

Flutterkanal

Vögel sollen flattern, Flugzeuge nie!

Die umströmende Luft kann Flugzeugflügel während des Fluges zu unerwünschten Schwingungen anregen, die sich immer weiter aufschaukeln. Dieses so genannte „Flattern“ führt im Extremfall zur Zerstörung des Flugzeugs. Versteifungen der Flügel verhindern diesen Effekt, erhöhen jedoch das Gewicht und damit den Treibstoffverbrauch.

Im „Flutterkanal“ kann die Abhängigkeit des Flatterns von verschiedenen Parametern eines Flügelmodells studiert und so ein „optimaler Flügel“ entwickelt werden.

Schwingungen

Jeder von Luft umströmte Körper neigt zu Schwingungen, die man, wenn die Schwingungsausschläge nur groß genug sind, sogar sehen kann.

Bestes Beispiel ist die Fahne, die auch bei geringsten Winden zum Flattern angeregt wird. Die Fahne wird natürlich so konstruiert, dass sie flattert! Eine Brücke dagegen kann, wenn dieses Phänomen auftritt, soweit beschädigt werden, dass sie einstürzt.

Da Flugzeuge möglichst leicht gebaut werden müssen, sind vor allem die Flügel für Schwingungen aller Art besonders empfindlich. Gerät ein Flugzeugflügel bei hoher Fluggeschwindigkeit ins Flattern, ist es für Maßnahmen des Piloten meist zu spät. Die Folge des Flatterns, der Flügelbruch, führt immer zum Absturz. Deswegen ist es notwendig, dass für alle Flugzeuge, die heute für den Verkehr freigegeben werden sollen, nachgewiesen wird, dass das Flatterproblem nicht auftreten kann.

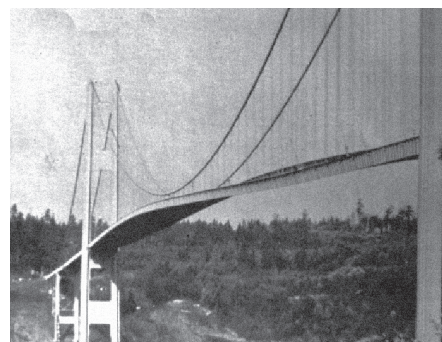


Abb. 1+2: Tacoma Narrows Bridge, USA 1940: Diese Brücke geriet bei starkem Wind in große Schwingungen und brach zusammen.

Flatterkanal

Strömungsvisualisierung

Am DLR_SchoolLab der Technischen Universität Hamburg steht ein Flatterkanal mit moderner Messtechnik zur Verfügung, mit dem das Flatterphänomen an einem Flügelstreifen nicht nur sichtbar gemacht, sondern auch genauer untersucht werden kann.

Der fein geregelte Antrieb des Prüfstandes erlaubt Windgeschwindigkeiten von 10 bis 32 m/s, die mit einem hochempfindlichen Hitzdrahtanemometer gemessen und über PC aufgezeichnet werden können. Die Druckdifferenz der Testkammer beträgt bei Verwendung von zwei Windgleichrichtern maximal 300 Pa. In der Testkammer befindet sich ein Flügelstreifen, an dem mittels eines speziellen Kraftsensors Luftwiderstand und Auftrieb gemessen werden. Auch diese Signale werden über den Prüfstands-PC in Echtzeit aufgezeichnet und ausgewertet.

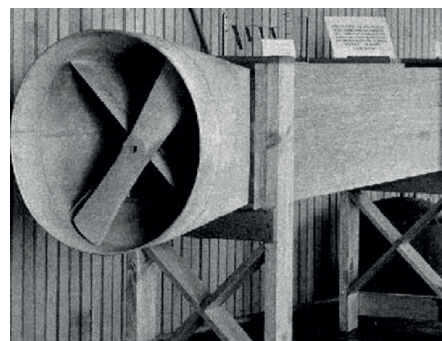


Abb. 3: In einem Flatterkanal, der erstmals im Jahr 1901 von den Gebrüdern Wright konstruiert wurde, kann das Flatterphänomen sichtbar gemacht werden.

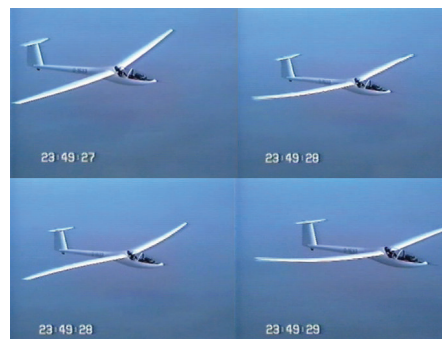


Abb. 5: Flattern bei einem Segelflugzeug

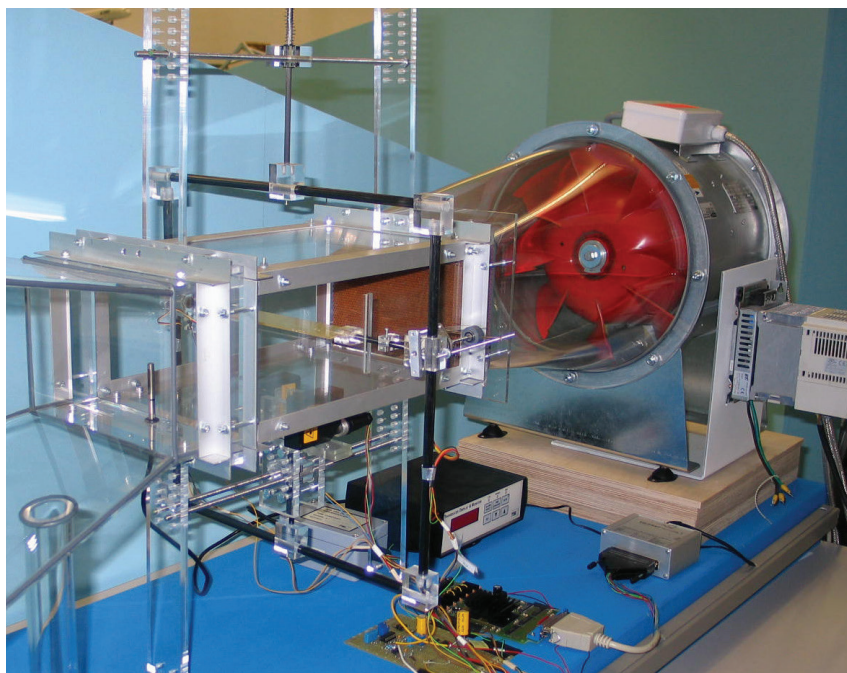


Abb. 5: Der Flutterkanal im DLR_School_Lab Hamburg

Versuch

Flügel im Flutterkanal

Flugzeugflügel sind elastisch. Sie lassen sich beispielsweise bei Segelflugzeugen leicht von Hand sichtbar durchbiegen. Gleichmaßen kann man den Flügel von Hand sichtbar verdrehen. Wenn man die jeweilige Kraft und die entsprechende Verformung misst und ins Verhältnis setzt, gelangt man zu den Begriffen Biege- und Torsionssteifigkeit. Im Versuch werden unterschiedliche Flügelstreifen im Luftstrom auf ihr Flatterverhalten untersucht. Von ganz wesentlicher Bedeutung ist die Lage des sogenannten Streifenschwerpunktes. Das ist der Punkt, an dem man den Streifen mit einer einzigen Kraft, seiner Gewichtskraft, unterstützen muss, ohne dass er herunterfällt. Die Lage des Streifenschwerpunktes kann manuell verstellt werden. Nachdem der Prüfstand in Betrieb genommen und kalibriert worden ist, wird über den PC mit dem Antriebsregler die Luftgeschwindigkeit langsam erhöht. Die Messdaten werden mit einem

Oszilloskop oder am PC beobachtet. Ab einer ausreichend hohen Windgeschwindigkeit zeigen zuerst die Messdaten der Sensoren, dass sich der Flügelstreifen leicht bewegt. Durch verschiedene Maßnahmen kann diese normale Bewegung, die auf Störungen in der Luftströmung zurückzuführen ist, minimiert werden. Es stehen dazu auch zwei Gleichrichter aus wabenförmigen Platten (Honeycomb) zur Verfügung, um die für die Demonstration des Flatterns optimalen Strömungsverhältnisse zu erhalten. Nicht jeder Flügelstreifen neigt zum Flattern. Je nach Schwerpunktposition und Torsionssteifigkeit des Flügelstreifens wird die kritische Windgeschwindigkeit niedrig, hoch oder sogar außerhalb des Geschwindigkeitsbereichs liegen, den der Flutterkanal erreichen kann. Durch gezieltes Ausprobieren und Aufzeichnen der jeweiligen Flattergeschwindigkeit soll der „beste Flügel“ gefunden werden.

Wichtige Begriffe

Anemometer

Anemometer sind Strömungsmessgeräte. Die wichtigsten Klassen sind Flügelrad-, Hitzdraht- und Staudruck-Anemometer.

Das Flügelradanemometer nutzt für die Messung die durch eine Strömung hervorgerufene Rotation eines kleinen Propellers.

Das Hitzdraht-Anemometer, die durch einen Gasstrom verursachte Abkühlung eines erhitzten Drahtes. Damit geht eine Änderung des elektrischen Widerstandes einher.

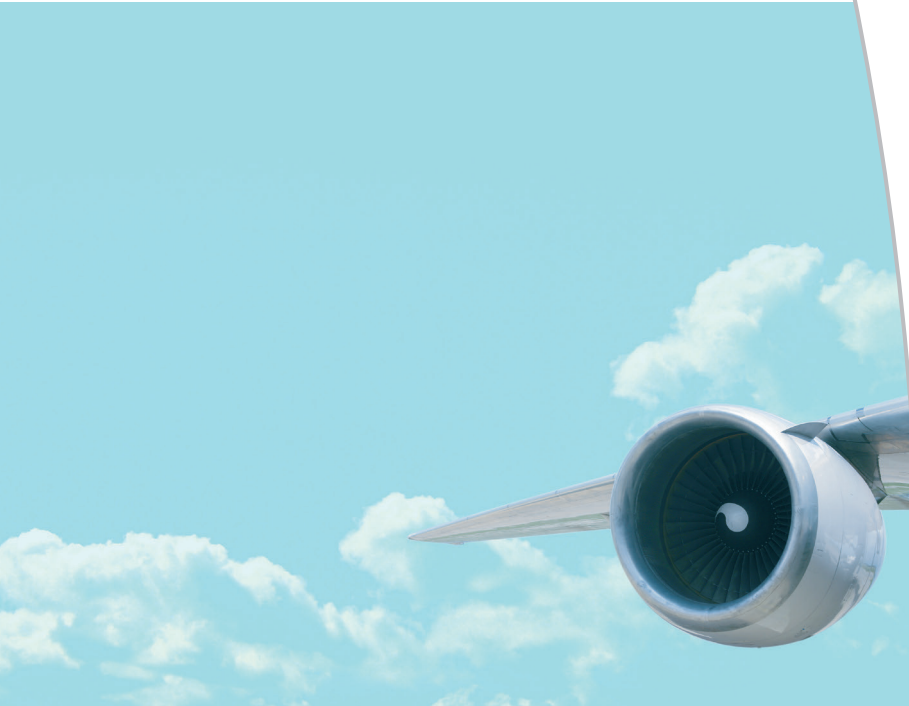
Das Stauorhanemometer misst mittels eines in die Strömung gehaltenen Stauorhs den dynamischen Druck der Strömung. In den Flutter-Messtand ist ein hochempfindliches Hitzdrahtanemometer integriert. Ein Präzisionsflügelradanemometer findet man im Material zum Windkanal.

Flatterschwingung

Aerodynamische Instabilität, die erst ab einer kritischen Windgeschwindigkeit auftreten kann, wenn die mechanische Struktur flattergefährdet ist. Das beobachtete Phänomen sind selbsterregte Schwingungen der Struktur mit über der Zeit exponentiell ansteigenden Schwingungsamplituden.

Zum Nachdenken

1. Wie kann man den Schwerpunkt eines festen Körpers messen?
2. Wo können Flutterprobleme noch auftreten?



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>