



FLIR

APPLICATION STORY

FLIR SYSTEMS™



F&E-Kameras von FLIR Systems werden zur aerodynamischen Forschung im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt eingesetzt

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) beschäftigt sich sowohl mit Grundlagenforschung als auch mit anwendungsbezogener Forschung und Entwicklung für Luft- und Raumfahrt. Sein strategisches Ziel ist die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Luftverkehrs- und Raumfahrtindustrie. Das DLR hat sich auch selbst die Aufgabe gestellt, den schnell wachsenden Luftverkehrssektor effizient, umweltfreundlich und nachhaltig zu gestalten. Es beschäftigt etwa 5100 Mitarbeiter in 31 Einrichtungen und unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington DC. Etwa 700 Forscher und Wissenschaftler arbeiten am Forschungszentrum Braunschweig mit Zugang zur Start- und Landebahn des Flughafens. Dort ist das Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik angesiedelt.

Aerodynamik und Infrarottechnik

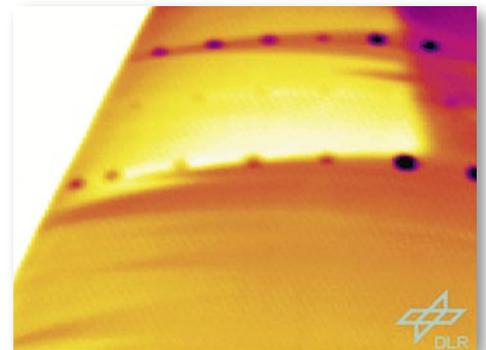
Eines der Ziele der aerodynamischen Forschung besteht darin, der Tragfläche eines Flugzeugs die notwendige Form (Flügelprofil) und die Eigenschaften zu geben, die den Luftwiderstand des Flügels minimieren. Die Hauptaufgabe der Tragflügel ist die Erzeugung einer Auftriebskraft, die der Gewichtskraft des Flugzeuges entgegengesetzt gerichtet und ebenso groß ist. Aerodynamik-Ingenieure und -Wissenschaftler konstruieren und entwickeln Tragflächen, die eine maximale Auftriebskraft bei minimalen Verlusten erzeugen können.

Ein Langzeit-Forschungsprojekt des Instituts für Aerodynamik und Strömungstechnik in Braunschweig beschäftigt sich mit der sogenannten Grenzschichtströmung um ein Flugzeug. Diese dünne Schicht überträgt Reibungskräfte

von der Oberfläche des Flugzeugs an die umgebende Luft. Die Grenzschicht kann 'laminar' sein, dies bedeutet, dass geringe Reibungskräfte auftreten, welche geringe Verluste an Antriebsenergie zur Folge haben. Sie kann aber auch 'turbulent' sein, d. h., dass deutlich größere Reibungskräfte auftreten, welche einen erheblich höheren Energieverbrauch für den Antrieb des Flugzeugs zur Folge haben. Ein anschauliches Beispiel aus dem täglichen Leben ist der Austritt des Wassers aus einem handelsüblichen Wasserhahn. Bei kleinen Ausströmgeschwindigkeiten kann man den geordneten, laminaren Strahl beobachten, während bei großen Ausströmgeschwindigkeiten deutlich der turbulente Charakter der Strömung zu erkennen ist. Spezielle 'laminare' Tragflächen finden zur Zeit breite Anwendung bei Segelflugzeugen. Verkehrsflugzeuge könn-

Das DLR-Testflugzeug Dornier 228 mit einer auf einem Stativ angebrachten Infrarotkamera in einem speziellen Behälter zur Beobachtung der Oberseite des rechten Tragflügels. Eine zweite Infrarotkamera befindet sich im rechten Fahrwerksschacht zur Beobachtung der Unterseite des rechten Tragflügels.

Infrarotbild von der Oberseite des Flügels der DO 228 während eines Versuchsfluges. Der laminar-turbulente Übergang ist deutlich sichtbar. Eine Störung zur Erzeugung eines Turbulenzkeils (Mitte des Laminarbereichs) wurde auf dem Flügel angebracht, um laminare und turbulente Strömungen besser zu unterscheiden.



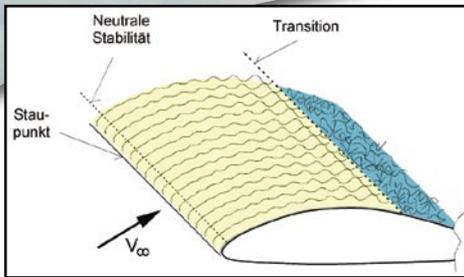
ten jedoch auch so konstruiert werden, dass sie die 'laminare' Technologie ausnutzen: bei 'laminarisierten' Tragflächen geht man von einem um 15% geringeren Treibstoffverbrauch aus. Eine beeindruckende Zahl heutzutage. Und dies ist auch der Grund, warum das DLR Ressourcen in entsprechende Forschungsprojekte investiert.

Thermografie im Windkanal

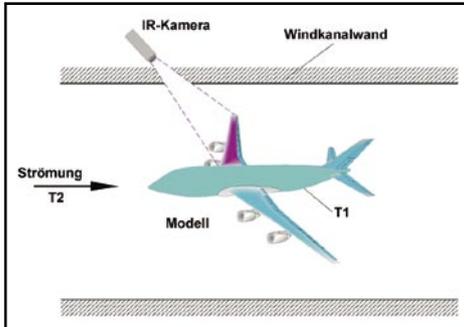
Laminare Strömung, turbulente Strömung und insbesondere der Übergangspunkt auf dem Flügel müssen beobachtet und sichtbar gemacht werden. Dies erfolgt im wesentlichen in Windkanälen, wo die realistische Fluggeschwindigkeit von Verkehrsflugzeugen simuliert werden kann. Die Infrarot-Thermografie ist dabei ein wichtiges Forschungsverfahren: Denn es treten Temperaturunterschiede zwischen dem

FLIR





Laminare und turbulente Strömungen und ihr Übergang auf einer Tragfläche.



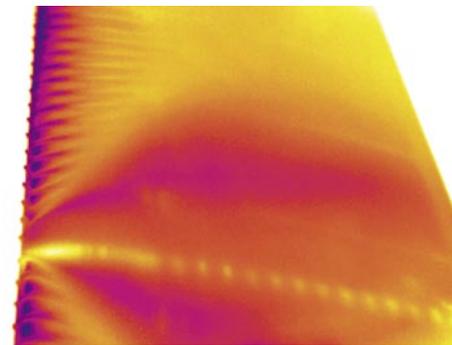
Darstellung des Versuchsaufbaus zur Sichtbarmachung der Strömung in einem Windkanal mit Hilfe der Infrarot-Thermografie.

Tragflächenmodell und der umgebenden Strömung auf, die zur Erkennung von Veränderungen vorhanden sein müssen.

Dank der unterschiedlichen Wärmeübergangszahl in laminaren und turbulenten Strömungsbereichen kommt es dort zu unterschiedlichen Abkühl- oder Erwärmungsmustern, die sich mit einer Infrarotkamera darstellen lassen. Daher zeigt die Oberfläche in der laminaren Grenzschicht eine andere Temperatur als in der turbulenten Grenzschicht.

„Wenn das Windkanalmodell aus Metall hergestellt ist, statten wir es mit einer Wärmeisolierung der Oberflächen aus“, erläutert Dr. Klaus de Groot vom Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik in Braunschweig: „Ansonsten würde die gute Wärmeleitfähigkeit innerhalb des Modells kleine Temperaturunterschiede unsichtbar machen. Natürlich vermeiden wir auch die typischen Reflexionen, die auftreten, wenn Gegenstände aus Metall mit Infrarottechnik untersucht werden. Dazu brin-

DLR-Forschungszentrum, Start- und Landebahn in Braunschweig



Infrarotbild eines Hubschrauber-Profils in einem Windkanalversuch mit einer laminaren Ablöseblase, kleinen Wirbeln und einer partiellen Strömungsablösung.



Infrarotbild des Höhenruders (hintere Tragflügel) in einem Windkanalversuch mit nicht vollständig turbulenter Grenzschichtströmung.

gen wir eine Lackschicht oder eine dünne Kunststoffschicht auf.“

Thermografie bei Testflügen

Im Rahmen des NTLF-Projektes (New Transonic Laminar Wing) des Instituts wurde die Thermografie bei Testflügen eingesetzt. Um eine möglichst gute Sicht auf den Tragflügel zu erreichen, wurde eine Thermovision AGEMA 880, ein Vorgängermodell der aktuellen ThermoVision A40 von FLIR Systems, in einem speziellen Behälter auf ein Stativ gesetzt und auf dem DLR-Versuchsflugzeug Dornier DO228 montiert. Eine zweite Infrarotkamera befand sich im Fahrwerksschacht des Flugzeugs auf der Unterseite des Tragflügels. Ziel dieses von der EU geförderten Projektes war es unter anderem, die Möglichkeit zu untersuchen, einen Flügel mit einem natürlichen Laminarprofil zusammen mit einem Enteisungs- und Reinigungssystem

einzusetzen, wie dies häufig im kommerziellen Luftverkehr vorkommt.

Diese Kombination zeigte, dass eine große Lauflänge der laminaren Strömung auf Tragflächen von Nahverkehrsflugzeugen erreicht werden kann. Weitere Tests bei noch höheren Geschwindigkeiten haben bewiesen, dass die Lauflänge der laminaren Strömung durch Absaugen eines Teils der Grenzschicht durch eine poröse Oberfläche verlängert werden kann: 50 Mikrometer kleine Löcher, die von einem Laser in den vorderen Teil der Tragfläche gebohrt werden, leiten einen Teil der Strömung ab und vergrößern die Lauflänge der laminaren Strömung.

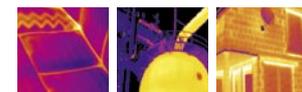
Diese Untersuchungen wären ohne die Unterstützung der Thermografie kaum möglich gewesen. „Die Thermografie liefert zweidimensionale, globale Informationen zur Grenzschicht. Und sie zeigt uns berührungs- und zerstörungsfrei, welche Vorgänge sich im gesamten Tragflächenbereich abspielen“ sagt Dr. Klaus de Groot. „Darüber hinaus“, fährt er fort, „war die technologische Entwicklung von Focal Plane Array Kameras mit QWIP-Sensoren (Quantum Well Infrared Photodetector) ausschlaggebend für den Erfolg der Forschungsprojekte unseres Instituts: Die Kamera ThermoCAM SC 3000 erfasst Temperaturunterschiede, die nicht größer sind als 0,5 K.“

Fazit

Die Thermografie ist eine hervorragende Untersuchungsmethode zur Darstellung des Zustands der Grenzschicht um die Flugzeugtragflächen unter extremen Bedingungen, wie sie sowohl bei Windkanal- als auch Flugversuchen herrschen. Daher trägt die Infrarot-Thermografie zu neuen Entdeckungen in der aerodynamischen Forschung bei, die wiederum erhebliche, energiesparende Verbesserungen der Aerodynamik von Flugzeugen zur Folge haben.

Alle Fotos und Infrarotbilder sind Eigentum des DLR, alle Rechte vorbehalten.

Dank an Joachim Sarfels, Area Sales Manager bei FLIR Systems Deutschland, für die Herstellung des Kontakts und die geleistete Unterstützung.



Weitere Informationen und Referenzen erhalten Sie von:

FLIR SYSTEMS GMBH
 Berner Strasse 81
 60437 Frankfurt am Main
 Tel.: +49 (0)69 95 00 900
 Fax: +49 (0)69 95 00 9040
 e-mail: info@flir.de
 www.flir.de

