



Seifenfilmkanal

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

Luftschiffe und Ballone fliegen, weil eine Gasfüllung sie leichter als die Luft macht. Wie kommt es aber dazu, dass Flugzeuge fliegen, obwohl sie schwerer als die Luft sind?

Die Umströmung der Flügel erzeugt Auftriebskräfte, die der Schwerkraft entgegenwirken und das Flugzeug in der Schwebelage halten. Im Seifenfilmkanal kann man diese Strömungen sichtbar machen.

Warum Flugzeuge fliegen

Dadurch, dass die Tragflächen eines Flugzeugs von Luft umströmt werden, entsteht Auftrieb, der senkrecht zur Strömungsrichtung wirkt – also im Horizontalflug entgegen der Schwerkraft. Um an einem Flugzeugflügel einen möglichst großen Auftrieb zu erreichen, müssen Ingenieurwissenschaftler die Strömung um das Flugzeug genau kennen. Da Luft durchsichtig ist, musste man zunächst Methoden entwickeln, wie man Strömung sichtbar macht. Die Strömungen kann man auf einfache Weise im Seifenfilmkanal veranschaulichen.

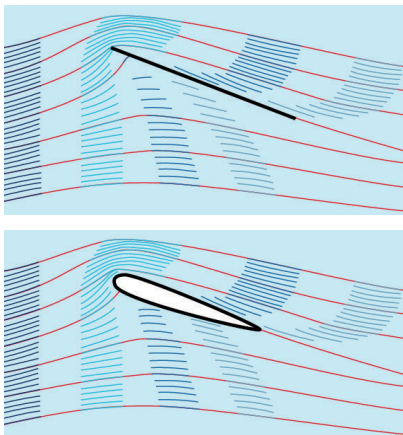


Abb. 1: Auch ein schräg gestelltes flaches Brett kann Auftrieb erzeugen und zwar nach dem selben Grundprinzip wie eine gewölbte Flugzeugtragfläche. In beiden Fällen ist es für die Erzeugung von Auftrieb wichtig, dass zwei Luftpakete, die auf der Vorderseite der Tragfläche voneinander getrennt werden, sich an der Hinterkante nicht wieder treffen dürfen.

Strömungsvisualisierung mit dem Seifenfilmkanal

Strömungsvisualisierung

Beim Seifenfilmkanal wird die Tatsache genutzt, dass weißes Licht eine Überlagerung von Spektralfarben ist, die z.B. durch Brechung wieder getrennt werden können.

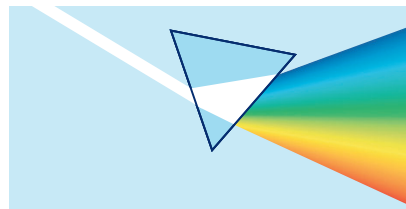


Abb. 2: Licht fällt auf ein Prisma. Durch die Lichtbrechung werden die Spektralfarben des Lichtstrahls sichtbar.

Der Seifenstrom

Mit einer Pumpe wird ein konstanter Strom von Seifenlauge erzeugt, der – zwischen zwei Nylonfäden aufgespannt – zu einem nach unten fließenden Seifenfilm wird. Bringt man einen Körper, z.B. ein Flügelprofil, in diesen Strom, so führt dies zu ähnlichen Geschwindigkeitsänderungen im Seifenstrom, wie sie ein wirklicher Flügel in der Luft verursachen würde. Die Filmdicke und die Fließgeschwindigkeit hängen unmittelbar zusammen. Ändert sich die Geschwindigkeit, so ist eine Änderung der Filmdicke die Folge. Wie ein dünner Ölschleier auf dem Wasser schillert der Film bei Beleuchtung in allen Regenbogenfarben, und „man kann die Strömung sehen.“

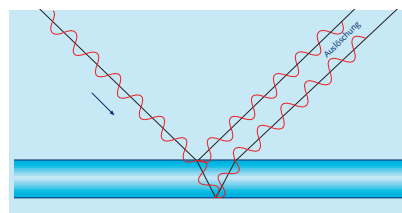


Abb.3: Auslöschung einer Welle durch Interferenz

Sichtbare Effekte im Seifenfilm

Die verschiedenen Farben auf dem Seifenfilm entstehen durch Überlagerung (Interferenz) des an Vorder- und Rückseite des Seifenfilmes reflektierten Lichtes. Je nach Dicke der Filmschicht und Blickwinkel werden dabei unterschiedliche Farben ausgelöscht, und man erkennt die Komplementärfarben. Die Interferenzstreifen können daher als Höhenlinien der Dicke der Filmschicht angesehen werden. (Dass eine mehr als qualitative Interpretation nicht ganz unproblematisch ist, findet man im Glossar unter „Reynoldszahl“ erläutert.)

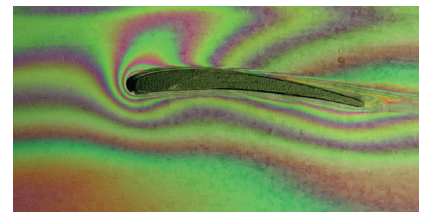


Abb. 4: Profil im Seifenkanal

Wie bei den Höhenlinien auf einer Landkarte gilt hierbei: Liegen die Interferenzstreifen nahe beieinander, so entspricht dies einer schnellen Änderung der Höhe auf einer Landkarte bzw. der Dicke des Seifenfilms. Auseinandergezogene Höhenlinien signalisieren dagegen auf einer Landkarte ein flaches Abfallen des Geländes und im Seifenfilm eine langsame Änderung der Filmdicke. Auch die sogenannten „Grenzschichten“ auf der Oberfläche des Profils und der Nylonfäden sowie die Ablösung dieser Grenzschichten bei zu großen Anstellwinkeln gehören zu den Effekten, die im Seifenfilmkanal im Gegensatz zu einer typischen Luftströmung sehr gut beobachtet werden können.

Versuche

Strömungsvisualisierung

Mit der vorliegenden Apparatur können verschiedene vorhandene Profile im Seifenstrom untersucht werden. Es besteht auch die Möglichkeit eigene Profile zu entwickeln und zu testen. Dadurch können Strömungsuntersuchungen auch für ganz andere Bereiche als für die Luftfahrt durchgeführt werden. Der Anstellwinkel der Profile kann geändert werden, um so dessen Auswirkungen auf die Strömung zu untersuchen.

Zerlegung des weißen Lichtes

Zur Förderung des Verständnisses der Vorgänge beim Seifenfilmkanal sind viele vorbereitende Versuche zur Spektralzerlegung des Lichtes vorgesehen.

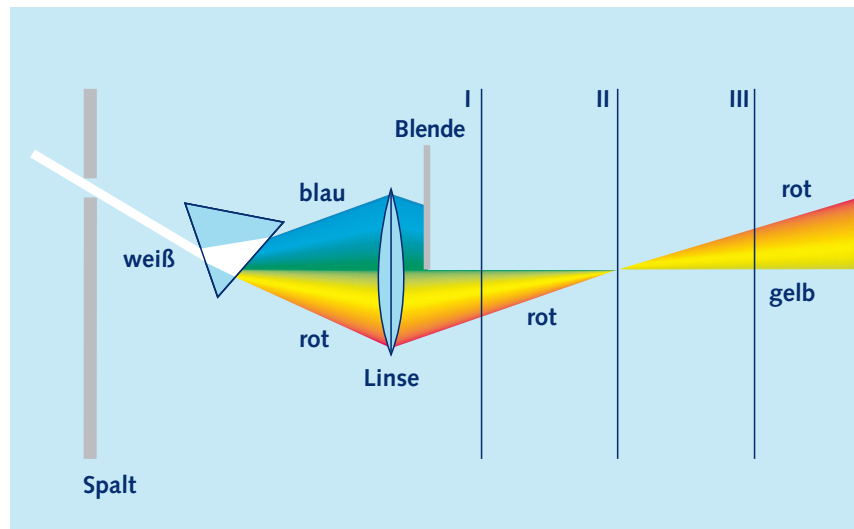


Abb. 5: Ausblenden von Spektralbereichen

Wichtige Begriffe

Anstellwinkel

Der Anstellwinkel ist der Winkel zwischen der Richtung der Anströmung und der Verbindungsgeraden, die sich zwischen den extremen Punkten eines (langgestreckten) Profils befindet. (Ein Kreisprofil hat demnach keinen Anstellwinkel.)

Auftrieb

Dynamischer Auftrieb ist der Anteil der dynamischen Luftkräfte, der senkrecht zur Anströmung wirkt.

Höhenlinien

Höhenlinien sind die Vereinigungen aller Punkte, an denen eine Höhenfunktion (wie die Höhe einer Landschaftsoberfläche) gleiche Höhenwerte annimmt. Liegen diese Linien dicht beieinander, so findet senkrecht zu ihnen eine schnelle Höhenänderung statt, da man nach kurzen Wegen zur nächsten Höhenstufe gelangt. Andernfalls ist diese Änderung gemächlich. Im Extremfall (ebene Flächen gleicher Höhe) bilden sich die Höhenlinien zu Höhenflächen aus.

Interferenz

Überlagerung von Wellen mit zeitlich konstantem Phasenunterschied (etwa bei Erzeugung durch dieselbe Quelle). Daraus resultiert – abhängig von der Phasendifferenz – entweder die Auslöschung oder die Verstärkung der Wellen.

Laminar

Eine laminare Strömung hat die Eigenschaft, stabil gegenüber kleinen Störungen zu sein, d.h. auch nach kleinen Störungen bewegen sich die Fluidteilchen weiter auf geordneten Bahnen nebeneinander. Dadurch entsteht ein geringerer Reibungswiderstand.

Reynoldszahl

Die Reynoldszahl beschreibt das Verhältnis von Trägheits- und Reibungskräften in einer Strömung. Nur wenn die Reynoldszahlen einer Strömung und einer Modellströmung (wie etwa der Seifenfilmströmung) übereinstimmen, können die Strömungen ähnlich sein. Der Umstand, dass die Reynoldszahlen der Seifenströmung und einer typischen Luftströmung um ein Tragflächenprofil weit auseinanderliegen, erschwert die Interpretation der sichtbaren Effekte in der Seifenströmung.

Es ist $Re = U L / \nu$, wobei U die Strömungsgeschwindigkeit, L die Länge des umströmten Profils und ν die dynamische Viskosität des strömenden Mediums ist, die als ein Maß für die Zähigkeit verwendet werden kann.

Spektralfarben

Beim Durchgang durch ein Prisma wird weißes Licht wegen der unterschiedlichen Brechungen seiner farbigen Anteile in Spektralfarben zerlegt.

Strömungswiderstand

Der Strömungswiderstand ist der Anteil der dynamischen Luftkräfte, der in Strömungsrichtung auf das Profil wirkt.

Turbulent

Eine turbulente Strömung entsteht, wenn kleine Störungen nicht mehr ausreichend gedämpft werden und deshalb stark schwankende, unregelmäßige, chaotische Fluidbewegungen auftreten. Weil in diesen Schwankungsbewegungen zusätzliche Bewegungsenergie enthalten ist, entsteht ein höherer Reibungswiderstand. Turbulenz sollte allerdings nicht mit dem Auftreten klar erkennbarer Wirbelstrukturen gleichgesetzt werden. Es gibt auch laminare Wirbel und turbulente Strömungen ohne klar erkennbare Wirbelstrukturen.

Zum Nachdenken

1. Wo treten in Umwelt, Naturwissenschaft und Technik Strömungen auf, und welche Bedeutung hat ihr Verständnis für den Menschen?
2. Wie kann man Untersuchungen zu diesen Strömungen mit dem Seifenfilmkanal vornehmen?



Das DLR im Überblick

Das DLR ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Es betreibt Forschung und Entwicklung in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr, Sicherheit und Digitalisierung. Das DLR Raumfahrtmanagement 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 54 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Seine mehr als 9.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Sie erforschen Erde und Weltall und entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft. So tragen sie dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

TU Hamburg

Die TU Hamburg ist eine Universität mit hohem Leistungs- und Qualitätsanspruch, die in der Grundlagenforschung und ihren Kompetenzfeldern Forschungsexzellenz anstrebt. Etwa 100 Professorinnen und Professoren mit knapp 700 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bilden hier derzeit mehr als 7500 Studierende der Ingenieurwissenschaften und der Technomathematik aus. Luftfahrt und maritime Systeme gehören zu den Forschungsschwerpunkten der TUHH. Das DLR_School_Lab TU Hamburg bietet Schülerinnen und Schülern Einblicke in diese Kompetenzfelder.



**Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt**

DLR_School_Lab
TU Hamburg

DLR_School_Lab TU Hamburg
Am Schwarzenberg-Campus 4 (C)
21073 Hamburg

Telefon: 040 42878-4363
schoollab@tuhh.de

<https://www.tuhh.de/nachwuchs/fuer-schulklassen-1/dlr-school-lab>
<https://www.dlr.de/schoollab>