



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt · DLR.de · Nr. 142 · Juni 2014

magazin

An der Stirn des Himmels

Segelflüge im Himalaya mit neuem DLR-Kamerasystem



Manöver im Windschatten

Flugversuche zur Emission von Biotreibstoffen

Gewächshaus mit Spin

Systeme für das Leben im All

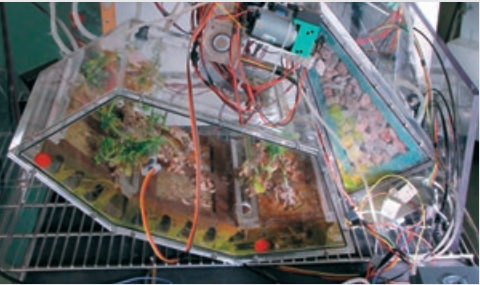
DLR magazin142



Manöver im Windschatten

Charles Bolden in der Falcon. Der NASA-Chef nahm dort Platz, wo sonst die DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler die Messinstrumente des Forschungsflugzeugs betreiben und kontrollieren. Im Mai 2014 führten zwei amerikanische, eine deutsche und eine kanadische Maschine gemeinsame Flugtests hoch über Kalifornien durch, um die Emissionen von Biotreibstoffen zu untersuchen. DLR-Missionsleiter Dr. Hans Schlager vom Institut für Physik der Atmosphäre freute sich über den hohen Gast und erklärte ihm die Instrumentierung für die einzigartigen Flugversuche. Die Reportage von der Messkampagne finden Sie ab Seite 8.

8

Editorial	3
EinBlick	4
Gastkommentar Jaiwon Shin: Forschungspartner in der Luft	6
Reportage Manöver im Windschatten	8
Gipfelstürmer fürs Klima 15 Jahre Forschung im Schneefernerhaus	14
	
Wo kein Lot sich senken kann Great-Barrier-Riff wird kartiert	18
Meldungen	20
Von der Idee zum Werkstück 50 Jahre Systemhaus Technik	24
	
Luftfahrtforscher Kai Wicke im Porträt Mit einem Blatt Papier zum Meistertitel	28
Gewächshaus mit Spin Besser leben im All	32
	

Luftfahrtmeldungen	36
An der Stirn des Himmels Segelflug mit neuem Kamerasystem an Bord	38
Frei wie ein Vogel Hubschrauberflüge mit Außenlasten	44
	
Magazinserie Windkanäle, Teil II Das Überschall-Labor in Göttingen	48
Newcomer mit Potenzial Werkstoff mit Zukunft: Biogene Keramik	52
	
In Museen gesehen: Alice im Turmbau Die Technischen Sammlungen Dresden	56
	
Rezensionen	60



Liebe Leserinnen und Leser,

am Anfang jeder Geschichte, die wir im Magazin erzählen, stand eine Idee. Manchmal eine absonderliche. Wer kommt schon darauf, Gewächshäuser in den Erdboden zu bringen, um dort Tomaten zu züchten! Doch wie sagte Niels Bohr: „Wenn eine Idee nicht absonderlich erscheint, besteht für sie keine Hoffnung.“ Darin war er sich einig mit Einstein, der der Überzeugung war: „Wenn eine Idee nicht zuerst absurd erscheint, taugt sie nichts.“ Also diese hier scheint etwas zu taugen: Das Gewächshaus mit Spin nutzt Abfallprodukte für Pflanzenwachstum und soll 2016 ins All starten.

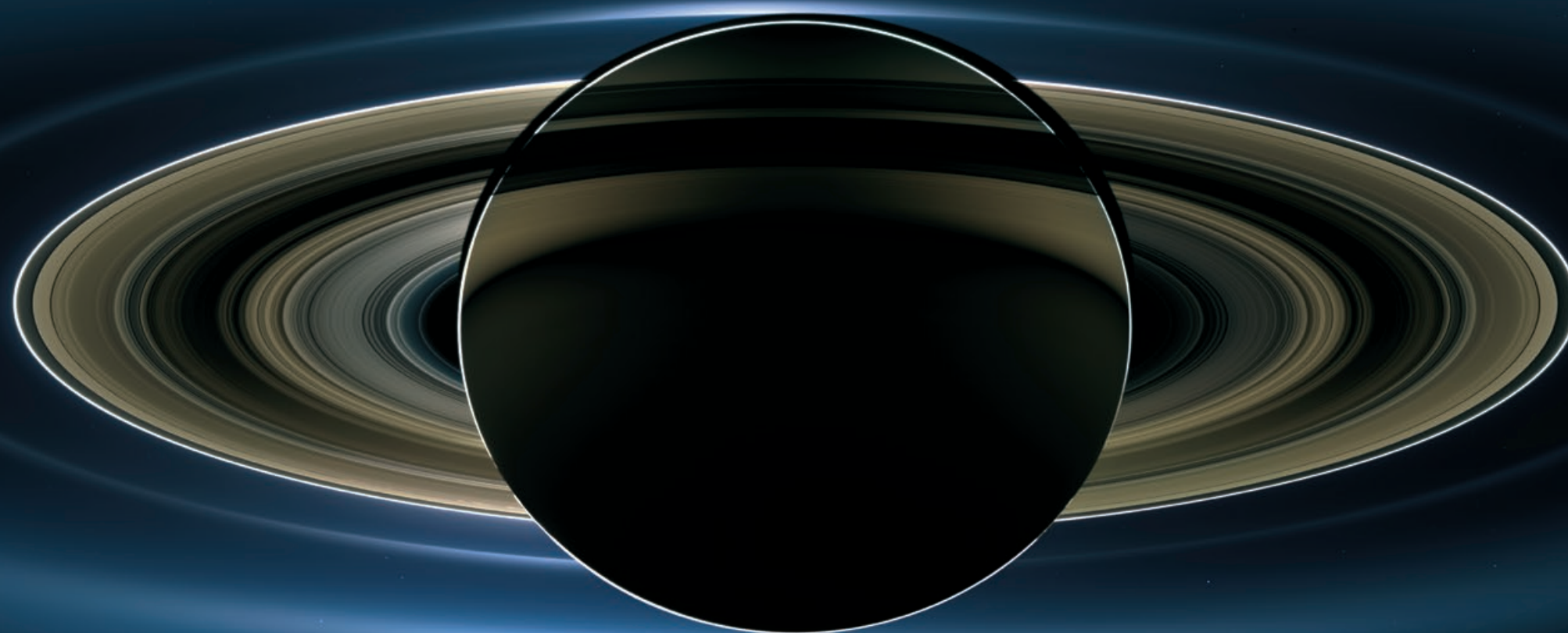
Einstein sagte aber auch: „Jede Idee kommt nicht von selbst, sie wird herausgefordert.“ Er hatte wohl Recht: Als ein Team von Piloten und Forscherinnen in den Abgasstrahl einer vierstrahligen DC-8 der NASA hineinflog, um zu untersuchen, was unterschiedliche Treibstoffe in der Atmosphäre bewirken, wurde es von der Frage nach umweltschonendem und effizientem Fliegen herausgefordert. Und gemeinsam mit den amerikanischen und kanadischen Partnern ließen sie eine bisher einzigartige Messkampagne mit vier Flugzeugen und einhundert Beteiligten Wirklichkeit werden.

Verlässliche Partner verhalfen auch den Entwicklern von optischen Systemen zum Erfolg. Obwohl die Idee zunächst nicht gerade realistisch schien: Die Leistungsfähigkeit neuer bildgebender Technik am Himalaya unter Beweis stellen – auf einem Motorsegler? Und das Ganze in weniger als anderthalb Jahren realisieren? Doch „Ideen sind mächtiger als Körperkraft“, so jedenfalls Sophokles. Und mit großer Hartnäckigkeit sowie unterstützt unter anderem vom Rektor der Fachhochschule Aachen, der einen der beiden benötigten Motorsegler für die nicht ganz risikolose Mission bereitstellte, gelang es tatsächlich, das Kamerasystem unter den harten Bedingungen der Hochgebirgsregion mit ihren extremen Temperaturen und Lichtverhältnissen anzuwenden – erfolgreich!

Was unter den Wissenschaftlern, die sich mit Keramik als Hochleistungsmaterial beschäftigen, lange Zeit als nicht machbar galt, können sie heute mit biogener Keramik realisieren. Mit der auf nachwachsenden Rohstoffen basierenden technischen Keramik lassen sich komplexe Strukturen einfacher herstellen. Wernher von Braun prägte den Satz: „Nichts sieht hinterher so einfach aus wie eine verwirklichte Idee.“ – In diesem Sinne: „Haben Sie keine Angst, exzentrische Meinungen zu vertreten, denn jede mittlerweile anerkannte Meinung war einst exzentrisch.“ – Bertrand Russell.

Sabine Hoffmann
Leiterin DLR-Kommunikation

EinBlick



Der magische Augenblick – im Schatten des Saturn

Die Mission Cassini hat seit ihrer Ankunft am Saturn vor zehn Jahren schon unzählige Bild-Ikonen jener eisigen Welt im äußeren Sonnensystem hervorgebracht. Mit diesem, an die Installation eines Lichtkünstlers erinnernden Bild der komplexen Ringstruktur schufen die Wissenschaftler ein weiteres Meisterwerk. Bevor der Orbiter am 19. Juli 2013 in den Schatten des Planeten flog, wurden 323 Aufnahmen geplant, auf denen die Ringe im Gegenlicht der hinter dem Saturn verborgenen Sonne erstrahlen. Die Bilder wurden zu diesem einmaligen Porträt zusammengefügt, das von links nach rechts etwa 400.000 Kilometer abdeckt. Aus über einer Million Kilometer Entfernung lassen sich so Details der riesigen, aber nur maximal hundert Meter mächtigen Ringscheiben aus Eispartikeln und Staub in ihrer filigranen Struktur erkennen – bis hin zur diffusen, azurblauen äußeren, die erst jüngst entdeckt wurde.

Bild: NASA/JPL-Caltech/SSI

Bild: NASA

Forschungspartner in der Luft

Von **Jaiwon Shin**

Diesen Mai waren Flugzeuge der NASA und des DLR gemeinsam für die Luftfahrt- und Atmosphärenforschung hoch über der kalifornischen Wüste unterwegs. Einer DC-8 der NASA folgte die Falcon 20E5 des DLR – die amerikanische DC-8 angetrieben von einer 50-50-Mischung aus dem Flugzeugtreibstoff JP-8 und erneuerbarem Biotreibstoff, die deutsche Falcon hinter ihr mit der Aufgabe, die chemische Zusammensetzung der Emissionen und die Bildung von Kondensstreifen des Flugzeugs zu untersuchen. Die aktuelle Forschung und Analyse der Messergebnisse zielt auf eine Lösung wichtiger Probleme der weltweiten Luftfahrt im 21. Jahrhundert ab, was den Betrieb und die Umwelt angeht.

Diese Flugtests zur Auswirkung alternativer Treibstoffe auf Kondensstreifen und Flugemissionen (Alternative Fuel Effects on Contrails and Cruise Emissions, kurz: ACCESS) sind ein aktuelles Musterbeispiel dafür, wie entscheidend internationale Zusammenarbeit bei der Entwicklung innovativer Technologien in der heutigen, hochvernetzten Welt ist. Der bilaterale Ansatz von NASA und DLR bei der Luftfahrtforschung hat eine lange Geschichte. Tatsächlich reicht die Zusammenarbeit vier Jahrzehnte zurück. Wissenschaftler von NASA und DLR arbeiten in beinahe allen Disziplinen der Luftfahrtforschung zusammen: von der Lärmbekämpfung über das Flugverkehrsmanagement und die Konstruktion bis hin zur Integration von Antrieb und Flugwerk.

Da beide Seiten Ressourcen aller Art – Mitarbeiter, Einrichtungen, Finanzen – beitragen und die gleichen technischen Probleme von unterschiedlichen Richtungen aus angehen, ergänzen sich die jeweiligen Talente und das technische Know-how ideal. Und diese Zusammenarbeit geht weiter. Nicht nur im Projekt ACCESS, auch in anderen Bereichen der Luftfahrt-Grundlagenforschung arbeiten Spezialisten von NASA und DLR derzeit zusammen und verbessern das Flugverkehrsmanagement rund um die Welt. Gemeinsam untersuchen sie beispielsweise, wie ein Unterboden aus Verbundwerkstoffen an vorhandenen Hubschraubern nachgerüstet werden kann, um diese unfallsicherer zu machen. Das DLR entwickelt und fertigt den Unterboden aus Verbundwerkstoffen. Die NASA wiederum baut die Konstruktion in einen Testhubschrauber ein und lässt diesen kontrolliert abstürzen.

Ein weiteres Beispiel ist die gemeinsame Verwendung des Forschungsmodells (Common Research Model, CRM) der NASA, einer maßstabsgetreuen Nachbildung eines kommerziellen Passagierflugzeugs, das beim Betrieb unterschiedlicher Windkanäle auf der ganzen Welt als Konstante dient. Das CRM wurde kürzlich im Europäischen Transsonischen Windkanal eingesetzt, damit Ingenieure Messungen kalibrieren und Computercodes validieren können. Dieses Projekt ist Teil des DLR-Beitrags zum ESWIRP (European Strategic Wind Tunnel Improved Research Potential)-Programm.

Die Partnerschaft erstreckt sich auch auf die Verbesserung des Verkehrsmanagements im Luftraum. Seit der Unterzeichnung entsprechender Vereinbarungen im Jahr 2012 arbeiten die beiden Organisationen gemeinsam an mehr Effizienz bei An- und Abflug von Flugzeugen sowie im Bodenbetrieb großer und kleiner Flughäfen. Ein Ergebnis war ein von der NASA in den USA abgehaltener Workshop zu systemorientiertem Startbahnmanagement. Der nächste Workshop ist diesen Sommer in Deutschland geplant.

Angesichts dieser ansehnlichen Erfolge sind die Mitarbeiter der NASA dankbar für die Zusammenarbeit mit den Kollegen vom DLR. Die Arbeit ist ein Vorbild für die internationale Forschungsk Kooperation mit anderen Nationen. Sowohl das DLR als auch die NASA gehören zu den 24 Mitgliedsnationen des IFAR (International Forum for Aviation Research), einer Organisation, die Forschungseinrichtungen weltweit verbindet, den Austausch von Informationen im Bereich Luftfahrtforschung fördert und Themenfelder für beidseitig vorteilhafte Gemeinschaftsprojekte ermittelt. Es ist für die NASA eine Ehre, mit ihrem derzeitigen Vorsitz beim IFAR diese Arbeit zu fördern. Sie tritt damit in die Fußstapfen des DLR, das den Gründungsvorsitz der Organisation hatte.

Gemeinsam erreichen NASA und DLR deutlich mehr als im Alleingang. „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.“ Diesen Ausspruch von Aristoteles belegen die beiden Organisationen in der Luftfahrt eindrucksvoll. Angesichts künftiger Anforderungen der globalen Luftfahrt ist die verlässliche und unerschütterliche Partnerschaft der beiden Organisationen ein Grundpfeiler unseres Erfolgs. ●



Dr. Jaiwon Shin
NASA Associate Administrator
for Aeronautics Research

Bild: NASA, Bill Ingalls

Manöver im Windschatten

Vier Forschungsflugzeuge und mehr als einhundert Wissenschaftler, Techniker und Piloten absolvierten vom 7. bis 16. Mai 2014 in Kalifornien eine einzigartige Messkampagne: Biotreibstoffen, diesem weltweit aktuellen Forschungsthema, widmeten sich die US-amerikanische Luft- und Raumfahrtbehörde NASA und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt sowie das kanadische National Research Council (NRC) bei gemeinsamen Flugversuchen. In typischen Reiseflughöhen vermaßen sie die Emissionen eines Biotreibstoff-Kerosin-Gemischs sowie dessen Auswirkungen auf die Bildung und Eigenschaften von Kondensstreifen. Ausgangsort war das Armstrong Flight Research Center der NASA am Standort Palmdale in Kalifornien.

Einzigartige Flugversuche der NASA und des DLR zu den Emissionen von Biotreibstoffen

Von Falk Dambowsky

Auf weiter Flur stehen zwei Hangars. In einem hellen Ockerton schimmern sie in der Ferne. Rundherum trockene Halbwüste mit einigen Kakteen, Büschen und Bäumen. Fast unscheinbar biegt eine Straße links ab, dann fahren wir auf die schlicht gestalteten und doch auffällig großen Gebäude zu. Bald ist im Sonnenlicht eine imposante Flugzeugsilhouette in Jumbo-Form zwischen den Gebäuden zu erkennen. Das Auto rollt auf einen Parkplatz, wo es neben einigen wenigen Fahrzeugen fast verloren wirkt – mehrere Fußballfelder hätten hier Platz. Jetzt wird auch der Schriftzug auf dem Flugzeug lesbar: SOFIA. Das fliegende Teleskop hat hier in Palmdale seine Homepage.

Wie der Parkplatz so ist auch der Hangar, in dem SOFIA untergebracht ist, gigantisch. Sicher hätten hier drei Jumbos vom Typ Boeing 747 Platz. Raum genug also für die vier Forschungs-

flugzeuge der wissenschaftlichen Mission ACCESS-II (Alternative Fuel Effects on Contrails and Cruise Emissions), die von der NASA im Mai 2014 gemeinsam mit dem DLR und dem National Research Council of Canada (NRC) durchgeführt wird. Gemeinsam sollen die Abgase von Biotreibstoffen auf ihren Rußpartikel-Gehalt, verschiedene Spurengase und die Eiskristallgrößenverteilung in den resultierenden Kondensstreifen vermessen werden. Ihre Klimawirksamkeit steht im Mittelpunkt des Interesses. Für dieses Vorhaben sind drei Flugzeuge nach Palmdale gereist und eines ist bereits vor Ort. Die vierstrahlige DC-8 der NASA, die während der Flugversuche den Biotreibstoff verwendet, wartet schon auf ihren Einsatz. Eine Falcon der NASA kommt von der Ostküste der USA, wo sie am Langley-Forschungszentrum in Virginia beheimatet ist. Eine T-33 des NRC ist aus Ottawa/Kanada angereist. Den weitesten Weg hatte die Falcon des DLR, sie kam aus Oberpfaffenhofen nach Kalifornien.

Blick aus der DLR-Falcon auf die vorausfliegende vierstrahlige DC-8 mit dem Biotreibstoff im Tank und auf die dahinter fliegende Falcon der NASA



Aus dem Fenster der DLR-Falcon ist die DC-8 kurz zu sehen, bevor die Falcon sich hinter sie setzt, um deren Abgasstrahl zu vermessen



Die DLR-Testpiloten Philipp Weber (links) und Roland Welser mit der Falcon vor dem Hangar der NASA in Palmdale/Kalifornien



Bild: NASA

Der Sensor zum Vermessen der Wirbelschleppen wird in das kanadische Forschungsflugzeug T-33 eingebaut



Bild: NASA

Dr. Daniel Sauer und Prof. Dr. Bernadett Weinzierl montieren eine Rußpartikelsonde im Instrumentenbehälter



Bild: NASA

Rußpartikelsonden unter einer Tragfläche der DLR-Falcon



NASA-Administrator Charles Bolden erkundigt sich bei DLR-Missionsleiter Dr. Hans Schlager nach der Instrumentierung der Falcon des DLR

Zwischenstopp in Grönland

Auf ihrem Weg nach Palmdale in Kalifornien hat die Falcon rund 12.000 Kilometer zurückgelegt. Sie reiste über Island, Grönland und Nordamerika hierher. Mehr als 22 Flugstunden waren die Testpiloten unterwegs. Nun stehen Philipp Weber und Roland Welser von der DLR-Forschungsflugabteilung vor dem weitgereisten DLR-Flieger. Auf einem Laptop zeigen mir beide ihre Route, die die Falcon von einem Kontinent auf den anderen zurückgelegt hat. Von Oberpfaffenhofen waren die beiden Piloten sowie drei wissenschaftliche Passagiere vom DLR-Institut für Physik der Atmosphäre zunächst nach Schottland geflogen, nach einem Tankstopp dann weiter nach Kevlavik auf Island. „Beeindruckend war der Flughafen Kangerlussuaq auf Grönland“, erzählt Weber. Dort hatten die Amerikaner in den Vierzigerjahren einen riesigen Flugplatz gebaut, auf dem Flugzeuge zwischen den USA und Europa ihre Zwischenstopps einlegten. Mit Zunahme der großen Langstreckenmaschinen verlor der Flughafen seine Bedeutung, aber nicht seine Größe. „Der Anflug auf Kangerlussuaq ist ein besonderer Genuss. Man fliegt durch den langen Søndre Strømfjord, an dessen malerischem Ende die Landebahn auf einen wartet“, beschreibt es Weber. Von Grönland aus folgten dann noch die Stationen Gander/Neufundland (Kanada), Syracuse, New York (USA), Salina/Kansas (USA), bevor schließlich Palmdale in Kalifornien erreicht wurde.

In bester Gesellschaft

„Es ist immer wieder eine Freude, mit den Kollegen von der amerikanischen Flugsicherung zu funken“, sagt Testpilot Weber. „Die sind ganz aus dem Häuschen, wenn wir angeflogen

kommen und oft auch etwas verwundert, welches Flugzeug ihren Luftraum da durchquert.“ Allein die Kennung D-CMET ist für die Air Traffic Controller ungewöhnlich, die amerikanischen Kennungen bestehen aus einer Anreihung von Zahlen. Für die Flugversuche mit der NASA im gesperrten Luftraum der Edwards Airforce Base sind die Fluglotsen allerdings bestens vorbereitet auf „the Germans“.

In Palmdale angekommen, finden sich die Falcon und ihre Piloten in edler Gesellschaft wieder. Im NASA-Hangar parkt nicht weit entfernt das Höhenforschungsflugzeug ER-2. Es kann über 21.000 Meter hoch in die Stratosphäre aufsteigen. Zudem rollt auch das fliegende Teleskop SOFIA in seinen Heimathangar. Etwas abseits davor ist eine Boeing 747 zu sehen, die einst dem Transport des Spaceshuttles diente und nun als „Ersatzteillager“ für SOFIA ihre letzten Dienste leistet. Zudem parken die Flugzeuge der ACCESS-II-Mission, eine DC-8 und eine Falcon der NASA sowie eine T-33 der Kanadier in Sichtweite zur DLR-Falcon.

Die vier in Palmdale zusammengekommenen Forschungsflyer haben Einzigartiges vor. Die NASA-Wissenschaftler wollen ihre DC-8 zum Teil mit Biotreibstoff betanken und dann im Flug in verschiedenen Zusammensetzungen mit einem Anteil von bis zu 50 Prozent mischen. Ist die DC-8 in der Luft, folgen ihr nacheinander die anderen Flugzeuge, um die Zusammensetzung des Biotreibstoffabgases zu vermessen. Die Vermutung der Forscher: Biotreibstoffe führen zu weniger Ruß und damit auch zu weniger – dafür aber größeren – Eiskristallen in den Kondensstreifen. Das könnte deren Beitrag zur globalen Erwärmung verringern. Biotreibstoffe wären demnach also nicht nur durch ihre bessere

Kohlendioxid-Bilanz in der Luftfahrt von Vorteil, sondern auch durch ihre günstigeren Emissionen insgesamt.

Zur Erforschung dieser Fragen ist ein ganzes DLR-Team nach Palmdale gereist. Um die 20 Personen des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre und der DLR-Forschungsflugabteilung bereiten gemeinsam die Messflüge mit der Falcon vor. Techniker schalten die Basismessanlage an, sorgen für Strom, Kühlung und vor allem für einen einwandfreien Betrieb des Forschungsflugzeugs. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bereiten ihre Messgeräte für Rußpartikel-, Eispartikel- und Spurengasmessungen vor, warten und kalibrieren diese. Und die Piloten bringen das Forschungsflugzeug schließlich sicher in die Luft und durch die Versuche in mehr als zehn Kilometer Höhe. Atmosphärenforscherin Dr. Tina Jurkat gehört dazu. Sie ist bei einem Flug der Messkampagne eine der drei Wissenschaftlerinnen an Bord der DLR-Falcon. Auf dem Vorfeld besprechen sie und ihre Kolleginnen mit dem Projektleiter Dr. Hans Schlager die letzten Details der anstehenden Messungen. Dann steigen die drei Missionsteilnehmerinnen in den DLR-Forschungsflyer. Überhaupt: An dieser Messkampagne sind für die Luftfahrt erstaunlich viele junge Frauen beteiligt.

Die Piloten lassen die Triebwerke an. Der externe Strom und die externe Klimatisierung werden abgekoppelt. Die Druckgasflaschen, mit deren Stickstoff die Wissenschaftlerinnen gerade noch die empfindlichen Instrumente gespült hatten, werden weggeschoben. Alle Außenstehenden haben sich jetzt in sicherem Abstand aufgestellt. Die Falcon rollt an.

Rund eineinhalb Stunden zuvor ist bereits die DC-8, betankt mit Biosprit, gestartet. Während der Forschungsflüge

werden die vier CFM56-Triebwerke der DC-8 abwechselnd mit regulärem JP-8-Flugtreibstoff und einer bis zu fünfzigprozentigen Mischung aus JP-8 und dem Biotreibstoff HEFA (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), der aus dem Öl der Camelina-Pflanzen gewonnen wird, betrieben.

Der DC-8 ist direkt der kanadische Forschungsflyer vom Typ T-33 gefolgt. Die T-33 ist ein zweiseitiger Jet aus den Fünfzigerjahren. Mit seiner verchromten Außenhaut zieht er die Blicke aller auf sich. Die Kanadier folgen der DC-8 dicht auf ihrem Weg hinauf in eine Reiseflughöhe zwischen neun und zwölf Kilometern. Sie vermessen vor allem die Wirbelschleppen des Vierstrahlers. Vierzig Minuten später ist dann auch die Falcon der NASA am Himmel. Während die DLR-Falcon zum Start rollt, nimmt die NASA-Falcon bereits Messungen im Abgasstrahl vor. Nach einer kürzeren Phase, in der beide parallel am Himmel sind, wird die Falcon der NASA bereits wieder absteigen und die DLR-Falcon führt weitere Messungen allein durch.

„Okay, wir gehen rein!“

Zu dritt sitzen die Wissenschaftlerinnen in der Kabine, während die beiden Testpiloten die DLR-Falcon beschleunigen. Sie heben ab und fliegen in Richtung Norden, auf 10,9 Kilometer Höhe und schließen zur DC-8 auf. Mit einer steilen Kurve, die etwas in den Magen geht, schwenkt die Falcon auf ihren Kurs ein. Langsam nähert sie sich oberhalb des endlos wirkenden Kondensstreifens immer mehr dem großen Forschungsflyer vor ihr. Die NASA-Falcon blitzt kurz hinter ihr im Sonnenlicht. Weiter vorn verlässt die DLR-Falcon den Kondensstreifen und navigiert in eine seitliche Warteposition mit deutlichem Abstand zu den Abgasen.

Die Falcon der NASA, die Falcon des DLR und die T-33 des kanadischen NRC finden spielend Platz im ausgedehnten NASA-Hangar



Bild: NASA



Bild: NASA



Dr. Tina Jurkat (im Vordergrund) vom DLR-Institut für Physik der Atmosphäre während eines Messfluges an Bord der DLR-Falcon



Bild: NASA

Die Falcon des DLR wird aus dem Hangar des Armstrong Flight Research Centers der NASA gezogen



Bild: NASA

Die amerikanische Falcon wechselte sich beim Vermessen des Abgasstrahls der DC-8 mit der DLR-Falcon ab, die hier gerade in den Abgasstrahl einfliegt



Bild: NASA



Der kanadische Jet T-33 startet zur Vermessung der Wirbelschleppen, die von der DC-8 hinterlassen werden

Bild: NASA

„Okay, wir gehen rein!“ – kommt die Ansage aus dem Cockpit und die DLR-Forscherinnen machen sich bereit für den ersten Einflug in den Abgasstrahl der DC-8. Jetzt heißt es schnell wieder anschnallen und die Geräte startklar machen für die Messung der auf sie zukommenden Gas- und Partikel-Emissionen. Bis vor wenigen Minuten war die DC-8 noch aus dem Seitenfenster mit dem imposanten Kondensstreifen zu sehen – majestätisch und kolossal schien sie zum Anfassen nah. Unter dem fliegenden Trio zeigt sich die endlos wirkende Wüste Kaliforniens. In der Ferne bleibt die NASA-Falcon klein zu sehen. Während sich die DLR-Falcon dem Abgasstrahl langsam nähert, filmen die NASA-Kollegen auf ihrer Falcon das Unternehmen. Das Wetter ist ideal. „Die für die Forscherinnen und Forscher so wichtige Vorhersage für Zeit und Ort der Kondensstreifenbildung hat sich bestätigt“, sagt Tina Jurkat.

Die DLR-Testpiloten wechseln die Höhe, um von unten in den Abgasstrahl einzutauchen. Nach einem genau abgestimmten Plan werden abwechselnd das Abgas des rechten inneren, dann das des linken inneren Triebwerks der DC-8 vermessen. Ein Teil der Messgeräte ist kompakt unter den Trageflächen montiert. Der andere Teil befindet sich in der Kabine. Durch Einlässe am Rumpf gelangt die zu analysierende Luft zu ihnen. In mehreren filigranen Manövern versuchen die Piloten, abwechselnd einen der beiden Flügel und den Rumpf in das Abgas einzutauchen. Die langgezogene Abgaswolke eines Triebwerks ist zu schmal, um die ganze Falcon darin verschwinden zu lassen.

Fliegt die Falcon in das Abgas hinein, verdunkelt es sich in der Kabine durch den dichten Kondensstreifen. Anspannung liegt in der Luft, alle sind jetzt sehr konzentriert. „Diesmal die Abgase des rechten Triebwerks“, gibt Pilot Roland Welser nach hinten durch. Mit Phillip Weber wechselt er sich an Steuerhorn und Schubregler ab: Nur nicht zu nah an die DC-8 heranfliegen, aber nahe genug für gute Messdaten, ist die Devise der Forscherinnen und der Piloten. Und dann beginnt der ruckelnde Einflug von Neuem: Mit Getöse und starker Vibration kündigt sich der Abgasstrahl an. Alle Sensoren und Instrumente gehen an die Grenze ihrer Arbeitsbereiche. – Den Wissenschaftlerinnen geht es da nicht anders! Im Magen ein flaues Gefühl und ein bisschen Schweiß auf der Stirn.

Zwei bis drei Minuten später erhöht die Falcon ihre Distanz zur DC-8. Das kleine Flugzeug wird durch den hohen Impuls des Abgases zurückgedrängt. Schnell machen die Forscherinnen noch ein paar Scans der nur Mikrometer großen Eispartikel in ihren Geräten, um deren Größenverteilung festzuhalten, und schon manövrieren die Piloten die Falcon aus dem Abgas heraus. Für die Forscherinnen auf ihren Sitzen hinter den Messgeräten ein

letztes kurzes Gefühl ähnlich dem in Schwerelosigkeit. Noch zehn Messsequenzen folgen, dann macht sich Erleichterung unter den fliegenden Forscherinnen breit. Die Anspannung verwandelt sich in Begeisterung über den reibungslosen Verlauf. Nur auf diese sehr unkonventionelle Art können die Luftfahrtforscherinnen und -forscher die Zusammensetzung des Abgases und die Bildung der Eispartikel im Abgasstrahl untersuchen, um letztendlich belastbare Aussagen über die Klimawirksamkeit des Luftverkehrs zu machen. Insgesamt zwei Wochen dauern die Versuchsflüge an, dann sind die nötigen Messdaten im Kasten.

Die Auswertung hat begonnen ...

Die DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler konzentrierten sich bei ihren Messungen der Biotreibstoffabgase auf die Emissionen von Rußpartikeln und Schwefelverbindungen sowie die Größenverteilung der Eiskristalle in den Kondensstreifen. „Mittlerweile haben erste Auswertungen der Messungen gezeigt, dass beim Einsatz von Biotreibstoffen die Partikel-Emissionen und insbesondere die Ruß-Emissionen gegenüber herkömmlichem Kerosin stark reduziert sind“, berichtet der Missionsleiter Dr. Hans Schlager später. Zudem sind die gas- und partikelförmigen Emissionen von Schwefelverbindungen deutlich verringert. „Weitere Auswertungen werden zeigen, ob sich unsere Vermutung, dass dieser geringere Rußanteil größere Eiskristalle in den Kondensstreifen bildet, bestätigt und sich insgesamt die Klimawirkung des Luftverkehrs reduzieren lässt“, fasst er zusammen. „Bei den Flugtests konnten wir die mikrophysikalischen Eigenschaften von Kondensstreifen bei Biotreibstoff messen“. Auf Basis dieser Daten lassen sich mögliche Unterschiede in den klimarelevanten Eigenschaften der Kondensstreifen für unterschiedliche Treibstoffe analysieren.

„Die Detailauswertung unserer Messungen hat begonnen“, schaut Schlager gespannt nach vorn. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 23 Ländern, die sich über ihre jeweiligen nationalen Luftfahrtforschungseinrichtungen im International Forum for Aviation Research (IFAR) engagieren, werden Zugang zu den Ergebnissen erhalten und mit Dr. Hans Schlager und seinem Team aus dem DLR sowie den NASA- und NRC-Wissenschaftlern auf dem Forschungsgebiet der alternativen Treibstoffe zusammenarbeiten. ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/z1jm



Bild: NASA

Vier Forschungsflugzeuge und ein ebenso internationales wie interdisziplinäres Team waren bei den Flugversuchen im Rahmen des Projekts ACCESS II dabei

Gipfelstürmer fürs Klima

Höher hinaus könnten die Atmosphärenwissenschaftler nicht kommen, ohne den Boden unter den Füßen zu verlieren: In Deutschlands höchstgelegener Forschungsstation, dem Schneefernerhaus, arbeiten sie in 2.650 Meter Höhe auf der Zugspitze. Der Blick der Messanlagen geht dabei bis ins Weltall. Wer hier oben forscht und arbeitet, hat einen ungewöhnlichen Weg zur Arbeit in Gondeln oder Zahnradbahnen, zwischen Skifahrern und Wanderern. Und den schönsten Ausblick aus dem Büro – auf Wetterwand, Waxenstein und Schneefernerkopf.

Seit 15 Jahren wird im Schneefernerhaus für die Umwelt geforscht

Von Manuela Braun

Der Ausblick aus dem Küchenfenster bohrt sich durch Eis. Meterdick türmt es sich vor der Scheibe auf, von den Eiszapfen tropft das Tauwasser. Wenn der Winter an der Zugspitze regiert, fällt das Thermometer im Extremfall auch schon mal auf minus 30 Grad Celsius. Minus 20 Grad sind keine Seltenheit. Jetzt, im Frühjahr, sind es schon ein, zwei Grad über dem Nullpunkt und überall tropft und plätschert es leise. Beim Gang über die Terrasse mit den vielen Messinstrumenten versinken die Beine fast bis zu den Knien im weichen, pappigen Schnee. Unten auf dem Gletscher ziehen die Skifahrer noch ihre Bahnen. Acht Stockwerke, zwei Untergeschosse, eine Dachterrasse, Unterkünfte für die Forscherinnen und Forscher, die gleich mehrere Tage bleiben wollen – die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) klebt wie ein Vogelneest auf mehreren Etagen am Südhang der Zugspitze, oberhalb des Zugspitzplatts und knapp 300 Meter unterhalb der Aussichtsplattform für Touristen.

Seit 15 Jahren erforschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler hier die Veränderungen in der Atmosphäre, untersuchen Wolken, Spurengase, Pollen oder kosmische Strahlung, aber auch Permafrostboden oder den Einfluss der Höhe auf den menschlichen Körper. Insgesamt zehn Partner gründeten damals, am 12. Mai 1999, die Forschungseinrichtung: das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, der Deutsche Wetterdienst, das Forschungszentrum Karlsruhe (heute Karlsruhe Institute of Technology), das Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (heute Helmholtz Zentrum München für Gesundheit und Umwelt), das Umweltbundesamt und der Freistaat Bayern. Später kamen die Technische Universität München, die Ludwig-Maximilians-Universität München, die Max-Planck-Gesellschaft (MPI für Dynamik und Selbstorganisation) und die Universität Augsburg hinzu. Heute sind oftmals weitere Universitäten oder Unternehmen zeitweise mit am Berg und setzen ihre Projekte im Schneefernerhaus um.

„Alle stellen dabei den anderen Partnern die gewonnenen Daten zur Verfügung“, sagt Professor Michael Bittner. „So kann man bei seiner eigenen Forschung beispielsweise die Messungen des Deutschen Wetterdienstes berücksichtigen – oder auch die eigenen Messungen mit denen der Kollegen vergleichen und so bestätigen.“ Der Wissenschaftler vom Deutschen Fernerkundungszentrum (DFD) des DLR hat nicht nur selbst ein Labor an der Zugspitze, sondern ist zugleich wissenschaftlicher Koordinator des „Virtuellen Instituts Umweltforschungsstation Schneefernerhaus“.

Vom Hotel zur Forschungsstation

Die Station selbst hat eine wechselvolle Vergangenheit – das heutige Institut zur Klima- und Umweltforschung war einst ein Luxushotel, als Tourismus auf der Zugspitze noch nicht alltäglich war und der Gletscher noch viel höher an das Gebäude heranreichte: Sonnenliegen statt Messinstrumente auf den Terrassen, gediegene Hotelzimmer statt komfortabler Zwei- und Vier-Bett-Zimmer und Dinner im Restaurant statt Selbstverpflegung in der Stationsküche.

Der Berg, dessen Gipfel erst 1820 „nach einigen Lebensgefahren und außerordentlichen Mühen“ von Leutnant Joseph Naus bezwungen wurde, war zum Ziel reicher Touristen geworden.

Davon zeugen heute immer noch einige Überbleibsel aus den Dreißigern, die ihren Glanz ein wenig verloren haben. So wie das Leuchtschild im Gang in den Felsen der Zugspitze: „Achtung, Wanderer, merke Dir“ – die weißen Buchstaben blättern an einigen Stellen ab oder rutschen allmählich in Richtung Boden – „die Luft ist dünn, geh langsam hier.“ Heute kommen keine Wanderer mehr durch den schmalen Fußgänger-Tunnel, der unter Fels und Eis verläuft und die österreichische Seite des Zugspitzmassivs mit der deutschen Seite verbindet. Sie würden auch nicht mehr in einem Luxushotel wieder ans Licht treten: – die eiserne Tür öffnet sich vielmehr in die Eingangshalle der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus, und im Tunnel selbst sind heute Versorgungsrohre und -leitungen verlegt. Wer mehrere hundert Meter hineinwandert, betritt Forschungsgebiet – dort untersuchen Wissenschaftler der TU München und des Helmholtz Zentrums München unter anderem die Schadstoffe im Sickerwasser.



Bild: BZB AG, Technikmuseum Berlin

Wo einst Sonnenliegen eines Hotels der Erholung dienten, ist heutzutage Messequipment aufgebaut



Bild: T. Rehm, UFS GmbH

Wie ein Vogelneest klebt das Schneefernerhaus an der Zugspitze

Forschen mit Blick auf Freizeitsportler: Über den Skihängen der Zugspitze thront die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) mit den verschiedensten Messgeräten.

Versorgung mit dem „Güterzug“

Auch der ehemalige Bahnhof für die Zahnradbahn, die einst die Gäste direkt bis ins Hotel beförderte, ist verwaist. Nur ein alter Zug aus den Fünfzigerjahren ist dort abgestellt. Auf den Kacheln der Wände kann man noch in großen Buchstaben „Bahnhof Hotel Schneefernerhaus“ lesen. Nur wenn besondere Gäste die Forschungsstation besuchen, hält hier wie ehemals ein Zug. Allerdings: Bei einem Ehrengast stand auch schon einmal die Weiche falsch, und so fuhr er auf direktem Weg zum Versorgungsbahnsteig, an dem regelmäßig alles Lebensnotwendige, von den Lebensmitteln über Geräte bis hin zur Bettwäsche, angeliefert wird – und der Müll der Station wieder zum Transport ins Tal bereitsteht. „Das hat der Ehrengast zum Glück aber mit Humor genommen“, erinnert sich Bittner und lacht. Die Forschungsstation ist nun mal kein Hotel für Touristen mehr, sondern ein Arbeitsplatz mit 480 Quadratmetern Außenterrassen für Messinstrumente und 750 Quadratmetern Labor- und Bürofläche.

Das erste „Aus“ für das mondäne Hotel kam mit dem Zweiten Weltkrieg, es geriet unter Beschuss und wurde nach Kriegsende von den Amerikanern beschlagnahmt. 1952 öffnete es seine Türen wieder. Skilifte und Bergbahnen wurden gebaut und ein neues Terrassencafé angelegt. Selbst ein großes Lawinenunglück 1965, bei dem auf der Sonnenterrasse zehn Menschen umkamen und über 20 schwer verletzt wurden, ließ die Touristen nicht ausbleiben. Doch mit dem Aufblühen des Wintersports und der neuen Aussichtsplattform ganz oben auf der Zugspitze lief es immer schlechter für das Hotel Schneefernerhaus und seine Gastronomie. 1992 war dann endgültig Schluss. Bereits ein Jahr später fingen die aufwändigen Umbauten zur Umweltforschungsstation an.

Heute ist im Schneefernerhaus alles auf die Forschung ausgerichtet. Ein Unternehmen testet den Verschleiß verschiedener Sonnen-Paneele in den harschen Wetterbedingungen auf der Zugspitze, es gibt Anlagen, die Pollen sammeln, Luft einziehen und auf Spurengase sowie Aerosole untersuchen, Messeinrichtungen, die die atmosphärischen Turbulenzen wahrnehmen, die Strahlung der Sonne aufzeichnen und ein Observatorium mit einem Lidar zur Bestimmung des Wasserdampfgehalts und der Temperatur in Höhen bis zu achtzig Kilometern. Dr. Till Rehm von der Betriebsgesellschaft UFS lächelt: „Die einen hätten gerne dichte Wolken, die anderen klare Sicht – wir machen also bei jedem Wetter Forscher glücklich“. Gemeinsam mit fünf Kollegen kümmert er sich um den Betrieb der Station, kontrolliert die Geräte, beispielsweise nach einem Stromausfall, und steht mit den Wissenschaftlern in Kontakt, die in Deutschland verstreut arbeiten und die Daten von der Zugspitze empfangen. Zur Arbeit gehört auch, im Winter zumindest Laufwege durch die mannshohen Schneeschichten auf den Außenterrassen zu fräsen. „Mit einer extra entwickelten Schneefräse ohne Dieselantrieb“, betont er. Die Diesellabgase würden es den Wissenschaftlern schwer machen, die Spurengase in der ansonsten reinen Luft zuverlässig zu analysieren. Die Betriebsgesellschaft hat sogar ein Patent für die Schneefräse – „aber es gibt ja leider nur wenige Orte, an denen eine Schneefräse mit Akku absolut notwendig ist ...“

Atmosphärenforschung mit GRIPS

Die Ziele von DLR-Atmosphärenforscher Michael Bittner sind anspruchsvoll: „Wir wollen wissen, wie und warum sich das Klima verändert, und sind auf der Suche nach Modellen, die eine Zehn-Jahres-Vorhersage ermöglichen. Und wir wollen herausfinden, ob die bisherigen Klimaschutzmaßnahmen greifen.“ Veränderungen des Klimas lassen sich besonders deutlich in großen Höhen beobachten. In seinem Labor stehen dafür beispielsweise zwei GRIPS-Geräte (GRound-based Infrared P-branch Spectrometer). Die Infrarot-Spektrometer messen kontinuierlich und in kurzen

zeitlichen Abständen die Temperatur in einer Höhe von 80 bis 90 Kilometern und geben so Aufschluss auch über die Wirkung des vom Menschen verursachten Treibhauseffekts. Bildgebende Infrarotkameras erfassen zusammen mit GRIPS die raumzeitliche Struktur von sogenannten atmosphärischen Schwerewellen und sogar Infraschallsignale in den oberen Schichten der Atmosphäre. So betreiben die Wissenschaftler Grundlagenforschung, mit der sie Veränderungen der großräumigen Strömungsphänomene auf die Spur kommen wollen. „Bisher sind Schwerewellen als kleinskaliges Phänomen noch gar nicht in den Computersimulationen für das Klima enthalten.“ Ihre Erfassung vom Satelliten aus ist derzeit nur eingeschränkt möglich. „Ein wichtiges Messziel ist für uns daher der ständige Vergleich mit satellitenbasierten Messungen.“

2005 wurde das erste Gerät auf der Zugspitze installiert, mittlerweile gibt es GRIPS-Stationen unter anderem am Polarkreis, am Ätna, im Kaukasus, in Tel Aviv, in der Antarktis oder auch in der Provence. In Zukunft könnte ein Gerät wie auf der Zugspitze in modifizierter Form auf einem Satelliten mitfliegen. „Dann könnten wir auch vor Tsunamis warnen“, erläutert Bittner. Vertikale Hebungen während eines Seebebens würden nämlich Druckwellen in die Atmosphärenschichten schicken. Misst man dann oberhalb dieses Gebiets und stellt dort etwa fünf Minuten nach dem Beben eine mit der Druckveränderung verbundene Temperaturschwankung fest, ist sicher, dass das Seebeben einen Tsunami erzeugen wird. „Wir könnten die Tsunami-Vorhersagen deutlich präzisieren und Fehlalarme reduzieren.“

Auch wenn bereits etliche Einrichtungen in der Forschungsstation wie Abteilungen eines virtuellen Instituts zusammenarbeiten – das Netz soll noch größer werden. Gemeinsam mit alpinen Höhenforschungsstationen in Italien, Frankreich, Slovenien, der Schweiz, Österreich und Deutschland gründete das Schneefernerhaus im Jahr 2012 ein grenzüberschreitendes „Virtuelles Alpenobservatorium“ (VAO). Das Rückgrat für die Klima- und Atmosphärenforschung im VAO entsteht zurzeit noch: Ein paar Arbeitsplätze, ein paar Bildschirme – der eigentliche Schatz wird unsichtbar bleiben und dennoch allen beteiligten Forschern helfen: Die DLR-Wissenschaftler bauen in den nächsten drei Jahren zusammen mit Partnern des Leibniz-Rechenzentrums Garching nämlich ein Datenanalysezentrum (AlpDAZ) auf und schließen es an deren Supercomputer und an das vom DFD betriebene Weltdatenzentrum für Fernerkundung der Atmosphäre (WDC-RSAT) mit seinen Satellitendaten an. „So wird der Datenaustausch noch effizienter werden“, sagt Bittner.

Auch wenn das zukünftige Datenanalysezentrum noch spärlich und karg eingerichtet ist, die Aussicht bei der Arbeit ist einzigartig. „Es ist schon toll, wenn man auf der Station übernachtet und das Abendlicht über den Alpen scheint.“ Michael Bittner hat schon 40, 50 Nächte auf der Zugspitze verbracht, wenn mehrtägige Messkampagnen oder Arbeiten im Labor anstanden. Manchmal sind die Zimmer an der Zugspitze alle belegt, weil ganze Teams anreisen. Manchmal sind nur wenige Forscher vor Ort, weil die Daten auch ohne Überwachung bis ins heimische Labor nach München, Oberpfaffenhofen, Augsburg oder Karlsruhe gesendet werden.

Ganz leer steht das ehemalige Hotel mit der schönen Aussicht allerdings nie: Die Mitarbeiter der Betriebsgesellschaft, des Umweltbundesamtes und des Deutschen Wetterdienstes sind täglich vor Ort. Egal ob der Winter für Schneemassen und Kälterekorde sorgt oder die Sonne für Tauwetter und frühlinghafte Temperaturen. ●



Weitere Informationen:
schneefernerhaus.de



Bild: BZB AG, Technikmuseum Berlin



Vereister Ausblick aus dem
Küchenfenster der Station



Bild: M. Neumann, UFS GmbH



Bild: M. Neumann, UFS GmbH



Bild: M. Neumann, UFS GmbH

Schnee schieben für die Umweltforschung. Um die Atmosphäre nicht zu verunreinigen, kommt alternativ zur Muskelkraft nur eine batteriebetriebene Schneefräse infrage.

Professor Michael Bittner vom Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum des DLR ist wissenschaftlicher Koordinator und forscht auch selbst in der Station

Wo kein Lot sich senken kann

Es galt bisher als „nicht zu kartieren“: das Great-Barrier-Riff im Korallenmeer vor der Nordküste Australiens. Wegen seiner schieren Größe – es erstreckt sich über 70.000 Quadratkilometer – würde die Kartierung mit herkömmlichen Methoden Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Die flachen Riffe sind für Schiffe mit Echosounding oftmals nicht befahrbar, bei solchen Vermessungen kommt es immer wieder zu Unfällen. Das deutsche Unternehmen EOMAP (Earth Observation & Mapping) hat nun erstmals eine räumlich hochaufgelöste Kartierung des gesamten Great-Barrier-Riffs vorgenommen.

DLR-Ausgründung EOMAP kartierte erstmals flächendeckend das Great-Barrier-Riff

Von Miriam Kamin

Im August 1996 gründete Dr. Thomas Heege die Firma EOMAP GmbH & Co.KG. Der Wissenschaftler war über zehn Jahre am DLR-Institut für Methodik der Fernerkundung tätig. In dieser Zeit hatte er gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen sowie Partnern die Technologien erforscht, auf deren Basis die Ausgründung erfolgen konnte. Das Unternehmen hat sich auf das Generieren und Vermarkten anspruchsvoller Kartenprodukte für Küsten- und Binnengewässer aus Fernerkundungsdaten spezialisiert. Zu industriellen Diensten gehören zum Beispiel das Überwachen tagesaktueller Sedimentverteilungen bei Offshore-Baumaßnahmen wie dem Bau von Pipelines. EOMAP erbringt in Ländern wie Australien, Mexico, Arabien und Deutschland Services auf Grundlage unterschiedlichster Satellitensensoren für die Öl- und Offshore-Industrie, für Umweltbehörden, für die Europäische Weltraumorganisation ESA oder für die Weltbank.

2013 hat EOMAP die flächendeckende Kartierung von großen Küstenzonen weltweit begonnen, um Kunden effektiver mit standardisiert produzierten bathymetrischen Produkten beliefern zu können. Unter Bathymetrie versteht man die Vermessung der topografischen Gestalt der Meeresböden. Sie dient somit der Gewinnung von Karten, aus denen das Tiefenprofil der Ozeane ersichtlich wird.

Die wesentliche Stärke der Kartierung mit Daten satelliten-gestützter Fernerkundung liegt in der risikolosen und schnellen Kartierung sehr großer, flacher sowie schwer erreichbarer und damit gefährlicher Gebiete. Kosten für das Entsenden von Booten oder Flugzeugen entstehen nicht. Nutzer der Daten sind die Tourismusbranche, die Schifffahrt und Navigationsdienst-

leister sowie hydrografische Ämter. Weitere Beispiele für fernerkundungsgestützte Kartierungen, die gegenwärtig die Grundlage amtlicher Karten bilden, sind das Ningaloo Reef, das weltgrößte Saumriff, die Yucatan-Küste in Mexico sowie die gesamte Abu Dhabi-Küstenzone. Für die kommerzielle und technologische Konzeption hat EOMAP im November 2013 den Copernicus-Masters-Preis erhalten, der die besten Anwendungen zur innovativen Nutzung von Erdbeobachtungsdaten für kommerzielle Zwecke und gesellschaftlich relevante Projekte auszeichnet.

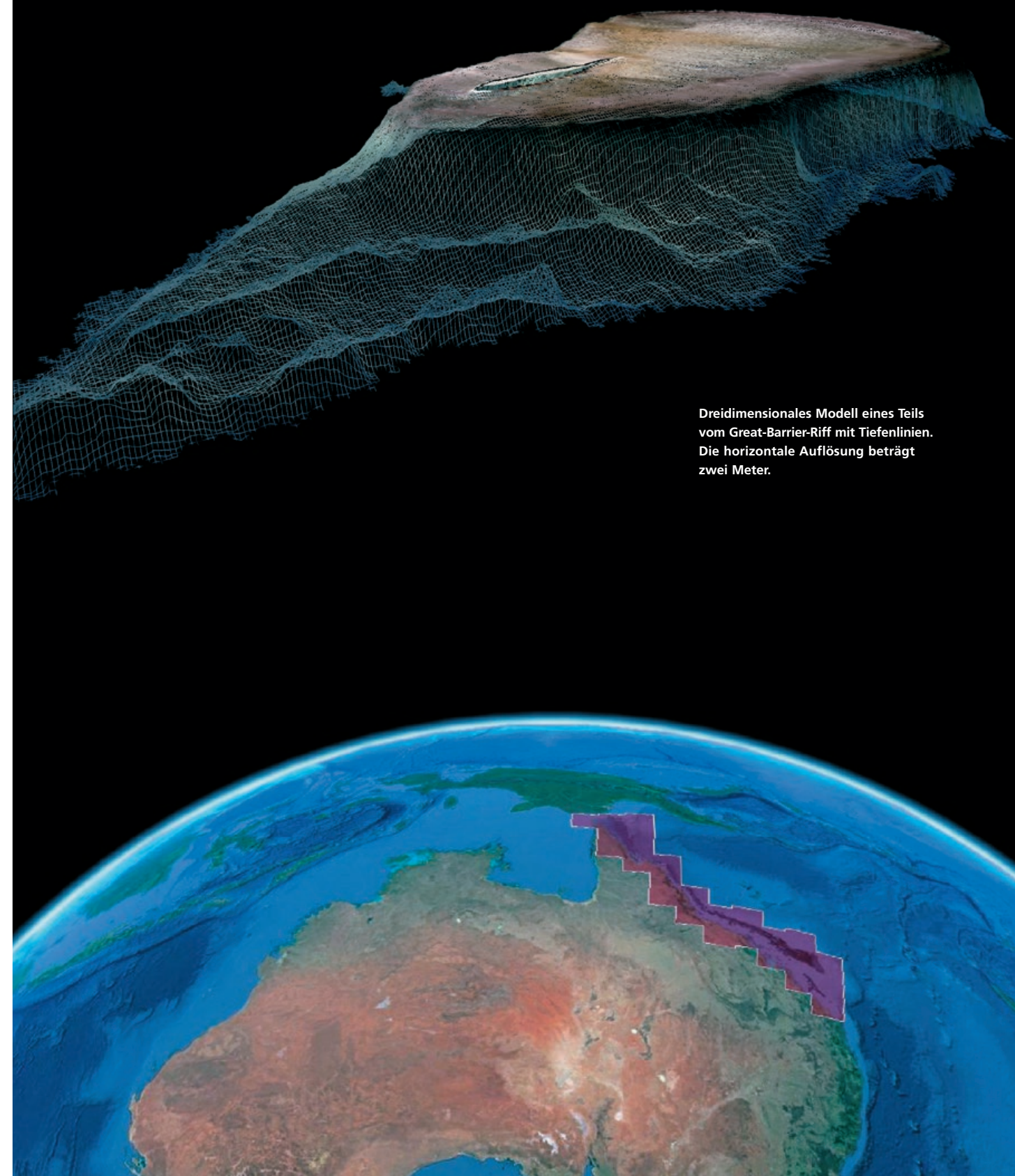
EOMAP und das DLR sind in mehreren Projekten gemeinsam aktiv. Im Projekt EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program), der ersten deutschen optischen Erdbeobachtungsmission im Orbit, hat EOMAP den operationellen Atmosphären-Prozessor über Wasserflächen entwickelt. In dem deutsch-vietnamesischen Projekt WISDOM, koordiniert vom Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum des DLR, wurde ein Informationssystem für das Mekong Delta erstellt, das grundlegende Informationen zu Überflutung und Landnutzung liefert. EOMAP war in diesem Projekt für das Monitoring der Wasserqualität verantwortlich. Aktuell kooperieren EOMAP und DLR im Rahmen des Apps4GMES-Projekts, um für die Sentinel-Satelliten geeignete Infrastrukturen für operationelle satellitengestützte Dienste zu entwickeln.

Mit aktuell 18 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern hat das Stammhaus der Firma am Forschungsflughafen Oberpfaffenhofen seinen Sitz. Mit einer Zweigstelle in Singapur und Mitarbeitern in den USA und Australien plant EOMAP aktuell die kommerzielle Erschließung dieses interessanten Marktes. ●



Weitere Informationen:
www.eomap.de/great-barrier-reef

Image: EOMAP



Dreidimensionales Modell eines Teils vom Great-Barrier-Riff mit Tiefenlinien. Die horizontale Auflösung beträgt zwei Meter.

Meldungen

Ampeln lernen sprechen

Welche Sprache spricht die Ampel der Zukunft, damit alle Autos sie verstehen? Dem geht das DLR im Projekt UR:BAN nach, das Lösungen für den sicheren und effizienten Verkehr in der Stadt zum Ziel hat. Bei der Halbzeitpräsentation im DLR Braunschweig gaben alle 31 Partner des Projekts in Demonstrationsfahrzeugen, Simulatoren und mit Exponaten Einblicke in die dafür entwickelten Systeme.

Die Forschungsinitiative UR:BAN (Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement) möchte die Fahrerinnen und Fahrer von PKW und Nutzfahrzeugen im Stadtverkehr unterstützen, und zwar vorausschauend, der Situation entsprechend und individuell. Das DLR arbeitet dafür an der Car2X-Kommunikation, der Kommunikation zwischen Auto und Straßeninfrastruktur. Die Ampeln sollen bald herstellerunabhängig mit allen Autos „sprechen“ können. So könnte die Ampel beispielsweise eine Information von einem intelligenten Leitkegel an umgebende Fahrzeuge kommunizieren. Diese besonderen Pylone sind mit der Ampel vernetzt und schicken Unfall- oder Baustelleninformationen an die Ampel, die wiederum den Hinweis an die Verkehrsteilnehmer im Umfeld sendet. Mit Hilfe der vom DLR erarbeiteten „Sprache“ wird solch ein intelligenter Leitkegel in UR:BAN vom Institut für Automation und Kommunikation Madgeburg (ifak) entwickelt.

Die verbleibende Zeit der Rot- oder Grünphase ist eine andere Information, die eine Ampel an Fahrzeuge übermitteln kann. So kann das Auto seine Geschwindigkeit anpassen und unnötige abrupte Halts vermeiden. Wie Fahrer auf solche Hilfsmittel reagieren, wird im kooperativen Simulationslabor MoSAIC des DLR-Instituts für Verkehrssystemtechnik untersucht. Es verbindet mehrere Fahrsimulatoren miteinander, sodass Probanden gemeinsam in einer Simulationsumgebung fahren. Damit lassen sich das Verhalten der Fahrer und ihre Reaktionen aufeinander und auf die neuen Systeme untersuchen.

s.DLR.de/9529



Das Simulationslabor MoSAIC des DLR verbindet mehrere Fahrsimulatoren miteinander. So können verschiedene Probanden gemeinsam in einer Simulationsumgebung fahren.



In der Forschungsstelle Maritime Sicherheit des DLR Neustrelitz arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an verlässlichen Kommunikations- und Navigationssystemen sowie an Systemen, die in naher Echtzeit für große Gebiete Informationsprodukte auf Basis von Satellitendaten verschiedener Quellen liefern

Maritime Sicherheit: Kooperation mit ATLAS ELEKTRONIK

Um Elektronik für maritime Anwendungen geht es bei einer im Mai 2014 beschlossenen strategischen Partnerschaft des DLR mit der ATLAS ELEKTRONIK GmbH. Die Kooperation schließt gemeinsame Technologie-Demonstrationen und Erprobungen unter realen Einsatzbedingungen sowie Grundlagenforschung ein.

Unter anderem wird an einem besseren Schutz von maritimen Navigations- und Kommunikations-Systemen geforscht. So sollen die vom DLR entwickelten satellitengestützten Verfahren mit den von ATLAS ELEKTRONIK gebauten Sonar-Systemen zusammengeführt werden, um hochaufgelöste Modelle der Meeresbodentopografie zu erzeugen.

Auch die Entwicklung eines Mensch-Maschine-Systems (MMS) für Echtzeitdienste in der maritimen Sicherheit ist ein Thema. Das Spektrum reicht dabei von der Multitouch-Bedienung eines Lagebild-Tisches (Microsoft Surface Tablet) bis hin zu einem elektronischen Kartendarstellungs- und Informationssystem (ECDIS). Dazu sollen Daten von optischen Kamerasystemen und Satelliten in das ECDIS-System eingebunden werden. Das DLR entwickelt hierfür neuartige multispektrale Kamerasysteme. Hierzu werden sowohl Landanwendungen als auch ozeanografische Applikationen in Betracht gezogen.

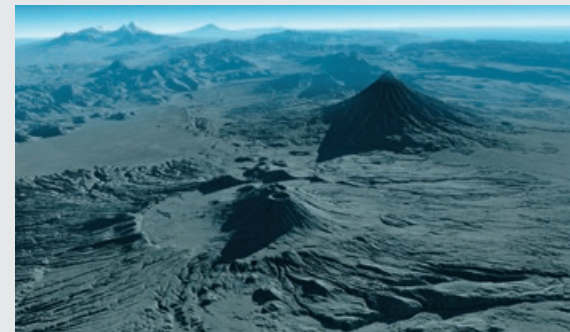
s.DLR.de/3oic



Hochpräzise Höhenmodelle in 3-D

Eine Landkarte der Erde in nie dagewesener Präzision: Das ehrgeizige Projekt hatte am 21. Juni 2010 seinen Anfang genommen. Damals startete der Radarsatellit TanDEM-X ins All, um zu seinem Zwillingssatelliten TerraSAR-X aufzuschließen. Seitdem kreisen die beiden deutschen Satelliten in einem ausgeklügelten Formationsflug um die Erde und vermessen deren Oberfläche. Nun stellt das DLR die ersten Höhenmodelle der neuen globalen Topografie für die wissenschaftliche Nutzung zur Verfügung: Australische Schluchten im Nationalpark Flinders Ranges, kanadische Inselwelten oder auch die zerklüftete Vulkanlandschaft der russischen Kamtschatka-Halbinsel werden dabei 30 mal genauer dargestellt als bisher. Mehr als 800 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 31 Ländern haben sich bereits angemeldet, um mit diesen hochgenauen Höhenmodellen zu arbeiten. Das vollständige und einheitliche Geländemodell soll Ende 2015 zur Verfügung stehen.

s.DLR.de/ae9q



Perspektivische Ansicht der Vulkanlandschaft Kamtschatkas

Kerosin aus Sonnenlicht, Wasser und Kohlendioxid

Zum ersten Mal hat eine internationale Forschergruppe Flugzeugtreibstoff aus Sonnenlicht, Wasser und Kohlenstoffdioxid hergestellt. Im Gegensatz zu herkömmlichem Kerosin, das aus Erdöl hergestellt wird, basiert der alternative Treibstoff auf fast unbegrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen. Zu den Projektpartnern im Projekt SOLAR-JET zählen das DLR, die ETH Zürich, das Bauhaus Luftfahrt, Shell Global Solutions sowie das Beratungsunternehmen ARTTIC.

Grundgedanke ist es, den Verbrennungsprozess umzukehren. „Das heißt, wir nehmen Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf als Emissionen, führen Energie zu und gewinnen so Treibstoff“, erklärt Dr. Patrick Le Clercq, der das Projekt beim DLR-Institut für Verbrennungstechnik in Stuttgart betreut. Der dazu eingesetzte thermochemische Prozess besteht aus zwei Schritten. Zunächst spalten die Wissenschaftler in einem an der ETH Zürich entwickelten Solarreaktor ein Metalloxid, das als Katalysator dient, in Metall- und Sauerstoff-Ionen. Dann leiten die Forscher Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf durch den Solarreaktor. Beide reagieren mit den Metall- und Sauerstoff-Ionen und es entsteht ein Synthesegas, eine Mischung aus Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid mit jeweils sehr hohem Reinheitsgrad. Mit Hilfe des sogenannten Fischer-Tropsch-Verfahrens wird das Synthesegas anschließend in Kerosin umgewandelt.

s.DLR.de/13kr



Um die komplexen Vorgänge innerhalb des Solarreaktors genauer zu verstehen, haben die DLR-Verbrennungsforscher den ersten Prozessschritt zuvor im Computer simuliert

Strahlungsempfänger für Solarturm-Kraftwerke

In einem neuartigen für Solarturm-Kraftwerke entwickelten Strahlungsempfänger können die Kraftwerksbetreiber mit höheren Prozesstemperaturen zwischen 600 und 800 Grad Celsius arbeiten und einen besseren Wirkungsgrad im Kraftwerksprozess erreichen. Dazu werden circa ein Millimeter große Keramikpartikel bis auf 1.000 Grad Celsius aufgeheizt. In dem sich drehenden Receiver werden die Partikel durch die Zentrifugalkraft so lange in der Trommel gehalten, bis sie heiß genug sind, um zum Beispiel die Dampfturbine eines Kraftwerks anzutreiben. Der Receiver-Prototyp wurde am DLR-Institut für Solarforschung in Stuttgart entwickelt und am Sonnenofen in Köln erfolgreich getestet.

s.DLR.de/d52r



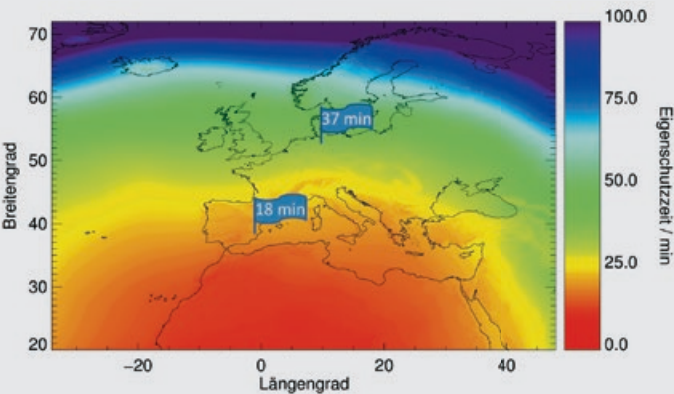
Neuartiger Receiver im Test mit Hochleistungsstrahlern am DLR-Sonnenofen in Köln

Sonnenschutz-Information vom Mobiltelefon

Zum Schutz vor Sonnenbrand ist eine neue App verfügbar. DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler entwickelten gemeinsam mit dem Berufsverband der Deutschen Dermatologen (BVDD) einen UV-Check für Smartphones. Über das Mobiltelefon kann der Nutzer damit die UV-Eigenschutzzeit (Zeit bis zur ersten Hautrötung) an jedem beliebigen Ort in Europa abrufen.

Es sind in erster Linie drei Einflussgrößen, die in ihrer Konstellation die Intensität der bodennahen UV-Strahlung bei wolkenlosem Himmel bestimmen: der lokale sowie der tages- und jahreszeitabhängige Sonnenstand, die Gesamtmenge des atmosphärischen Ozons in einer Säule vom Boden bis zum Ober- rand der Atmosphäre und die Geländehöhe. Aus Studien der atmosphärischen Strahlungstransportprozesse im ultravioletten Spektralbereich wurde im DLR-Institut für Physik der Atmosphäre ein Verfahren zur Berechnung und Kartierung der aktuellen bodennahen UV-Strahlung entwickelt und patentiert.

Die DLR-Wissenschaftler und Mediziner entwickelten die UV-Check-App für die Betriebssysteme iOS und Android. Die App sowie eine Betriebsanleitung und weiterführende Informationen stehen auf verschiedenen App-Portalen im Internet zum kosten- losen Download bereit.



Beispielkarte für UV-Eigenschutzzeiten in Europa

s.DLR.de/6n5w



Einschlagskrater eines metallreichen Asteroiden: Barringer-Krater in den USA.

Asteroiden öfter metallischer Natur als bisher vermutet

Tausende von Datensätzen des NASA-Weltraumteleskops WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) wurden von den DLR-Planetenforscherinnen und -Planetenforschern ausgewertet. Sie kamen dabei den metallischen Asteroiden auf die Spur. Wenn man die Schwere- gewichte unter den Asteroiden mit einem Infrarot-Teleskop beobachtet, wird erkennbar, dass sie erstaunlich kühl bleiben und anscheinend weniger Wärmestrahlung abgeben als die Ge- steinsasteroiden. Diese überraschende Tatsache deutet darauf hin, dass eine höhere Anzahl von metallischen Objekten im Sonnensystem existiert, als bisher vermutet wurde. Das Aufspüren von metallreichen Asteroiden ist aus mehreren Gründen wichtig: Sie sind be- sonders gefährlich, wenn sie auf die Erde einschlagen würden, und sie könnten potenzielle Rohstofflieferanten für die Industrie in der Zukunft sein. Die Forschungsarbeit ist in der aktu- ellen Ausgabe der Zeitschrift „Astrophysical Journal Letters“ erschienen.

s.DLR.de/s9tv



Das neue Hybrid-Triebwerk in der moder- nisierten Testanlage im DLR Trauen

Trauen: Raketentriebwerke der Zukunft im Test

An einem neuen Raketentriebwerk auf Hybridbasis arbeiten Wissenschaftler und Studenten im DLR Trauen. In einer Betonröhre führen sie Tests mit flüssigem Wasserstoffperoxid und einem festen Brennstoff durch. Aus der Kombination von Feststoff- und Flüssigtriebwerk erhoffen sie sich dank einfacher Handhabung eine Kostensenkung. Außerdem ist der be- nötigte Treibstoff ungiftig und die Explosionsgefahr geringer als bei anderen Antrieben. Das macht das neue Triebwerk sicherer. Diese neue Technik soll für Forschungsraketen und Forschungsflugzeuge in einer Höhe von 40 bis 180 Kilometern verwendet werden. Erste Auswertungen lassen den Schluss zu, dass in den kommenden fünf bis zehn Jahren ein flugfähiges Hybrid-Triebwerk gebaut und benutzt werden könnte.

s.DLR.de/9zfd

Wind- und Solarkraftwerke: Wo lohnt sich welche Anlage?

Um Potenziale von Kraftwerksprojekten vorab zu bestimmen, gibt es das Simulationsprogramm FreeGreenius. DLR-Energie- forscher stellten es als Freeware-Version zur Verfügung. Das Programm führt technische und wirtschaftliche Aspekte zu- sammen und kann berechnen, welchen Ertrag ein Kraftwerks- projekt auf Basis erbeuerbarer Energien an einem bestimmten Standort einbringt, und ermittelt, wie eine Anlage aufgebaut und ausgelegt sein muss, damit sie die angestrebte Menge an Strom ins Netz einspeist. Anlagenplaner und Investoren könn- en so erfahren, ob und zu welchen Bedingungen ein solar- thermisches Kraftwerk, ein Wind- oder Fotovoltaikkraftwerk an einem Standort sinnvoll ist.

s.DLR.de/jui9



Solarkraftwerk Andasol 1 im Süden Spaniens

Telekommunikationsforschung: Zusammenarbeit mit China

Die deutsch-chinesische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Telekommunikation hat einen wichtigen Impuls erhalten. Auf Initiative des DLR-Instituts für Kommunikation und Navigation und der Universität Hong Kong fand im März 2014 ein Work- shop zum Thema Netzwerkcodierung (Network Coding) statt. Ziel ist es, die bisher nur theoretisch erforschte Codierung von Netzwerken mit realen Experimenten in der Praxis zu demonst- rieren.

Mit dem Verfahren des Network Coding kann die Kommunikation in Netzwerken leistungsfähiger und siche- rer gemacht werden, indem die Bits der Nutzer nicht mehr getrennt, sondern miteinander kombiniert übertragen werden. Das erhöht allerdings den Aufwand zur Koordination, da die Nutzer wissen müssen, wie die Bits kombiniert wurden. Das DLR konnte 2010 erstmals die Anwendung der Theorie über eine echte Satellitenverbindung demonstrieren. Jüngste DLR- Studien ergänzen sich gut mit der chinesischen Forschung zur Verringerung des Koordinationsaufwands beim Network Coding. Der Workshop stellte die Weichen für die weitere Zu- sammenarbeit zwischen China und Deutschland auf diesem innovativen Gebiet der Telekommunikation.

DLR.de/KN

VERBUNDEN MIT ALEXANDER GERST

www.twitter.com/Astro_Alex

Das geht ganz einfach über Twitter. Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst berichtet in persönlichen Kurznachrichten über sein Leben, seine Ausbildung für die Mission auf der ISS und – nach dem Start am 28. Mai 2014 – sechs Monate lang, wie er im All lebt und arbeitet.

LUFT- UND RAUMFAHRT-JOBS

DLR.de/jobs

Wissenschaftler, Studenten und Azubis aufgepasst! Das DLR-Karriereportal bietet Entdeckerinnen und Entdeckern, die in interessanten Projekten und in interdisziplinären Teams an Zukunftsthemen arbeiten wollen, Infos zu aktuellen Stellenangeboten und Einstiegsmöglichkeiten. Auch ein Tool für die Online-Bewerbung ist dabei.

KOFFEINKONSUM OPTIMIEREN

bit.ly/1l061ae

Erhöhter Kaffeeegenuss kann den Schlaf- Rhythmus negativ beeinflussen. Die kos- tenlose iOS-App „Up Coffee“ kontrolliert den täglichen Kaffeekonsum und teilt den Nutzern über eine ansprechende Grafik mit, wann sie am besten eine Pause vom Kaffee einlegen, um nachts besser schlafen zu können.

700 KILOMETER ÜBER DER ERDE

youtu.be/SuYx_fbeVCc

Das spektakuläre Video zeigt, wie der Erdbeobachtungssatellit Sentinel-1A von seiner Trägerrakete im All getrennt wird. Sentinel-1A ist Teil der Umweltmission Copernicus. Sie besteht aus insgesamt zwei Satelliten (Sentinel-1A und -1B) und soll Angaben zu Landflächen, Ozeanen und zur Atmosphäre bereitstellen.

KIBO 360: SPAZIERGANG DURCH DIE ISS

kibo360.jaxa.jp/index.html

Die Tablet-App „Kibo360“ der japanischen Raumfahrtagentur JAXA führt den Nutzer mit einer eindrucksvollen 360-Grad-Ansicht durch das zehn Meter lange Forschungs- labor „Kibo“ (japanisch: Hoffnung). Das ISS-Labor ist mit einer eigenen Luftschleuse für Außenbordeinsätze und einem Roboterarm für Experimente im Weltraum ausgerüstet.

PHILAE: NOMEN EST OMEN

bit.ly/1l06pGi

Wie der Kometenlander „Philae“ zu seinem Namen kam und warum ein 15-jähriges Mädchen dabei eine Rolle spielte, zeigt das kurzweilige DLR-Video. Es führt die Betrachter an die italienische Universität „Politecnico di Milano“ und zurück in das Jahr 2004 (Video in englischer Sprache).

KLAR SOWEIT?

bit.ly/1l09ZQD

Die dritte Ausgabe von „Klar soweit?“, dem Helmholtz-Wissenschaftscomic, richtet seinen Blick in den Weltraum. Genauer gesagt auf den Low Earth Orbit (LEO), der sich in einer Höhe zwischen 200 und 2.000 Kilometern über der Erdoberfläche erstreckt. Noch genauer: auf die mehr als 600.000 Trümmerstücke, die um die Erde kreisen und eine ernst zu nehmende Gefahr für Raumstationen und Satelliten darstellen.

Von der Idee zum Werkstück

Ob Windkanalmodell, Prototyp, Messapparatur oder Laboreinrichtung, im Systemhaus Technik werden Ideen zur Realität. Seit über fünfzig Jahren setzen die Ingenieure und Mechaniker vom Systemhaus Technik (SHT) die Entwürfe der DLR-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um und finden maßgeschneiderte Lösungen für wissenschaftlich-technische Entwicklungen, die ebenfalls nicht „von der Stange“ sind.

50 Jahre Systemhaus Technik

Von Michel Winand

Der Weg von einer Idee bis zu deren Umsetzung kann lang sein. Der Entwickler weiß, wie ein Bauteil beschaffen sein muss und kann das Funktionsprinzip am Rechner simulieren. Doch welches Material eignet sich für die Umsetzung am besten? Wie lässt es sich kostengünstig herstellen? Welche Maschinen und Fertigungsverfahren können dafür verwendet werden? – Antworten auf diese Fragen zu liefern und in Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern ein fertiges Produkt zu erschaffen, ist Aufgabe der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vom Systemhaus Technik.

Wie alles begann

Die Geschichte dieser quasi im Hintergrund agierenden Einrichtung lässt sich bis 1959 zurückverfolgen. Nach dem Zweiten Weltkrieg durfte in Deutschland ab 1953 wieder Luftfahrtforschung betrieben werden. Die Vorgängerorganisation des DLR, die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) formierte sich neu und am Flughafen Essen/Mülheim siedelten sich einige Institute an. Ab 1959 entstand dort eine eigene Werkstatt, um technische Systeme für die Forschung herzustellen. Bereits zu Beginn beschäftigte sie um die 30 Mitarbeiter.

Der Standort am Flughafen Essen/Mülheim war für die DVL aber zu klein und ab Juli 1959 begannen die Bauarbeiten am neuen Standort Köln. Der Umzug der Werkstatt startete im

Oktober 1963 und bereits 1964 traten die ersten Lehrlinge ihre Berufsausbildung in der DVL-eigenen Werkstatt an. Die Lehre ist neben Konstruktion und Fertigung bis heute ein wesentlicher Bestandteil der Aufgaben des Systemhaus Technik. Manch ehemaliger Auszubildender des SHT arbeitet heute als Industriemechaniker, Elektroniker oder Ingenieur im DLR.

Ab dem Jahre 1978 erhielt das Systemhaus Technik sein heutiges Gesicht: Die Fertigung in den Werkstätten und das Konstruktionsbüro wurden unter einem Dach zu den „Technischen Betrieben“ zusammengefasst. Im Laufe der Jahre entstanden an den anderen DLR-Standorten weitere Technische Betriebe. Inzwischen ist das SHT am DLR-Hauptsitz in Köln sowie an den DLR-Standorten Berlin, Braunschweig, Bremen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart vertreten. Überall wird mit unterschiedlicher Spezialisierung, aber nach denselben Prozessen gearbeitet. Die Leitung der DLR-Systemhäuser hat ihren Sitz in Berlin-Adlershof, sie ist für insgesamt rund 190 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie 160 Auszubildende zuständig. Das SHT ist ein wichtiger Bestandteil der technischen Infrastruktur, die das DLR als interner Dienstleister im Facility Management, beim Arbeits- und Umweltschutz sowie mit der Entwicklung und Realisierung von technischen Systemen unterstützt.

Von der Zeichnung zum Modell

Das Leistungsspektrum des Systemhaus Technik lässt sich am besten anhand eines vereinfachten Beispiels verdeutlichen. Ein Wissenschaftler des DLR-Instituts für Antriebstechnik entwirft eine neue Triebwerksschaufel. Die Geometrie der Schaufel ist mit Hilfe numerischer Simulationen am Computer berechnet und optimiert worden. Gleiches gilt für die Struktur der Wände und die Anordnung und Anzahl der Kühlkanäle. Der nächste Schritt bei der Entwicklung einer neuen Generation von Triebwerksschaufeln wäre nun die Erprobung eines Modells, um zu testen, ob die errechneten aerodynamischen Eigenschaften tatsächlich gegeben sind und im Endeffekt kommenden Triebwerksgenerationen mehr Leistung bei weniger Verbrauch bringen.

Der Triebwerksforscher nimmt nun Kontakt zu einem der Konstrukteure des SHT auf und erläutert ihm anhand seiner Daten und Entwürfe, wie die Triebwerksschaufel beschaffen sein muss und welchen thermischen und mechanischen Belastungen sie standhalten muss. Der Konstrukteur berät in puncto Konstruktion sowie Material und weist auf mögliche Probleme und Schwachstellen bei der Umsetzung hin. In einem gemeinsamen Prozess wird eine finale Version des Entwurfs erstellt, der daraufhin in EDV-gestützte Konstruktionspläne (CAD, computer-aided design) übertragen wird.

Für die Werkstatt wird nun die Produktion geplant. Die Arbeitsschritte, die Beschaffung des Materials, zeitliche Verfügbarkeit der Maschinen und Mitarbeiter und anderes mehr müssen berücksichtigt werden. Den Abschluss der Arbeiten im

Leistungen des Systemhaus Technik

Beratung

Materialauswahl, Bauteilgestaltung und Dimensionierung, Erstellung von Lastenheften, Machbarkeits- beziehungsweise Konzeptstudien und Risikoanalysen, Normen und technische Regelwerke, behördlich vorgeschriebene Prüfungen, CE-Kennzeichnung, Qualitätssicherung

Mechanik

Design, Entwürfe, Berechnung, Konstruktion und 3-D-Simulation von CAD-Daten

Elektronik/Mechatronik

Erstellung von Lastenheften, Schaltungsentwicklung und -simulation, Layout-Design, Systemprogrammierung, Qualitätssicherung

Fertigung

Präzisionsfertigung, Rapid Prototyping, Fügetechnik, Qualitätssicherung inklusive 3-D-CNC-Koordinatenvermessung

Versuchsunterstützung

Instrumentierung, Unterstützung bei der Durchführung von Messkampagnen, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an wissenschaftlichen Versuchsanlagen

Markus Boje hat nicht nur beim Fotoshooting den Durchblick. Seit sechs Jahren leitet er das Systemhaus Technik in Köln und legt dabei Wert auf gute Teamarbeit und Offenheit für neue Ideen.



Die Anfänge des Systemhaus Technik: Was heute nostalgisch und zuweilen schon fast museal wirkt, war in den „Gründerjahren“ die modernste Technik.

SHT bildet die Qualitätssicherung: Auf Anlagen wie der Koordinatenmessmaschine wird die Geometrie des in der Werkstatt gefertigten Modells mit den Daten des CAD-Entwurfs verglichen. Stimmen die Werte überein, erfolgt die Endabnahme durch den Kunden und das Modell kann getestet werden; in unserem Fall beispielsweise am Verdichterprüfstand des Instituts für Antriebstechnik.

Immer am Puls der Zeit

Der Gebrauch modernster Maschinen und Fertigungstechniken hatte beim SHT seit jeher einen hohen Stellenwert. Bereits in den Achtzigerjahren wurde in den Werkstätten das klassische Feilen, Drehen und Schweißen durch eine Elektronenstrahlmaschine und durch computergesteuerte Herstellungsverfahren ergänzt. Die Technik des Draht-Erodierens, bei dem ein unter elektrischer Spannung stehender Draht das Werkstück schneidet, kam 1997 hinzu. Hierdurch konnten die Präzision und die Treue zur Vorlage kontinuierlich verbessert werden. Mit den gesteigerten Fähigkeiten wuchsen auch Nachfrage und Anforderungen sowie die Größe der Bauteile. Die modernen CNC(Computerized Numerical Control)-Fräsen können zum Beispiel mittlerweile Bauteile mit einem Meter Durchmesser und zweieinhalb Meter Länge bearbeiten.

Ein Novum, mit ungezählt vielfältigen Möglichkeiten für die Konstrukteure, sind die Rapid-Prototyping-Maschinen. Hinter dem Begriff „Rapid Prototyping“ verbirgt sich ein Laserschweißverfahren, das landläufig unter dem nicht ganz zutreffenden Begriff „3-D-Drucken“ bekannt ist. Ein pulverförmiger Werkstoff, meist Metalllegierungen auf Aluminium oder Titanbasis, wird durch präzise gesteuerte Laser Schicht für Schicht verschweißt. Das Werkstück wird in millimeterfeinen Schichten von unten nach oben aufgebaut. Da bei diesem Verfahren eine Form nicht aus dem vollen Material herausgearbeitet wird, gibt es kaum Abfall. Besonders bei teuren Werkstoffen zahlt sich dieses Verfahren aus. Noch wertvoller ist jedoch der Umstand, dass durch das Laserschweißen Geometrien möglich werden, die mit spangebenden Fertigungstechniken nur schwer bis unmöglich herzustellen sind. Werkstücke mit einer komplizierten inneren Geometrie müssen auf herkömmlichem Weg mühsam aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt werden.

Besonders für Anwendungen im Bereich Luftfahrt ist das Rapid Prototyping interessant. Kostenintensive, leichte, jedoch stark belastbare Materialien können präzise zu Werkstücken mit sehr komplexen Formen verarbeitet werden, beispielsweise zu Brennkammern oder Triebwerksschaufeln. Die Anforderungen an beide Bauteilarten sind ähnlich: Sie müssen hohe Temperaturen von bis zu 2.000 Grad Celsius aushalten (zum Vergleich: Eisen schmilzt bei circa 1.500 Grad Celsius). Dafür benötigen sie unzählige kleine Kühlbohrungen, deren Bohrkä-näle sich zum Teil verzweigen müssen und in bestimmten Winkeln verlaufen, sowie hohle Wände. Allein die in die Tausende gehende Zahl von Bohrungen kostet mit herkömmlichen Verfahren viel Zeit und damit Geld. Beim Laserschweißverfahren hingegen werden die winzigen Kanäle für die Kühlluft bei der Fertigung einfach ausgespart.

Rapid-Prototyping-Maschinen sind im Kölner Systemhaus Technik seit 2009 im Einsatz und die Mitarbeiter haben sich auf diesem Sektor einen großen Erfahrungsschatz angeeignet. Von diesem profitieren nicht nur die direkten Auftraggeber des SHT. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des DLR-Instituts für Werkstoff-Forschung beispielsweise konnten sich bei der Anschaffung und Inbetriebnahme ihrer eigenen Rapid-Prototyping-Anlage auf die Erfahrung der Ingenieure und Mechaniker des SHT stützen. Alles lässt sich mit dem Verfahren jedoch nicht herstellen, so ist die Größe der Bauteile noch auf 25 mal 25 mal 28 Zentimeter begrenzt. Auch im Bereich elastischer Metallbauteile sind den Anwendungen noch Grenzen gesetzt.

Die Lehrlinge werden also auch in Zukunft noch viel Zeit mit Feilen und Schweißen verbringen, bevor sie ihre Ausbildung erfolgreich beenden. Lediglich das Schmieden gehört nicht mehr zur Ausbildung der Industriemechaniker. ●



Weitere Informationen:
s.dlr.de/w0rv

Voneinander lernen

Forscher und Techniker gemeinsam auf dem Weg in technologisches Neuland

Dr. Joachim Hausmann vom DLR-Institut für Werkstoff-Forschung arbeitet seit mehreren Jahren mit dem Systemhaus Technik zusammen. Im Interview berichtet er über die Kooperation am Beispiel des Rapid-Prototyping-Verfahrens.



Dr. Joachim Hausmann

Wie arbeiten Sie mit dem Systemhaus Technik zusammen?

Das Systemhaus Technik produziert im Wesentlichen Bauteile. Das relativ neue Verfahren des Rapid Prototyping funktioniert noch nicht auf „Knopfdruck“. So ist es bei neuen Projekten anfangs oft unklar, wie die Werkstoffeigenschaften in einem Bauteil sind. In diesem Bereich machen wir für das Systemhaus Technik begleitende Werkstoffuntersuchungen. Andererseits konnten wir sehr viel von den Erfahrungen der Kollegen im SHT profitieren. Zum einen anhand der Geometriemodelle, die dort schon vorhanden waren, und auch durch die praktische Erfahrung der Kollegen im alltäglichen Betrieb. Wir haben dazu einen regen Austausch.

Im Institut für Werkstoff-Forschung haben Sie ja auch eine Rapid-Prototyping-Anlage. Wie unterscheidet sich diese von denen des SHT?

Die SHT-Anlagen sind darauf ausgelegt, in der Produktion eingesetzt zu werden und Bauteile in größeren Stückzahlen herzustellen. Unsere Anlage ist speziell für die Materialentwicklung gefertigt worden. Wir können zum Beispiel den Bauraum bis auf 800 Grad Celsius aufheizen. Das ist von Vorteil bei der Verarbeitung „schwieriger“ Werkstoffe. Durch den Laser wird der Werkstoff nur lokal aufgeschmolzen und somit herrscht auch die hohe Schmelztemperatur nur lokal vor, während der Rest des Bauteils relativ kalt ist. Durch diese hohen Temperaturunterschiede entstehen mechanische Spannungen in dem Bauteil, die zu Rissen führen können. Bei besonders spröden Werkstoffen ist man daher gut beraten, wenn man die Bauraumtemperatur erhöht, um die Temperaturunterschiede zwischen den aufgeschmolzenen und den anderen Bereichen des Werkstücks zu reduzieren.

Wofür setzen Sie die Anlage genau ein?

Zunächst machen wir Studien, um herauszufinden, mit welchen Parametern sich Werkstoffe in diesem Verfahren verarbeiten lassen und geben die Ergebnisse an die Hersteller der Anlagen und auch an das Systemhaus Technik. Der nächste Schritt, den wir gehen möchten, ist die Materialentwicklung. Unser Ziel sind Metalllegierungen, die für das Verfahren besonders gut geeignet sind. Das sind vor allem Verbindungen von Titan und Aluminium, die für den Triebwerksbau sehr interessant sind. Diese Titanaluminide zeigen bei hohen Temperaturen gute Eigenschaften, sind bei niedrigen Temperaturen aber spröde und schwer zu verarbeiten.

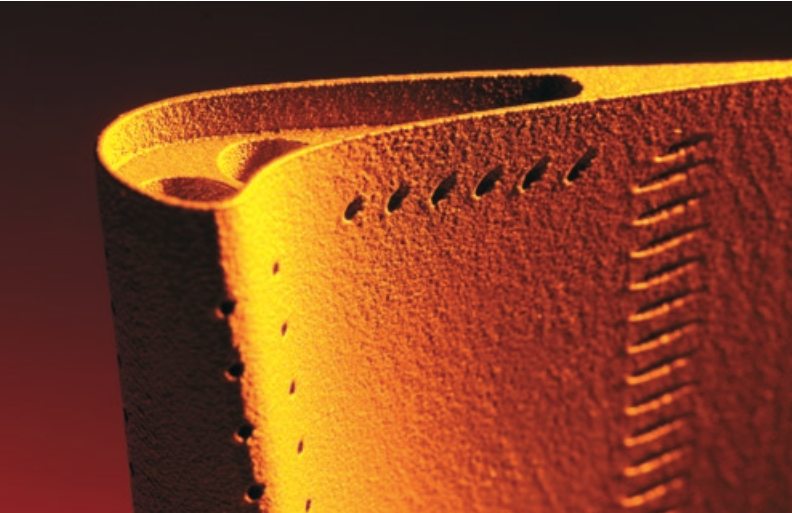
Ein Blick in die Zukunft: Das Rapid Prototyping hat die Fertigung von Werkzeugen und Maschinen bereits revolutioniert, kann es herkömmliche Fertigungsverfahren komplett ersetzen?

Ich denke nicht, dass es die herkömmlichen Verfahren komplett ersetzen kann, aber es wird eine Ergänzung sein für sehr komplexe und sehr individuelle Bauteile. Belastungsoptimierte, bionische Bauteile sind auch noch ein Ziel. Mit numerischen Simulationen lassen sich bereits sehr leichte Bauteile entwerfen, die genau auf die spätere Belastung angepasst sind und in ihrem Aufbau dem Wuchs von Knochen ähneln. Das Material ist an den besonders beanspruchten Stellen dicker und wird durch innere Strukturen unterstützt. Solche Geometrien sind praktisch nur durch das selektive Laserschmelzen herstellbar.

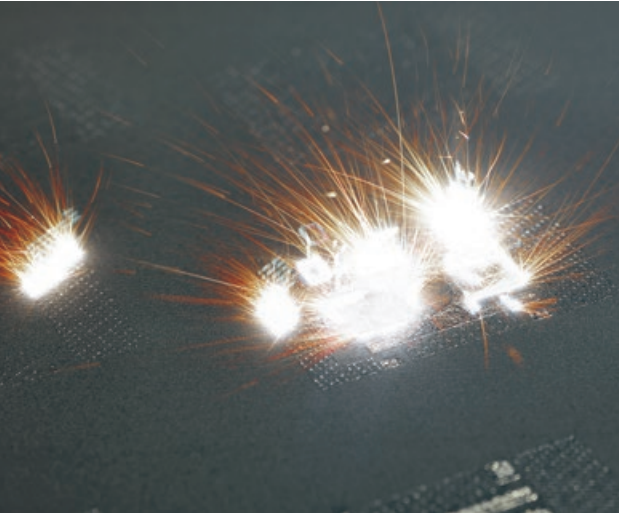
Erfolgskontrolle:
Ein Windkanalmodell wird vermessen.



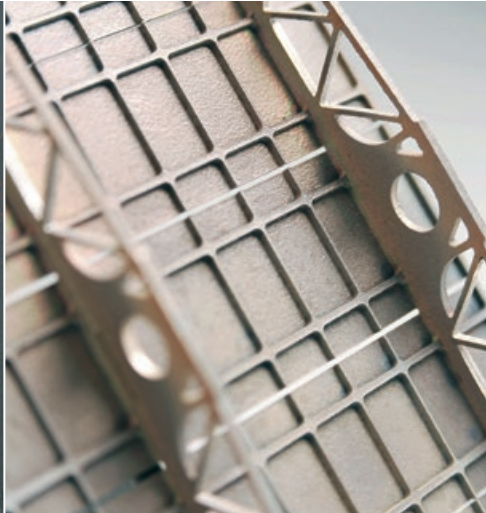
Im Laserschmelzverfahren hergestellte Turbinenschaufel
im unpolierten Zustand



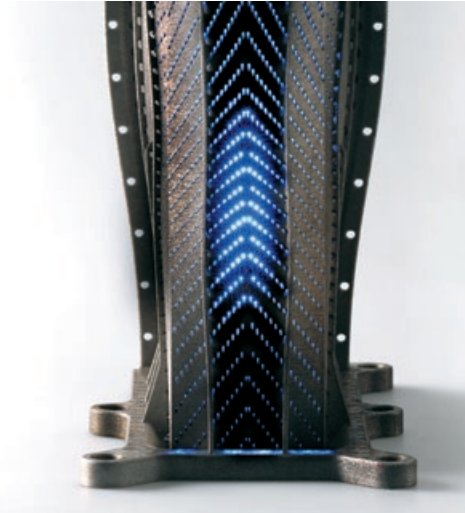
Beim Aufschmelzen der Werkstücke erzeugen
die Laser ein kleines Feuerwerk



Filigranes Modell der Rückwand
eines Solarspiegels



Triebwerksbauteil mit tausenden Kühlkanälen –
im Rapid Prototyping ist es effektiver herstellbar





Kai Wicke im Segelflug
über Nordhessen

Mit einem Blatt Papier zum Meistertitel

Er ist Deutscher Meister im Papierfliegerweitwurf und flog im Segelflugzeug schon hoch über Australien. Früh entdeckte der passionierte und wettbewerbs erfahrene Segelflugpilot seine Liebe zum Sport und zur Fliegerei. Heute erforscht er, wie sich die Flugzeuge von morgen in den Flugbetrieb und in das vielschichtige Lufttransportsystem einfügen. – Kai Wicke scheint für die Luftfahrt geboren zu sein.

Luftfahrtforscher Kai Wicke und seine Leidenschaft für Papier- und andere Flieger

Von Falk Dambowsky

Mit seiner großen Statur, seinen freundlichen Augen und dem kräftigen Kinn ist Kai Wicke in einer Menschenmenge gut auszumachen. Ein Lächeln blitzt über sein Gesicht, als ich ihn in einem Hamburger Café treffe, gefolgt von einer entspannten Begrüßung. Er ist extra aus Hamburg-Harburg gekommen. Dort, im Süden der Elbmetropole, arbeitet Kai Wicke als wissenschaftlicher Mitarbeiter der DLR-Lufttransportsysteme.

Segelfliegen in der Junioren-Nationalmannschaft

Ohne lange wählen zu müssen, bestellt er seinen Kaffee, Latte machiato tall. Hemd, schwarzer Pullover und Jeans wirken unkompliziert, signalisieren nichts Außergewöhnliches. Am linken Arm trägt er eine Fliegeruhr mit Metallarmband. Schon früh kam Kai Wicke, Jahrgang 1981, zur Fliegerei. Noch früher entwickelte sich seine Begeisterung für alles Fliegende über Dächern, Bäumen und Feldern, beginnt er zu erzählen. Ein Arbeitskollege seines Vaters war es, der den Tipp gab: „Mensch, fahr doch mit deinem Sohn mal hoch zum Segelflugplatz!“ Da war Kai Wicke 15 Jahre alt. „Am nächsten Tag habe ich gleich angefangen“, erinnert er sich und da blitzt es wieder, sein Lächeln. Mit 17 hält er dann schon seinen Luftfahrtschein in den Händen. Er macht sein Abitur und trainiert für die Sportprüfung Speerwerfen und Stabhochsprung. Und in der übrigen Freizeit immer wieder Segelfliegen.

Er fliegt bei den Deutschen Meisterschaften und qualifiziert sich für die Junioren-Nationalmannschaft. Im Trainingslager in Südfrankreich geht es für ihn ganz hoch hinaus. Mit Sauerstoffmaske und Genehmigung der Flugsicherung steigt Kai Wicke mit seinem Segelflugzeug bis in über 6.000 Meter Höhe auf. Was den Zuhörer staunen lässt, hört sich aus seinem Munde an, als sei es ganz selbstverständlich. „Manchmal habe ich acht Stunden ohne Pause im Segelflugzeug zurückgelegt, 800 Kilometer weit bin ich da gesegelt.“

Nach der Schulzeit geht er zur Bundeswehr. Für den Segelflugenthusiasten beginnt nun eine ganz besondere Zeit. Nach der Grundausbildung wird er in die Sportfördergruppe für Segelflieger aufgenommen und reist zu Wettbewerben in ganz Europa und schließlich nach Australien. Drei Monate bleibt er mit seinen Kameraden dort, sie stellen die einzige ausländische Mannschaft im Segelflugwettbewerb. Ein Erinnerungsfoto zeigt ihn zusammen mit einem australischen Farmer nach einer Landung auf rotem Sand. Zu dieser Zeit hat er seine berufliche Laufbahn schon fest im Blick: „Luft- und Raumfahrttechnik in Berlin studieren, das war mein Traum.“ Dafür zog Kai Wicke anschließend aus der ländlichen Idylle Hofgeismars in der Mitte Deutschlands in die Hauptstadt und schrieb sich an der Technischen Universität ein.



Den Papierflieger der Weltmeisterschaft 2006 bewahrt Kai Wicke heute sorgsam zu Hause in einer Schublade auf. Nur ein einfaches DIN-A4-Blatt war zugelassen, Hilfsmittel wie Klebstoff oder Schere waren nicht erlaubt.

Das große Ganze denken

Nach der Uni ging es 2009 für Kai Wicke von Berlin nach Hamburg. Mit Freude folgte er der Zusage des DLR. Seitdem ist er in der Abteilung Systemanalyse Lufttransport zu Hause. „In meiner Arbeit geht es darum, das große Ganze zu denken und auf dem Computer zu berechnen“, umreißt der 32-Jährige seinen Job. „Ich nehme mir neue Entwicklungen am Flugzeug vor und simuliere sie in verschiedenartigen Computermodellen im Gesamtlufttransportsystem.“ Er zählt mittels seiner Hände Komponenten des Gesamtsystems auf: Dazu gehören unter anderem sämtliche Abläufe in der Luft, auf dem Flughafenvorfeld und im Terminal. Warum die Analyse neuer Luftfahrzeuge im Gesamtsystem so wichtig ist? – „Wir wollen herausfinden, wie rentabel Veränderungen am Flugzeug in der Praxis sind. Etwa wie viel Treibstoff tatsächlich eingespart werden kann, wenn ein verbessertes Flugzeug unter realen Umweltbedingungen bei Fluggesellschaften eingesetzt wird.“ Dabei sind möglichst alle auftretenden Nebeneffekte des Betriebs in die Rechnung einzubeziehen, wie zusätzliche Instandhaltung, das Verhältnis von Kurz- zu Langstreckenflügen oder die Einsparung von Emissionen jeglicher Art. Kai Wicke und seine Kollegen wollen so neuen Flugzeugentwicklungen zu einer optimalen Wirkung im Alltagsbetrieb verhelfen.

Seinem Hobby, der Segelfliegerei, kommt er mit einem anderen ganz konkreten Forschungsthema dann wieder sehr nahe: Segelflugzeuge sind schon heute mit sehr glatten Tragflächen und ohne größere Spalte oder Unebenheiten ausgestattet. Das sorgt für eine ideale, turbulenzfreie Umströmung, die sogenannte Laminarströmung. In Zukunft soll es solche glatten, widerstandsarmen Tragflächen auch für Verkehrsflugzeuge geben. Kollegen anderer DLR-Institute, insbesondere des Instituts für Aerodynamik und Strömungstechnik, liefern

konkrete Vorschläge, wie solch eine Tragfläche der Zukunft konstruiert sein könnte. Am Ende soll durch die verbesserte Strömungsgeometrie und den geringeren Luftwiderstand Treibstoff eingespart werden.

„Meine Aufgabe ist es, zu berechnen, wie viel von der Treibstoffeinsparung und damit der Kostenreduktion im laufenden Betrieb übrig bleibt“, erläutert der Luftfahrtingenieur. „Beim Laminarflügel untersuche ich beispielsweise, ab welcher Streckenlänge sich ein Einsatz lohnt und welche Kosten die Reinigung der Tragflächen von Insektenresten mit sich bringt.“ Dieses Phänomen kennt Kai Wicke gut. Schon oft hat er während des Fluges mit dem „Mückenputzer“, einer Vorrichtung zum Reinigen der vorderen Tragflächenkante, Insektenreste von seinem Segelflugzeug gewischt.

Mit der richtigen Faltechnik

Einer ganz anderen Dimension motorlosen Fliegens näherte sich Kai Wicke ganz unverhofft noch zu Studienzeiten im Jahr 2006: Ein Hersteller koffeinhaltiger Limonade hatte zum ersten Mal eine Meisterschaft im Papierfliegerweitwurf ausgeschrieben. Kai Wicke interessierte sich eigentlich nicht sonderlich dafür: „Erwachsene werfen Papierflieger – das habe ich eher als Kinderkram abgetan.“ Einige Kommilitonen jedoch waren ganz euphorisch und experimentierten in der Aerodynamikhalle der Berliner TU. Mit einem Schmunzeln verrät Kai Wicke schließlich: „Eines Tages bin ich doch einmal vorbeigegangen, hab einen Papierflieger gefaltet und geworfen. Und gleich beim ersten Mal flog er durch die ganze Halle bis gegen die hintere Wand.“ Die Halle hatte immerhin eine Länge von 22 Metern. Einer der Uni-Assistenten war bereits für den Wettbewerb angemeldet. Der sagte sofort: „Du machst da mit, du hast Chancen!“

Kai Wicke gewinnt prompt die Qualifikation. Er wirft nun in Hallen, die groß genug für sein Können sind. Für die Deutsche Meisterschaft nimmt er in der Abfertigungshalle des Flughafens Tempelhof den selbst gebastelten Papierflieger in die Hand. Mit gekonnter Technik aus seinen Speerwurfzeiten in der Schule katalpultiert er das fünf Gramm leichte Fluggerät auf eine Weite von 34,82 Metern – für ihn der Titel Deutscher Meister. Bei der folgenden Weltmeisterschaft in Salzburg schafft er es als einer von 48 Konkurrenten, mit seinem Papierflieger die bis heute gültige deutsche Rekordweite von 37,36 Metern zu werfen. Damit belegt er gleichzeitig den veritablen sechsten Platz unter den besten der Welt.

Das ruft die Medien auf den Plan: Bei Ranga Yogeshwar und Frank Elstner sitzt Kai Wicke ebenso wie in der Talkshow von Johannes B. Kerner. Auch „Galileo“ und „PurPlus“ vom Kinderkanal klopfen an. Er gibt Radiointerviews und Zeitungen zeigen Fotos von ihm. Die Journalisten fragen immer wieder, wie er eigentlich auf die richtige Form seines gebastelten Fliegers gekommen ist? Das Grundkonzept, so antwortet Kai Wicke, stamme noch aus seiner Schulzeit. „Vieles war aber tatsächlich auszuprobieren – die Flügel mal ein bisschen kleiner falten, mal ein bisschen breiter.“ Hilfsmittel sind dabei keine erlaubt, weder Klebstoff noch Schere. Alles, was zählt, ist ein einfaches Blatt Din-A4-Papier und geschickte Hände. Am Ende hält er einen fast pfeilartigen Papierflieger in der Hand, den er heute sorgsam zu Hause in einer Schublade neben seinem Bett aufbewahrt.

Ein paar Begriffe aus seinem Studium streut der Diplom-Ingenieur dann doch noch in seine Erklärung ein: „Insgesamt kommt es schon darauf an, ein aerodynamisch ausgereiftes, symmetrisches Modell mit genügend Richtungsstabilität zu konstruieren.“ Sein Studium ist es allerdings dann auch, das ihn bei der nächsten Meisterschaft der Papierflieger 2009 von der Verteidigung seines Titels abhält. Er schließt stattdessen seine Diplomarbeit ab und beginnt seine berufliche Laufbahn im DLR.

Arbeit für die Promotion und als Fluglehrer

Bei gutem Wetter fährt Kai Wicke meist mit dem Fahrrad zur Arbeit. Dabei kann er sich gut auf die Aufgaben des Tages konzentrieren und schon einige Ideen im Kopf durchspielen. Aktuell arbeitet er daran, die letzten Ergebnisse für seine Doktorarbeit zusammenzutragen. Auch diese steht in Verbindung mit der Analyse des Laminarflügels im Lufttransportsystem. „Ich entwickle gerade die letzten Simulationsschritte für das nötige Computermodell“, verrät er. Nächstes Jahr will er die Promotion in der Tasche haben und sich dann neuen Forschungsfragen widmen.

Dem Segelfliegen ist Kai Wicke weiter treu. Während des Sommers fährt er fast jeden zweiten Sonntag in seine hessische Heimat auf den Flugplatz Dingel. Schon mit 21 Jahren hat er seine Fluglehrer-Lizenz erworben. Er gibt sein Wissen gerne weiter und genießt es besonders, für die begeisterten jugendlichen Pilotenanwärter da zu sein. Auch ihnen erzählt er zuweilen, wie er seine Liebe zur Fliegerei entdeckte und vielleicht auch die eine oder andere Anekdote im Zusammenhang mit seinem nicht ganz alltäglichen Meistertitel. Es ist ein spannender Platz neben Kai Wicke, voller interessanter Geschichten und ungewöhnlicher Einblicke. Hat er erst seinen Dokortitel, wird er bestimmt auch Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler in der ihm eigenen begeisternden Art unterrichten. ●



Weitere Informationen:
DLR.de/LK



Kai Wicke bei den Deutschen Meisterschaften im Segelfliegen der 18-Meter-Klasse in Lüsse 2011



Vorbereitungen im Startfeld zu den Deutschen Segelflugmeisterschaften der Doppelsitzer-Klasse in Aalen 2009



Nach einer Außenlandung in Australien: Farmer und Segelflugpilot posieren fürs Erinnerungsfoto.

RESULT LIST LARGEST DISTANCE ROUND 2		
		meter
1	Guh	RSA 47.17 m
2	Gota	MEX 40.99 m
3	Kozlica	CRO 40.98 m
4	Dundovic	CYP 40.33 m
5	Klimek	POL 39.07 m
6	Wicke	GER 37.36 m
7	de la Vallée Poussin	BEL 34.74 m
8	Blihal	CZE 34.10 m
9	Gatternig	AUT 33.71 m
10	Turner	AUS 31.98 m

37,36 Meter für Kai Wicke: Damit belegte er bei der Papierflieger-Weltmeisterschaft 2006 in Salzburg Platz 6.

Gewächshaus mit Spin

Auch wenn Habitate auf Mond oder Mars derzeit noch Visionen sind – eines weiß man bereits jetzt: Wenn Menschen auf anderen Himmelskörpern leben und arbeiten oder lange Reisen durch das All antreten, müssen sie sich ausgewogen ernähren können. Stünden beispielsweise frische Tomaten zur Verfügung statt nur dehydriertes Essen, wäre der Speiseplan schon deutlich abwechslungsreicher. Mit der Mission Eu:CROPIS (Euglena and Combined Regenerative Organic-Food Production in Space) testen DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler erstmals, wie Gewächshäuser im All unter Mond- und Marsbedingungen langfristig funktionieren könnten. Das irdische Modell CROP nutzt bereits Abfallprodukte (zum Beispiel Urin) für das Pflanzenwachstum – das himmlische Modell soll 2016 ins All starten.

DLR-Wissenschaftler erforschen Systeme für das Leben im All

Von Manuela Braun

Noch macht das Lebenserhaltungssystem der zukünftigen Weltraum-Tomaten mit seinem Gewirr aus Schläuchen, Anschlüssen und verschiedenen Behältern einen sehr experimentellen Eindruck – und doch wird es im All der Lebensraum für eine riesige Bakteriengemeinde, für die Augentierchen *Euglena gracilis* und hoffentlich wachsende Pflänzchen sein. „Einige Tomatenpflanzen haben wir schon auf dem Gewissen“, sagt Dr. Jens Hauslage vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, der die Mission wissenschaftlich leitet. „Aber um unser Gewächshaus zu optimieren, müssen wir testen.“ Das Gewächshaus für den Weltraum ist ein ausgeklügeltes System, bei dem alle beteiligten Lebensformen voneinander profitieren und Abfallprodukte wie Urin verwertet

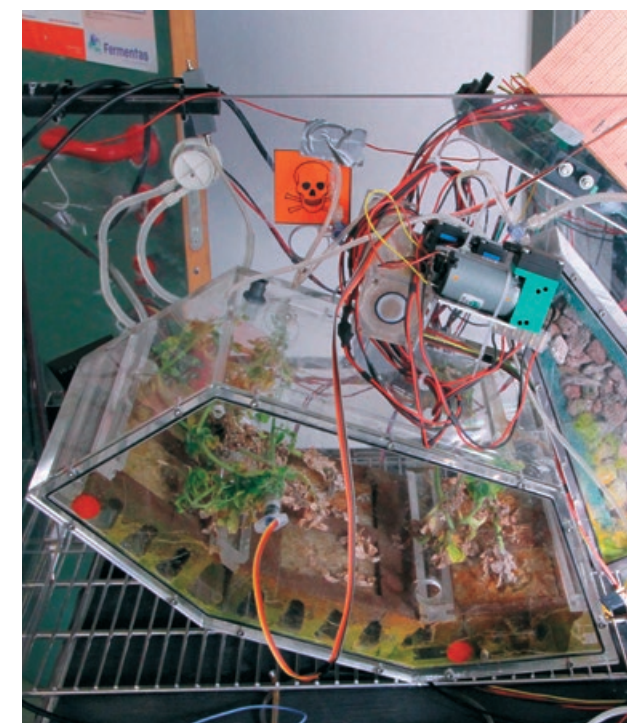
werden – damit letztendlich Tomaten keimen, wachsen und Früchte tragen können. „Wir wollen demonstrieren, dass dies auch bei reduzierter Schwerkraft auf Mars und Mond und bei Langzeitmissionen möglich ist. Und dazu nutzen wir die Eigenschaften von Organismen, Stoffe umzuwandeln. Stoffe, die wir dann wiederum für die Erhaltung anderer Organismen benötigen.“ Das Zubehör: ein Wassertank, Platten aus Lavastein, künstlicher Urin, ein Gewächshaus, einzellige Algen und Licht für Pflanzen und Algen sowie ein Satellit, der dies alles in das Weltall bringt.

Kreislauf für das Pflanzenwachstum

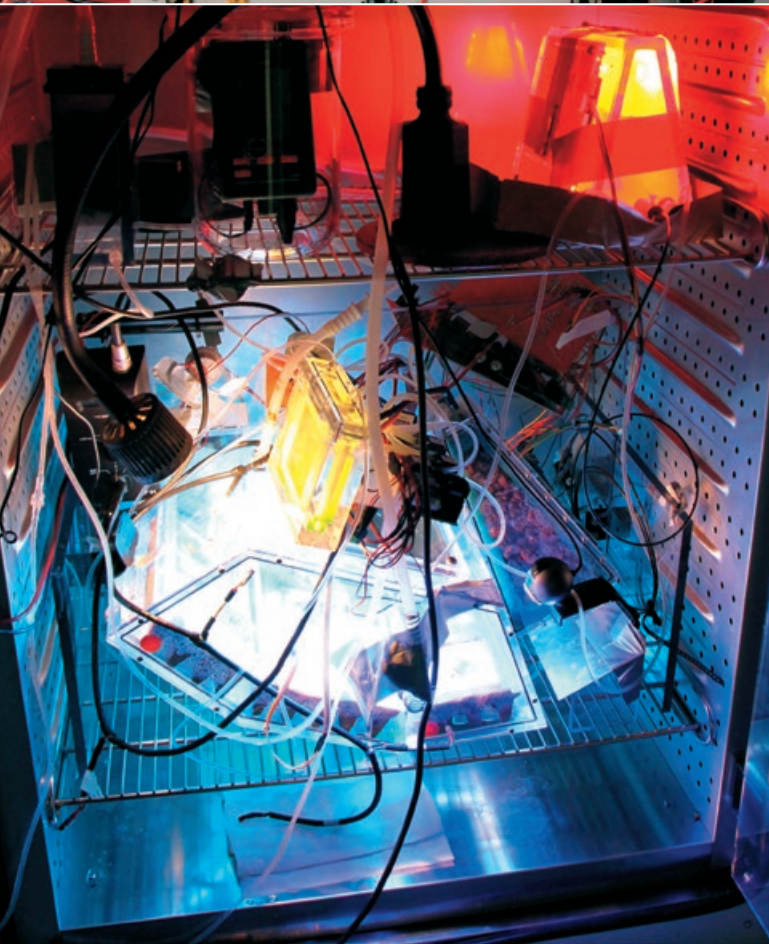
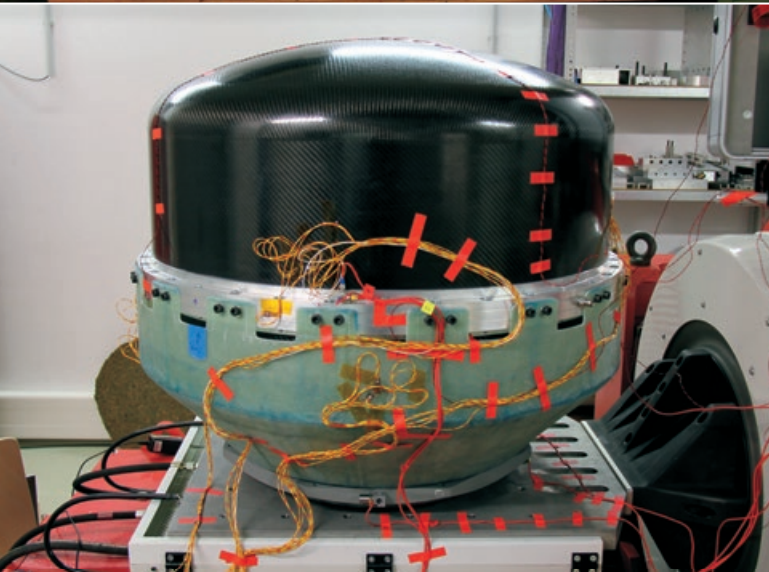
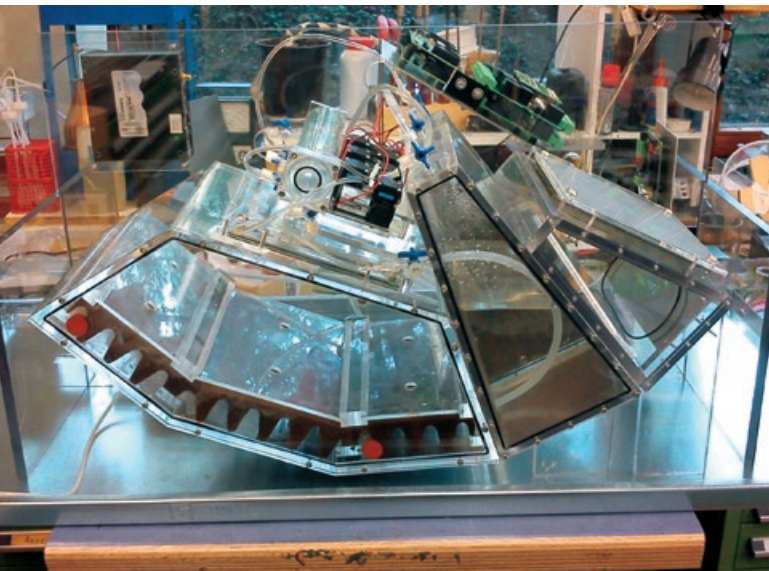
Zunächst wird in regelmäßigen Abständen Urin und somit Harnstoff in künstlicher Form in das System gegeben. Dieser zerfällt in Kohlendioxid und in das für Pflanzen giftige Ammoniak. „Auf der Erde würde dieses Ammoniak im Boden selbst oder im Komposthaufen zersetzt – aber so etwas kann man nicht auf eine Mission ins Weltall schicken“, führt Hauslage aus. „Erde ist unberechenbar.“ Also schickt der DLR-Wissenschaftler eine Gesellschaft aus unzähligen Bakterien mit, die in einem Rieselfilter aus Lavasteinen wohnen und gierig darauf warten, aus dem gefährlichen Ammoniak zunächst Nitrit und dann Nitrat herzustellen. Ein Wasserkreislauf, der aus einem Tank über den Rieselfilter ins Gewächshaus und zurück zum Tank verläuft, bringt das gewonnene Nitrat als Dünger zu den Tomatenpflänzchen im Gewächshaus. Und auch die stehen nicht fest in Erde verwurzelt, sondern erhalten Nährstoffe und Dünger nur über das Wasser. Ziel der Wissenschaftler ist es, die Tomaten vom Samen bis zur Frucht im Weltall zu ziehen.

Allerdings: Die Pflänzchen sind empfindlich, und die Mikroorganismen im Biofilter CROP benötigen einige Zeit, bis sie das Ammoniak aus dem Wasser herausgefiltert haben. Dann schlägt in dem geschlossenen Lebenserhaltungssystem die Stunde der Augentierchen, die unempfindlich gegen Ammonium sind: Die einzelligen Algen unterstützen die Arbeit der Bakterien und retten die Tomaten dabei vor einer zu hohen, giftigen Ammoniakkonzentration. Außerdem geben sie Sauerstoff ab – den die Bakterien im Rieselfilter zu schätzen wissen. Licht wird dabei die Augentierchen je nach Bedarf zu mehr Aktivität anregen. Diesen Teil steuert die Universität Erlangen bei. In Eu:CROPIS kombinieren wir zwei biologische Lebenserhaltungssysteme, die sich gegenseitig schützen, fördern und unterstützen.“

Ein Gewächshaus wird weltraumtauglich



Tomaten vom Samen über die Frucht bis zur Erzeugung neuer Samen im Weltraum zu ziehen, ist das Ziel der Mission Eu:CROPIS



Altes Neuland mit einem Spinner-Satelliten

Das zukünftige Heim der Überlebensgemeinschaft wird in rund 600 Kilometer Höhe um die Erde fliegen, 250 Kilogramm wiegen und einen Durchmesser von einem Meter haben. Vier Solarpaneele versorgen es mit Energie. „Wir entwickeln und bauen einen Spinner“, sagt Projektleiter Hartmut Müller vom DLR-Institut für Raumfahrtssysteme. „Einen Satelliten, der im Gegensatz zu den meisten anderen Satelliten um die eigene Achse rotiert und so je nach Drehgeschwindigkeit eine unterschiedliche Schwerkraft erzeugt.“ Wie bei einem Karussell entsteht so eine Zentrifugalkraft, die in Richtung der Außenwand wirkt. Zunächst rotiert der Satellit mit einer Geschwindigkeit, die im Inneren eine Schwerkraft wie auf dem Mond erzeugt. Statt Schwerelosigkeit herrscht dann die 0,16-fache Erdgravitation im ersten von zwei Gewächshäusern. Während dieser Phase ist nur dieses Gewächshaus in Betrieb. Nach sechs Monaten wird die Drehgeschwindigkeit erhöht und das zweite Gewächshaus in einem separaten Modul aktiviert – nun simuliert Eu:CROPIS für weitere sechs Monate die Schwerkraft, wie sie auf dem Mars auf die Pflanzen und Augentierchen einwirken würde: das 0,38-fache der Erdgravitation. So können während der einjährigen Mission zwei verschiedene Umgebungen – Mond und Mars – simuliert werden. Gesteuert wird der Satellit aus den Kontrollräumen des DLR in Oberpfaffenhofen, dem Raumfahrtkontrollzentrum GSOC (German Space Operations Center).

„Früher waren die ersten Satelliten auch rotierend, aber heute beherrscht das kaum noch jemand – wir betreten also altes Neuland“, betont Projektleiter Hartmut Müller. Während die Raumfahrtmediziner ihre Gewächshäuser für zukünftige Missionen testen, festigen die Ingenieure des DLR ihre Kompetenz im Satellitenbau. „Wir entwickeln und bauen mit Eu:CROPIS einen vollständigen Kompaktsatelliten mit all seinen Subsystemen – angepasst an die Bedürfnisse der Experimente, die an Bord sind.“

Robust, leicht und vor allem dicht

Auch das DLR-Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik in Braunschweig arbeitet an der Mission mit: Dort berechnen die Ingenieure die Belastung auf die tragende Struktur des Satelliten und bringen die Bauteile in eine entsprechende Dimension. Leicht und zugleich robust soll Eu:CROPIS sein, der nach seiner Mission beim Wiedereintritt in die Atmosphäre verglühen wird. Einige Bestandteile sind deshalb aus leichten, festen Kohlenstofffaserverbund-Komponenten – so auch der Drucktank, in den die beiden Gewächshäuser samt Bewohnern und Technik eingebaut werden.

„Der Tank ist schon eine Besonderheit“, sagt DLR-Ingenieur Olaf Mierheim. Während der gesamten Missionsdauer muss der Behälter einen konstanten Innendruck von einem Bar, den Luftdruck der Erdatmosphäre, aufrechterhalten. „Ein starker Druckverlust würde das Ende der Mission bedeuten“, erläutert Mierheim. Denn dann würden die Bedingungen nicht mehr denen entsprechen, wie sie in einem Raumschiff oder einem Habitat für die menschliche Besatzung und ihre Gewächshäuser herrschen würden. Die Experimente mit Flüssigkeiten und lebenden Organismen würden zudem bei einem deutlichen Druckverlust nicht mehr funktionieren – und auch einige eingebaute Komponenten vertragen große Druckschwankungen nicht.

Eine schwierige Aufgabe, denn der Tank muss für den Einbau der Gewächshäuser geöffnet werden und zudem im

Das geschlossene Lebenserhaltungssystem muss zeigen, dass es den Anforderungen all seiner „Bewohner“ Rechnung tragen kann, erst dann wird es in den Kunststofftank verfrachtet

Weltall dem Einschlag kleiner Teile wie Mikrometeoriten standhalten. Um Gewicht zu sparen und auch die Fertigung in kleiner Stückzahl zu ermöglichen, konstruierten die Ingenieure den Behälter fast ausschließlich aus CFK, kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff. Dabei werden Fasern mit Harz getränkt und das Bauteil unter Druck und erhöhter Temperatur ausgehärtet. Bei diesem Fertigungsschritt ist besondere Sorgfalt nötig: Porositäten durch Lufteinschlüsse im Harz würden später die Dichtigkeit des Tanks gefährden. „Einen Tank haben wir bereits seit sechs Monaten im Dauertest.“ Ein weiteres Modell hat mechanische und thermische Belastungstests überstanden. Mierheim und sein Team sind zufrieden: „Die Dichtigkeit beider Tanks liegt über den Anforderungen der Mission.“

Kameras und Sensoren

Die Mission, die 2016 an Bord einer Falcon 9-Trägerrakete starten soll, nimmt Formen an. „Die Experimente an Bord von Eu:CROPIS werden wichtige Ergebnisse liefern, um ein langfristiges Überleben der Menschheit in lebensfeindlichen Räumen zu ermöglichen“, erklärt der wissenschaftliche Leiter, Dr. Jens Hauslage. Während die Bakterien, Algen und Tomaten unter Mond- oder Marsbedingungen durch das Weltall fliegen, stehen sie unter strikter Beobachtung durch Kameras und Sensoren. So zeichnen mehrere Kameras auf, wie es den Tomaten ergeht. Auch ihre Photosynthese wird vermessen und analysiert. So können die Wissenschaftler unter anderem Rückschlüsse auf das Pflanzenwachstum bei reduzierter Schwerkraft ziehen. Um das Wasser zu untersuchen, das die Nährstoffe durch das System spült, werden pH-Wert, Sauerstoffkonzentration und verschiedene Ionen erfasst. Weitere Kameras haben die einzelligen Algen, ihr Schwimmverhalten und somit ihre Wahrnehmung von Schwerkraft im Blick. In regelmäßigen Abständen werden Proben genommen und vollautomatisch auf genetischer Ebene analysiert.

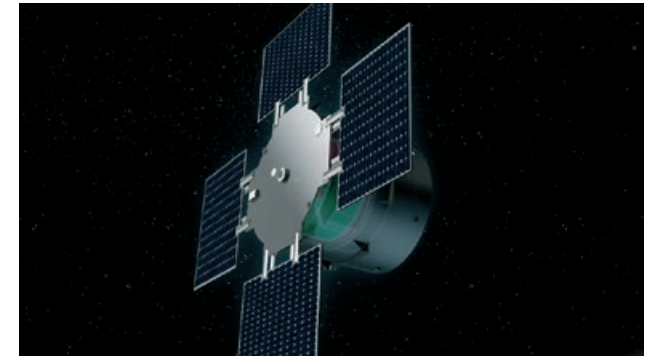
Irdischer Testlauf

Dass eine Bakteriengesellschaft im Lavagestein mit Abfallprodukten wie Urin kurzen Prozess macht, hat Dr. Jens Hauslage bereits mit dem irdischen Biofilter CROP unter Beweis gestellt. Seit Monaten zersetzt eine CROP-Anlage an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Erlangen (Agrohort) mit ihrem Biofilter erfolgreich Abfälle zu einer düngenden Nährlösung. Was im Weltraum in Habitaten oder auf Langzeitmissionen Abfälle verwerten und zur Düngung nutzen kann, kann auch auf der Erde sinnvoll eingesetzt werden. „Die Umweltbedingungen werden auch auf der Erde harscher, Gewächshäuser sind immer mehr von der Natur entkoppelt.“ Auch Gülle kann durch einen CROP-Filter schneller und effektiver – und mit weniger Geruchsbelästigung – zersetzt und für die Landwirtschaft zu Dünger verwertet werden. „Damit wird die Belastung der Böden reduziert“, erklärt Dr. Jens Hauslage.

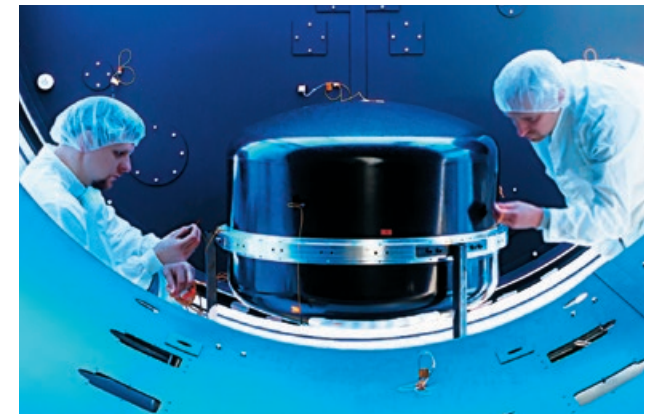
Die Mission ins All wird zeigen, ob es technische Systeme gibt, die auch ein Überleben im feindlichen Weltall ermöglichen. Das größte Lebenserhaltungssystem, sagt Jens Hauslage, sei die Erde selbst: „Sie ermöglicht der gesamten Bevölkerung in einer Umgebung wie dem Weltall zu überleben.“ Allerdings: Seinem Traum von einem komplett geschlossenen Lebenserhaltungssystem, in dem in einem permanenten Kreislauf alles wiederverwertet und genutzt wird, kommt auch die Erde nicht ganz nahe. „Selbst die Erde verliert Moleküle ins Weltall ...“ ●



Weitere Informationen:
DLR.de/ME



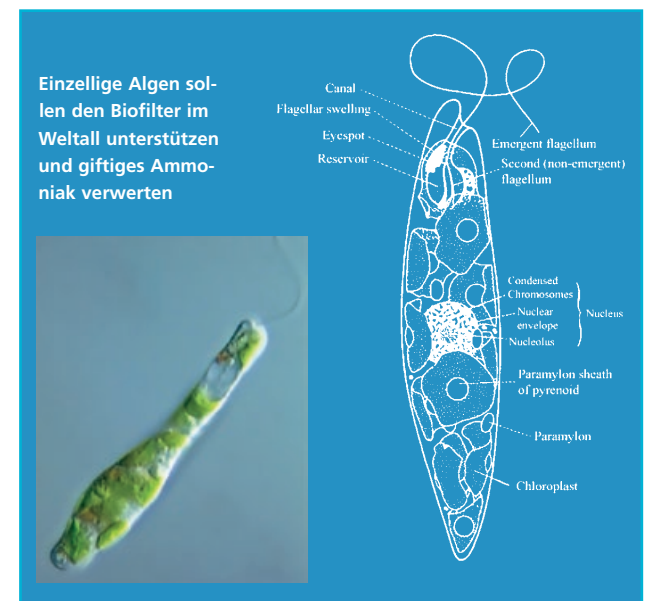
2016 soll Eu:CROPIS ins All starten



Der Kunststofftank muss leicht und fest sein



„Erde ist unberechenbar.“ – Ein spezielles Nährbett ersetzt sie.



Luftfahrtmeldungen

AERO zeigte ein amphibisches „Prandtlplane“



Das Prandtlplane eines italienischen Konsortiums überrascht mit Tragflügeln, die an ihren Enden miteinander verbunden sind. Zudem ist es wassertauglich.

Italienische Luftfahrtforscher überraschten auf der diesjährigen AERO in Friedrichshafen mit einem amphibischen Leichtflugzeug, das sie nach dem Physiker und Strömungsforscher Ludwig Prandtl (1875–1953) benannten.

Ludwig Prandtl, der Vater der modernen Aerodynamik, gilt auch als einer der Gründungsväter der deutschen Luftfahrtforschung. Seine wegweisenden Ideen leben offensichtlich bis heute fort, wie man auf der diesjährigen AERO in Friedrichshafen erneut erleben konnte. Auf der inzwischen hervorragend etablierten Messe für die Allgemeine Luftfahrt präsentierte ein Konsortium von Forschungseinrichtungen und Firmen aus der Toskana-Region unter der Federführung der Universität von Pisa im Rahmen des Projekts Idintos das „Prandtlplane“. Es handelt sich dabei um ein amphibisches Leichtflugzeug in sogenannter Boxwing-Konfiguration. Hierbei bieten zwei miteinander an den Enden verbundene und in der Höhe versetzte Tragflügelanordnungen unterschiedlicher Formgebung sehr gute aerodynamische Eigenschaften. Dadurch erreicht das Flugzeug vor allem im unteren Geschwindigkeitsbereich ein stabiles Flugverhalten.

1924 hatte Ludwig Prandtl erste aerodynamische Berechnungen einer solchen Tragflügelanordnung veröffentlicht. Diese gingen zurück auf einen Entwurf der beiden französischen Luftfahrtpioniere Louis Blériot und Gabriel Voisin aus dem Jahr 1906. Interessanterweise finden sich derartige Boxwing-Entwürfe nun auch in den Entwicklungsschubladen heutiger Hersteller großer Transportflugzeuge. Sie erhoffen sich davon eine bessere Wirtschaftlichkeit und geringere Umweltbelastungen. Für den Antrieb des Idintos-Prandtlplane sollen zwei eng am Flugzeugrumpf anliegende, ummantelte Propellertriebwerke sorgen. Bislang existiert lediglich ein Prototyp, einen Erstflugtermin konnten die Projektverantwortlichen auf der AERO noch nicht benennen.

www.idintos.eu



Forschungsflugzeug HALO untersuchte Zirren und Kondensstreifen

Um die Klimawirkung natürlicher Eiswolken und der vom Luftverkehr erzeugten Kondensstreifen detailliert zu untersuchen, führte das Forschungsflugzeug HALO im März und April 2014 zwölf Messflüge durch. Im Rahmen der Mission ML-CIRRUS (Mid-Latitude Cirrus) wurden Eiswolken, sogenannte Zirren, in acht bis 14 Kilometer Höhe über Europa und dem Nordatlantik vermessen. Unter Federführung des DLR untersuchte ein etwa einhundertköpfiges Team von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verschiedener Atmosphärenforschungsinstitute die Bildung, den Lebenszyklus und die Klimawirkung der Zirren und Kondensstreifen-Zirren.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler legen dabei besonderes Augenmerk auf die langlebigen Kondensstreifen-Zirren des Luftverkehrs. Inwieweit sich die Eigenschaften dieser künstlichen Wolken von den natürlichen Zirren unterscheiden, ist bislang ungeklärt. Neue Erkenntnisse zeigen, dass die wärmende Klimawirkung von Kondensstreifen-Zirren möglicherweise stärker ist, als die durch den Kohlendioxidausstoß des Luftverkehrs. Lokal gibt es jedoch massive Unterschiede. HALO flog mit einer der modernsten Wolken-Instrumentierungen weltweit: Insgesamt trägt es knapp drei Tonnen experimentelle Nutzlast.



s.DLR.de/0o4g



HALO führt in den sogenannten Unterflügelstationen unter anderem PMS-Sonden mit sich – das sind Messinstrumente für Wolkentropfen und Eiskristalle

Solarflugzeug im DLR-Flattertest

Einmal mit der Kraft der Sonne um die Erde fliegen – diesem bisher unerreichten Ziel stellt sich das Projekt SolarImpulse. Das DLR hat in einem zweiwöchigen Standschwingungsversuch das Strukturverhalten des Leichtbaufliegers untersucht. Damit erhalten die Solarflugpioniere aus der Schweiz wertvolle Informationen über das zukünftige Flugverhalten ihres nur 2,5 Tonnen schweren Prototyps.

Standschwingungsversuche sind ein wichtiger Bestandteil des Testprogramms von Flugzeugprototypen. Für das Solarflugzeug, das mit einer Geschwindigkeit von lediglich 70 Kilometern pro Stunde unterwegs sein wird, sind die Ergebnisse aber vor allem wichtig, um Computermodelle des Spezialflugzeugs zu überprüfen und somit dessen Strukturverhalten im Flug verlässlich vorhersagen zu können. Der extreme Leichtbau und die Flügelspannweite von 72 Metern ist für die Forscher des DLR Göttingen eine besondere Herausforderung: Die Tragflächen des Solar-Motorseglers schwingen durch den extremen Leichtbau sehr viel langsamer als die eines Verkehrsflugzeugs. Bei Schwingungsperioden von bis zu drei Sekunden kommen die Ingenieure an die Grenzen des Messbaren.



Der zweite SolarImpulse-Prototyp HB-SIB im Netz der DLR-Sensoren zur Schwingungsanalyse

Der Prototyp von SolarImpulse wird für die Messungen mit elektrodynamischen Erregern, sogenannten Shakern, an mehreren Stellen in Schwingung versetzt. Die Shaker erzeugen wie bei Lautsprechern die Schwingungen über eine Magnetspule. Hier wird allerdings die Magnetkraft nicht für die Bewegung einer Lautsprechermembran benötigt, sondern direkt für die Vibration der Flugzeugstruktur verwendet.

Das DLR unterstützte in den Jahren 2008 und 2010 bereits den Bau des ersten SolarImpulse-Prototypen HB-SIA mit Komponententests und einem Standschwingungsversuch. Wenn alles planmäßig verläuft, wird sich nun der zweite Prototyp 2015 zu seiner Weltreise mit Sonnenenergie aufmachen.

s.DLR.de/276b



Turbulente Strömung im Laserlicht des Kölner Windkanals ETW

Im Europäischen Transschallwindkanal (ETW) in Köln kamen mehr als 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen, um turbulente Strömungen an Flugzeugen zu vermessen.

Die Forscher der Universität Stuttgart, des DLR, der NASA, der japanischen Luft- und Raumfahrtagentur JAXA, des russischen Luftfahrtforschungsinstituts ZAGI sowie weiterer europäischer Forschungseinrichtungen wie der französischen ONERA untersuchten in einem EU-geförderten Projekt erstmals das instationäre Strömungsverhalten im Nachlauf von Strömungsablösungen an Tragflächen unter realen Flugbedingungen. Die Messungen mit Lasertechnik sollen helfen, Strömungsschäden am Heckleitwerk zu vermeiden und entsprechende Computermodelle zu verbessern.



Bei den jüngsten Windkanaltests kam die Lasermesstechnik PIV (Particle Image Velocimetry) zum Einsatz. Dabei werden dem Gasstrom feinste Schwebepartikel hinzugesetzt, die von einem gepulsten Laserlichtschnitt beleuchtet werden.

s.DLR.de/g838



An der Stirn des Himmels

Einem deutschen Team aus Piloten des Mountain Wave Project (MWP) und Wissenschaftlern des Instituts für Optische Sensorsysteme im DLR Berlin ist es im Januar 2014 erstmals gelungen, mit einem Motorsegler entlang des höchsten Bergs der Welt, dem Mount Everest, zu fliegen. An Bord war ein speziell für diese Expedition entwickeltes Kamerasystem. Es liefert ein hochgenaues 3-D-Modell der nepalesischen Everest-Region mit einer Bodenauflösung von bis zu 15 Zentimetern. Der Erfolg dieser Mission war keineswegs selbstverständlich. Sie verlangte den Beteiligten neben fachlichem Know-how vor allem viel Geduld und Nervenstärke ab. Die Berliner DLR-Wissenschaftler Jörg Brauchle und Daniel Hein berichten von den Hintergründen und Herausforderungen an diesem Berg, dessen nepalesischer Name „Sagarmatha“ lautet – Stirn des Himmels.

Einzigartige Segelflugkampagne im Himalaya
erbringt wertvolle Bilddaten für den Umwelt- und
Katastrophenschutz

Von Jörg Brauchle und Daniel Hein



Endlich kann der Motorsegler vom Typ Stemme betankt werden



Jörg Brauchle überprüft das im DLR entwickelte Kamerasystem, bevor es am Mount Everest seinen Härtetest erlebt

Zwei Jahre ist es jetzt her, dass wir auf der Internationalen Luft- und Raumfahrt Ausstellung ILA in Berlin vom Leiter des Turbulenzforschungsprojekts MWP angesprochen wurden, ob wir uns vorstellen könnten, mit einem MACS 3-D-Kamerasystem an einer Himalaya-Expedition in Nepal teilzunehmen. Wir waren hellauf begeistert ob dieser einmaligen Gelegenheit, zu gern wollten wir zeigen, was neuartige Luftbildkameras zu leisten vermögen. Der Beginn der Expedition war allerdings bereits für Oktober 2013 geplant, also nur dreizehn Monate später. Angesichts der Zeitvorgabe von einem Jahr eine riesige Herausforderung – mussten wir doch eine Finanzierung auf die Beine stellen und ein unter Hochgebirgsbedingungen funktionierendes Kamerasystem bauen.

Nach Auswahl der Befliegungsgebiete wurde klar, dass die bisherigen technischen Ansätze keineswegs geeignet waren. Da die Kameras durch eine Öffnung an der Unterseite des Außenlastbehälters blicken, ist das System den Umgebungsbedingungen in mehr als 8.000 Meter Höhe ausgesetzt: Der Luftdruck ist niedrig und die Temperatur sinkt auf unter minus 30 Grad Celsius. Neben der grundsätzlichen Funktionsbereitschaft aller Komponenten dürfen sich unter diesen extremen Bedingungen die optischen Eigenschaften des Objektiv-Kamera-Verbunds nicht ändern. Andernfalls ginge die Kalibrierung des Sensors verloren und eine Auswertung der gewonnenen Daten wäre – wenn überhaupt – nicht mehr automatisiert möglich.

Eine weitere Herausforderung bestand in der ungewöhnlichen Landschaft. Die Höhenunterschiede zwischen Berggrat und Talsohle sind am Mount Everest so gewaltig, dass Senkrechtaufnahmen nicht funktionieren. Für einheitliche Bodenpixelauflösungen im Luftbild sind in etwa gleiche Flughöhen über dem Grund erforderlich. Dazu hätten wir eine Serie von Flügen in vielen Höhenbändern entlang der Hänge und viel Zeit benötigt. Da für die Expedition aber insgesamt nur vier Wochen geplant waren, musste eine andere Lösung her: Zusätzlich zu zwei senkrecht orientierten Kameras bauten wir zwei seitlich gegeneinander geneigte Kameras ein, sodass wir während einer Talbefliegung sowohl Bilder von der Talsohle als auch von den seitlichen Hängen bekommen konnten. Die ergänzenden seitlichen Bilder reduzieren nicht nur den fliegerischen Aufwand beträchtlich, sie sind zudem unverzichtbar für hochauflösende 3-D-Geländemodelle. Auswertungsmethoden für derartige Bildverbände werden an unserem Institut von einer Arbeitsgruppe entwickelt, die auf Schrägbild-Fotogrammetrie spezialisiert ist.

Darüber hinaus mussten wir die extremen Helligkeitsunterschiede im Hochgebirge berücksichtigen: Auf der Schattenseite des Berghangs ist es durch Eis und Schnee zwar ausreichend hell, es gibt aber auch sehr schlecht ausgeleuchtete Gebiete mit teilweise dunklem Gestein oder Vegetation. Auf der Sonnenseite des Berghangs haben wir es dann mit extrem hellen Gebieten durch sonnenreflektierendes Eis und Schnee zu tun. Teilweise treten innerhalb eines Bildes so enorme radiometrische Kontraste auf, dass bei einer festen Belichtungszeit keine auswertbaren Bilder erzeugt werden können. Erstmals überhaupt wurde bei einer solchen Luftbildkamera ein High-Dynamic-Range (HDR)-Modus eingeführt. Dieser erzeugt eine Folge von unterschiedlich lang belichteten Bildern. Das stellte sicher, dass wir von jedem Detail des überflogenen Gebiets zumindest ein optimal belichtetes Bild erhielten. Das ist fundamental für die anschließende Auswertung. Die Bilddatenrate lag bei diesem Modus stets bei etwa vier Bildern pro Sekunde und Kamera.

Die Suche nach dem geeigneten Luftfahrzeug

Ein geeignetes Luftfahrzeug für die Expedition zu finden, erwies sich als unerwartet schwierig. Mit einem Helikopter hätten wir die erforderlichen Flughöhen nicht oder nur kurzzeitig erreicht. Die lokal vorhandenen Flugzeuge waren als Ultraleicht (UL)- oder Linienmaschine in Form von Twin Otter oder DO 228 nicht geeignet, um im Hochhimalaya wissenschaftliche Messungen durchzuführen und die Missionsprofile im Höhenband von 6.000 bis 9.000 Metern sicher zu befliegen. In den Monaten Oktober bis Dezember herrschen in der Region zwar die besten Sichtbedingungen des Jahres, jedoch weht in diesen Höhen oft ein stürmischer Wind – der sogenannte Jetstream. Er erzeugt über den Gipfeln des Himalaya-Gebirges die gefürchteten Auf- und Abwinde sowie Turbulenzen. Ultraleichtflugzeuge sind schnell ein Spielball dieser extremen Windverhältnisse und die erwähnten Turboprop-Flugzeuge erlauben nur Missionsflüge in ausreichend sicherer Höhe über dem Gebirgsrelief.

Die Lösung fanden wir schließlich vor der Haustür, in Strausberg bei Berlin: den einmotorigen Hochleistungs-Motorsegler Stemme S10VT. Als Variante VTX kann dieser Motorsegler mit Außenlastbehältern ausgestattet werden, die Platz für das Kamerasystem bieten. Ein Turbo-Motor sowie Sauerstoff-Druckbeatmung für beide Piloten erlauben Flüge in großen Höhen. Die extreme Wendigkeit des Motorseglers ermöglicht fast beliebige Flugpfade. Thermik- und Wellenaufwinde können zum

Steigen genutzt werden. Das wichtigste Argument schließlich war die Sicherheit. Im Falle eines Motorausfalls kommen die aerodynamischen Eigenschaften eines Segelflugzeugs vorteilhaft zum Tragen. Die Stemme hat, auch dank des versenkbaren Faltpropellers, eine Gleitzahl von 1:50, das heißt, im reinen Segelflug verliert das Flugzeug bei Windstille auf einer Strecke von 50 Kilometern lediglich einen Kilometer an Höhe. Das ist die Lebensversicherung für die Piloten in dieser mit Notlandeplätzen nur sparsam ausgestatteten Hochgebirgsregion. Optimale Voraussetzungen für unsere Expedition!

Allerdings existieren nur wenige dieser speziellen Motorsegler. Glücklicherweise konnte die Fachhochschule Aachen ihre für den wissenschaftlichen Flugbetrieb genutzte Stemme S10VTX in das Projekt einbringen. Mit dem Piloten Klaus Ohlmann stand zudem einer der weltweit erfahrensten Gebirgspiloten zur Verfügung. Er gehört dem Team des Mountain Wave Project (MWP) an, welches an Gebirgen Welle-Rotor-Turbulenzen an der Lee-Seite, also der vom Wind abgewandten Seite, erforscht. Geleitet wurde das Projekt von René Heise, der sich wissenschaftlich im Bereich Atmosphärenphysik mit der Thematik von Gebirgswellen auseinandersetzt und als flugmeteorologischer Experte im Luftsport gilt. Bereits im Jahr 2010 hatte er zusammen mit Klaus Ohlmann Tibet erkundet, um die Strömungen auf der Nordseite des Himalaya-Hauptkamms und auf den Notlandefeldern zu untersuchen.

Die Piloten bereiteten sich mit einem Höhenflugtraining in der Unterdruckkammer und mit dem Simulator-Training von Anflügen auf den internationalen Flughafen Kathmandu vor. Parallel stimmte René Heise die Arbeit mit weiteren wissenschaftlichen Kooperationspartnern und den nepalesischen Behörden ab. Währenddessen kümmerten wir am Institut für Optische Sensorsysteme uns um Bau, Zulassung, Softwareentwicklung und Labortests des Kamerasystems. Noch lief alles wie geplant. Einzelne Komponenten wurden in der Unterdruckkammer auf eine simulierte Flughöhe von 10.000 Metern gebracht. Die Objektive wurden nach Aspekten der Weltraumtauglichkeit gebaut.

Im März 2013, sechs Monate nach dem Gespräch auf der ILA, konnten wir den Erstflug mit dem neuen Kamerasystem „MACS-Himalaya“ über der verschneiten Landschaft beim Flugzeughersteller Stemme AG in Strausberg durchführen. Im Juli gab es Testflüge bei Aachen, einen Monat später die Generalprobe in den Alpen mit einer erfolgreichen Befliegung des Stubai-Gletschers. Alles war bereit.

Ohne Treibstoff und Fluggenehmigung in Kathmandu

Die Stemme S10VTX sowie eine S10VT starteten im Oktober 2013 von Berlin nach Nepal. Nach zwölf Zwischenstopps, 45 Flugstunden und 10.000 Kilometern ohne Zwischenfälle landeten die Flugzeuge wohlbehalten in Kathmandu. Kein leichtes Unterfangen in der politisch brisanten Situation in Nordafrika und den in Fliegerkreisen bekannten Schwierigkeiten bei Überfluggenehmigungen. Kurze Zeit später traf auch unsere wissenschaftliche Ausrüstung ein. Dank der Deutschen Botschaft und des International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD) waren die gefürchteten Zollprozeduren in kurzer Zeit erledigt. Neben der Messtechnik war vom Stromgenerator bis zum Lötkolben alles dabei, ganze 300 Kilogramm Material. Wie sich später zeigen sollte, benötigten wir nahezu alles.

Der zweite Motorsegler (S10VT) war als Erkundungsflugzeug in der Himalaya-Region sowie als Zweitflugzeug für die anderen wissenschaftlichen Projekte der Expedition vorgesehen: Aerosol-Messungen, höhenphysiologische Messungen und die MWP-Datenerhebung von Windströmungen.

Dann der Rückschlag: Der angekündigte Kraftstoff für unseren Motorsegler wurde nicht geliefert. In ganz Nepal war kein Flugbenzin (AvGas) erhältlich – tagelang, wochenlang. Auch die Genehmigungssituation gestaltete sich durch Parlamentswahlen und ständig neu entstehende bürokratische Hürden schwierig. Für nepalesische Verhältnisse ist ein Jahr zur Erlangung einer Fluggenehmigung nicht viel, denn acht nepalesische Ministerien wollen eingebunden sein. Mittlerweile war es schon Anfang Dezember und die Flugsaison näherte sich dem Ende. Wir konnten nichts tun. Das Team einigt sich auf einen erneuten Versuch im Januar.

Dann traf doch noch die Fluggenehmigung ein, inzwischen war es Mitte Dezember. Blieb der fehlende Treibstoff. Er sollte sich auf dem Weg nach Kalkutta befinden. Aber wie zuverlässig war diese Information? Dennoch verabredeten wir uns für den Januar 2014. Jetzt oder nie! Mit dem restlichen Sprit in den Tanks überführten wir den Motorsegler von Kathmandu nach Pokhara. Der Flughafen im Zentrum Nepals wurde zu unserem Stützpunkt. Eine ideale Ausgangsbasis, da er sich am Rande des Annapurna-Bergmassivs mit seinen mehr als 8.000 Meter hohen Gipfeln und vielen Gletschern befindet. Westlich schließt sich

das Kali-Gandaki-Tal an, die tiefste Schlucht der Welt. Nur 150 Kilometer östlich liegt Kathmandu mit seiner Altstadt.

Aus Sicht der Luftbild-Fernerkundung ist hier jedes Gebiet anspruchsvollstes Terrain. Alles zusammen befliegen zu dürfen, ist eine großartige Herausforderung, es gibt kaum ein reizvolleres Gebiet. Ende Januar jedoch müssen die Missionen abgeschlossen sein. Wenn nur endlich der für die Höhenflüge dringend erforderliche Treibstoff eintreffen würde.

Am 22. Januar standen plötzlich blaue Fässer mit AvGas am Hangar. Eineinhalb Jahre hatte die Beschaffung dieses Treibstoffs gedauert. Nun blieben uns genau sieben Tage, um die Befliegungen durchzuführen. Wir verzichteten auf das Testprogramm und begannen sofort zu fliegen. Das Wetter spielte mit: klare Sicht, keine Wolken. Aber wie wird sich die Kamera in Höhen über 5.000 Metern verhalten und wie funktioniert das Zusammenspiel zwischen Piloten, Flugzeug und dem eigens entwickelten Flugführungssystem?

3-D-Geländemodelle für die Sicherheitsforschung

Mit der Mission am Himalaya demonstrierte das DLR im Rahmen seiner Sicherheitsforschung neue luftgestützte Fernerkundungstechnologien. Mit neuen Ansätzen zur Auswertung der Schrägluftbilder wurden hochaufgelöste Geländemodelle erstellt, die im Katastrophenschutz, in zivilen Sicherheitsanwendungen und im Umweltmonitoring eingesetzt werden können. Durch die Bodenauflösung von 15 bis 25 Zentimetern und die optimale Perspektive kann die Veränderung von Gletschern noch genauer bestimmt werden als mit herkömmlichen Fernerkundungsmethoden. Darüber hinaus lassen sich die Everest-Rescue-Route sowie schwierige Flugplätze und deren Umgebung exakt modellieren, sodass Rettungsflüge durch ein Piloten-Assistenzsystem sogar bei schlechter Sicht realisiert werden können. Zudem können immer wieder auftretende Spontanüberflutungen durch exakte Veränderungsanalysen genauer vorhergesagt und die Bevölkerung dadurch besser geschützt werden. Überflutungssimulationen, echtzeitnahe Lagedarstellung und Einsatzplanung der Hilfskräfte verbessern den Katastrophenschutz.



Der lang ersehnte Erstflug am 23. Januar 2014 im Kali-Gandaki-Tal gelang ohne erhebliche Auffälligkeiten. Im geländefolgenden Konturenflug konnte die Stemme zeigen, warum sie die ideale Wahl für diese Expedition war. Dank der hohen Gleitzahl blieb sie immer im Aktionsradius von Notlandeplätzen. Das Flugzeug kletterte höher und höher. Erste Bilder von Gletschern im Annapurna wurden aufgenommen. Am Folgetag mussten wir den Flug im Seti-Tal aufgrund von Wolken nach einem Drittel abbrechen. Der dritte Tag misslang komplett wegen eines Fehlers im Navigationssystem. Nachdem es wegen der starken Flugbewegungen neu gestartet worden war, konnten die Kameras nicht zuverlässig aufnehmen. Wir mussten die Filterparameter neu anpassen.

Am vierten Tag lautete das Ziel Kathmandu und alles lief perfekt. Das wichtige Zusammenspiel mit der nepalesischen Flugsicherung verlief unerwartet reibungslos. Der fünfte Tag führte uns dann ins Annapurna-Gebiet in Höhen von über 7.000 Metern. Das Kamerasystem funktionierte einwandfrei. Es wurden mehr Bilder aufgenommen, als tagsüber und nachts gesichert werden konnten. Am Boden bereiteten uns die vielen Stromausfälle Schwierigkeiten, aber unsere umfangreiche Ausrüstung machte sich bezahlt.

Für den sechsten Tag prognostizierte Meteorologe René Heise in großen Höhen klare Sicht, kaum störende Konvektionsbewölkung und schwache Höhenwinde für unser nächstes Zielgebiet: Lukla-Tal und Mount-Everest-Region. Perfekte Voraussetzungen für den letzten Tag dieser Expedition, wir hatten nur diesen einzigen Versuch. In Deutschland wurden extra für diese Flugkampagnen täglich hochauflösende Wettervorhersagemodelle berechnet, um die gefährlichen Turbulenzen und Vertikalgeschwindigkeiten in der Mount-Everest-Region zu prognostizieren.

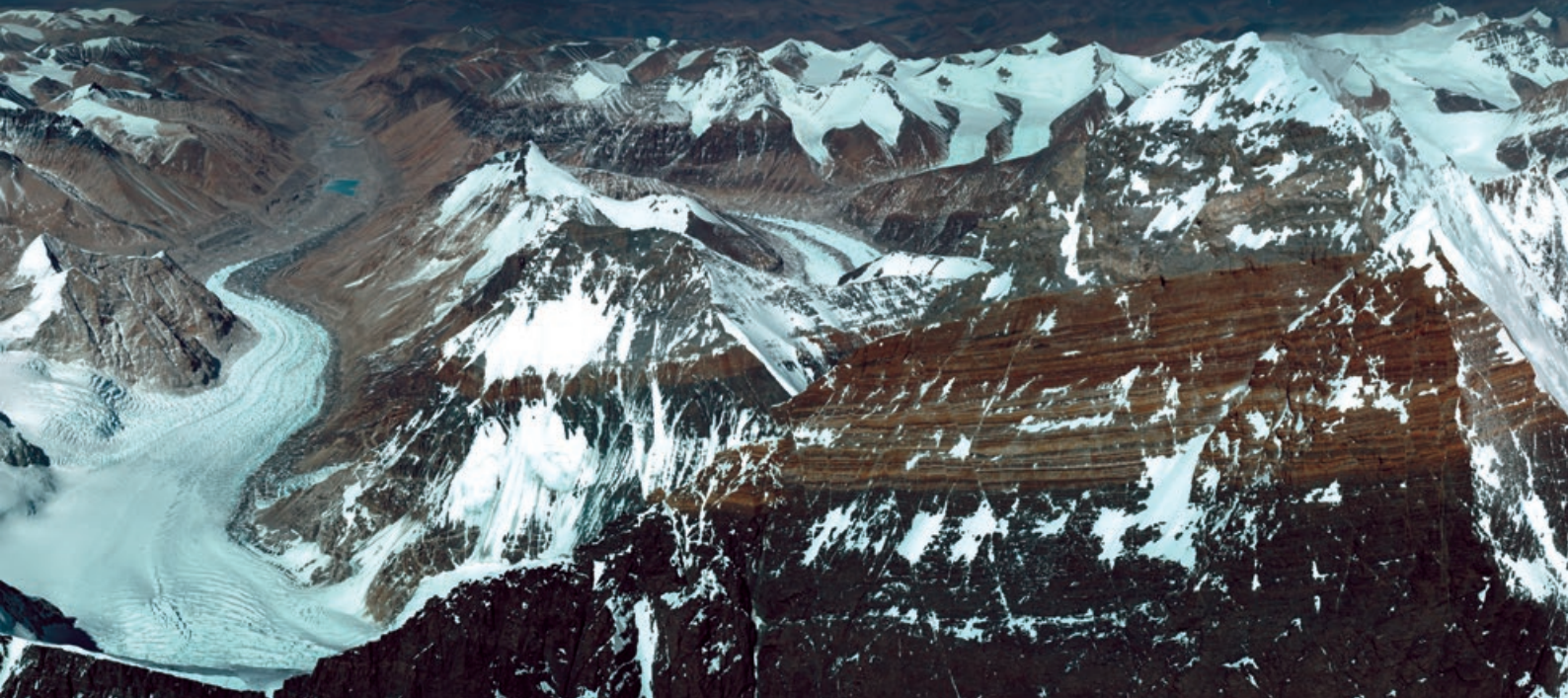
Pilot Klaus Ohlmann und Copilot Jona Keimer flogen die Everest-Region an. Dem Rest des Teams blieb nichts, als abzuwarten. Eine Fehlfunktion des Messsystems oder ein technischer Defekt am Flugzeug würden diese einmalige Gelegenheit zunichtemachen. Schließlich wurden es vier Stunden Flug. Die Piloten waren zufrieden. Ein schneller Blick auf die Navigationsdaten ließ saubere Flugkurven entlang des Tals zwischen Lukla- und Khumbu-Gletscher erkennen, das auch als die Everest-Rescue-Route bekannt ist. Immer weiter hatte sich das Flugzeug bis zum Mount Everest spiralförmig hochgeschraubt, um anschließend langsam zurück in das Khumbu-Tal hinabzugleiten. Das Höhenprofil zeigte einen Maximalwert von 9.200 Metern über dem Meeresspiegel. Die Bilddaten erwiesen sich bei einer kurzen Durchsicht als großartig. Die Erleichterung war im gesamten Team spürbar. Spätere fotogrammetrische Analysen zeigten, dass das Kamerasystem trotz der extremen Bedingungen stabil gearbeitet hatte. Auch der HDR-Ansatz hatte hochwertige Sequenzen geliefert – bei jeder der aufgetretenen Lichtsituationen.

Schließlich war am 29. Januar sogar noch Zeit für ein paar Flugstunden, in denen Gebiete in der Annapurna-Region erkundet werden konnten. Mit diesen letzten Aufnahmen waren tatsächlich fast alle geplanten Ziele innerhalb dieser einen Woche befliegen worden. Nach sechzehn Monaten erreichten wir am letztmöglichen Tag unser ursprüngliches Ziel: die Befliegung des Mount Everest mit einer 3-D-tauglichen Luftbildkamera. ●

Autoren:
Diplominformatiker Daniel Hein ist Software-Entwickler im DLR-Institut für Optische Sensorsysteme in Berlin, Diplomingenieur Jörg Brauchle ist Entwicklungsingenieur im gleichen Institut und leitet das Projekt MACS-Himalaya.



Weitere Informationen:
DLR.de/MACS



Mosaik aus Bildern der MACS-Kamera. Am rechten Bildrand ist der Mount Everest zu sehen.



Warten auf die Flugfreigabe am Basislager Pokhara Airport. Im Hintergrund die Annapurna-Bergkette mit ihren Achttausendern. Der Annapurna II mit seinen 7.937 Metern (links) ist 40 Kilometer entfernt.



Arbeitsplatz neben dem Flugzeug am Hangar des Avia Club Nepal – Improvisation und für jeden Fall das passende Werkzeug ist bei einer solchen Mission alles ...



Datenaufnahme über dem Kali-Gandaki-Tal, der Schlucht mit den weltweit größten Höhendifferenzen. Von der Talsohle zum Gipfel des Annapurna I sind es 5.571 Meter. Das Tal ist 50 Kilometer lang.



Das Flugführungssystem unterstützt die Piloten bei der systematischen Befliegung. Die grün markierten Flächen wurden befliegen und die erwarteten großen Helligkeitsunterschiede sind eingetreten.

Frei wie ein Vogel

Trotz schwerer Last bewegt sich der Fliegende Hubschrauber-Simulator ACT/FHS sicher durch die Luft. Das Hubschrauber-Außenlast-Assistenzsystem, kurz HALAS, funktioniert. Testpilot und Flugversuchingenieur bescheinigen den Entwicklern im DLR-Institut für Flugsystemtechnik gute Arbeit. Hubschraubereinsätze mit Außenlasten können künftig sicherer ausgeführt werden, die Piloten werden in ihrem hochkomplexen Job entlastet. Ziel erreicht. Wie schwierig es ist, mit Last frei wie ein Vogel zu fliegen, zeigt der Bericht aus dem DLR Braunschweig.

Im Projekt HALAS geht es um Hubschrauberflüge mit Außenlasten

Von Jasmin Begli und Daniel Nonnenmacher

Er fliegt über den See, beobachtet wachsam die glitzernde Oberfläche des Wassers. Plötzlich erregt etwas seine Aufmerksamkeit. Er setzt zum Sturzflug an, nähert sich der Wasseroberfläche. Als er wieder in die Luft steigt, hat er einen Fisch in den Fängen. Seinen Flug setzt er – perfekt ausbalanciert – fort.

Ähnlich wie ein Seeadler mit dem Gewicht der Beute seinen Flug fortsetzt, sollen das auch Hubschrauber können. Das ist das Ziel des Projekts HALAS. Das am DLR entwickelte Hubschrauber-Außenlast-Assistenzsystem gleicht ungewollte Schwingungen, die durch eine Last am Hubschrauber entstehen können, automatisch aus, ohne dass der Pilot etwas tun muss. Der Pilot kann den Flug stabil und ohne zusätzliche Steuereingaben sicher weiterführen und sich voll auf seine Flugaufgabe konzentrieren.

„Einen Hubschrauber mit einer angehängten Last stabil und sicher zu fliegen, ist immer eine besondere Herausforderung und für den Piloten mit einer hohen Belastung verbunden“, erklärt Daniel Nonnenmacher vom DLR-Institut für Flugsystemtechnik. Denn die Last am Seil kann durch die Bewegungen, die während des Fluges entstehen, aufgeschaukelt werden und so im schlimmsten Fall auch den Hubschrauber ungewollt in Bewegung versetzen. Im Extremfall kann das,

wenn die Last nicht rechtzeitig abgeworfen wird, zu einem Unfall führen. In solchen Momenten muss der Pilot genau wissen, wie er entsprechend gegensteuern kann, um die Außenlast sowie den Hubschrauber schnellstmöglich wieder zu stabilisieren. „HALAS unterstützt den Piloten bei dieser Aufgabe“, sagt Nonnenmacher.

Besonders kompliziert wird das Fliegen mit Außenlasten bei schwierigen Witterungsverhältnissen. „Windböen zum Beispiel können eine Last zum Schwingen anregen. Aber auch Steuereingaben eines unerfahrenen Piloten können die Last unbeabsichtigt zum Schwingen bringen. Besonders problematisch sind aerodynamisch geformte Lastkörper, die sich ab einer bestimmten Fluggeschwindigkeit instabil verhalten und aufschaukeln“, erläutert Daniel Nonnenmacher. Zudem ist die Art des Lastentransports immer abhängig von der jeweiligen Mission. „Je nach Einsatzart gibt es unterschiedliche Möglichkeiten, die Last zu befestigen.“ Fliegt die Crew beispielsweise schwere Ladungen für Installationsarbeiten, Baumstämme bei Forstarbeiten oder Wasserbehälter für einen Löschereinsatz, dann wird die Last direkt unter dem Schwerpunkt des Hubschraubers über ein Seilgeschirr mit feststehender Länge befestigt. Bei Rettungseinsätzen und Bergungsarbeiten auf See oder in den Bergen sowie für Versorgungsflüge auf Bohrinseln oder zu Offshore-Windrädern wird eine seitlich an der Hubschrauber-

Zur Geschichte des Projekts

In der Vergangenheit hat das DLR gemeinsam mit der iMAR GmbH bereits den „Flight Director“ entwickelt. Dabei handelt es sich um einen zusätzlichen künstlichen Horizont, dessen Anzeige manipuliert wurde. Wenn der Pilot nach dieser Anzeige flog, tätigte er intuitiv die richtigen manuellen Steuereingaben, um eine schwingende Außenlast zu stabilisieren. In mehreren erfolgreichen Flugversuchskampagnen wurde das System auf den Hubschraubermustern Bo-105 und CH-53G erprobt. Die Ergebnisse waren so vielversprechend, dass 2010 unter Förderung des BMWi in Kooperation mit der iMAR GmbH ein neues Projekt zur vollautomatisierten Stabilisierung der Last, also ohne Zutun des Piloten, gestartet wurde. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt lag im Einsatz einer Rettungswinde, mit der die Untersuchung der variablen Seillänge in Verbindung mit einer seitlich aufgehängten Last möglich wurde.

Der Fliegende Hubschrauber-Simulator ACT/FHS erprobt den optisch-inertialen Sensor beim Flug mit Außenlast

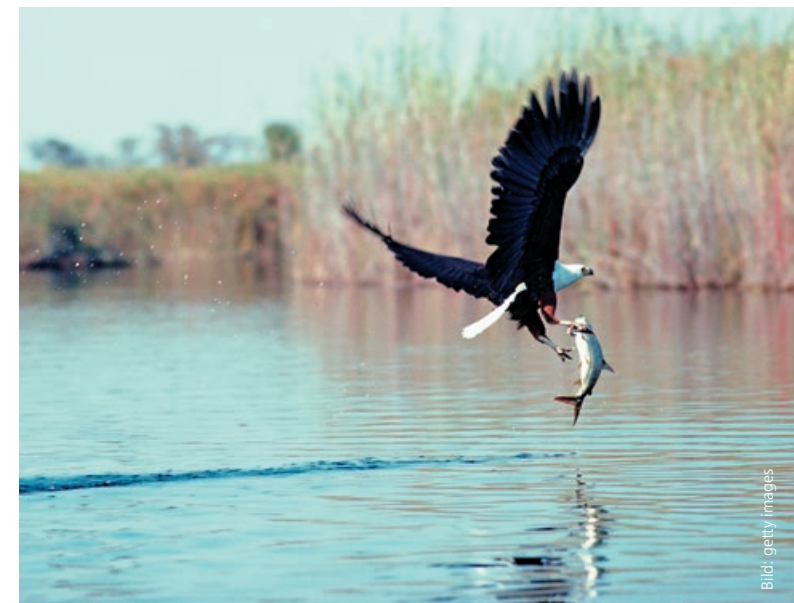


Bild: getty images



Flugversuchingenieur und Windenoperator Joachim Götz im Einsatz: Der Windenoperator steht, gesichert durch einen Gurt, bei geöffneter Tür auf der Landewerkskufe.



Die Bodencrew hängt eine Außenlast an, damit der optisch-inertiale Sensor getestet werden kann



Erste Flugversuchskampagne (Mai 2013): Das HALAS-Flugversuchsteam nach erfolgreichem Erstflug mit der von der iMAR Navigation GmbH entwickelten Sensorik.



Der ACT/FHS mit Rettungswinde und angebaute Sensorik. Am Windenarm wurden ein optisch-inertialer Sensor-Adapter befestigt und oberhalb des Lasthakens ein aktiver Marker (LED-Licht) angebracht.

zelle angebrachte Rettungswinde genutzt. Über diese können Personen und Güter herauf- und herabgelassen werden. So kann der Hubschrauber auch Leben retten, wenn es aufgrund der Geländebeschaffenheit oder der vorhandenen Hindernisse nicht möglich ist, zu landen.

Unabhängig von den unterschiedlichen Arten des Lastentransports mit Hubschraubern muss auch noch der Tatsache Rechnung getragen werden, dass der Pilot die unter seinem Hubschrauber hängende Last ohne zusätzliche Hilfsmittel selbst nicht sehen kann und daher von Personen am Boden, via Funk, oder von einer sich im Hubschrauber befindenden Person dirigiert werden muss. Erst dadurch erhält der Pilot ein Bild von der Situation unter seinem Hubschrauber und weiß, wo sich die Last befindet, ob sie gerade ruhig hängt oder anfängt zu schwingen, beziehungsweise wie weit sie noch vom beabsichtigten Absetzpunkt entfernt ist. Zwar können Spiegel oder eine stark nach außen gewölbte Seitenscheibe die Sicht auf die Außenlast verbessern. Doch dann wird es für den Piloten schwieriger, gleichzeitig die Instrumente im Blick zu haben und die Umgebung zu überwachen. Deshalb sind Außenlastmissionen für die Piloten und die Crew immer eine besonders schwierige Aufgabe, die ein sehr hohes Maß an Konzentration und eine effiziente Kommunikation zwischen den Crew-Mitgliedern erfordert. Die Belastung für die Piloten ist enorm. Bis jetzt ...

Die Dynamik des Pendelns

„HALAS unterstützt den Piloten eines Hubschraubers beim Fliegen mit Außenlast. Für unsere Versuche hängt die Last an einer Rettungswinde, mit der Menschen transportiert werden“, erklärt Daniel Nonnenmacher. Der Neunundzwanzigjährige arbeitet seit 2010 mit zwei weiteren Kollegen der Abteilung Hubschrauber des Instituts für Flugsystemtechnik intensiv an dem Projekt. Ende 2013 haben sie es erfolgreich abgeschlossen. Im Normalfall muss der Pilot die Bewegung der Außenlast ständig durch kleine Steuereingaben ausgleichen, damit sich diese erst gar nicht aufschaukeln kann. Pendelt die Last nach hinten, muss er diese Bewegung abfangen, indem er die Nase des Hubschraubers nach oben zieht. Pendelt die Last nach vorne, wird die Nase entsprechend nach unten gedrückt. Dies erfordert ein hohes Maß an Fingerspitzengefühl, denn jede zum falschen Zeitpunkt eingeleitete Gegenbewegung kann ein Aufschaukeln verstärken oder sogar erst hervorruhen.

An dieser Stelle setzt HALAS an: Das System reduziert die Arbeit des Piloten und erhöht die Flugsicherheit für Flüge mit Außenlasten, vor allem bei solchen mit der Rettungswinde. Mit HALAS kann die Rettungswinde also auch bei schwierigen Außenbedingungen häufiger genutzt werden. „Das bisherige Hauptproblem bei Flügen mit der Winde, die aber besonders wichtig für das Retten von Menschenleben sind, ist die variable Seillänge“, beschreibt Nonnenmacher die Problematik. „Je nach Seillänge verändert sich die Stabilität des Systems, die Pendelfrequenz variiert. HALAS soll auch bei variablen Seillängen eingesetzt werden können“, so Nonnenmacher zum Projektziel.

In der Praxis funktioniert das so: Die Pendelbewegung der Außenlast muss vom Assistenzsystem gedämpft werden, um die am Seil baumelnde Last anschließend auch möglichst genau positionieren zu können. Um dies zu erreichen, muss die Bewegung der Last während des Fluges kontinuierlich gemessen werden. Dazu befestigten die Wissenschaftler einen Sensor an der Winde. „Dieser von der iMAR Navigation GmbH entwickelte Sensor erfasst die Bewegungen der Außenlast in Relation zum Hubschrauber“, erläutert Nonnenmacher die Vorgehensweise. „Um die Lastbewegungen messen zu können, wird ein Teil der Sensorik am Arm der Rettungswinde befestigt. Dieser überträgt die Daten ins Innere des Hubschraubers, wo sie von einer speziell entworfenen Software weiterverarbeitet werden.“ Zusätzlich wurde ein LED-Licht über dem Lasthaken angebracht, das als Markierung im Infrarotbereich dient. „Diese Infrarotquelle wird durch eine Kamera erfasst. Anhand der gemessenen Position der Markierung im Bild und der gemessenen Bewegung des Hubschraubers lässt sich dann die Lastbewegung ermitteln.“ Mit Hilfe dieser Daten ist es den Wissenschaftlern möglich, einen Flugregler zu entwerfen, der das Pendeln der Last dämpfen kann. Dieser Regler führt automatisch leichte Korrekturmanöver aus, die das Pendeln der Last unterdrücken.

Vom Desktop in die Lüfte

Doch ein System wie HALAS, das in die Flugsteuerung eingreift, darf natürlich nicht „einfach so“ in die Lüfte gehen. „Nachdem die Idee geboren war, wurde das gesamte System erst mal auf dem Rechner simuliert“, erklärt Daniel Nonnenmacher die Vorgehensweise des Teams. „Als hier alles gut lief, folgte der nächste Schritt: die Integration in den Bodensimulator.“ Für den ACT/FHS (Active Control Technology/Flying Helicopter Simulator), einen der Forschungshubschrauber des DLR, steht solch ein

Simulator zur Verfügung. Alle Einbauten, alle Systeme, einfach alles, was die DLR-Forscherinnen und -Forscher einmal in einem realen Flugversuch in die Lüfte bringen wollen, muss vorher am Boden im Simulator getestet werden. So auch HALAS. Die beteiligten DLR-Testpiloten und Flugversuchingenieure wurden im Rahmen des Projekts in Zusammenarbeit mit der bayerischen Polizeihubschrauberstaffel für den Einsatz der Außenwinde vorbereitet.

Im Anschluss daran ging es in eine erste Flugversuchskampagne mit dem DLR-Forschungshubschrauber ACT/FHS, einem modifizierten Eurocopter EC135 Hubschrauber. Unterstützt wurden Nonnenmacher und seine Kollegen dabei von der Einrichtung DLR-Flugexperimente und den DLR-Testpiloten. Die erste Kampagne war in zwei Phasen aufgeteilt. In der ersten wurde „geübt“: Piloten und Windenoperator trainierten die genau festgelegten Außenlastprozeduren. Als Außenlastkörper diente eine 100 Kilogramm schwere Puppe. Diese wurde durch gezielte Flugmanöver mit Absicht aufgeschwungen, um so das Szenario eines Einsatzes mit aufschaukelnder Außenlast nachzustellen. In der zweiten Phase ging dann die Sensorik der Firma iMAR Navigation GmbH in die Erprobung. „Bei diesen Flügen testeten wir die Sensorik bei unterschiedlichen Seillängen und untersuchten die Bildverarbeitung bei Sonneneinstrahlung und bei Seillängen bis zu 50 Metern“, berichtet Nonnenmacher. Dies war die erste von zwei Flugversuchskampagnen innerhalb des Projekts.

Nachdem das Team die Ergebnisse ausgewertet und die Sensorik weiterentwickelt hatte, erfolgte eine zweite Flugversuchskampagne, um die von Daniel Nonnenmacher und Hyun-Min Kim entwickelten Flugregler zu testen. Nochmals Prüfen der Sensorik und dann wurde es richtig spannend: Die automatische Außenlast-Stabilisierung musste sich im realen Flug beweisen. Dazu flog der DLR-Pilot hintereinander das gleiche Szenario – einmal ohne die Unterstützung des Systems und im Anschluss dann mit eingeschalteter Automatik. „Das war spannend“, erinnert sich Nonnenmacher, „aber ein voller Erfolg!“ DLR-Testpilot Uwe Göhmann resümierte: „Auf jeden Fall hat der Regler die Last jetzt gut stabilisiert“. Auch der Flugversuchingenieur und Windenoperator Joachim Götz hatte während der Versuche feststellen können „Die Last hängt stabil!“. Beim Auswerten der Datenaufzeichnungen bestätigten sich die Rückmeldungen des Piloten und des Windenoperators. Anhand der Daten war deutlich zu erkennen, dass die zuvor angeregte Außenlast bei Einsatz des Reglers sehr viel schneller wieder stabil unter dem Hubschrauber hing. „Damit konnte das Prinzip der

automatischen Außenlaststabilisierung für eine feste Seillänge im Flug nachgewiesen werden“, fasst Nonnenmacher die Ergebnisse zusammen.

Demnächst im Fokus: der Regler

Und was kommt jetzt? Noch mal Daniel Nonnenmacher: „Unter dem Projektnamen SISAL – das steht für Sicherheitsrelevante Systeme und Ansätze in der Luftfahrt – arbeiten wir aufbauend auf den im Projekt HALAS gewonnenen Erkenntnissen weiter.“ Gemeinsam mit den Industriepartnern Airbus Helicopters Deutschland GmbH und iMAR Navigation GmbH entwickelt das DLR bis Ende März 2017 die automatische Außenlaststabilisierung und Positionierung von Hubschrauber-Außenlasten weiter. Das Projekt SISAL wird im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms V durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. Im Fokus der Forschung der nächsten drei Jahre steht die Berücksichtigung von Flugeigenschaften bei der Auslegung jenes Reglers, der dem Piloten hilft, den Hubschrauber auch bei schwierigeren Bedingungen mit Außenlast weiter stabil und sicher zu fliegen. Und dann wird auch ein Helikopter eines Tages unbeeinträchtigt von der unter ihm hängenden Last seinen Flug sicher fortsetzen können ... – wie der Seeadler. ●



Weitere Informationen:
DLR.de/FT
www.imar-navigation.de

Die Förderung des Projekts

HALAS wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und in Kooperation mit der iMAR Navigation GmbH vom DLR entwickelt. Das HALAS-Team des DLR-Instituts für Flugsystemtechnik arbeitete vier Jahre an der Forschungsaufgabe. Sie wurde Ende 2013 erfolgreich gelöst.

Blick in den Transsonischen Windkanal im DLR Göttingen. In der einen Meter breiten und einen Meter hohen Messstrecke justiert Techniker Andreas Grimme ein Modell des Versuchsflugzeugs X31.

Wandelbarer Gigant

Teil 2 der Serie „Die Windmaschinen“

Von den Anfängen der Airbus-Familie bis zum Eurofighter und dem A400M – in einem der bedeutendsten Windkanäle Deutschlands wird seit fünfzig Jahren Luftfahrtforschung betrieben. Der Transsonische Windkanal Göttingen (TWG) wird auch heute noch für die Erforschung und Entwicklung künftiger Raumfahrzeuge, Flugzeuge und Hubschrauber eingesetzt.

Das Überschall-Labor im DLR Göttingen

Von Jens Wucherpennig

Betrieben wird der Transsonische Windkanal Göttingen (TWG) von der Stiftung Deutsch-Niederländische Windkanäle (DNW), einer 1976 gegründeten gemeinsamen Tochter des DLR und des Niederländischen Luft- und Raumfahrtlaboratoriums (NLR). Im TWG kann simuliert werden, wie sich Flugzeuge im sogenannten transsonischen Bereich nahe der Schallgeschwindigkeit (etwa 1.000 Stundenkilometer) und darüber hinaus (bis zu mehr als zweifacher Schallgeschwindigkeit, Mach 2,2) verhalten. „Für diesen Geschwindigkeitsbereich ist der Göttinger Windkanal die wichtigste Anlage Deutschlands“, sagt Professor Georg Eitelberg, Direktor der DNW.

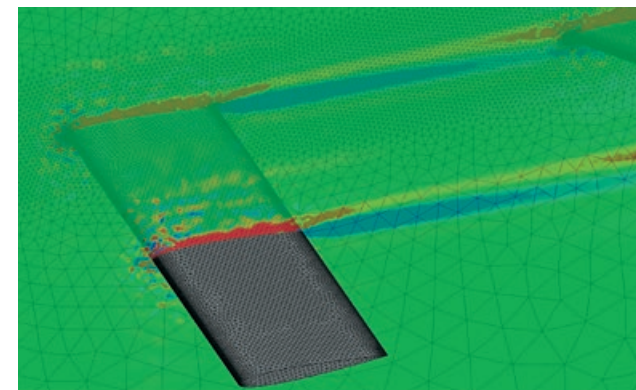
Speziell für Unter- und Überschall

Der 50 Meter lange und zwölf Meter hohe Windkanal hat einen Wert von 45 Millionen Euro. In der 4,5 Meter langen, einen Meter hohen und einen Meter breiten Messstrecke lässt ein Verdichter mit einer Leistung von bis zu 12 Megawatt Luft an maßstabsgetreuen Modellen vorbeiströmen. Mit Hilfe modernster Technik kann diese Strömung sichtbar gemacht und zusammen mit ihrer Wirkung auf die umströmten Modelle vermessen werden. „Der TWG ist der Forschungswindkanal für Transsonik“, sagt Dr. Karl-Wilhelm Bock, Leiter der DNW in Göttingen und Köln. Transsonik ist ein Begriff aus der Aerodynamik. Dabei treten gleichzeitig Unter- und Überschallgeschwindigkeiten in der Luftströmung auf. Da diese Übergangsbereiche als besonders kritisch gelten, weil sich dabei die Flugeigenschaften dramatisch verändern, gibt es mit dem TWG einen eigenen Windkanal, der diese Phänomene untersucht.

Dafür verfügt der Windkanal über drei verschiedene, austauschbare Messstrecken: für Machzahlen bis 0,9, bis Mach 1,2 und ab Mach 1,3 bis 2,2. Die gewünschte Geschwindigkeit wird dabei durch die verwendete Düse, einen Verstelldiffusor, der den Kanal enger oder weiter macht, und die Drehzahl des Antriebs bestimmt. Diese tonnenschweren Messstrecken können vor einem Versuch elegant ausgewechselt werden: auf Luftkissen. Der Antrieb besteht aus einem Motor mit bis zu 12 Megawatt Leistung. Damit könnten 200.000 Sechzig-Watt-Glühlampen zum Leuchten gebracht werden. Der Motor treibt einen Verdichter an, der das erzeugt, was einen Windkanal ausmacht: Wind. Bis zu acht hintereinander angeordnete Propeller – Verdichterstufen genannt – drehen sich mit maximal 1.400 Umdrehungen in der Minute und verdichten dabei die Luft. Sollen im Windkanal die höchsten Geschwindigkeiten erzeugt werden, dann werden alle acht Verdichterstufen verwendet. Es können aber auch vier Stufen ausgekoppelt werden.

Pionierleistungen in der Messtechnik

Dass der TWG der Forschungswindkanal für Transsonik in Deutschland ist, liegt daran, dass die Forschung im TWG relativ günstig ist – relativ im Vergleich zu größeren Windkanälen. „Im TWG kostet ein Messtag etwa 25.000 Euro“, so der Windkanalleiter Göttingen und Köln. In größeren Windkanälen ist zum Teil ein Mehrfaches an Investitionen nötig – für Forschungsvorhaben besonders in der Anfangsphase oft ein Handicap. Darum ist es kein Zufall, dass im TWG Meilensteine in der experimentellen Aerodynamik gesetzt worden sind. Hier wurde eines der ersten



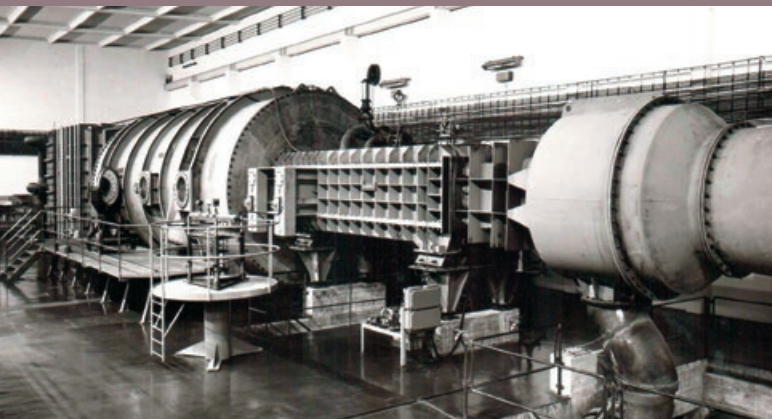
Computersimulation der Wirbel um ein Flügel- und ein Leitwerk-Modell, wie sie bei Windböen entstehen können. Solche Modellkonfigurationen sind typisch für den TWG.



Modell eines unbemannten Nurflüglers. Am oberen Bildrand gut sichtbar ist die Aufhängung des Modells.

Der Transsonische Windkanal Göttingen in Zahlen

Länge	50 Meter
Höhe	12 Meter
Gewicht	Mehrere hundert Tonnen
Messstrecken- abmessungen	1 Meter x 1 Meter x 4,5 Meter
Antriebsleistung	12 Megawatt
Baujahr	1963
Modernisierungen	1992, 2009
Geschwindigkeits- bereich	Mach 0,3–2,2
Kosten	Insgesamt hat der Windkanal einen Wert von 45 Millionen Euro, ein Messtag kostet 25.000 Euro



So sah der Transsonische Windkanal Göttingen bei seiner Fertigstellung 1963 aus. Seitdem gab es mehrere Modernisierungen.

Fakten

- Der TWG ist der entscheidende Forschungswindkanal Deutschlands für seinen Geschwindigkeitsbereich. Untersuchungsbeispiele sind wiederverwendbare Raumfahrzeuge ähnlich dem Spaceshuttle, elastische Tragflügel für Transportflugzeuge oder leise Hubschrauberrotoren. Für die Grundlagenforschung werden neuartige Steuerungssysteme, der Strömungslärm in Passagierflugzeugen oder der Einfluss von Böen und Turbulenzen auf Flugzeuge untersucht.
- Aufgrund der anfallenden Wärme arbeiten die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auch im Winter meist mit T-Shirts am Windkanal. Im Sommer kann es bis zu 40 Grad warm werden.
- Die Messstrecken werden auf Luftkissen bewegt.
- Die Propeller-Schaufeln, die im Verdichter den Wind erzeugen, werden von derselben Firma hergestellt, die auch die Ventilatoren in Straßentunneln baut.

Messtechniken

- 6-Komponenten-Kraftmessungen
- Messung von lokalen Oberflächendrücken
- Widerstandsermittlung über Gesamtdruckverlust
- Einlauf- und Durchflussmessungen
- Schatten- beziehungsweise Schlierenoptik, Einzelbild/Video
- Ölbild-Visualisierungen
- Infrarot-Thermografie
- Particle Image Velocimetry (PIV, Felddrücke)
- Pressure sensitive Paint (PSP, flächige Oberflächendrücke)
- Background oriented Schlierensystem (BOSS, Deformation)
- Modelldeformations- und Positionserfassung (IPTC)

Bilder mit druckempfindlichen Farben (Pressure Sensitive Paint – PSP) aufgenommen. Damit ließen sich erstmals flächendeckend und nicht nur punktuell durch Strömung verursachte Druckschwankungen sichtbar machen – „eine Revolution in der Messtechnik“, sagt Bock. Weitere Beispiele sind die Erforschung spezieller transsonischer Flügelprofile, die besonders widerstandsfähig sind.

Die große Antriebsleistung ist der Grund dafür, dass der Windkanal im Betrieb ständig durch Wasser gekühlt werden muss. „Sonst würde er immer heißer werden“, erklärt der Windkanalleiter. Dennoch herrschen an der Anlage ständig Temperaturen von 30 bis 40 Grad Celsius. Außerdem kann es laut werden, weshalb sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler während einer Messung in einer geschützten Messwarte aufhalten. Das gesamte Gebäude, in dem sich der Windkanal befindet, ist schallgedämmt.

Der TWG wurde 1963 in Betrieb genommen, um die nach dem Zweiten Weltkrieg wiedererstandene deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie zu unterstützen. „Vergleichbare Anlagen gab es damals in Deutschland nicht“, sagt Karl-Wilhelm Bock. 1992 sowie 2009 wurde der TWG umfangreich modernisiert. Dabei sind die Leistungen des Windkanals deutlich ausgebaut worden.

Raumfahrzeuge und Airbus-Anfänge

Der TWG ist die größte Anlage, die von der Stiftung Deutsch-Niederländische Windkanäle auf dem Gelände des DLR-Standorts in Göttingen betrieben wird. Windkanäle der DNW befinden sich in Amsterdam und Marknesse in den Niederlanden sowie in Göttingen, Braunschweig und Köln. Hauptaufgabe der DNW sind Windkanal-Untersuchungen für die Grundlagenforschung oder im Auftrag der internationalen Luft- und Raumfahrtindustrie. Beispiele für Auftragsmessungen im TWG sind wiederverwendbare Raumfahrzeuge ähnlich dem Spaceshuttle, elastische Tragflügel für Transportflugzeuge oder leise Hubschrauberrotoren. Oft werden hier Details, wie die Lufteinläufe von Airbus-Flugzeugen, eingehend betrachtet. Für die Grundlagenforschung werden neuartige Steuerungssysteme, der Strömungslärm in Passagierflugzeugen oder der Einfluss von Böen und Turbulenzen auf Flugzeuge erforscht. Pro Jahr werden im TWG Messungen im Wert von mehr als 2,5 Millionen Euro durchgeführt. ●



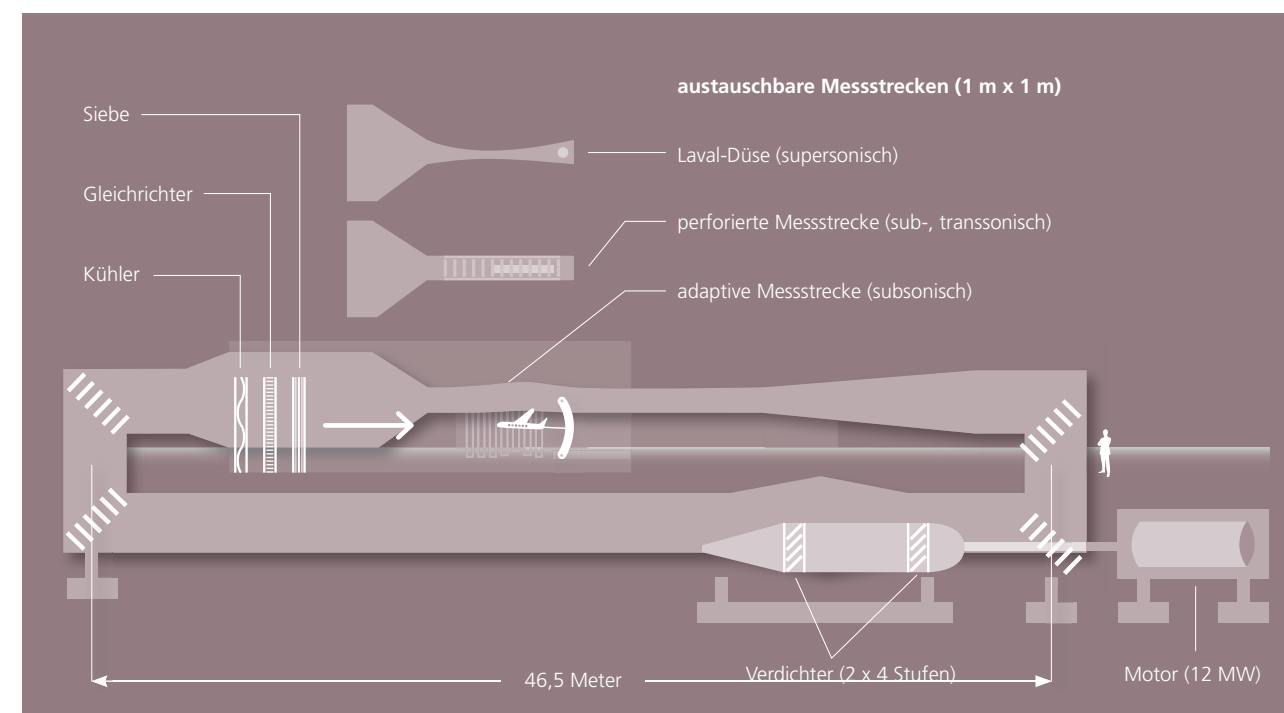
Weitere Informationen:
www.DNW.aero



Je nach Bedarf können die Messstrecken des Transsonischen Windkanals auf Luftkissen (unter dem Messstreckenblock in Gelb zu erkennen) ausgewechselt werden



Der Transsonische Windkanal heute: 50 Meter lang und hunderte Tonnen schwer. Von den Anfängen der Airbus-Familie bis zum Eurofighter und A400M – in einem der bedeutendsten Windkanäle Deutschlands wird seit fünf Jahrzehnten für die Luftfahrt geforscht.



Aufbau des Transsonischen Windkanals: Der Motor treibt einen Verdichter an, der die Luft in Pfeilrichtung um das Modell treibt. Zuvor muss sie gekühlt und von Verwirbelungen befreit werden. Dafür sorgen Kühler, Gleichrichter und Siebe. Für unterschiedliche Fragestellungen gibt es verschiedene Messstrecken.



Bild: DLR/Frank Eppler

Newcomer mit Potenzial

Ob als Ersatz für Zähne und Knochen in der Medizintechnik, als Heizelement in Industrie- und Kraftwerkskomponenten, als Isolierstoff in vielen Bereichen der Elektronik oder in Form von Lagern für bewegliche Bauteile im Anlagenbau – ohne technische Keramik sind viele anspruchsvolle Produkte heute nicht mehr denkbar. Im Gegensatz zur Tasse aus Porzellan, die beim Herunterfallen in Stücke springt, zeichnet sich Hochleistungskeramik durch Eigenschaften wie hohe Zähigkeit und extreme Temperaturstabilität aus. Eigenschaften, die so kein anderer Werkstoff aufweist und die sich Ingenieure in unzähligen Anwendungen gezielt zunutze machen. Am DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nun an einer speziellen Art technischer Keramik. Sie basiert auf natürlichen Rohstoffen, erlaubt komplexere Konstruktionen und macht den Weg frei zu neuen Anwendungsfeldern.

Mit biogener Keramik aus Aktivkohle entwickeln DLR-Wissenschaftler einen flexiblen Werkstoff für viele Anwendungen

Von Denise Nüssle

Das schwarze Pulver im Glasfläschchen, das Steffen Weber vom DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie in der Hand hält, kommt normalerweise an ganz anderen Orten zum Einsatz: Aktivkohle ist aus Filtern in Klimaanlage, Aquarien oder Dampfzügen bekannt. Dort entfernt sie unerwünschte Substanzen und Gerüche. Auch die Medizin setzt auf das hochporöse, feinkörnige Kohlenstoffpulver, zum Beispiel als Gegenmittel bei akuten Vergiftungen. Die Stuttgarter DLR-Wissenschaftler haben eine weitere Idee entwickelt: Sie stellen aus dem schwarzen Pulver sogenannte biogene Keramik her. „Biogene Keramik ist eine spezielle Form der technischen Keramik, die auf natürlichen und nachwachsenden Rohstoffen basiert“, erklärt Dr.-Ing. Dietmar Koch. Er leitet die Abteilung Keramische Verbundstrukturen, die Verfahren und Werkstoffe entwickelt, mit denen sich thermisch und mechanisch hoch belastbare Leichtbaustrukturen fertigen lassen. Hochleistungskeramik leitet Wärme sehr gut, dehnt sich bei hohen Temperaturen nur geringfügig aus und kommt mit starken Temperaturwechseln gut zurecht. Gleichzeitig zeichnet sie sich durch Härte und Verschleißfestigkeit aus, ist korrosionsbeständig und besitzt – im Vergleich zu Metall – oft ein wesentlich geringeres Gewicht. „Der Knackpunkt ist jedoch: Die Fertigungstechnologie für Keramiken unterscheidet sich grundlegend von den Prozessen bei Metallen oder Hochleistungskunststoffen“, so Koch.

Die Tücke des Schrumpfens

Die industrielle Herstellung technischer Keramik ist mit einem hohen mechanischen und energetischen Aufwand verbunden. Auch der benutzte Ausgangsstoff, Siliziumkarbid-Pulver, ist in der erforderlichen Qualität relativ kostspielig. Dieses Pulver bringt man zunächst unter Einsatz eines Bindemittels in die gewünschte Form, beispielsweise durch Verpressen oder Spritzgießen. Im Anschluss wird dieser Rohling durch eine spezielle Wärmebehandlung von Bindemitteln befreit und dann in einem Hochtemperaturprozess, dem Sintern, unter Druck verdichtet und ausgehärtet. Dabei erreichen die Temperaturen allerdings nicht den Zersetzungspunkt von Siliziumkarbid, sodass die Form des Werkstücks erhalten bleibt. Da sich während des Sinterprozesses die Partikel verdichten und die Porenräume auffüllen, schrumpft



Bild: DLR/Frank Eppler

Feinstarbeit dank neuem Werkstoff: DLR-Forscher Steffen Weber zeigt einen Wärmetauscher aus biogener Keramik

das Bauteil um zehn bis zwanzig Prozent. Diese Volumenabnahme, in der Fachsprache als Schwindung bezeichnet, muss im Voraus mit eingerechnet und das Bauteil eventuell mechanisch nachbearbeitet werden. Aufgrund der großen Härte – einer ansonsten eher erwünschten Materialeigenschaft der technischen Keramik – ist dies nur noch mit Spezialwerkzeug aus Diamant in einem aufwändigen und teuren Vorgang möglich. „Wenn es darum geht, große Komponenten mit einer komplexen Struktur zu formen, stößt man schnell an die Grenzen dieses Verfahrens“, erläutert Dietmar Koch und benennt damit einen zentralen Nachteil der herkömmlichen Fertigung technischer Keramik.



Komplexe und feine Strukturen sorgen beim Wärmetauscher aus biogener Keramik für eine große Oberfläche



Mit einer speziellen Fügepaste lassen sich einzelne Elemente zu größeren Strukturen zusammenfügen

Für ihre biogene Keramik setzen die DLR-Forscherinnen und -Forscher auf eine etwas andere Herstellungsmethode. Diese erlaubt es ihnen, größere und komplexere Bauteile zu fertigen und ist gleichzeitig kostengünstiger. Als Grundlage verwenden sie das bereits erwähnte Aktivkohlepulver. Denkbar wären auch Papierabfälle oder Spanplatten aus feinem Holzmehl, da beide ebenfalls sehr viel Kohlenstoff enthalten. Allerdings weisen sie erhebliche Qualitätsschwankungen auf. „Unter diesem Aspekt ist die von uns benutzte Aktivkohle ein sehr attraktives Ausgangsmaterial“, merkt Steffen Weber an, „denn sie liegt in gleichmäßig hoher Qualität vor.“ Weber forscht seit drei Jahren am DLR Stuttgart zu diesem Thema.

Komplexere Formen dank alternativem Verfahren

Im Unterschied zur industriellen Fertigung technischer Keramik, wo von Beginn an Siliziumkarbid – eine chemische Verbindung aus dem Halbmetall Silizium und Kohlenstoff – verwendet wird, arbeiten die DLR-Materialexperten zunächst nur mit den organischen Komponenten, dem Aktivkohlepulver und anderen Kohlenstofflieferanten. Diese bringen sie mit ähnlichen Verfahren in die benötigte Form. In einem speziellen Ofen wird dann unter Schutzgasatmosphäre ein hochporöser Kohlenstoffkörper hergestellt. Bei dieser sogenannten Pyrolyse verdampfen die im Bauteil noch vorhandenen restlichen Bestandteile. Übrig bleibt ein Rohling aus Kohlenstoff, der mit konventionellen Verfahren und ohne Spezialwerkzeuge sehr exakt in die gewünschte endgültige Form gebracht werden kann, beispielsweise durch Schleifen, Bohren, Fräsen oder Drehen. „Neben der einfacheren Bearbeitung bietet unser Vorgehen noch einen weiteren Vorteil“, erklärt Weber weiter.

„Denn einzelne kleinere Kohlenstoffelemente können wir mit einer speziellen Fügepaste zusammenkleben und so auch wesentlich größere und komplexere Strukturen realisieren.“ Die eigentliche Keramikherstellung erfolgt im zweiten Schritt: Die metallische Komponente, das Silizium, verbindet sich mit dem Kohlenstoffkörper zu Siliziumkarbid. Dazu wenden die Wissenschaftler das Verfahren der Liquid Silicon Infiltration, kurz LSI, an. Es wurde vor zwanzig Jahren am Institut entwickelt und seitdem immer weiter verbessert. Das hochreaktive Siliziumgranulat wird im Vakuum oder unter Schutzgasatmosphäre in einem Ofen geschmolzen, bis es dünnflüssig ist wie Wasser. Über die Kapillarkräfte saugt sich das Silizium dann in die Hohlräume des Kohlenstoffkörpers. „Ähnlich wie bei einem Schwamm, der Wasser aufnimmt“, veranschaulicht Dietmar Koch den Vorgang. „Das hört sich relativ einfach an. Doch im LSI-Verfahren steckt jede Menge Entwicklungsarbeit und Know-how, zum Beispiel um das Silizium mit Hilfe von Dochten oder Schüttrampen in der richtigen Menge in die Kohlenstoffform zu bekommen.“ Nach diesem Prozessschritt, der sogenannten Silizierung, ist das Bauteil fertig.

Im Fokus: Anwendungen im Energiebereich

Großes Potenzial für biogene Keramik sieht das Team vor allem bei Anwendungen in der Energietechnik, speziell im Kraftwerks- oder Industriebereich. Vorteilhaft kommt hier besonders die hohe Temperatur- und Korrosionsstabilität des Materials zum Tragen. Ein Beispiel ist die Nutzung von Wärme aus Abgasen von Industrieprozessen. Im Gegensatz zu Keramikbauteilen können Komponenten aus Metall hier oft nicht eingesetzt werden, weil diese korrodieren würden. Gemeinsam mit den Stuttgarter

Kollegen des Instituts für Technische Thermodynamik hat Kochs Abteilung einen Wärmetauscher aus biogener Keramik entworfen und hergestellt, mit dem er das Potenzial des Werkstoffs für solche Anwendungen testen kann. Die nur zwanzig Millimeter dicke Struktur in der Größe eines DIN-A3-Bogens besteht aus vier dünnen, aufeinander gefügten Platten. In diese haben die Wissenschaftler vor der Silizierung besonders feine Kanäle gefräst, um eine möglichst große Oberfläche zu schaffen und so die Wärmeübertragung zwischen den unterschiedlichen gasförmigen Medien zu steigern.

Aufgrund der guten Formbarkeit und der hohen Härte ihrer biogenen Keramik sind für die Stuttgarter Materialforscher auch Anwendungen im Sicherheitsbereich denkbar, zum Beispiel für ballistische Schutzwesten oder um Strukturen für Flug- und Fahrzeuge zu verstärken. Ein zusätzliches Einsatzfeld sind extrem leistungsfähige Lager oder Bremsbeläge. Einen weiteren Faktor, der das Spektrum möglicher Anwendungen vergrößert, beschreibt Koch folgendermaßen: „Wir können das Verhältnis von Siliziumkarbid, Silizium und Kohlenstoff unterschiedlich einstellen und so die Materialeigenschaften des fertigen Bauteils optimieren, also beispielsweise für Anwendungen im Energiebereich die Wärmeleitfähigkeit erhöhen.“ Vor diesem Hintergrund ist die genaue Charakterisierung des Werkstoffs wichtigster Bestandteil der Forschungsarbeiten. Entsprechend vielfältig gestaltet sich der Wissenschaftsalltag: „Von Bauteilsimulationen am Rechner, über die eigentliche Entwicklung und Herstellung der Keramikteile bis hin zur anschließenden Analyse der thermischen und mechanischen Materialeigenschaften mit Hilfe der Computertomografie oder Rasterelektronenmikroskopie ist alles dabei“, so Steffen Weber.

Der Clou: Solarzelle und Brennkammer in einem

Zu entdecken gibt es in diesem Forschungsbereich noch einiges, denn die wissenschaftliche Beschäftigung mit Keramik als Hochleistungsmaterial ist noch nicht allzu alt. Was lange als nicht machbar galt, können Ingenieure heute mit Hilfe von Hightech-Keramiken realisieren. Auch das Potenzial der biogenen Keramik ist erst ansatzweise erschlossen. In einem weiteren Projekt entwickeln die Stuttgarter beispielsweise eine spezielle Mikrobrennkammer aus biogener Keramik, die nur die Größe einer sehr flachen Streichholzschachtel hat. Schaltet man viele solcher Brennkammern zusammen, können sie konstant Strom produzieren, beispielsweise zur dezentralen Energieversorgung in Gegenden ohne Netz. Der Clou dabei: Das Bauteil ist gleichzeitig mit einer lichtabsorbierenden Beschichtung versehen. Scheint die Sonne, arbeitet es wie eine sehr effektive Solarzelle. Ansonsten erzeugt die Mikrobrennkammer Strom, indem sie Wasserstoff, Methan oder Biogas verbrennt.

Biogene Keramik ermöglicht es also nicht nur, komplexe Strukturen neuartiger Brennkammern mit äußerst feinen Kanälen herzustellen. Sie sorgt auch dafür, dass solche Bauteile hohen Temperaturen von über tausend Grad Celsius standhalten, dass Wärme optimal transportiert wird und dass beim Einsatz unterschiedlicher Brennstoffe nichts korrodiert. ●



Weitere Informationen:
DLR.de/BT



Der Ernemannbau – ein Industriedenkmal. Der frühere Hauptsitz der Heinrich Ernemann AG, die Anfang des 20. Jahrhunderts zu den weltweit führenden Herstellern von Foto- und Kinotechnik zählte, war später Zentrale der Zeiss Ikon AG und des VEB Pentacon. Seit 1993 ist der Turmbau das Domizil der Technischen Sammlungen.

Bild: Technische Sammlungen

Alice im Turmbau

Der monumentale quadratische Bau im Dresdener Südosten ist nicht zu übersehen. Sein mächtiger Eckturm wurde zum Symbol sächsischer Foto- und Kinotechnik. Seit 1993 beherbergt ein Teil des Gebäudekomplexes die Technischen Sammlungen Dresden. Auf fünf Etagen und zwei Turmebenen mit Panoramablick finden unterschiedliche Welten zusammen. Zum einen die historischen Ausstellungen: Apparate und Fotos der feinmechanisch-optischen Produktion der einstigen Ernemann Werke AG, Kameras der Ära des Volkseigenen Betriebs Pentacon, Rechen- und Tontechnik. Zum anderen: Kinder-Erlebniswelten zu Mathematik und Technik. Es ist ein Haus, das immer wieder für eine Überraschung gut ist: Im Jahr 2013 wurde hier das DLR_School_Lab TU Dresden eröffnet und seit März 2014 macht Cool X von sich reden, ein Ausstellungsprojekt für Kinder und Jugendliche zu Mikro- und Nanoelektronik.

Fototechnik-Ausstellung und Mathematik-Erlebniswelt in den Technischen Sammlungen Dresden

Von Cordula Tegen

Es ist ein bisschen wie bei Alice im Wunderland. Hinter einer unscheinbaren, dunklen Holztür oberhalb von einem Dutzend Steintreppen wartet Erstaunliches darauf, entdeckt zu werden. Im Erdgeschoss des Hauses, das im Jahr 1923 als Fabrikationsgebäude in Betrieb genommen worden war, ziehen die Holzgetäfelten Direktionsräume des einstigen Kamerawerks von Heinrich Ernemann das Interesse auf sich. In dieser historischen Umgebung werden heute Etappen der Firmengeschichte, die Biografie ihres Gründers und Meilensteine der Foto- und Kinotechnik präsentiert.

Eine Übersichtstafel im historischen Foyer offenbart: Hier gibt es noch so viel mehr zu entdecken. Sieben Ebenen bis hinauf in den wuchtigen Turm werden bespielt. Den Ausstellungen zu historischer Büro- und Rechentechnik, zu Fotografie und Kinematografie, dem Technischen Theater, einem Tonstudio, der Camera obscura und einem Gebäudeteil, der sich schlicht „Feuer“ nennt, folgen ein weitläufiges Erlebnisland Mathematik, die interaktive Ausstellung Cool X zu neuesten Entwicklungen der sächsischen Mikro- und Nanoelektronik, das DLR_School_Lab TU Dresden, das Museumscafé, die Rechenschule Adam Ries und als Höhepunkt im wahrsten Sinn des Wortes die Aussichtsplattform des dicken Turms.

Alice: „Würdest du mir bitte sagen, wie ich von hier aus weitergehen soll“ – „Das hängt zum großen Teil davon ab, wohin du möchtest“, sagte die Katze.

Was ist das für ein Haus, dessen Turmbau über Dresdens Stadtgrenzen hinaus als Symbolbild der hier jahrzehntelang ansässigen Fotokameraproduktion bekannt ist? Ist es Industriedenkmal, klassisches Museum, Kulturstätte, Ort für Wissensvermittlung, Werkstatt, Archiv? Auf jeder Ebene eine andere Wunderwelt. Ob sich die Dresdner Stadtväter das 1993 auch schon so vorgestellt hatten, als sie sich – noch in der Dynamik des gesellschaftlichen Umbruchs – entschlossen, aus einem Teil des 1990 endgültig liquidierten Kameraproduktionsstandorts ein Technisches Museum zu

machen? Wohl kaum. „Eine mutige Entscheidung, der die heutige Generation viel zu verdanken hat“, würdigt das Museumsdirektor Roland Schwarz. Als Historiker ist er fest davon überzeugt, dass naturwissenschaftlich-technische Bildung den geschichtlichen Kontext braucht, „weil man anhand dessen ganz unmittelbar so viel erklären kann und weil das für das Begreifen des historisch Gewordenen wichtig ist.“ Die Sammlungen liegen ihm deshalb ebenso am Herzen wie die Wissensvermittlung auf neuen, interaktiven Wegen. Immerhin: Seitdem 2008 das Erlebnisland Mathematik installiert wurde, das insbesondere Kinder und Jugendliche einlädt, verdreifachte sich die Zahl der Besucher.

„Oben ist unten und unten ist oben. Wenn du fertig bist, hör auf – klar?“

Kein Wunder. Was Ebene 4 hier bereithält, erstaunt Kinder wie Erwachsene gleichermaßen. Hier kann man mit den Gesetzen der Symmetrie und dem Zufall spielen und mathematische Rätsel knacken. Durch den großen Gitterknoten will fast jeder

In den restaurierten ehemaligen Direktionsräumen der Ernemann-Werke blickt das Haus auf seine Geschichte zurück



Bild: Technische Sammlungen



Bild: Technische Sammlungen

In der Erlebniswelt Mathematik: Klettern durch den Knoten.



Bild: Technische Sammlungen

Wer findet das fehlende Teil zuerst?



Bild: Technische Sammlungen

Geometrie ohne Theorie



Bild: Technische Sammlungen

Cool X, die jüngste Ausstellung, führt in die Welt der Mikro- und Nanoelektronik

der kleinen Besucher einmal krabbeln. Geheimcodes animieren einen, sie zu entschlüsseln. Originelle Knobeleyen ziehen auch Eltern und Großeltern in ihren Bann. Geometrie in wunderbaren Spiel-Ideen. Sogar in einer Seifenblase stehen kann man. Hier fliegt die Zeit davon. Ach ja, die Zeit, auch so ein Thema, dem man hier vielfach begegnet. Doch dazu später.

„Nun“, meint der Dodo, „die beste Art, es zu erklären, ist, es zu spielen.“

Werfen wir zunächst einen Blick in das Experimentierfeld. Wasservellen selbst antreiben, mit einer Windkanone schießen und Teller zum Schweben bringen – mehr als fünfzig Versuchsanordnungen aus Mechanik, Optik, Akustik, Wärme- und Elektrizitätslehre warten hier. Manche scheinen geradezu nach ihrem Experimentator zu rufen, andere geben sich rätselhaft und zeigen ihre wahre Bestimmung erst, wenn sich jemand auf sie einlässt. Wir belassen es bei einem Streifzug.

Schließlich warten noch ein Besuch in der Erlebniswerkstatt oder Führungen zu Themen wie Rechnen am eigenen Leib, eine Schnitzeljagd, ein Detektivspiel oder das Technische Theater. Und seit März 2013 auch das DLR_School_Lab TU Dresden. Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe an Oberschulen und Gymnasien können hier in eigenen Experimenten aktuellen Forschungsfragen zu Energie und Mobilität nachgehen, etwa wie und mit welchen Materialien sich leichte und dennoch stabile Werkstoffe herstellen lassen oder wie ein Satellit mit Sonnenenergie fliegt.

Tür: Durchgang fürboten. – Alice: Fürboten? – Tür: Das heißt, versuch es doch mal.

Feuer, Rauch und Flammenzauber erwarten jüngere Gäste in einer Experimentalshow im Erdgeschoss. Die Versuche finden im Feuerlabor statt. Hier hat eine der größten und ältesten deutschen Sammlungen zur Geschichte des Brandschutzes ihr Domizil. 400 Objekte veranschaulichen verheerende Feuersbrünste in alten Städten mit vielen Holzhäusern, zeigen Löschtechnik, von Eimerketten bis zu modernen Methoden der Feuerbekämpfung.

Noch ganz im Bann des Feuers, stellt sich die Frage, was wohl in diesem riesigen Haus zuerst zu retten wäre, wenn es etwa ein Blitzschlag in Brand gesetzt hätte. Museumsdirektor Schwarz zögert nicht lange. Die Antwort überrascht: Es ist eine Schreibmaschine. Das hölzerne Gerät mit den unebenen Tasten läutete die Mechanisierung des Schreibens ein. Doch der Tiroler Zimmermann Peter Mitterhofer, der sie 1864 baute, war mit seiner Erfindung zu früh. Noch sah keiner das Revolutionäre dieser Idee. „Daran lässt sich viel erzählen“, sagt Roland Schwarz. „Zwischen technischen Lösungen und marktfähigen Produkten liegt eben oft ein langer Weg.“ Die in den Ausstellungsräumen versammelten Fotoapparate, Kinematografen und Rechenmaschinen könnten ein Lied davon singen, wäre es ihnen wie den Tieren in Alices Wunderland möglich, zu sprechen.

„Das Unmögliche zu schaffen, gelingt einem nur, wenn man es für möglich befindet.“

Durch ein kristallines Spiegelkabinett taucht man in die Welt der Mikro- und Nanoelektronik ein. Riesenhaft vergrößerten Transistoren und ungenießbaren „Chipburgern“ begegnet man hier, aber auch Delfinen und Antilopen. Die Fähigkeit der Tiere, ganze Körperregionen in einen Teilschlaf zu versenken und ihren Energiehaushalt an die Umweltbedingungen anzupassen, ist Vorbild für adaptive Chips, die ihre Leistung stets mit den aktuellen Anforderungen synchronisieren und so energetisch sinnlosen Leerlauf vermeiden. Wir sind in der Ausstellung Cool X. Sie katapultiert uns ins Heute. In ihr soll man – so die Absicht der im Spitzencluster Cool Silicon zusammengeschlossenen 60 Unternehmen und Institute – sächsische Hochtechnologie hautnah erleben. Ein hoher Anspruch ist das, für energieeffiziente Informations- und Kom-



Bild: Technische Sammlungen

Mit der hölzernen Versuchsmaschine des Zimmermanns Peter Mitterhofer von 1864 beginnt die Mechanisierung des Schreibens

munikationstechnologie geeignete Worte und eine anschauliche Bildsprache zu finden und für Prozesse, die sich im Mikro- und Nanobereich abspielen, Exponate zu kreieren, die sich intuitiv bedienen lassen.

Die gemeinsam mit den Forschern konzipierte Ausstellung ist schon deshalb sehenswert, weil sie Dinge zeigt, die viel zu klein sind, um für das bloße Auge erkennbar zu sein. Die Ausstellung macht aus der Not der Winzigkeit eine Tugend und übersetzt die Fertigungsschritte in einer Chipfabrik und die von Cool Silicon entwickelten Technologien der Energieeffizienz in Spiele und interaktive Experimente. Die einstündige Exkursion in die Welt der Winzigkeit sollten Lehrer oder Erzieher allerdings anmelden.

Weißes Kaninchen: „Ohren und Bommelschwanz, so spät schon!“

Schließlich wird die Aussichtsplattform des Turms erreicht. Zeit, den Rundblick über die Elbmetropole zu genießen und zu überlegen, wo auf dem Weg hinunter Halt gemacht werden soll. Den Museumsshop dürfen wir nicht vergessen! Ausruhen im Museumscafe wäre jetzt auch ganz gut. Ein Blick zur Uhr. – Nachmittag schon? Wo ist nur die Zeit geblieben? – Dann müssen wir es wohl für heute genug sein lassen ... und wiederkommen! ●



Weitere Informationen:
www.tsd.de

Museen der Stadt Dresden
Technische Sammlungen
Junghansstraße 1–3
01277 Dresden

Besucher-Service
Telefon 0351-488 72 72
Service@tsd.de

Öffnungszeiten
Dienstag bis Freitag 9 bis 17 Uhr
Samstag, Sonntag, Feiertage 10 bis 18 Uhr

Eintrittspreise
Erwachsene 5 Euro
Ermäßigt 4 Euro
Kinder unter sieben Jahren Eintritt frei



Bild: Technische Sammlungen

„Mit Blitz und Funkenfeuer“ – im Technischen Theater zischt's und knallt's bei einer Reise in die Welt der Elektrizität

Reise ins Innere eines Flugzeugs und Strom-Ernte im Weltraum

Im DLR_School_Lab TU Dresden

Wie werden Solarzellen billiger und leistungstärker? Kann man Wasserstoff auch mit weniger Energieaufwand produzieren? Und wie müssen neue Werkstoffe beschaffen sein, damit sie leicht und trotzdem stabil und vielseitig einsetzbar sind? Im DLR_School_Lab TU Dresden erfahren Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufen I und II, wie die Forscher am DLR und an der TU Dresden die aktuellen Fragen aus den Themenfeldern Energie und Mobilität lösen wollen. Das Besondere dabei: Hier sind die Jungen und Mädchen die Forscher! Eigenständiges Experimentieren lautet also die Devise. Keine fertigen Versuchsanleitungen, sondern selbst Experimente planen. Welche Fragestellungen sind entscheidend zur Lösung des Forschungsauftrags? Wie kann man die Vermutung experimentell überprüfen? Bestätigen sich die Hypothesen im Experiment? Das gilt es, herauszufinden und dann zu präsentieren.

(Hinweis: Anmeldung über den Besucher-Service der Technischen Sammlungen)



Bild: Technische Sammlungen

Schönheit, die nachdenklich macht



Ein neuer Bildband, ein bekanntes Thema: **Die Erde vom All (Kneisebeck Verlag)**. Trotz seiner Größe (24,5 mal 34 Zentimeter) erscheint er broschiert mit einem losen Teilumschlag. Der Titel: wahrlich keine sprachliche, schon gar keine kreative Meisterleistung. – Lohnt es sich, dafür 41 Euro auszugeben? Um es vorwegzunehmen: Ja. 256 Seiten, teils mit kurzen informativen Texten, die differenziert, doch gut verständlich daherkommen. Und diese Abbildungen! 300 an der Zahl. Das sind keine „Abbildungen“, wie der Verlag sie bezeichnet, das sind Bilder zum Genießen, zum Verweilen, zum Nachdenken. Aufnahmen, die bei jedem Betrachten neue Details offenbaren und einen immer wieder staunen lassen. Auch Kenner von Bildern aus dem All dürften von den farbgewaltigen Ansichten auf Doppelseiten, erhabenen geometrischen Mustern, pastellenen Wolkenformationen und fein ziselierten Strukturen in deren Bann gezogen werden.

Der Fotograf Yann Arthus-Bertrand und seine Fondation GoodPlanet haben hier zusammen mit dem Satellitenhersteller Astrium ein wunderbares Werk geschaffen, an dessen Bildern sich die Augen festsaugen. Sei es an den eleganten zart blaugrauen Eisformationen des antarktischen Grahamlands oder an den ruhigen ockerfarbenen Flächen des australischen Ayers Rock und seiner Umgebung. Sand- und Algenbänke der Bahamas in kräftigem Türkis überraschen mit ihrem Erscheinungsbild genauso wie die Sahara mit ihrer orange-gelben Schraffur. Bizarre, violett erscheinende Hänge der gewaltigen Turpan-Senke im Nordwesten Chinas faszinieren ebenso wie mosambikanische Felder mit ihren satten Grün-Nuancen.

Als Wermutstropfen in diesem berausenden Cocktail erweist sich die Suche nach dem erklärenden Bildtext. Sich dem Zauber des Anblicks entziehen zu müssen, um einige Seiten zuvor oder weiter hinten die Information zu finden, macht ungeduldig. Umso mehr, je fremdartiger, manchmal sogar märchenhaft das Bild wirkt, wenn auf puzzleartige Bildstrukturen gradlinige Kästchenstrukturen folgen oder wir Bilder sehen, die man auch für Seidenmalerei halten kann ... Es berührt, zu sehen, was unsere Erde für eine unglaubliche Schönheit hervorbringt. Und es ist Frevel, wie wenig Achtung wir Menschen diesem phantastischen Geschenk entgegenbringen. Der Absicht des Buchs der Fondation GoodPlanet, den Schutz der Erde als notwendig zu begreifen, wird der Bildband in besonders schöner wie auch eindrucksvoller Weise gerecht.

Cordula Tegen



Schergewichtige Reise durchs Universum

Dieses Buch braucht Raum und eine starke Hand. **Der Kosmos. Die Weiten des Weltalls (Kosmos Verlag)** beeindruckt schon allein mit seinem großen Format und seinem Gewicht. Viele Fotos in tollen Farben auf schwarzem Hintergrund, das schöne, feste Papier und nicht zuletzt das graue Seidenband als Lesezeichen tun ihr Übriges für einen exzellenten Eindruck, bevor auch nur ein einziges Wort gelesen ist. Satellitenbilder, Aufnahmen von Kameras, die an Bord von Raumsonden um die Himmelskörper kreisen, oder auch Zeichnungen, die Zusammenhänge veranschaulichen, sind oftmals so schön, dass sie auch als Kunstwerk an der Wand hängen könnten: Nebel, die wie ein Katzenauge oder Schmetterlingsflügel aussehen, Sternenhaufen der Großen Magellanschen Wolke, die wie Aquarellbilder anmuten, kartoffelförmige Kometen oder auch Monde, die einem Badeschwamm ähneln.

Der Bildband hat aber zudem auch noch anspruchsvolle Texte und ausführliche Bildunterschriften zu bieten. Die Reise bis zum Horizont des Universums beginnt bei der Erde und führt entlang der Planeten zwischen die Sterne, schließlich bis jenseits der Milchstraße und bis in die Dunkle Materie. Autor Giles Sparrow ist studierter Astronom und gibt dem wissbegierigen Leser viele Informationen mit, die gut verständlich vermittelt werden. Ein zweiseitiges Glossar rundet den stimmigen Bildband ab.

Manuela Braun

Das menschliche Maß in der Raumfahrt

Wer sich zu Beginn der bemannten Raumfahrt für die Hintergründe der sowjetischen Pionierleistungen interessierte, hatte nicht viele Möglichkeiten. Ein Science-Fiction-Film, und zwar einer der besten seines Genres, brachte den Raumfahrtalltag auf die Leinwand: „Solaris“ von Andrej Tarkowskij aus dem Jahr 1972 nach dem Roman von Stanislaw Lem. An diesen großen Film erinnert **„Gagarin – Wettlauf ins All“** von Pavel Parkhomenko (**DVD bei Ascot Elite**). Der Regisseur bedient sich dabei konventioneller Techniken, insbesondere der Rückblende, dieser allerdings meisterlich. Sein Film konzentriert sich auf das Leben des ersten Menschen im All, von dessen Flugausbildung bis zu seinem Aufbruch in den Kosmos, unterbrochen durch Einblendungen aus Gagarins Kindheit und Jugend.

Der Flug selbst bildet den Rahmen des Films. Im Vergleich zu heutigen Leistungen ein äußerst kurzer Flug – doch so gut wie jeder Schritt war einer auf Neuland. Hier wird er zum Ereignis – ohne Überhöhung, ohne ausgewalzt zu werden (wenn man von einer kitschigen Klangebene einmal absieht). Kosmonautenausbildung, das menschliche Engagement und Können des sowjetischen Raketenkonstruktors und Raumfahrtpioniers Sergej Koroljow und die Konkurrenz der Kosmonautenschüler um den ersten Flug werden thematisiert. Insbesondere Schilderungen aus dem Umfeld Gagarins, von Eltern, Frau, Freunden, Kindern, unterbrechen die Raumflugsequenzen (deren Qualität ähnlich gut ist wie die in dem Oscar- ausgezeichneten Film „Gravity“). Das menschliche Maß der Raumfahrt macht einen Teil der Größe dieses Films aus: Raumflughelfer, die heimlich „Schiffe versenken“ spielen, während sie über die Gefahren der Schwerelosigkeit instruiert werden; ein Vater, der nicht glauben kann, dass im Radio von seinem Sohn Juri die Rede ist, der im Orbit sei, schließlich war doch sein Sohn kein Major, sondern Oberleutnant (Gagarin war noch während des Fluges befördert worden). Eine Mutter, die sich Hals über Kopf in Hausschuhen auf den Weg nach Moskau machen will, als sie vom Flug ihres Sohnes hört – jetzt müsse sie doch der Schwiegertochter beistehen. Den Film durchzieht ein feiner Humor; seinen dramaturgischen Höhepunkt entfaltet er mit der Wiedereintrittssequenz und darin eingeschobenen, grandiosen Schnitten, die wiederum zu Rückblenden führen. Mit einem dieser Schnitte zitiert Parkhomenko einen weiteren berühmten sowjetischen Film („Wenn die Kraniche ziehen“); eine andere Sequenz erinnert stark an die Exposition von Stanley Kubricks „2001 – Odyssee im Weltraum“. Die Bilder (Kamera: Anton Antonov), die ruhig und zugleich dramatisch sein können, wirken schlicht und grandios. Bis in winzige Details überzeugt und bildet dieser Film: Im Casino der Kosmonauten steht hinter den (man kann das hier so sagen) futternden Kosmonauten ... ein Konzertflügel. Besser kann der Unterschied zwischen russischer und US-amerikanischer Raumfahrt-Kultur kaum symbolisiert werden. Schon deshalb seien ein Zuviel an Pathos zum Ende und der oben erwähnte Klangbrei verziehen. Sehr empfehlenswert.

Peter Zarth





Luftige Lektüre

„Fliegen ist das Schönste auf der Welt. Fliegen ist das Furchtbarste auf der Welt“. So beginnt Katja Schnitzler ihr 192 Seiten starkes Buch **Die wundersame Welt des Fliegens (Süddeutsche Zeitung Edition)**. Sie spricht damit sowohl die leidenschaftlichen „In-die-Lüfte-Steiger“ an als auch diejenigen, die jedes Mal froh sind, wenn sie wieder festen Boden unter den Füßen haben. Die leitende Redakteurin des Reiseressorts der Süddeutschen Zeitung verbringt selbst viel Zeit in Flugzeugen und hat ihre eigenen Erfahrungen mit (schrecklich) witzigen Anekdoten ihrer Leser gekoppelt. Heraus kam mehr als eine Sammlung unwahrscheinlicher Begebenheiten auf Flügen durch die ganze Welt. Angefangen mit der klassischen Frage, wie so eine tonnenschwere Maschine sich überhaupt in die Luft erheben kann, über einen Erklärungsversuch zum scheinbar obligatorischen Tomatensaft bis hin zur vermeintlichen Gefahr des Mail-Checkens über den Wolken, geht sie auf alles ein, worüber wohl viele vor, während oder nach einem Flug schon mal nachgedacht haben.

Unterhaltsam sind ihre Hinweise, wie man zu guten Plätzen kommt oder trotz Überbuchung noch an Bord der Maschine gelangen kann. Ob ihre Tipps gegen Flugangst nützlich sind oder eher kontraproduktiv, weil man sich erst mal bewusst wird, was alles passieren kann, sei dahingestellt. Sicherlich hilfreich sind allgemeine „Benimmregeln“ an Bord oder die Hinweise, wie man sich vor nervigen Sitznachbarn schützen kann. Wer unter Flugangst leidet, sollte allerdings das Lesen über den Wolken vermeiden, um nicht selbst zum nervenden Nachbarn zu werden, der die Armlehne okkupiert, um sich ängstlich daran festzukrallen.

Schnitzler untermalt ihre Themen mit amüsanten oder erschreckenden „Zwischenlandungen“, indem sie Erlebnisse und Abenteuer von Fluggästen wiedergibt oder auch mal einen Piloten mit seiner Sicht auf den Traumberuf zitiert: „Du hast nicht so viel Freizeit, wie die Nachbarn denken, du verdienst nicht so viel Geld, wie die Verwandten glauben und du hast nicht so viele Geliebte, wie deine Frau meint ...“ Einiges hat man schon mal gehört, doch nach der Lektüre des kleinen himmelblauen Büchleins fallen einem dann vielleicht auch die passenden Reaktionen auf einen nervenden Sitznachbarn ein.

Miriam Kamin



Forschung für die Welt von morgen

Wissenschaft wird dann spannend, wenn man die Visionen vor Augen sieht – und darauf setzt: **Future World. Entdecke die Technik der Zukunft (Ravensburger Buchverlag)**. Großformatig und mit vielen Fotos und Zeichnungen zeigt Joel Levy Jugendlichen die zukünftige Nutzung von Dingen, an denen die Forscher heute knobeln und basteln. „Future World“ ist keine Science-Fiction – „alles, was in diesem Buch vorgestellt wird, existiert bereits in der Praxis oder in der Theorie und könnte mit den Mitteln der heutigen Technik hergestellt werden“, betont der Autor in seiner Einleitung. Manchmal fällt es schwer, das zu glauben, wenn von schwimmenden Städten, Zügen in Vakuumröhren, fliegenden Autos oder Raumschiffen mit Lichtstrahlantrieb die Rede ist. Die kurzen Textkästen belegen es aber dann doch – so weit entfernt ist die Forschung gar nicht mehr von solchen Visionen.

Der Blick in die Zukunft reicht von Robotern und Computern über Energie, Verkehr und Umwelt bis hin zu Medizin und Biotechnologie. Ab und an gelingt es Joel Levy auch, eine Vision ein wenig einzuschätzen – so haben Eingriffe in das System Erde wie das Düngen von Ozeanen oder Spiegel im Weltraum zum Reduzieren des atmosphärischen Kohlendioxids auch Nachteile oder wären beispielsweise überflüssig, wenn stattdessen Wälder wieder aufgeforstet werden würden. Einiges ist sicherlich ein wenig reißerisch dargestellt – aber das Blättern und Lesen bringt den Leser zum Staunen und macht eines deutlich: Es ist die Forschung, die die Welt von morgen prägt.



Weltraumwissen ruckzuck?

Warum eigentlich will Clive Gifford seine Leser so hetzen? **Schlau in 30 Sekunden: Kometen, Sterne, schwarze Löcher. Die 30 spektakulärsten Fakten zum Weltall (Velber Kinderbuch)** heißt sein Buch, das sich an jüngere Leser richtet. 30-Sekunden-Text, 3-Sekunden-Fazit, 3-Minuten-Aufgabe – und dazu noch eine gezeichnete Hand, die eine Stoppuhr hält. Der Buchtitel soll deutlich machen: Hier wird so einfach und anschaulich erklärt, dass das Wissen im Sekundentakt beim Leser ankommt. Aber schon allein das Lesen eines Textes dauert länger als die beschworenen 30 Sekunden, ganz zu schweigen vom Verstehen. Also: Die Stoppuhr bitte ganz flott weg, denn wenn es um Urknall, Dunkle Energie, Supernoven oder auch unser Sonnensystem geht, hat das Hirn schon ohne Zeitdruck genug zu tun. Stattdessen sollte man sich Zeit nehmen, denn zum einen hat der Autor die Fakten dicht gedrängt in seinen Texten untergebracht, zum anderen ist das Buch so schön und bunt illustriert, dass man auch mal in Ruhe Bilder und darin untergebrachte Informationen anschauen sollte. Themen wie „Erde und Mond“, „Gibt es Aliens?“, „Schwerelosigkeit“ oder auch „Internationale Raumstation“ sind gut verständlich und etwas leichtere Kost. Andere Themen wie „Die Milchstraße“, „Die Sonne“ oder „Die Geburt eines Sterns“ fordern abstraktere Vorstellungskraft. Dennoch: Das Kinderbuch macht Spaß und bietet interessante Informationen – man sollte sich nur ein wenig mehr Zeit nehmen ...



Kleine Erklärstücke

Mal eben selbst eine Rakete bauen, einsteigen und ab zum Mond! Theo, Tess und Quentin – oder vielmehr ein Ausrufezeichen, ein Punkt und ein Fragezeichen – bekommen das jedenfalls mit ein wenig Nachdenken hin. Tess singt ein wenig dabei, nervt den Besserwisser Theo, und Quentin ist eher maulfaul. Das Hörspiel **Was ist was? (Tessloff)** zu den Themen **Raumfahrt** und **Der Mond** streut zwischen seine Erklärstücke immer wieder die lustigen und manchmal ein wenig albernen Szenen mit den drei Mondfahrern ein und hält so die Kinder (ab sechs Jahre) bei der Stange. Nach 70 Minuten hat man vieles gelernt – wie eine Rakete startet, wie sich die Internationale Raumstation ISS in ihrer Umlaufbahn hält, wie der Mond entstanden ist, was es im All zu essen gibt und – ja, auch dieses Thema wird nicht übergangen – wie die Astronauten in der Schwerelosigkeit aufs Klo gehen. Nicht immer sind die verschiedenen Themen für kleine Kinder leicht zu verstehen, umso besser ist es, dass die Texte nicht zu schnell und dafür sehr deutlich gesprochen werden. Und auch ältere Kinder langweilen sich bei diesem Niveau nicht.

Manuela Braun



Augenöffner in Sachen Energie

Auch wenn uns die Energiewende manchmal zäh und langwierig erscheint: In Deutschland gibt es bereits viele interessante Projekte und Initiativen, die zeigen, dass Energieversorgung nachhaltig sein kann. Der Reiseführer **Deutschland – Erneuerbare Energien erleben (Baedeker)** beschreibt dabei ganz unterschiedliche Ausflugsziele. Er führt zum Windpark an die See, zur ersten solaren Wasserstofftankstelle nach Freiburg oder auch in Wellness-Thermen, die mit Geothermie beheizt werden. Auch ganz klassische Ausflugsziele für Eltern mit Kindern, wie der erste Energieerlebnis-Park Deutschlands in Glücksburg, werden vorgestellt. Dieser Baedeker öffnet die Augen für moderne Umwelttechnik in vielen Gebäuden, zum Beispiel im Berliner Hauptbahnhof, im Weser-Stadion oder in der Zisterzienserabtei Marienstadt. Der handliche, mit Bildern, Schema-Darstellungen gespickte Reiseführer enthält zudem wichtige Hintergrundinformationen. Eltern können also auch vor Ort nachschlagen, wie die Energie aus Sonne und Wasser genau genutzt wird.

Empfehlenswert für alle, die nicht nur auf Kirchtürme, sondern auch gerne auf die 65 Meter hohe Gondel einer Besucher-Windkraft-Anlage steigen. Reiseführer-Tipp im Rheinland ist übrigens auch der DLR-Solarturm in Jülich. Vor dem Ausflug sollte man allerdings beachten, dass nicht alle Industrieanlagen oder Niedrigenergiehäuser von innen besichtigt werden können.

Dorothee Bürkle

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 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

Impressum

DLR-Magazin – Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Redaktion: Sabine Hoffmann (ViSdP)
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)
An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:
Jasmin Begli, Manuela Braun, Dorothee Bürkle,
Falk Dambowsky, Miriam Kamin, Denise Nüssle,
Melanie-Konstanze Wiese, Michel Winand, Jens
Wucherpfennig sowie Peter Zarth

DLR-Kommunikation
Linder Höhe
51147 Köln
Telefon: 02203 601-2116
Telefax: 02203 601-3249
E-Mail: kommunikation@dlr.de
DLR.de/dlr-magazin



Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH,
87437 Kempten

Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH,
53842 Troisdorf, www.cdonline.de

ISSN 2190-0094

Onlinebestellung:
DLR.de/magazin-abo



Das DLR-Magazin erhalten Sie auch als interaktive App für iPad und Android-Tablets im iTunes- und GooglePlay-Store oder als PDF zum Download.

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Die fachliche Richtigkeit der Namensbeiträge verantworten die Autoren. Hinweis gemäß § 33 Bundesdatenschutzgesetz: Die Anschriften der Postbezieher des DLR-Magazins sind in einer Adressdatei gespeichert, die mit Hilfe der automatischen Datenverarbeitung geführt wird. Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.

Bilder DLR, CC-BY 3.0, soweit nicht anders angegeben.



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