



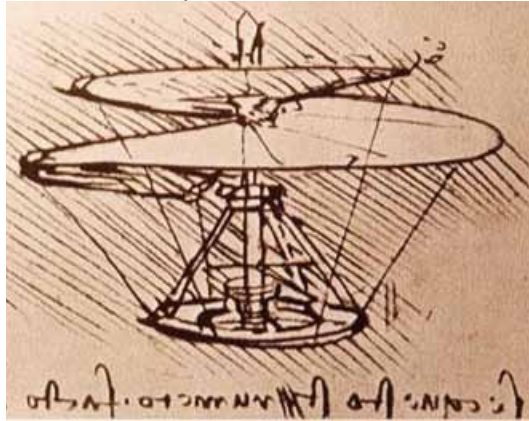
Hubschrauber

Wie hält sich ein Hubschrauber ohne Flügel in der Luft und warum kann er dabei sogar auf der Stelle schweben?

Bereits Leonardo da Vinci fertigte die Skizze einer vertikal startenden Flugmaschine an und schuf den Namen Helikopter, aus dem Griechischen helix (Spirale) und pteron (Flügel). Doch erst im 20. Jahrhundert war es technisch möglich, flugfähige Hubschrauber zu bauen. Inzwischen übernehmen moderne Hubschrauber wichtige Aufgaben im Rettungswesen, bei der Polizei und sogar bei der Feuerwehr.

Das DLR_School_Lab Göttingen bietet euch die Möglichkeit die Grundprinzipien des Hubschrauberfluges zu verstehen und die dafür nötigen konstruktiven Details, wie die Taumelscheibe kennen zu lernen. Dabei wird auch das Problem der Beobachtung schnell drehender Rotoren mit modernster Technik interessant gelöst.

Der Hubschrauber



Erste Konstruktionsskizze eines Hubschraubers von Leonardo da Vinci.

Warum braucht man Hubschrauber?

Seit der ersten Skizze von Leonardo da Vinci, mussten noch viele Ideen und viel Entwicklungsarbeit in den Hubschrauber investiert werden. Nach den ersten Flügen des Senkrechtstarters im frühen 20. Jahrhundert, dauerte es bis in die zweite Hälfte des Jahrhunderts, bis der kommerzielle Erfolg von Hubschraubern einsetzte.

Der Flug eines Hubschraubers ist wartungsintensiver und daher teurer, als der eines herkömmlichen Flugzeugs. Zu den Eigenschaften, die den Hubschrauber dennoch unverzichtbar machen, gehört vor allem die Fähigkeit senkrecht zu starten und zu landen, sowie die hohe Wendigkeit. Die Möglichkeit vertikale Starts und Landungen zu absolvieren sorgt dafür, dass Hubschrauber zur Rettung von Verletzten an quasi allen erdenklichen Orten, zu wissenschaftlichen Expeditionen oder zur Versorgung von abgelegenen Orten wie Bohrinseln eingesetzt werden. Die hohe Wendigkeit und die große Flexibilität dieses Fluggerätes im Einsatz schätzen Militärs und die Polizei z.B. für Aufklärung und Beobachtung.

Wie gelingt die Beobachtung schneller periodischer Bewegungen?

Die Drehfrequenz der Rotoren überfordert auch im Modellversuch rasch das menschliche Auge. Die Bewegung der einzelnen Rotorblätter wird nicht mehr getrennt wahrgenommen. Der Rotor erscheint als eine Kreisscheibe.

Um eine Beobachtung dennoch möglich zu machen, wird eine Stroboskopkamera eingesetzt. Diese Kamera nimmt Bilder mit einer Frequenz auf, die von der Drehfrequenz des Rotors bestimmt wird. Dadurch schießt sie immer dann ein Bild, wenn sich die Bewegung des Rotors an der gleichen Stelle befindet. Das Kamerabild erscheint so stehend und die einzelnen Rotorblätter können während der Bewegung beobachtet werden.

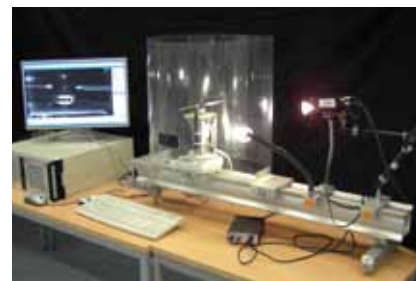


Waage mit Rotor zur Bestimmung des Auftriebs bei unterschiedlichen Anstellwinkeln.

Der Versuch

Der erste Teil des Versuches besteht aus einem Rotor mit Elektromotor, der auf einer Waage befestigt ist. Mit einer Stroboskopkamera ist es möglich den Anstellwinkel der Rotorblätter zu messen. Der Anstellwinkel, wie auch die Motorleistung des Rotors sind steuerbar. Dieser Aufbau ermöglicht die Vermessung verschiedener Einflussgrößen auf den Auftrieb des Rotors. Drei sinnvolle Messreihen sind möglich:

- konstante Motorleistung: Wie verändert sich der Auftrieb bei verschiedenen Anstellwinkeln?
- konstante Drehfrequenz: Wie ist der Einfluss des Anstellwinkels, wenn der Widerstand keine Rolle spielt?
- konstanter Anstellwinkel: Wie verhält sich der Auftrieb mit der Drehfrequenz des Rotors?



Messaufbau mit Stroboskop-Kamera für die unterschiedlichen Messreihen.

Nachdem die fundamentalen Abhängigkeiten der Auftriebserzeugung geklärt sind, wird an einen zweiten Aufbau gewechselt. Dieser besteht aus einem drehbar gelagerten Hubschrauberrumpf, der mit einem Motor einen Rotor antreibt. Nach dem Starten des Motors versetzt sich nicht nur der Rotor, sondern auch der Rumpf in eine Drehung. Dies veranschaulicht exzellent die Notwendigkeit eines Drehmomentenausgleiches in jeder Hubschrauberkonstruktion. Dazu verwendet man in der Praxis entweder einen zweiten gegenläufigen auftriebserzeugenden Rotor, oder einen Heckrotor, dessen Kraftwirkung entgegen der ungewollten Rumpfpotation gerichtet ist.

Der große Modellhubschrauber

Zum Abschluss kannst du an einem großen maßstabsgetreuen funktionsfähigen Hubschraubermodell erforschen wie die Steuerung und der Drehmomentenausgleich in die Praxis umgesetzt wird und herausfinden wie ein Hubschrauber eine Kurve oder vorwärts fliegt.

Wie ein Flugzeug hat auch der Hubschrauber drei Achsen um die er sich drehen kann. Durch die Veränderung des Anstellwinkels der Rotorblätter während eines Umlaufs, verändert der Hubschrauber die Auftriebsverteilung. Besitzt das Rotorblatt hinten mehr Auftrieb als vorne, neigt sich der Hubschrauber nach vorne. Größerer Auftrieb durch größeren Anstellwinkel auf einer Seite bewirkt das Kippen zur Seite und der Hubschrauber fliegt eine Kurve. Dabei ist für die Änderung des Anstellwinkels immer die Taumelscheibe zuständig.

Die dritte Achse wird mittels des Heckrotors gesteuert. Erzeugt dieser mehr oder weniger Kraft auf das Heck, dreht sich der Rumpf um die senkrechte Achse.

Mit modernster Technik den Hubschrauberflug erklären

Das Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik in Göttingen entwickelte ein optisches Hochgeschwindigkeits-Messsystem zur Erfassung von sehr schnellen periodischen, also sich schnell



wiederholenden Vorgängen. Diese Vorgänge, z. B. das Drehen der Rotorblätter eines Hubschraubers, werden auf einem Monitor in Zeitlupe in Echtzeit dargestellt. An der Unterseite eines Rotorblatts ist eine reflektierende Folie angebracht, die das Licht einer Lichtschranke reflektiert und so ein Triggersignal zur Steuerung der Stroboskopkamera erzeugt. Dadurch kann auf dem Monitor ein stehendes Bild oder ein Zeitlupenbild des drehenden Rotors in Echtzeit erzeugt werden. Das System erlaubt die Beobachtung von sehr schnell schwingenden (bis 10 kHz) und rotierenden (bis 100.000 U/min) Objekten. Damit ist die Video-Stroboskop-Kamera das ideale Werkzeug zur Beobachtung der Rotation eines Hubschraubers.

In Kombination mit einer speziell bedruckten Folie auf den Rotorblättern lässt sich gleichzeitig auch die Verformung der Rotorblätter unter Last oder bei Steuerbewegungen sichtbar machen. Vektorpfeile zeigen an in welche Richtung eine Verformung stattgefunden hat, die Länge bestimmt die Stärke der Verformung. Diese Methode wird IPCT genannt.



Taumelscheibe eines Hubschraubers zur Steuerung der Anstellwinkel.

Fragen zum Nachdenken

- Wie kann ein Hubschrauber seinen Auftrieb steuern?
- Kommt es zwangsläufig zu einem Absturz, wenn der Motor eines Hubschraubers ausfällt?
- Wie entwickelt sich der Auftrieb bei größer werdendem Anstellwinkel?
- Was könnten die Gründe sein, dass ein Hubschrauberflug teurer als der eines Flugzeugs ist?
- Hubschrauber fliegen nicht so schnell wie Flugzeuge. Warum?

Glossar

Anstellwinkel

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

Flügelprofil

ist der Querschnitt durch einen Flügel. Dabei gibt es grundsätzlich entweder symmetrische Profile, bei denen obere und untere Profillinie spiegelbildlich verlaufen, oder gewölbte Profile, die von der Vorder- bis zur Hinterkante eine Wölbung

Rotorblatt

ist ein lang gestreckter Flügel mit symmetrischem Profil. Die Rotorblätter und die Nabe bilden den Rotor.

Stroboskopkamera

ist eine Kamera, die Bilder mit einer kurzen Belichtungszeit in einer schnellen, steuerbaren Folge aufnimmt.

Image Pattern Correlation

Technique (IPCT)

Hochgenaue optische Messung der Oberflächengeometrie und Oberflächen-deformation

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 15 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

DLR Standort Göttingen

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) konzentriert seine Aktivitäten in den Schwerpunkten Luftfahrt und Verkehr an den Standorten Göttingen und Braunschweig. Das DLR Göttingen, 1907 als Modellversuchsanstalt der späteren Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) gegründet, beschäftigt ca. 350 Fachleute in der grundlagen- wie anwendungsorientierten Luftfahrtforschung.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie



Robert Bosch
Stiftung

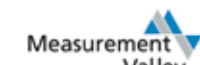


Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur



Niedersächsisches
Kulturministerium

ROBERT BOSCH STIFTUNG



DLR

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.

in der Helmholtz-Gemeinschaft

DLR_School_Lab Standort Göttingen

Bunsenstr. 10
D-37073 Göttingen

Dr. Oliver Boguhn
Telefon: 0551/709-2409
Telefax: 0551/709-2439
E-Mail: oliver.boghun@dlr.de

schoollab-goettingen@dlr.de