

DLR_School_Lab

Strömungen

Göttingen

www.schoollab.dlr.de



Das Unsichtbare sichtbar machen:

Strömungsbilder im Wasserkanal

Wie kann man Vorgänge sichtbar machen, die sich der direkten Beobachtung entziehen? Strömende Luft zum Beispiel? Für einen Flugzeugkonstrukteur oder einen Entwurfsingenieur in der Autoindustrie eine wichtige Frage. Schließlich möchte man wissen, wie „windschlüpf- rig“ ein Auto ist oder ob ein Tragflügel die gewünschten Auftriebseigenschaften hat.

Um diese Frage beantworten zu können, experimentieren Wissenschaftler an speziellen Windkanälen, entwickeln Rechenverfahren und simulieren die Strömung am Computer. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts, als die Technik gerade laufen lernte, waren die Hilfsmittel noch einfacher, aber nicht weniger wirksam. Beispiel: der Wasserkanal von Ludwig Prandtl.

Prandtl ist der Begründer der modernen Strömungslehre. 1904 hielt er mit 29 Jahren auf dem Heidelberger Mathematiker-Kongress einen aufsehenerregenden Vortrag zur „Grenzschichttheorie“. Damit begann die Zeit der modernen Aerodynamik – und zwar in Göttingen. Hier sind an der Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) wesentliche Grundlagen, wie die Grenzschichttheorie, Profiltheorie und Tragflügeltheorie, erarbeitet worden – alles Grundlagen für die Luftfahrt von heute.

Professor Ludwig Prandtl, der Gründer und langjährige Leiter der Versuchsanstalt, hat seine Modellvorstellungen aus der unmittelbaren Anschauung gewonnen. Dazu benutzte er anfangs einen einfachen Wasserkanal. Mit einer Kopie dieses historischen „Prandtl-Kanals“ wollen wir heute arbeiten.

Warum Strömungsbilder?

Bei allen Experimenten zu Strömungsvorgängen verschaffen sich Wissenschaftler zu Beginn einen Überblick, bevor sie detaillierter messen. Wie verhält sich die Strömung? Wo ist die Strömung gleichgerichtet oder gleichförmig? Liegen großräumige Strukturen vor? Wo passiert was? Wo lohnt es sich zu messen? Diese Fragen stehen immer am Anfang.

Da die meisten Strömungsvorgänge unsichtbar verlaufen, müssen sie sichtbar gemacht werden. Durch Zugabe von Wollfäden, Rauch, Farbe oder Teilchen wird ein Strömungsverlauf sichtbar. Damit sieht der Wissenschaftler, wo die Strömung laminar oder turbulent ist und wo eine Strömungsablösung auftritt.

Diese einfache qualitative Methode hat zudem den Vorteil, das Experiment nicht zu verfälschen. Will man die Informationen mit Sonden gewinnen, die in die Strömung eingebracht werden, hat man einen komplizierteren Versuchsaufbau und die Sonden können das Experiment beeinflussen. Prandtl's Überlegungen und Versuche zeigten schon um 1900, dass Strömungsphänomene in Luft und in Wasser gleichen Gesetzen gehorchen, und dass man sie mit dem Prandtl-Kanal entdecken kann.

Versuche am Prandtl-Kanal

Der Prandtl-Kanal ist eine Metallwanne von 1,45 m Länge mit doppeltem Boden und einem handbetriebenen Schaufelrad an der einen Seite. Wird

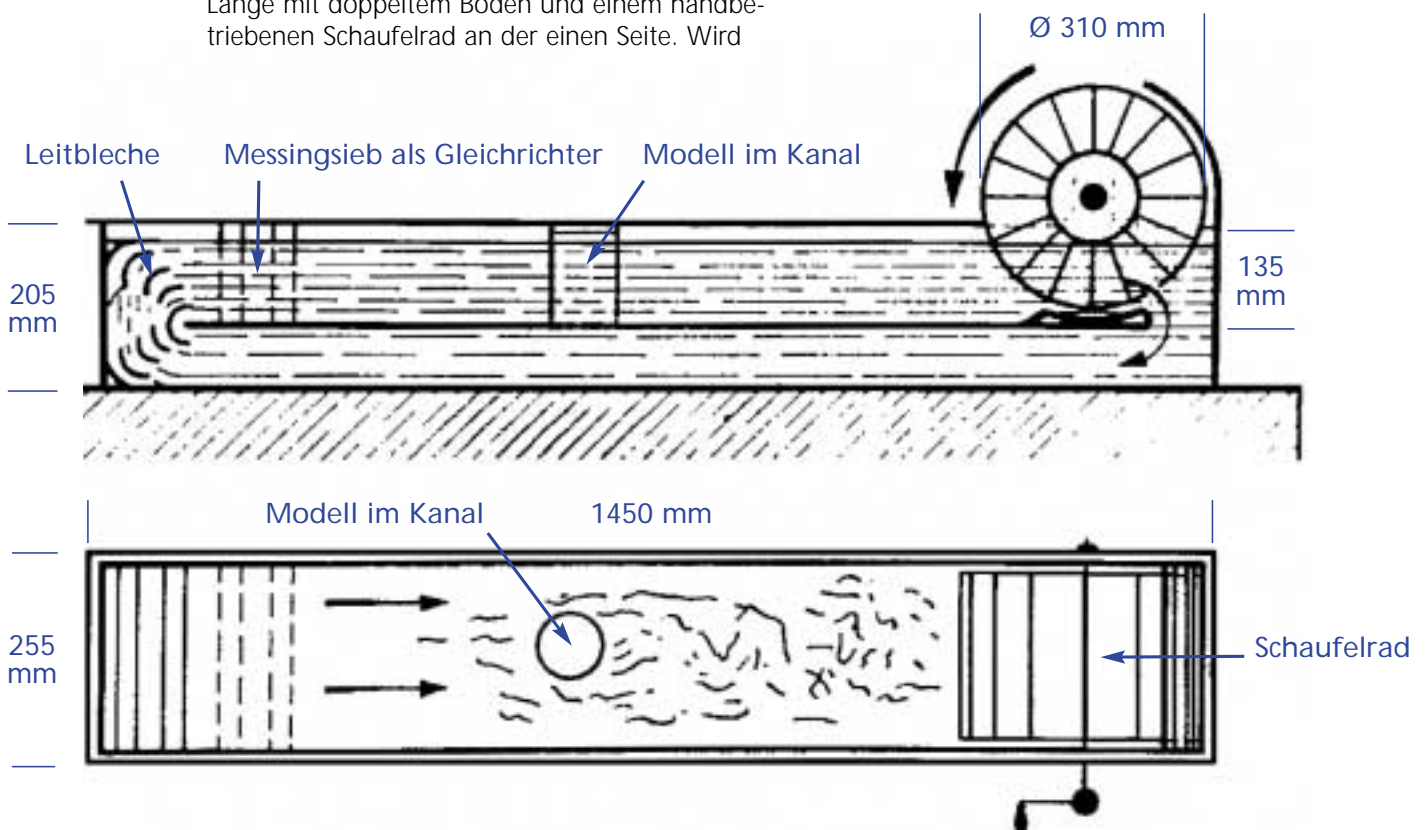
das Schaufelrad in Bewegung gesetzt, strömt das Wasser in einem geschlossenen Kreislauf durch die Apparatur auf das Schaufelrad zu, durch den Unterboden zurück und tritt dann durch ein Umlenk- und Siebsystem am anderen Ende an der Oberfläche wieder aus. Auf die Wasseroberfläche werden Aluminiumflocken aufgebracht, um die Strömung sichtbar zu machen.

Die Phänomene im Film

1932/33 entstanden am Kaiser-Wilhelm-Institut für Strömungsforschung in Göttingen Filmaufnahmen zu Strömungsphänomenen. Ein Teil der Aufnahmen zeigt genau die Erscheinungen, die wir mit dem Prandtl-Kanal sichtbar machen wollen. Anders als beim Prandtl-Kanal werden die Objekte hier durch das Wasser gezogen. Zur Sichtbarmachung der Strömung wurde auch hier Aluminiumpulver verwendet. Das Ergebnis ist das gleiche wie beim Prandtl Kanal.

Die folgenden Versuche im Prandtl-Kanal werden auch im historischen Film gezeigt:

1. Ein Tragflügelprofil wird unter verschiedenen Anstellwinkeln angeströmt (Fotos 1,2 Tragflügel evtl. beide Anstellwinkel)
2. Umströmung eines Halbzylinders (Foto 4 Zylinder)
3. Eine scharfe Kante wird seitlich angeströmt (Foto 3 scharfe Kante)

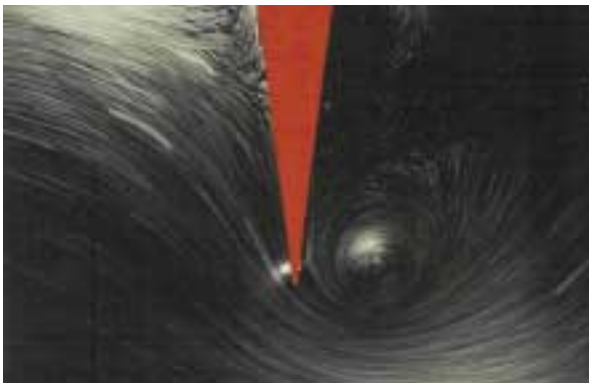




1 Profil: Strömung bei kleinem Anstellwinkel.



2 Profil: Strömung bei großem Anstellwinkel.



3 Umströmung einer scharfen Kante.



4 Umströmung eines Halbzylinders.

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?
 Warum macht man heute noch Strömungen sichtbar?
 Welche Bedeutung haben die Fotos 1,2 und 3 für die Flugtechnik?

Glossar

Ablösung

der Strömung tritt auf, wenn das Fluid (Flüssigkeit oder Gas) wegen zu großem Druckanstieg der Kontur des Körpers nicht mehr folgen kann.

Anstellwinkel

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

Grenzschicht

ist der Bereich der Strömung nahe der Körperoberfläche (einige Millimeter bis Zentimeter), in dem Reibungseinflüsse maßgeblich sind.

Kármánsche Wirbelstraße

besteht aus zwei Reihen von Wirbeln mit entgegengesetztem Drehsinn, die sich abwechselnd rechts und links am Körper ablösen.

laminar

ist eine glatte, geschichtete Strömung, insbesondere in der Grenzschicht, ohne Durchmischung des Mediums. Gegenteil: **turbulent**.

Profil

ist der konstante Querschnitt durch eine Tragfläche ohne Zuspitzung oder Verdickung.

Reibung

erzeugt Widerstandskräfte zwischen strömenden Flüssigkeitsschichten oder zwischen Flüssigkeit und überströmten Körperoberflächen.

Reynoldszahl

beschreibt das Verhältnis von Trägheits- zu Reibungskräften. Sie ist definiert als $Re = U L / \nu$; U = Strömungsgeschwindigkeit; L = charakteristische Länge; ν = 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.

stall (engl.)

ist der Strömungsabriss an der Tragfläche. Die Strömung löst sich von der Oberseite der Fläche ab, weil der Anstellwinkel zu steil war.

Staupunkt

hier ist die Strömungsgeschwindigkeit gleich null.

Strömung

ist bewegte Flüssigkeit oder bewegtes Gas (Fluid).

Zähigkeit (Viskosität)

ist der Widerstand gegen Formänderung bei Flüssigkeiten.



Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Standort Göttingen
Bunsenstraße 10
D-37073 Göttingen

Text:
DLR_School_Lab Göttingen

Gestaltung:
ziller design, Mülheim an der Ruhr

Bildnachweis:
DLR

Druck:
Richard Thierbach GmbH,
Mülheim an der Ruhr

Das DLR_School_Lab Göttingen wird gefördert von:

