

34 Auftrieb in Gefahr

TROPFENDYNAMISCHE PROZESSE UNTER EXTREMEN BEDINGUNGEN

Die Forschungsprojekte im Forschungsverbund SFB-TRR75 – wie etwa die Untersuchungen von Professor Bernhard Weigand an kalten Tropfen – haben nachhaltige Auswirkungen auf Wettervorhersagen oder den Flugzeugbau. Wir haben mit dem Leiter des Instituts für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt an der Universität Stuttgart über die Arbeiten dieses Sonderforschungsbereichs der Deutschen Forschungsgemeinschaft gesprochen.



PROF. DR.-ING.
BERNHARD WEIGAND

Leiter des Instituts für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt (ITLR)

»Anhand unserer Daten können Meteorologen Modelle kreieren, um die Vorhersage von Schneefall und Eisbildung zu verbessern.«

HERR PROFESSOR WEIGAND, SIE BESCHÄFTIGEN SICH DERZEIT MIT SOGENANTEN TROPFENDYNAMISCHEN PROZESSEN UNTER EXTREMEN BEDINGUNGEN. WORUM GEHT ES DABEI?

Wir arbeiten innerhalb eines transregionalen Sonderforschungsprojekts mit der Technischen Universität Darmstadt an insgesamt 17 Teilprojekten im Themenbereich Tropfendynamik. Zwei davon sind besonders interessant für die Luft- und Raumfahrt. Zum einen untersuchen wir, wie sich in Gewitterwolken Eiskristalle bilden. Dazu nehmen wir einen winzigen, etwa 50 Mikrometer großen Tropfen – also ungefähr halb so dick wie ein menschliches Haar – und setzen ihn in einer kleinen Kammer auf einen Laserstrahl, wo er durch den Lichtdruck des Lasers in der Schwebe gehalten wird. Dann können wir seine Größe und Temperatur anhand des Streulichts, das der Tropfen abgibt, genau bestimmen.

Anschließend reduzieren wir den Lichtdruck, so dass der Tropfen in der Kammer etwas nach unten fällt – in einen Bereich mit einer starken Kühlung von minus 30, minus 40 Grad Celsius. Daraufhin fängt der Tropfen spontan an zu gefrieren, und es bildet sich ein kleiner Eiskeim, der sich nach außen ausbreitet.

LÄUFT DAS SO ÄHNLICH AUCH IN GEWITTERWOLKEN AB?

Im Prinzip ja. Es gibt in den Wolken große Temperaturunterschiede, die wir auf diese Art simulieren. An dem Streulicht können wir dann erkennen, wann der Punkt ist, an dem der Tropfen gefriert. Das geht irrsinnig schnell. Parallel dazu berechnen wir diesen Vorgang auf dem Supercomputer hier in Stuttgart mit hochauflösenden Rechnungen, sogenannten direkten numerischen Simulationen.

IN WELCHEM BEREICH KÖNNEN DIE FORSCHUNGSERGEBNISSE SPÄTER ANGEWANDT WERDEN?

Ziel des Projekts ist es zunächst einmal, die Interaktionsprozesse von halb- und ganzgefrorenen Tropfen in Gewitterwolken zu verstehen und zu berechnen. Die Untersuchungen sind Grundlagenforschung, anhand unserer Daten können Meteorologen dann Modelle kreieren, um die Vorhersage von Schneefall und Eisbildung zu verbessern. Außerdem haben wir derzeit ein gemeinsames Projekt mit der Daimler AG. Dabei geht es um das Eindringen von Schneepartikeln bei der Ansaugung von Rohluft, insbesondere um ihre Flugbahn und Interaktion. Das ist vom Ablauf her sehr ähnlich. Die Fragestellung dabei lautet: Wie sauge ich diese Luft mit dem Schnee an, ohne dass der Luftfilter verstopft?

Anderenfalls würde das Auto ja im schlimmsten Fall ausgehen. Auf diese Weise finden unsere grundlegenden Forschungsergebnisse also immer wieder Eingang in Produkte und Anwendungen aller Art – wie zum Beispiel in Wettervorhersagen, Autos oder auch Flugzeuge.

WAS WIRD BEI DEM ZWEITEN FÜR DIE LUFT- UND RAUMFAHRT RELEVANTEN TEILPROJEKT UNTERSUCHT?

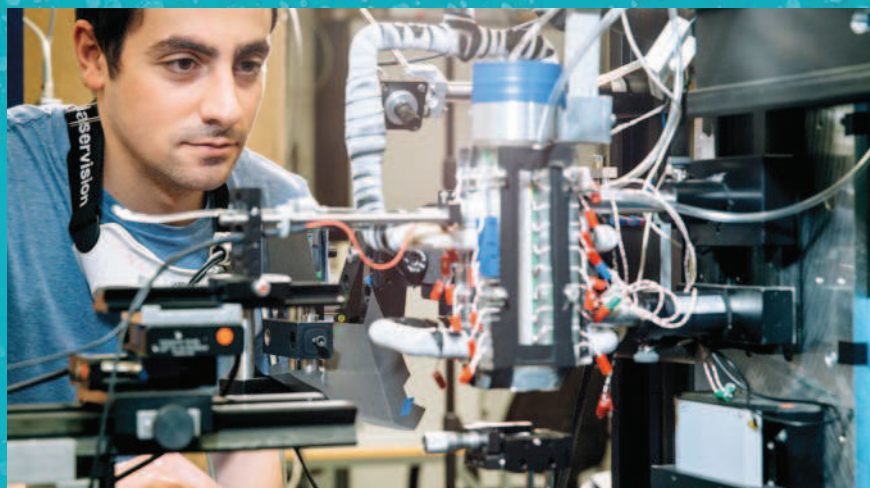
Da geht es um die Fragen: Was passiert, wenn unterkühlte Tropfen in Wolken auf Flugzeugbauteile aufschlagen? Und wie bilden sich Eisschichten auf Flugzeugbauteilen? Dies wird von den Professorenkollegen Suad Jakirlic und Cameron Tropea an der TU Darmstadt untersucht.

BEI DEN UNTERSUCHUNGEN SPIELT WAHRSCHEINLICH DIE BESCHICHTUNG DER OBERFLÄCHE EINE WICHTIGE ROLLE.

Richtig. Ob ein kalter Tropfen, der auf einen Flugzeugflügel aufprallt, erstarrt oder nicht, hängt einerseits von der Oberflächenbeschichtung und -beschaffenheit ab. Also: Wie sieht die Topographie der Oberfläche aus, wie ist die Rauigkeit, ist die Oberfläche mit einem wasserabweisenden Material beschichtet, so dass die Tropfen zum großen Teil abrollen? Und andererseits davon, wo und in welchem Winkel der Tropfen aufschlägt. Wenn man weiß, wie dieser Prozess genau aussieht, lassen sich konkrete Aussagen über die Form der sich auf dem Flügel bildenden Eisschicht treffen. Und dies wiederum ist entscheidend dafür, ob der Auftrieb des Flügels unverändert bestehen bleibt oder stark zurückgeht.

EIN FLÜGEL MIT GERINGEM AUFTRIEB? DAS HÖRT SICH GEFÄHRLICH AN.

Ist es auch. Für die optimale Aerodynamik einer Tragfläche benötigt man immer einen Druckunterschied, der das Flugzeug in der Schwebelage hält. Wenn sich auf der Oberseite Eis bildet und die Grenzschicht damit abreißt, bilden sich Verwirbelungen, und der Auftrieb bricht teilweise oder im extremen Fall sogar vollständig zusammen. Bricht er nur teilweise zusammen,



verbraucht das Flugzeug viel mehr Treibstoff, weil die Umströmung der Tragfläche durch die Eisablagerungen nicht mehr ideal ist. Ein totaler Strömungsabriss wäre dagegen bedrohlich für das Flugzeug an sich. Deswegen haben alle Flugzeuge bereits eine Art Schutzsystem gegen Eisablagerungen. Aber nichtsdestotrotz existiert im Moment ein großes Interesse daran, die Vorgänge richtig zu verstehen und dadurch die Auswirkungen im Griff zu haben.

GIBT ES HIERBEI KOOPERATIONEN MIT DER INDUSTRIE?

Die TU Darmstadt kooperiert in einem Konsortium mit Flugzeug- und Triebwerksherstellern in dem EU-Projekt HAIC – High Altitude Ice Crystals. Da wird zum Beispiel auch über neue Beschichtungsmöglichkeiten von Tragflügeln nachgedacht. Bis derartige Dinge jedoch getestet sind und letztendlich in einem Produkt angewandt werden können, geht meist viel Zeit ins Land. Denn zunächst gibt es viele Fragen: Wie hoch sind die Kosten dafür? Wie ist die Verfügbarkeit von Material und Beschichtung? Bleibt die Beschichtung auf dem Material oder verändert sie sich? Das und mehr muss vorher geklärt werden.

HERR PROFESSOR WEIGAND, VIELEN DANK FÜR DAS GESPRÄCH. //

DIPL.-ING.
STEFANO RUBERTO,
wissenschaftlicher
Mitarbeiter am ITLR,
erforscht anhand
des Versuchsaufbaus
im Labor die Eis-
kristallbildung in
Gewitterwolken.
Foto: Uni Stuttgart



Institut für
Thermodynamik
der Luft- und
Raumfahrt
uni-stuttgart.de/itlr

Sonderforschungsbereich
Transregio 75
www.sfbtrr75.de