scheint zu „rauschen“.

Reynoldszahl

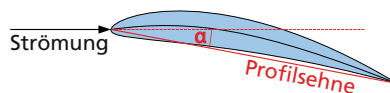
$$Re = \frac{u \cdot L}{\nu}$$

mit u = Geschwindigkeit, L = Länge, ν = kinematischer Viskosität

Die Re ist eine dimensionslose physikalische Kennzahl, die Trägheits- zu Reibungskräften ins Verhältnis setzt und darüber Auskunft gibt, ob eine Strömung laminar oder turbulent ist.

Anstellwinkel

In der Luftfahrt versteht man unter dem α den Winkel zwischen der Richtung der Anströmung und der Profilsehne einer Tragfläche. Der α geht stark in den Auftrieb mit ein.



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, Energie, Verkehr und Sicherheit 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 zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 13 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

DLR Standort Braunschweig

Die Aktivitäten in den DLR-Standorten Braunschweig und Göttingen konzentrieren sich auf die Geschäftsfelder Luftfahrt und Verkehr. Am Forschungsflughafen in Braunschweig setzt das DLR mit etwa 1.000 hochqualifizierten Mitarbeitern die Tradition der 1936 gegründeten Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt (DFL) fort.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR_School_Lab Standort Braunschweig

Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig

Dr. Anke Kovar
Telefon: 0531 295-2190
Telefax: 0531 295-2195
E-Mail: anke.kovar@dlr.de

schoollab-bs@dlr.de

Gefördert durch:

