



## Der Prandtl-Kanal – was ist das?

„Alles fließt“, stellte der griechische Philosoph Heraklit schon vor 2500 Jahren fest, und tatsächlich sind „Fließen“ und „Strömen“ in den heutigen Wissenschaften fundamentale Begriffe für unser Weltverständnis geworden.

Egal wo wir Strömung beobachten, ob in der Fahrzeuge umgebenden Luft oder im Wasser, ob in der Atmosphäre oder in den Ozeanen, ob in Bächen und Flüssen, in Rohrsystemen oder in Blutgefäßen – immer wollen wir wissen, welcher Art die Strömung ist, ob das Fluid glatt fließt oder Wirbel bildet, ob und wie es sich staut, wie es auf Hindernisse in ihm oder auf Leiter um es herum einwirkt und wie umgekehrt diese sein Strömen beeinflussen.

Der Prandtkanal hilft uns dabei, Strömung sichtbar zu machen.



## Glossar

### Strömungslehre

Die Strömungslehre (oder auch Strömungsmechanik) beschäftigt sich mit den Bewegungsgesetzen von Fluiden. Fluide sind Gase und Flüssigkeiten. Je nach Natur des Fluides spricht man von Hydrodynamik (Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten) und Aerodynamik (Lehre von der Bewegung der Gase).

### Fluide

Das Verhalten von Fluiden ist größtenteils sehr ähnlich, nur unter Normal- (Druck-) Spannungen ergibt sich ein anderes Bild: Flüssigkeiten verändern ihr Volumen unter Druck kaum, Gase sind dagegen stark kompressibel. In einigen praktischen Anwendungen kommt es jedoch nur zu geringen Druckveränderungen, so dass man in diesen Fällen auch Gasströmungen als inkompressibel bezeichnen kann, z.B. bei Strömungen um Bauwerke, Kraftfahrzeuge oder um Flugzeuge im Unterschallbereich.

### Laminare Strömung

(lat.: lamina – die Platte)  
Bei der laminaren Strömung bewegen sich Flüssigkeiten und Gase ohne das Auftreten von Turbulenzen (Verwirbelungen). Das Fluid strömt in parallelen Schichten, die sich nicht untereinander vermischen. Es entstehen so nur geringere Strömungsenergieverluste.

### Kármánsche Wirbelstraße

Bei einer Umströmung von Körpern kommt es bei Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit oft zu periodisch wiederholten Ablösungen von Wirbeln mit abwechselndem Drehsinn, die nach der Ablösung von der Strömung in einer „Straße“ davongetragen werden.

### Turbulente Strömung

(lat.: turbulentus – unruhig)  
Bei der turbulenten Strömung entstehen bei der Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen Turbulenzen (Wirbel). Die unterschiedlichen „Fluidschichten“ vermischen sich in alle Richtungen und es kommt zu größeren Energieverlusten als bei laminarer Strömung. Beispiel: Der aufsteigende Rauch einer Zigarette strömt ein kurzes Stück über der Zigarette glatt und gleichmäßig (laminar), im höheren Bereich bilden sich aber Wirbel und die Strömung wird turbulent.

### Kontinuitätsgesetz

Das Kontinuitätsgesetz ist das Gesetz von der Erhaltung der Masse bei Fluidströmungen. Es besagt, dass die Differenz zwischen den Massen, die in ein betrachtetes Volumenelement je Zeiteinheit ein- und ausströmen, gleich der Massenänderung des Volumenelements ist.

Beispiel: Verändert sich demnach die Querschnittsfläche eines flüssigkeitsdurchflossenen Rohres von  $A_1$  auf  $A_2$ , so ändert sich die Strömungsgeschwindigkeit umgekehrt proportional, da der Durchfluss durch beide Flächen gleich sein muss.

### Instationäre Strömung

Die Strömungsverhältnisse ändern sich mit der Zeit, z.B. bei einer Hochwasserwelle oder dem Druckstoß in Rohrleitungen.

### Stationäre Strömung

Strömung ohne zeitliche Veränderung des Strömungsbildes. An jedem festen Ort gibt es – unabhängig von der Zeit – ein festes Strömungsbild, das sich zeitlich nicht ändert.

Weitere Informationen unter

[www.dlr-schoollab-hamburg.de](http://www.dlr-schoollab-hamburg.de)  
[www.schoollab.dlr.de](http://www.schoollab.dlr.de)  
[www.tuhh.de/schule/](http://www.tuhh.de/schule/)

Partner und Unterstützer des DLR\_School\_Lab Hamburg



**NORDMETALL**  
Verband der Metall- und Elektro-Industrie e.V.



**Lufthansa Technik**



Behörde für  
Wirtschaft und Arbeit



Juni 2007 / Gestaltung: [www.formlabor.de](http://www.formlabor.de)



**DLR\_School\_Lab**  
Hamburg

Wie man Strömung sichtbar macht,  
und was in Strömungen passiert!

# Prandtl-Kanal



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



Behörde für  
Bildung und Sport

**TUHH**  
Technische Universität Hamburg-Harburg



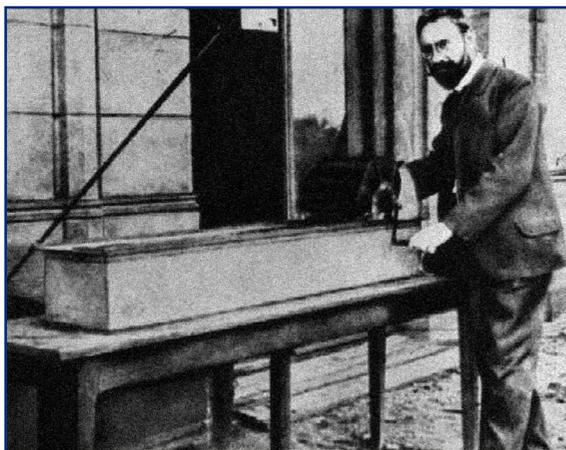
Luftfahrtstandort  
Hamburg

## Strömungen sichtbar machen

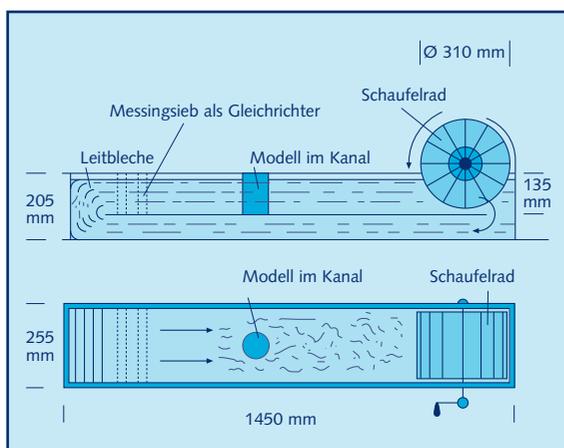
In vielen Fällen – insbesondere in den Anwendungsfällen aus Schiff- und Luftfahrt – ist das beobachtete Fluid, wie Luft und Wasser, durchsichtig, und es ist schwer zu beobachten, wie die Strömung vorstatten geht. Es ist deshalb nicht überraschend, dass Wissenschaftler bei Beginn der Untersuchung strömender Fluide als erstes versucht haben, Strömungen sichtbar zu machen.

## Ludwig Prandtl

Ludwig Prandtl (1875–1953), einer der Väter der modernen Strömungslehre, führte bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts an einem kleinen Wasserkanal Experimente zur Strömungsvisualisierung durch. Schon mit 26 Jahren wurde er in Göttingen zum Professor berufen und lehrte und forschte dort anschließend viele Jahre. Er gründete die Aerodynamische Forschungsanstalt, in der dann wesentliche Teile der modernen Strömungsmechanik erarbeitet und so auch die Grundlagen für die heutige Luftfahrt gelegt wurden.



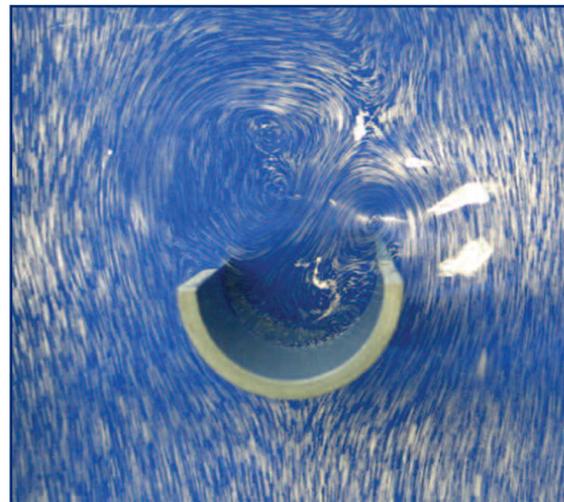
Ludwig Prandtl (1875-1953) am Wasserkanal, der noch heute nach ihm benannt wird. (Foto: DLR)



Aufbau des Prandtl-Kanals

## Der Prandtl-Kanal

Der „Prandtl-Kanal“ besteht aus einer kastenförmigen Wanne (1,45m x 0,25m x 0,20m) mit doppeltem Boden und einem handbetriebenen Schaufelrad an einer Seite. Wird das Schaufelrad in Bewegung gesetzt, strömt das Wasser in einem geschlossenen Kreislauf durch den Kanal auf das Schaufelrad zu, durch den Unterboden zurück und tritt dann durch ein Umlenksystem am anderen Ende an der Oberfläche wieder aus. Der Nachbau des Kanals am DLR\_School\_Lab Hamburg besteht aus Glas mit einem Plexiglaseinsatz, damit seine Funktionsweise einfacher erläutert werden kann.



Wirbelbildung hinter einem Objekt

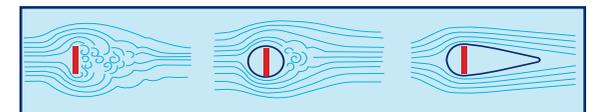
Um Strömungsvorgänge sichtbar zu machen, werden in Windkanälen oft Rauch oder Nebel eingesetzt. Im Wasserkanal wird zur Strömungsvisualisierung Aluminiumpulver auf die Wasseroberfläche gegeben, neuerdings auch Sesamsaat. In allen Fällen kann man die Wege des Wassers aus den Bahnen der mitbewegten Teilchen erschließen.

Stellt man nun Modelle in den Kanal, so schaut man sich die Strömung um die Modelle herum an, man beobachtet, wo die Strömung glatt ist und welche Körperformen Wirbel erzeugen. So kann man Fragen diskutieren, wie „Was bewirkt eine Änderung des Anstellwinkels eines Tragflügelprofils“ oder „Warum fliegt eine Frisbeescheibe?“.

Um die Vorgänge genauer analysieren und die Frage, welche Bedeutung Strömungsvorgänge für technische Konstruktionen haben, besser beurteilen zu können, wird über dem Wasserkanal ein Stativ mit einer Digital-Kamera angebracht. Durch die direkte Verbindung mit einem Rechner können die experimentell gewonnenen Strömungsbilder aufgezeichnet und ausgewertet werden.

## Umströmung verschiedener Körperformen

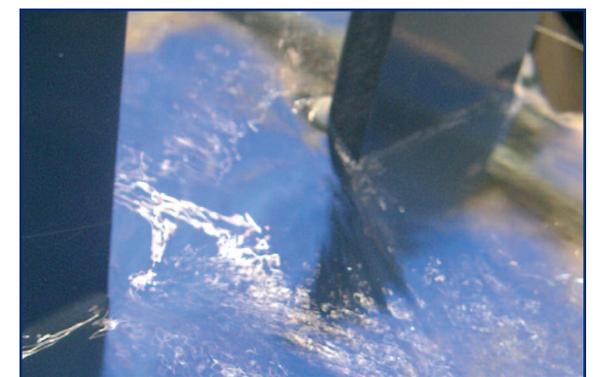
Neben Tragflächenprofilen sind viele weitere Körperformen für das Experimentieren im Kanal vorhanden: längs und quer stehende Platten, ein Kreiszyylinder, ein Halbzylinder, Schiffsrümpfe und vieles mehr. Jeder Körper setzt der Strömung einen Widerstand entgegen, wenn er nicht mit der Strömung fortgeführt wird. Dieser Strömungswiderstand hat besonders beim Fahrzeugbau eine große Bedeutung. Wie groß der Strömungswiderstand ist, kann durch die unterschiedlichen Wirbelausbildungen hinter den Körperformen abgeschätzt werden. Welche Verwirbelungen bei unterschiedlichen Körperformen entstehen, kann man selbst im Kanal ausprobieren.



Unterschiedliche Strömung bei gleicher Frontfläche

## Veranschaulichung des Kontinuitätsgesetzes

Das Kontinuitätsgesetz ist das Gesetz von der Erhaltung der Masse bei Fluidströmungen. Durch den Einbau einer Einengung in den Wasserkanal sieht man deutlich, dass sich die Strömungsgeschwindigkeit verändert. Mit dem Kontinuitätsgesetz lassen sich Voraussagen über die Veränderung der Strömungsgeschwindigkeit errechnen. Die Ergebnisse können anschließend durch eigene Messungen mit einem Anemometer überprüft werden.



Kanalverengung

## Zum Nachdenken

1. Auf welche anderen Arten kann man Strömung noch sichtbar machen?
2. Welche technischen Anwendungsgebiete der Strömungsanalyse gibt es?
3. Wie kann man Strömung messen?