



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) · www.DLR.de · Nr. 135 · September 2012

magazin 135

Asche im Triebwerk

Wodurch wird sie eigentlich zur Gefahr?

Warten auf den Feuerstrahl
Reportage vom Shefex-II-Start

Auf dem Altenteil von Albatros und Möwe
Polens Luftfahrtmuseum Lotnictwa

DLR magazin 135



40

Warten auf den Feuerstrahl

Das Dach der Raketenhalle auf der norwegischen Andoya Rocket Range glitt zur Seite und gab den Blick frei in den hellen Sommerabend. Der Countdown für Shefex II hatte begonnen. Nach sieben Jahren Forschungs- und Entwicklungsarbeit war der Tag gekommen, an dem erstmals ein neuer, ein scharfkantiger Raumflugkörper seine Flugtauglichkeit unter Beweis stellen sollte. Das DLR-Magazin war dabei, als Wissenschaftler aus sieben DLR-Instituten dem Start entgegenfieberten und die fliegende Experimentplattform dann endlich abhob.

- Editorial** 3
- EinBlick** 4
- Leitartikel**
Luft- und Raumfahrt: anziehend und herausfordernd 6
- Meldungen** 8
- Wenn die Asche schmilzt**
Die Chemie zwischen Vulkan und Triebwerk 10
- Zimmer mit Ausblick**
Neue Ideen für den Luftverkehr von morgen 14



- Tests mit Perspektive**
Hamburger DLR-Forscher arbeiten an Messverfahren für die Eignung von Lotsen und Piloten 18

- Der Stoff, aus dem die Träume waren**
Streifzug durch 100 Jahre Materialforschung 22



- Intelligenz auf Rädern**
Mit einem Antikollisionssystem für Züge in die Selbstständigkeit 26

- Fachwerk auf Schienen**
DLR präsentiert die nächste Zug-Generation 28



- Der Nuptse auf einem USB-Stick**
Höhenmodelle zeigen verborgene Bergwelt 32



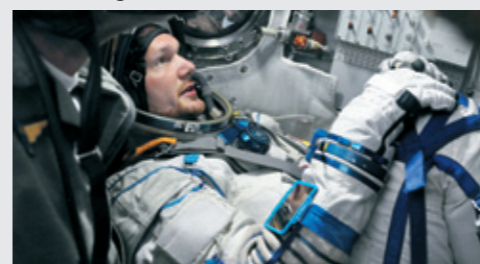
- Regionalmeldungen** 38

- Reportage**
Warten auf den Feuerstrahl – mit Shefex II scharfkantig ins All 40

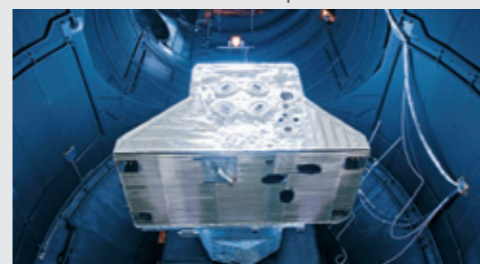
- Anders als die anderen**
Die Mission Dawn zum Asteroiden Vesta 46

- Porträt**
Stippvisite bei Melanie von der Wiesche vom Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin 50

- Feature**
Alexander Gerst trainiert für seine größte Entdeckungsreise 54



- Mit MERTIS zum Merkur**
Deutsch-polnisches Infrarot-Spektrometer für die Raumfahrtmission BepiColombo 58



- In Museen gesehen**
Nahe Krakau haben Albatros, Möwe und Kuckuck ihr Altenteil 60

- Rezensionen** 66



Liebe Leserinnen und Leser,

sie findet statt – die Internationale Luft- und Raumfahrtausstellung ILA 2012. Später im Jahr als gewohnt, aber dafür im neuen Gewand und in neuer Örtlichkeit öffnen sich am 11. September für die Veranstaltung der Messe Berlin und des Bundesverbands der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) die Pforten. Auf dem modernen Messegelände südlich des Schönefelder Flughafens wird eine fulminante Messe zu erleben sein, mit allen, die in der Luft- und Raumfahrtszene Rang und Namen haben.

Das DLR nutzt diese Gelegenheit des Heimspiels und präsentiert seine Themen auf knapp 500 Quadratmetern Messestand und mindestens noch einmal so viel Ausstellungsfläche auf dem Freigelände. Während wir in der Halle 4 aktuelle Forschung und Forschungsergebnisse aus den Luft- und Raumfahrtinstituten sowie die europäische Kooperation mit unserem französischen Partner CNES darstellen, zeigen wir vor der Halle unsere Forschungsflugzeugflotte. Ein besonderer Augenschmaus ist HALO, eine umgebaute Gulfstream vom Typ G550, die mit unseren Forschungsaufbauten für ihren Einsatz als Atmosphärenforschungsflyer modifiziert wurde. In Berlin hat sie ihren großen öffentlichen Auftritt, bevor sie zur ersten rein wissenschaftlichen Mission aufbricht.

Und das DLR ist Akteur bei einem weiteren Highlight, das es nur auf der ILA gibt und auf keiner anderen Luft- und Raumfahrtausstellung weltweit – dem Spacepavillon. Zusammen mit seinen Partnern ESA und der deutschen Raumfahrtindustrie, vertreten durch den BDLI, kreieren wir die Erlebniswelt Raumfahrt – mit allen aktuellen Satellitenmissionen für Umwelt-, Wetter- und Geoinformationen. Wir zeigen Anwendungsbeispiele, Technologien, die für einen Planeten-Rover entwickelt wurden und jetzt Eingang in die aktuelle Autoentwicklung gefunden haben, und wir machen auf die Probleme unserer Erde aufmerksam, beispielsweise auf das Schmelzen des Nord- und Südpoleis. Auch dabei helfen uns Satelliten. Sie lassen uns die Prozesse nicht nur sehen, sondern auch verstehen. Raumfahrt ist alltäglich geworden. Wir schauen Fernsehen, ohne uns über die Übertragungswege den Kopf zu zerbrechen, hören auf die nette Stimme, die uns durch unbekanntes Terrain führt, Navigationssysteme sind schon fast selbstverständlich. Hinter diesen Leistungen steckt handfeste Ingenieurskunst. In der Raumfahrthalle können wir alle wieder ein wenig staunen und mehr begreifen. Genauso wie mit dieser Ausgabe des DLR-Magazins.

Das Partnerland der diesjährigen ILA ist Polen. Folgerichtig reisten wir dorthin, um Ihnen Einblicke in eine der profunden Luftfahrtsammlungen Europas geben zu können. Wir lassen Sie an der Ausbildung des nächsten deutschen Astronauten teilhaben und waren dabei, als mit Shefex II ein neu geformter Raumflugkörper erprobt wurde. DLR-Forscher berichten zudem, was genau passiert, wenn Vulkanasche ins Triebwerk gelangt. Gefahr erkannt, Gefahr gebannt. In diesem Sinne wünsche ich eine aufregende und sichere Lektüre ...

Sabine Göge
Leiterin DLR-Kommunikation

EinBlick



Aufbruch ins All

So geräuschlos wie der Flug eines Schmetterlings war das Abheben der russischen Sojus-Trägerrakete nicht gerade. Dennoch: Ihr Bilderbuchstart am 22. Juli 2012 bescherte den Partnern am deutschen Kleinsatellitenprojekt TET-1 im kasachischen Baikonur und im Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen ihr Sommermärchen. Der Technologie-Erprobungsträger TET ist Teil des „On Orbit Verification“-Programms des DLR und bietet eine Plattform für Experimente im Orbit. Das Bild entstand drei Tage vor dem Start, als die Sojus-FG-Trägerrakete auf der Rampe des Startkomplexes 31 in Baikonur installiert wurde. Lesen Sie dazu auch die Meldung auf Seite 8.



Anziehend und herausfordernd

Von Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner

Von Luft- und Raumfahrt geht immer noch und immer wieder große Anziehungskraft aus. Doch ihre Akteure sind keine Traamtänzer, sondern stellen sich ganz praktischen Herausforderungen. Der Wettbewerb in der Szene nimmt zu, er ist längst global geworden. Und neben rein wirtschaftlichen Belangen stehen gesellschaftspolitische Aspekte im Blickpunkt. In der Luftfahrt ist der Ruf nach Emissionsreduktion lauter geworden, die Klimawirkung des Luftverkehrs ist ein öffentliches Thema. Nachtflugbeschränkungen und An- und Abflugverfahren zur Minimierung der Anzahl der von Lärm Betroffenen sind Anzeichen einer grundlegend neuen Positionierung der Gesellschaft. Andererseits ist die Mobilität des Einzelnen gerade heute ein hohes Gut und steht im Widerspruch zu den Sorgen insbesondere der von Lärm betroffenen Anrainer.

Doch das Dilemma der vielschichtigen und sich zum Teil widersprechenden Anforderungen von Technik, Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft ist zugleich eine Chance für Forschung und Innovation. Neue Flugzeugkonzepte, die ein öko-effizientes Fliegen ermöglichen, bedürfen jetzt umfangreicher Forschungsarbeiten, um zeitnah in die Praxis eingeführt werden zu können. In diesem Sinne sind auf europäischer Ebene Aktivitäten eingeleitet worden: Flightpath 2050 und das Strategiepapier von ACARE, des Rates für Luftfahrtforschung und Innovation in Europa, definieren klare Aufgaben, um die Mobilität durch den Luftverkehr unter Berücksichtigung von Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft zu sichern.

Auch die Aktivitäten der europäischen Raumfahrt stehen im Wettbewerb. Die ESA-Ministerratskonferenz im November 2012 wird wichtigen Projekten den Weg weisen. Das sind aus deutscher Sicht zukünftige Trägersysteme und die Nachfolge des ATV, des Automatic Transport Vehicles. Bei den Trägern geht es um die zentrale Frage, wie man möglichst schnell und umfassend die jährlichen Unterstützungsleistungen reduzieren kann. Aber natürlich sind auch die dafür erforderlichen Entwicklungskosten zu betrachten. Nachdem die Ariane 5 auf eine besonders erfolgreiche Geschichte zurückschauen kann, ist es wichtig, in gleicher Weise nach zuverlässigen Lösungen für die Zukunft zu suchen. Dabei hat sich der Druck des globalen Wettbewerbs in Ost und West spätestens mit den erfolgreichen Flügen von Falcon 9, der US-amerikanischen Träger Rakete der Firma SpaceX, deutlich verstärkt.

Nachdem die Internationale Raumstation ISS nun mit erheblichen Mitteln weitestgehend aufgebaut ist, geht es darum, sie so intensiv wie möglich zu nutzen. Die europäischen Aktivitäten sind wiederum mit den im Ausgleich erforderlichen Leistungen der ESA zu sehen. Das ATV-Programm indessen wird nun entgegen ursprünglichen Planungen mit ATV 5 beendet, die Diskussion über ein eventuelles Nachfolgeprogramm ist in vollem Gange. Am erfolgversprechendsten ist derzeit das Servicemodul für die amerikanische Kapsel Orion: Finanziell im Rahmen der zu leistenden Ausgleichsmaßnahmen machbar, eröffnet das sogenannte MPCV-SM (Multi Purpose Crew Vehicle-Service Modul) zum einen die Chance, auf dem schwierigen Weg einer Mission mit den Amerikanern zu kooperieren und zum anderen die Basis für zukünftige europäische robotische Missionen zu schaffen.

Die ILA 2012 wird die ganze Bandbreite der Luft- und Raumfahrt zeigen. Die allgemeine Leistungsschau wird ergänzt durch die Forschungsarbeiten, die die Grundlage für die Zukunft darstellen. Die Tatsache, dass die Eröffnung des Flughafens Berlin Brandenburg International auf 2013 verschoben wurde, ist – so zynisch es auch klingen mag – für die ILA vielleicht sogar vorteilhaft, denn damit sind der tägliche Luftverkehr und die Messeaktivitäten weitgehend voneinander getrennt.

Die ILA 2012 ist nicht nur Messe und Ausstellung, sondern zugleich ein wichtiges Diskussionsforum aller Branchen der Luft- und Raumfahrt. Die Adressaten der Leistungsschau sind die Politik, das Fachpublikum und besonders auch die breite Öffentlichkeit. ●



Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner,
Vorstandsvorsitzender des DLR

www.DLR.de/blogs/janwoerner

Meldungen

Parallele Messflüge zur Gewitterforschung

Gewittereinflüsse auf die Ozonbildung sind von DLR-Forschern bei einer Kampagne in den USA genau analysiert worden. Weltweit erstmals führten sie Messflüge parallel in aktiven Gewittern in unterschiedlichen Höhen durch sowie zwölf bis 48 Stunden, nachdem sich das Gewitter aufgelöst hatte. Sie erfassten, wie viel Ozon produziert wurde und wie sich die chemische Zusammensetzung der Luft durch das Gewitter veränderte.

Die Wissenschaftler des DLR wollen gemeinsam mit ihren Partnern vom amerikanischen Atmosphärenforschungszentrum und der NASA die Prozesse in Gewittern besser verstehen und bereits existierende Daten erweitern. Denn Gewitter haben einen erheblichen Einfluss auf die globale Ozonbildung: Blitze setzen Stickoxide frei, die in der oberen Troposphäre (rund zehn bis 15 Kilometer Höhe) Ozon produzieren. Die starken Aufwinde in Gewittern transportieren außerdem Emissionen direkt vom Boden in die obere Troposphäre, die dort zusätzlich Ozon produzieren können. Im Fokus steht neben diesen Transportprozessen der Einfluss verschiedener Gewitter-Typen: Je nach Gewittertyp sind die Stärke, Anzahl und Länge der Blitze sehr unterschiedlich, die Blitze können verhältnismäßig kurz sein und nur einige Kilometer Länge haben oder sie verlaufen horizontal über eine Länge von mehr als 100 Kilometern. Daraus resultierende Parameter wirken sich auf die Ozonproduktion aus. Vorherige Messungen ließen darauf schließen, dass Gewitter fünfmal so viel Stickoxide produzieren wie der globale Luftverkehr.

<http://s.DLR.de/ig07>



Blick aus dem Cockpit des DLR-Forschungsflugzeugs Falcon bei einem Messflug

Kleinsatellit zur Technologieerprobung

Wie ein fliegender Kühlschrank rast TET-1 seit dem 22. Juli 2012 um die Erde. Der deutsche Kleinsatellit wiegt 120 Kilogramm und hat 50 Kilogramm Nutzlast an Bord. Seine Aufgabe: Erproben von Technologien für den Weltraum.

Entwickelt von der Kayser-Threde GmbH im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagements ist TET-1 Kern des Programms On-Orbit-Verification, kurz OOV. Zu den elf Experimenten, die das DLR für die erste Mission ausgewählt hat, zählen Solarzellen, Navigationsgeräte, eine Weltraumkamera, Satellitenantriebssysteme und Computer-Hardware. Der Flug mit TET-1 ermöglicht es den beteiligten Unternehmen, ihre Produkte für den Einsatz im Weltraum zu qualifizieren. Sämtliche Bauelemente müssen den dort herrschenden Bedingungen standhalten, seien es große Temperaturunterschiede oder energiereiche Partikelstrahlung.

Nach dem Start an Bord einer russischen Sojus-Rakete vom Weltraumbahnhof in Baikonur (Kasachstan) müssen sich die mitgeführten Technologien ein Jahr lang bewähren, bis TET-1 dann wieder in die Erdatmosphäre herabsinken und verglühen wird.

<http://s.DLR.de/g177>



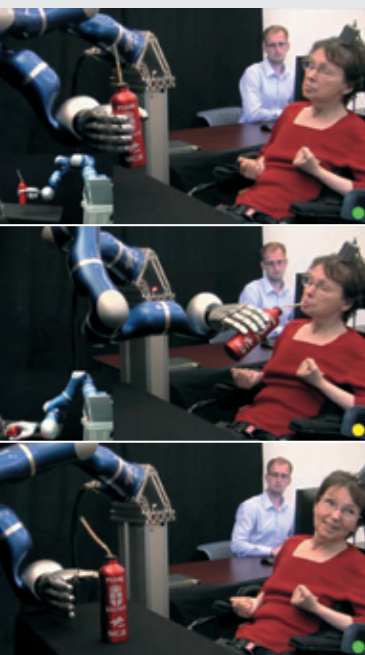
Der Kleinsatellit TET-1 (Bild: künstlerische Darstellung) testet ein Jahr lang elf Nutzlasten auf ihre Funktionsfähigkeit unter Weltraumbedingungen

Roboter funktioniert durch Kraft der Gedanken

Es war eine kleine Sensation, als die Zeitschrift „Nature“ im Mai 2012 berichtete, dass eine gelähmte Frau einen Roboter allein mit der Kraft ihrer Gedanken steuern kann. Der im DLR entwickelte Roboterarm ist von einer 58-jährigen US-Amerikanerin, die infolge eines Hirnschlags seit 15 Jahren gelähmt ist, dazu gebracht worden, ihr eine Trinkflasche zu reichen. Während sie sich vorstellt, wie sie die Bewegungen selbst ausführt, sendet ihr Hirn über ein vier mal vier Millimeter großes Implantat die dazugehörigen Signale an einen Computer. Der Roboterarm und die Fünf-Finger-Hand des DLR führen diese entschlüsselten Anweisungen aus und ersetzen der gelähmten Probandin die eigenen Hände.

Das Implantat (Neutral Interface System) wurde der Patientin bereits 2005 von der amerikanischen Brown University eingesetzt und half zunächst, eine Computertastatur zu steuern. Das Ergebnis der Studie zeigt: Auch bei Menschen, die bereits über einen längeren Zeitraum gelähmt sind, funktionieren die neuronalen Signale in einem Ausmaß, dass sie für die Steuerung von Robotern genutzt werden können.

<http://s.DLR.de/uo20>



Der DLR-Roboterarm reagiert auf Signale aus dem Gehirn

Daten aus dem All für mehr Sicherheit auf den Meeren

Fernerkundungsdaten können die Meere sicherer machen. Deshalb haben zwei Bundesministerien und vier Bundesländer beschlossen, das Projekt „Forschung und Entwicklung für die Maritime Sicherheit und entsprechende Echtzeitdienste“ bis zum Jahr 2021 mit 70 Millionen Euro zu fördern. Ziel ist es, den Küsten- und Meeresschutz zu unterstützen, die Sicherheit des Schiffsverkehrs zu erhöhen sowie die Hafen- und Offshore-Sicherheit zu gewährleisten.

Mit Hilfe von Satellitendaten und Echtzeit-Aufnahmen aus dem Weltall oder von unbemannten land- und seegestützten Luftfahrzeugen wollen DLR-Wissenschaftler ein besseres Monitoring der Meere möglich machen. Des Weiteren wird ein zugriffsgesichertes „Automatisches Identifikationssystem“ (AIS) konzipiert und untersucht. Hierfür soll unter anderem eine Verschlüsselungstechnik entwickelt werden, die es nur den Schiffen selbst sowie dem Lagezentrum erlaubt, die genauen Positionen festzustellen. Im Bereich Navigation von Schiffen im Hafenbereich werden verbesserte GPS- oder Galileo-Satellitendaten und bodengestützte Korrektursysteme zum Einsatz kommen, um Schiffe zentimetergenau zu navigieren und Kollisionen mit anderen Schiffen oder mit der Hafeninfrastruktur zu vermeiden.

<http://s.DLR.de/m378>



Den ganzen Flughafen im Blick: TAMS verzahnt Passagier- und Flugzeugprozesse

Management-System optimiert Flughafenprozesse

TAMS, das Projekt Total Airport Management Suite, wurde nach dreijähriger Laufzeit erfolgreich abgeschlossen. Damit schufen DLR-Wissenschaftler ein neues Management-System für Flughafenprozesse. Alle Einzel-Systeme von den jeweiligen Flughafen-Akteuren sind darin integriert, Störquellen werden angezeigt und es bietet abgestimmte Lösungsvorschläge. Die langfristigen und bereits nachgewiesenen Vorteile, die TAMS erzielt, sind: geringere Kosten, kürzere Wartezeiten für die Passagiere, weniger Schadstoffausstoß und weniger Lärmmissionen.

Zusammen mit dem ebenfalls vom DLR entwickelten Passagier-Management-System werden erstmals die luft- und landseitigen Flughafenprozesse verzahnt dargestellt. Zur Überprüfung des Systems schufen die DLR-Wissenschaftler unter Anwendung realer Flugdaten eine realitätsnahe virtuelle Flughafenumgebung. Der simulierte Verkehr fließt in die vernetzten Einzelsysteme ein. Das TAMS-System leitet wichtige Leistungsparameter, wie die Ressourcenverfügbarkeit, ab und liefert diese in die Flughafenmanagementzentrale, den sogenannten Leitstand.

<http://s.DLR.de/dp08>

DURCHS GANZE UNIVERSUM

<http://bit.ly/yUV2eR>

Ein kolossaler Spaß – sehen, was kleiner ist als der Mensch: Ameise, Zelle, Atom, winzige und aberwinzige Elementarbausteine ... und dann in die andere Richtung, bis weit, weit hinaus ins Universum. Auf Mausclick verrät uns ein jedes Objekt Wissenswertes über sich (in Englisch). Die „Skala des Universums 2“ lässt uns mehr noch als sein Vorgänger staunend und schmunzelnd durchs Universum reisen, macht seine Dimension vorstellbar. Dank liebevoller Zeichnung auch ohne englische Sprachkenntnisse wunderschön anzusehen. (Benötigt flash)

BESUCH BEI HEINRICH HERTZ

<http://s.gd/YjaDb3>

Das Deutsche Museum Bonn widmet sich dem Physiker Heinrich Hertz. Wer informiert werden will, ist auf der Website richtig. Allerdings verzichtet sie auf Multimediales und allein mit Text und Fotos vermag der Funke noch nicht wirklich überzuspringen. Doch Interessenten am Leben und Wirken von Hertz ist diese Seite zu empfehlen. Vor allem die Internetseite zur HzCaching-Tour bietet interessante Details an.

UP TO DATE IN SACHEN RAUMFAHRT

<http://www.space.com/>

Ein vielfältiges Web-Angebot über aktuelle Ereignisse in Raumfahrt und Weltraumforschung mit jeder Menge Hintergrundinformationen wird hier aufbereitet. Nachrichten, beeindruckende Bilder und faszinierende Videos sind zu sehen. Man kann sich über neue Forschungsergebnisse, aktuelle Missionen, Trends und Ideen für die Zukunft der Raumfahrt informieren und dank Kommentarfunktion auch fachsimpeln. (Seite in Englisch)

STERNENNÄCHTE IM PLANETARIUM

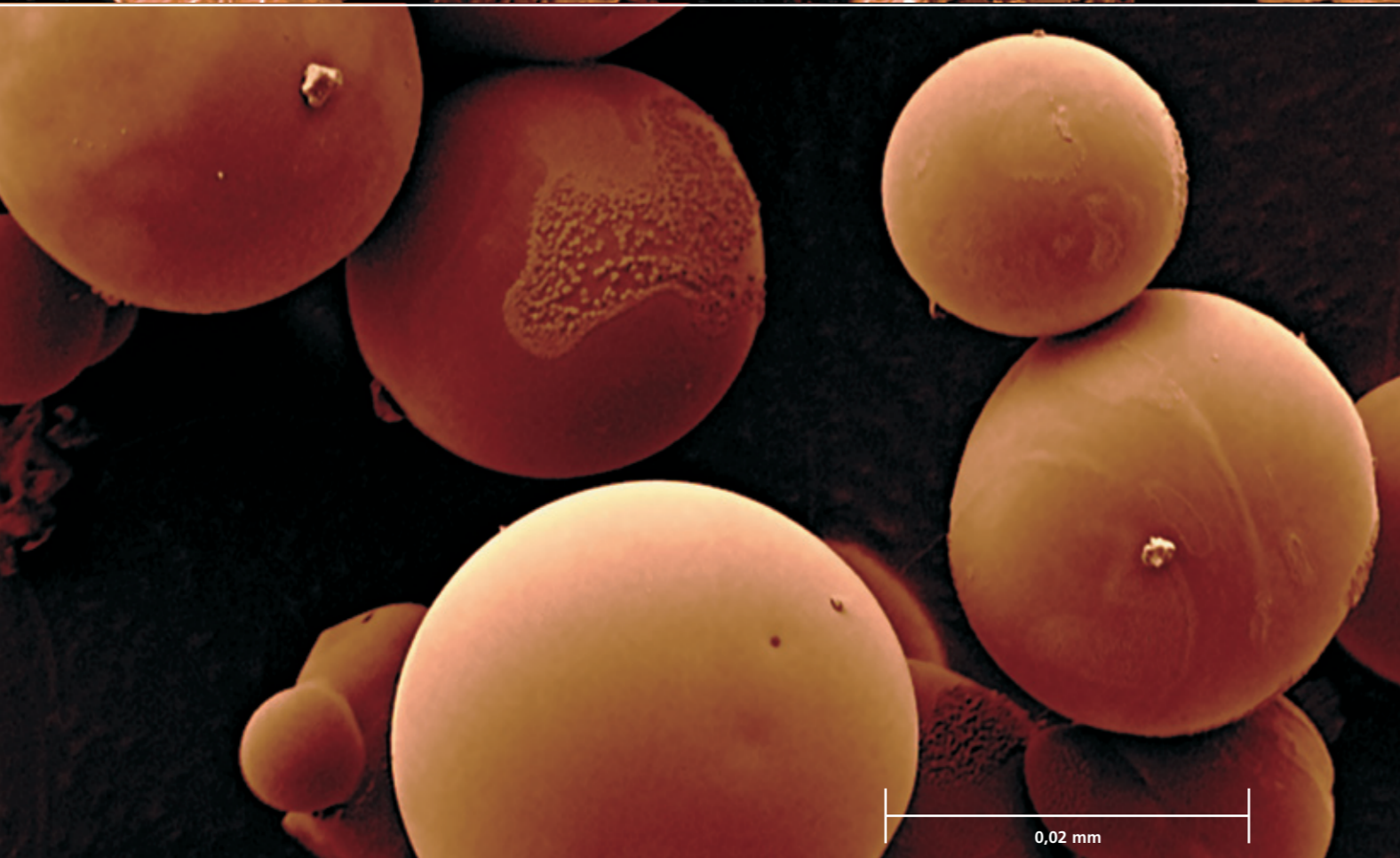
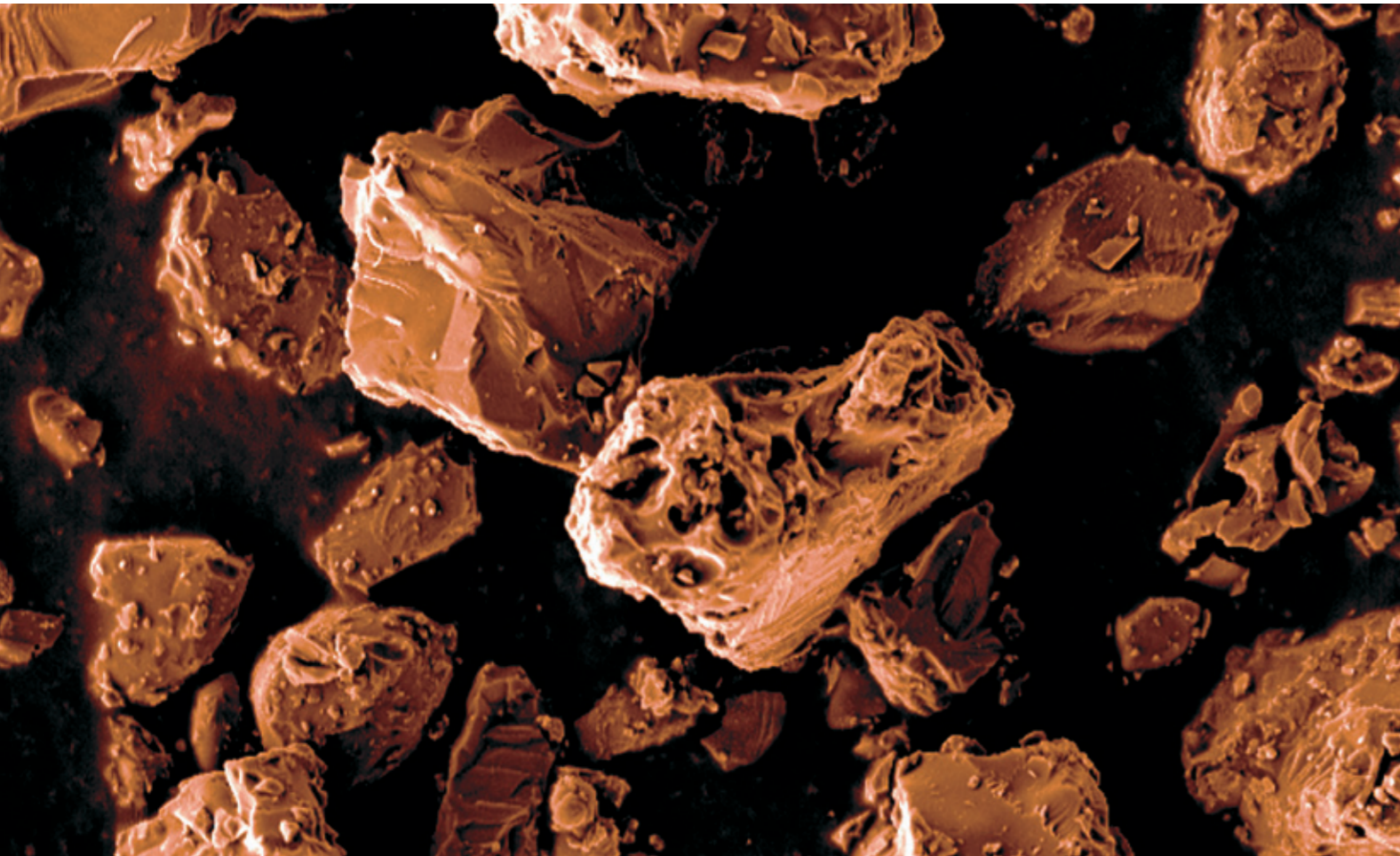
<http://www.planetarium-berlin.de/Programm/>

Sternenshow, Sternennächte und die Entdeckung des Weltalls gehören zu den Aktivitäten, welche die Wilhelm-Foerster-Sternwarte mit Planetarium am Insulaner Berlin für Kinder und Erwachsene anbietet. Ein detailliertes Programm mit vielen Aktivitäten ermöglicht eine unterhaltsame Fortbildung.

ORT DER GESCHICHTE

www.lacoupole-france.com/de/

An einen außergewöhnlichen Ort führt diese ebenso außergewöhnlich gestaltete Website: La Coupole ist eines der größten baulichen Überreste des Zweiten Weltkriegs in Europa und ein Zentrum für Geschichte und Erinnerung. Im Nord-Pas-de-Calais in Frankreich gelegen, greift es Ereignisse des historischen Erbes aller Europäer auf und analysiert die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Krieg. Die Internetseite des Museums zeigt Bilder des unterirdischen Bunkers, der von den Nationalsozialisten von 1943 bis 1944 errichtet wurde, um dort die V2-Raketen (die ersten Raketen, die in die Stratosphäre vordrangen) zu lagern und für den Einsatz vorzubereiten. (Seite mehrsprachig)



Splitterförmig zeigen sich die Aschepartikel des Vulkans Eyjafjallajökull unter dem Elektronenmikroskop (oben), beim Durchqueren einer circa 1.700 Grad Celsius heißen Flamme wandeln sie sich schnell in Gefahr bringende Schmelztröpfchen um (unten)

Wenn die Asche schmilzt

Ein Himmel gänzlich ohne Kondensstreifen – dieser außergewöhnliche Anblick bot sich Ende April 2010 über weiten Teilen Europas. Etwa 100.000 Flüge wurden wegen des Ausbruchs des isländischen Vulkans Eyjafjalla gestrichen. Es wurde befürchtet, dass die Flugzeugtriebwerke Schaden nehmen, wenn sie Vulkanasche einsaugen. Das daraufhin ausgesprochene Flugverbot hatte weitreichende Folgen für Fluggesellschaften, Flughafenbetreiber und Passagiere. Aber worin genau liegt eigentlich die Bedrohung? Vor allem dann, wenn weit und breit keine dunkelgrauen Vulkanaschewolken zu sehen sind, kommen Zweifel auf. Grund genug, dass Wissenschaftler und Ingenieure des DLR der Frage auf den Grund gehen. Sie wissen: Gefahr kann auch unsichtbar sein.

Die Chemie zwischen Vulkan und Triebwerk

Von Dr. Peter Mechnich

Ein modernes Flugtriebwerk saugt bis zu 100.000 Kubikmeter Luft pro Minute an. Auch bei augenscheinlich geringer Luftbelastung können also recht große Mengen Vulkanasche partikel ins Triebwerk gelangen. Die aschehaltige Luft wird verdichtet und strömt in die Brennkammer, wo Kerosin bei bis zu 1.700 Grad Celsius verbrennt. Dabei schmelzen die aus silikatreichen Mineralen bestehenden Vulkanaschepartikel. Nach Passieren der Brennkammer trifft der heiße Abgasstrom auf die Turbinenschaufeln, wo sich die Vulkanaschepartikel ablagern können. Falls diese glasartigen Ablagerungen zu dick werden, droht der Stillstand des Triebwerks. Auch wenn dieser Extremfall ziemlich unwahrscheinlich ist, braucht man Klarheit darüber, wie sich eingesaugte und abgelagerte Vulkanasche auf die Lebensdauer von Triebwerken beziehungsweise auf die darin eingesetzten Werkstoffe auswirkt. Denn auch kleinere Effekte können auf lange Sicht folgenschwer sein.

Vom Himmel ins Labor

Um die Wirkungen der Vulkanasche in der Luft zu ermitteln, läge es nahe, mit einem Flugzeug gezielt durch die nächstbeste Aschewolke zu fliegen, und sich danach das Triebwerk anzuschauen. Doch dieses Risiko wird ohne Not niemand eingehen. Man könnte aber auch am Boden komplette Flugtriebwerke gezielt kleinen Vulkanaschemengen aussetzen. Das wiederum wäre sehr kostspielig. Eine Alternative bietet das Laborexperiment: Hier kann die Einwirkung von Vulkanasche unter kontrollierten Bedingungen studiert werden, um so ein grundlegendes Verständnis der Prozesse zu gewinnen.

Für ein Laborexperiment entsprechende Mengen Vulkanasche einzusammeln, ist nicht das Problem. Kurz nach dem Ausbruch des Eyjafjallajökull wurde im Rahmen der Mission des DLR-Forschungsflugzeugs FALCON von einem Team des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre am Flughafen Reykjavik eine Vulkanascheprobe genommen und dem DLR-Institut für Werkstoff-Forschung zur Verfügung gestellt. Im Rasterelektronenmikroskop (REM) zeigen die Vulkanaschepartikel ihre scharfkantige, splittrige Natur. Wie verhalten sich diese Partikel beim Flug durch die Brennkammer? Sie direkt im Triebwerk zu beobachten, ist nahezu unmöglich. Doch man kann die Vulkanaschepartikel durch die etwa 1.700 Grad Celsius heiße Flamme eines handels-

üblichen Gaslötbrenners fliegen lassen: Im Rasterelektronenmikroskop zeigen sich die Partikel nun nahezu kugelförmig und teilweise zu größeren Partikeln verschmolzen. Obwohl dieses Modell nicht zu hundert Prozent ins Triebwerk übertragbar ist: Der kurze Weg durch die Brennkammer reicht völlig aus, um die Vulkanaschepartikel in zähflüssige Tröpfchen zu verwandeln. Diese prasseln auf die Turbinenschaufeln, wo sie wegen ihrer honigartigen Konsistenz schnell anwachsen können.

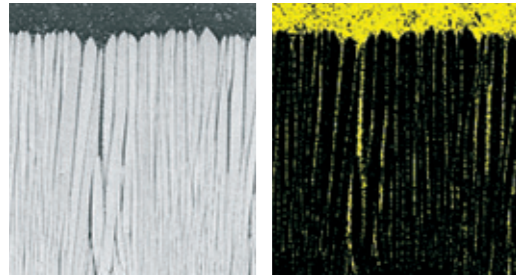
Was passiert mit der Triebwerksschaufel?

Die metallischen Turbinenschaufeln moderner Flugtriebwerke werden mit dünnen Hochleistungskeramiken beschichtet, um sie für eine effiziente Verbrennung bei möglichst hohen Temperaturen betreiben zu können. Wenn diese, nur etwa 0,2 Millimeter dicken Wärmedämmschichten großflächigen Schaden nehmen, müssen die Turbinenschaufeln vorzeitig ersetzt werden. Heute werden in der Regel Wärmedämmschichten aus Zirkondioxid eingesetzt, die durch einen speziellen Beschichtungsprozess, das Elektronenstahl-Aufdampfen, hergestellt werden. Typisch für diese Wärmedämmschichten ist die Zugabe von Yttriumoxid, weshalb dieses Material auch als Yttriumoxid-stabilisiertes Zirkonoxid, kurz YSZ, bezeichnet wird. Eine Besonderheit dieser

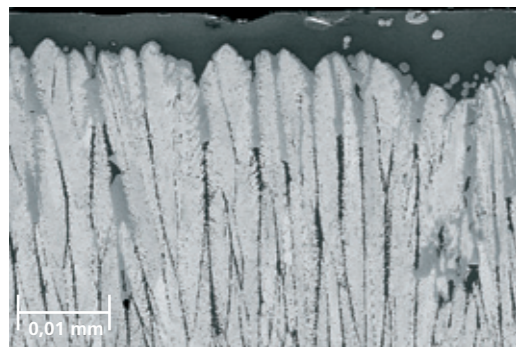


Aschewolke des Vulkans Eyjafjallajökull, gesehen aus dem DLR-Forschungsflugzeug FALCON

Reaktion von Vulkanasche mit konventioneller Wärmedämmschicht (Zirkondioxid)



Tief dringt die geschmolzene Vulkanasche (gelb) in die Wärmedämmschicht ein



In den Zwischenräumen der säulenartigen Struktur bildet sich die neue Verbindung Zirkonsilikat $ZrSiO_4$

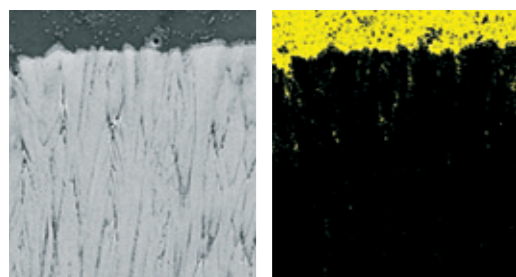
Schichten wird unter dem Mikroskop sichtbar: Sie sind, im Gegensatz zu einer dichten Emaille, säulenartig aufgebaut. Dieser Aufbau ist sehr vorteilhaft, weil kleine elastische Verformungen der metallischen Turbinenschaufel nicht zwangsläufig zum Reißen oder Abplatzen der harten, an sich unelastischen Keramikschicht führen. Auch schnelle Temperaturwechsel („Thermoschock“) werden so schadlos überstanden. In den Beschichtungsanlagen des DLR-Instituts für Werkstoff-Forschung können solche keramische Wärmedämmschichten maßgeschneidert hergestellt werden.

Im Laborexperiment simulieren DLR-Wissenschaftler das Verhalten der Wärmedämmschichten mit Vulkanascheablagerungen und beobachten die Folgen anschließend im Rasterelektronenmikroskop. Das Benetzen von YSZ-Wärmedämmschichten beginnt bei etwa 1.000 Grad Celsius, was im Flugtriebwerk schon bei moderatem Schub leicht erreicht wird. Erhöht man die Temperatur auf 1.100 Grad (typisch bei Reisegeschwindigkeit), dann kann die Vulkanasche schon so weit zerfließen, dass sie eine geschlossene Decke, ähnlich einer Glasur, bildet und zwischen die Säulen der Wärmedämmschicht eindringt. Später, bei 1.200 Grad, die in Phasen hoher Triebwerksleistung, beispielsweise im Steigflug, erreicht werden, dringt die geschmolzene Vulkanasche tief in die Wärmedämmschicht ein. Gleichzeitig setzt die chemische Zersetzung von YSZ ein, zunächst zu Yttriumoxid-freiem, instabilem Zirkondioxid und danach zu einem Zirkonsilikat.

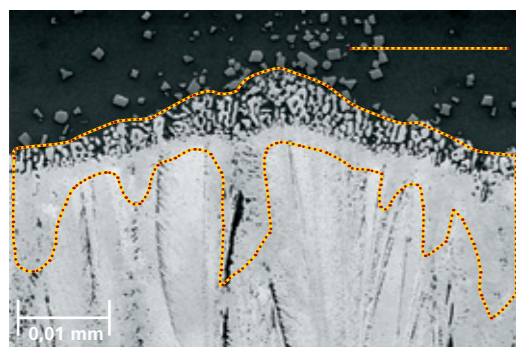
Was bedeutet das nun für die Lebensdauer einer realen Wärmedämmschicht einer Turbinenschaufel? – Große Teile der vormals säulenartigen, dehnungsfähigen Struktur sind nun komplett verdichtet beziehungsweise verwachsen. Bei mechanischer Deformation der Turbinenschaufel oder bei schnellen Temperaturwechseln steigt die Gefahr, dass die Wärmedämmschicht reißt oder abplatzt.

Nun kann man das Ablagern von Vulkanasche leider nicht verhindern. Aber könnte man wenigstens das Eindringen geschmolzener Vulkanasche bremsen? – Dies wäre durch eine Art

Reaktion von Vulkanasche mit neuer Wärmedämmschicht (Gadoliniumzirkonat)



In eine $Gd_2Zr_2O_7$ -Wärmedämmschicht dringt die geschmolzene Vulkanasche (gelb) deutlich weniger ein



Im Kontaktbereich bildet sich eine dichte Reaktionszone aus Gd-Apatit $Gd_8Ca_2Si_6O_{26}$

Turbinenschaufel mit keramischer Wärmedämmschicht

Aufsicht Querschnitt

Metallische Turbinenschaufel mit einer keramischen Wärmedämmschicht: Im Mikroskop zeigt sich der beim Aufdampfen entstehende, säulenartige Schichtaufbau

Versiegelung machbar, beispielsweise durch Verschmelzen der Oberfläche in einem starken Laserstrahl. Doch bei genauer technischer und auch ökonomischer Betrachtung erweist sich diese Idee als nicht praktikabel. In jüngster Zeit forschen die DLR-Wissenschaftler an neuen Werkstoffen für Wärmedämmschichten, sogenannten Seltenerd-Zirkonaten, bestehend aus Zirkondioxid sowie Oxiden Seltener Erden. Zu diesen Elementen zählen Lanthan und die chemisch verwandten Lanthaniden, hier seien beispielsweise Neodym, Gadolinium oder Lutetium genannt. Eigentlich sind die Seltenerd-Zirkonate chemisch viel unbeständiger gegenüber Vulkanasche als das klassische YSZ. Paradoxerweise ist diese Instabilität des Werkstoffs der Schlüssel zu einer höheren Resistenz der Wärmedämmschicht: Die schnelle chemische Reaktion von geschmolzener Vulkanasche und Seltenerd-Oxiden produziert neue Verbindungen, sogenannte Seltenerd-Apatite. Diese reichern sich unmittelbar am Kontakt an, was das weitere Eindringen der geschmolzenen Vulkanasche bremst. Dieser Effekt wird deutlich am Beispiel des Gadolinium-Zirkonats, das mit Vulkanasche zwischen 1.000 und 1.200 Grad Celsius schnell zum Gadolinium-Apatit reagiert. Ob dieser Mechanismus einen langfristigen Schutz gegen Abplatzen bewirken kann, ist derzeit aber noch völlig offen; schließlich sollen Turbinenschaufeln Tausende von Stunden unter stark schwankender Beanspruchung laufen, was im Labor kaum wirklichkeitsnah simuliert werden kann.

Noch viele offene Fragen

Mangels eines Grenzwerts für die Luftbelastung mit Vulkanasche galt während des Eyjafjallajökull-Ausbruchs zunächst eine „Null-Toleranz“ samt Flugverbot. Durch die alltägliche Erfahrung mit Belastung von Triebwerken durch Wüstenstaub wurde kurzerhand ein allgemeiner Vulkanasche-Grenzwert von zwei Milligramm pro Kubikmeter Luft festgelegt. Doch es stellt sich die Frage, ob man überhaupt einen für alle Flugzeuge einheitlichen, sinnvollen Grenzwert für die Luftbelastung mit Vulkanasche festlegen kann. Denn es gibt sehr viele Triebwerkstypen und in Zukunft werden weitere dazukommen, auch gefertigt unter Verwendung neuer Werkstoffe.

Auch bei den Vulkanen ist nicht einer wie der andere: Es gibt große Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung ihrer Aschen, die wesentlich für Schmelzen und auch für die Reaktion mit Wärmedämmschichten sind. Und es geht noch schlimmer: Weniger die absolute Konzentration von Vulkanaschepartikeln ist entscheidend, sondern die im Triebwerk von Fall zu Fall wirksame Dosis. Bei hohem Schub, beispielsweise im Steigflug, kann ein kurzes Durchqueren einer Vulkanaschewolke deutlich belastender sein als ein weitaus längeres Durchqueren bei geringem Schub, zum Beispiel im Reiseflug.

Dieser zunächst kaum überschaubaren Komplexität wird zukünftig mit interdisziplinärer Forschung von Triebwerkstechnologie, Werkstoffwissenschaft und Atmosphärenforschung/Geowissenschaft Rechnung getragen werden – Disziplinen, die beim DLR traditionell großgeschrieben werden. •

Autor:

Dr. Peter Mechnich ist Diplom-Mineraloge und arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Werkstoff-Forschung auf dem Gebiet der anorganischen nichtmetallischen Hochtemperaturwerkstoffe. Schwerpunkte seiner Arbeiten umfassen die keramischen Verbundwerkstoffe, die keramischen Schichtwerkstoffe und die Hochtemperatur-Korrosionsforschung.

Weitere Informationen:

www.DLR.de/WF
www.DLR.de/PA
www.DLR.de/AT

Forschungsflugzeug FALCON:
<http://s.DLR.de/6dzt>
 Vulkanasche und Flugverkehr:
www.metoffice.gov.uk/aviation/vaac/
 National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA (USA):
www.ngdc.noaa.gov/hazard/volcano.shtml

Kleine Chemie der Wärmedämmschichten

| | | | |
|----------------|-----------|---------------------|----------------------|
| Zirkondioxid | ZrO_2 | Gadolinium-Zirkonat | $Gd_2Zr_2O_7$ |
| Yttriumoxid | Y_2O_3 | Zirkonsilikat | $ZrSiO_4$ |
| Gadoliniumoxid | Gd_2O_3 | Gadolinium-Apatit | $Gd_8Ca_2Si_6O_{26}$ |

Geschmolzene Vulkanasche dringt ein, reagiert und führt zum Abplatzen der Wärmedämmschicht

Konzept: Das Eindringen der geschmolzenen Vulkanasche wird durch eine Reaktionszone gebremst

Zimmer mit Ausblick



Im neu geschaffenen TowerLab des DLR in Braunschweig werden Arbeitsplatzkonzepte für Lotsen erprobt

Hoch über dem Frankfurter Flughafen ist die Sicht getrübt. Dichte Wolken ziehen vorüber, als von Norden ein Airbus A320 im Sichtfeld der Towerlotsen erscheint. Er zieht einen weiten Bogen am Himmel und schwenkt dann in Richtung Landebahn Nord ein. Die Towerlotsen halten Sicht- und Funkkontakt und geben dem Piloten die Freigabe für seine Landung. Sie beobachten einen sehr steilen, gleichmäßigen Sinkflug, der mit einer weichen punktgenauen Landung in Frankfurt endet. Die Maschine bremst ab, rollt aus und verlässt die Landebahn. Den Anweisungen der Lotsen folgend, setzt sie den Weg zu ihrer Abstellposition in Frankfurt fort, verschwindet dann jedoch plötzlich. – Die Simulation ist beendet, der Versuch geglückt. Die Lotsen sind in diesem Fall jedoch Forscher des DLR-Instituts für Flugführung. Die Szene spielt am neu errichteten Towersimulator ATS360 des DLR in Braunschweig.

Neue Ideen für den Luftverkehr von morgen

Von Sven Kaltenhäuser und Michael Drews

70 Meter Tower-Höhe und eine übergroße Glasfront zur Rundumsicht in einem ebenerdigen, fensterlosen Raum? Im DLR in Braunschweig geht das: Der neu errichtete Towersimulator ATS360 ist etwas ganz Besonderes. Der fensterlose Raum birgt in seinen runden Wänden 13 kreisförmig angeordnete HD-Projektoren. Sie werfen ein riesiges, nahtloses Videobild an die Seitenwände. Die Projektion füllt das Sichtfeld der Forscher völlig aus und bildet die Aussicht aus dem Kontrollturm am Flughafen Frankfurt realistisch nach.

In der Mitte des Raums, an drei Lotsenarbeitsplätzen, sitzen DLR-Wissenschaftler. Sie sind Teil eines Teams, das gerade ein neues Anflugverfahren mit besonders steilen Anflugwinkeln auf seine Praxistauglichkeit hin untersucht. Die Forscher haben sich wie Towerlotsen in der Praxis verhalten und mit direktem Sichtkontakt zum Flugzeug für die Sicherheit der Landung gesorgt. Gleichzeitig sammelten sie Daten über den Versuch, die Möglichkeiten und Einschränkungen solcher neuartigen Anflüge aufzeigen werden. „Wirklich jeder beliebige Flughafen lässt sich hier nachstellen, das lässt uns flexibel arbeiten. Auch zukünftige Flughäfen sind kein Problem“, sagt Sebastian Schier, verantwortlich für diese Anlage. Nachdem dieser Versuchslauf beendet ist, wird die Simulation zurückgesetzt und ein weite-

re Versuchslauf beginnt. Das Flugzeug erscheint wieder als kleiner Punkt am Himmel und nimmt erneut Kurs auf Frankfurt.

Ein Himmel voller Flugzeuge

Ein zweites Team aus Forschern und echten Lotsen beobachtet derweil Radarschirme, auf denen der A320 als beschrifteter Punkt erscheint. Sie sitzen im sogenannten Luftverkehrssimulator (ATMOS), einem langen Raum mit hohen Wänden im Keller des Braunschweiger DLR-Instituts. Dabei handelt es sich um den Nachbau eines Kontrollzentrums (Center) für die Flugsicherung. In einem Center überwachen sogenannte Centerlotsen An- und Abflüge sowie Flugverkehrsstrecken bestimmter Lufträume. Dies geschieht im Gegensatz zu Towerlotsen nur auf Radarschirmen, also ohne direkte Sichtverbindung. Der ATMOS stellt solch ein Center mit mehreren Lotsenarbeitsplätzen nach und liefert gleichzeitig den ganzen virtuellen Luftverkehr, der für die realitätsnahen Versuche benötigt wird. „Der ATMOS ist ein sehr mächtiger Luftverkehrssimulator. Seine in diesem Jahr modernisierte Infrastruktur erlaubt es uns, den Simulator noch besser und realitätsnäher für Experimente einzusetzen“, weiß Tim Stelkens-Kobsch, verantwortlich für die Anlage.

Beinahe real: Im Towersimulator AT360 kontrollieren Lotsen Flugzeug-Starts und -Landungen unter realistischen Bedingungen

Die ATMOS-Forscher nehmen im just gestarteten zweiten Simulationslauf wieder Funkkontakt mit dem Piloten des A320 auf. Während sie letzte Anweisungen zum bevorstehenden Landeanflug übermitteln, erkennen sie auf ihren Radarschirmen, wie sich das Flugzeug langsam dem Flughafen nähert. Zu sehen sind aber auch andere Flugzeuge im Luftraum über Frankfurt, denn jeder Radarschirm deckt einen bestimmten Sektor am Himmel ab. Die Lotsen müssen nun den nahtlosen Ablauf des Verkehrs organisieren und haben dabei zu gewährleisten, dass sich die anfliegenden Luftfahrzeuge nicht zu nahe kommen. All diese virtuellen Flugzeuge werden nicht von einem Computer gesteuert, sondern von sogenannten Pseudopiloten im Nachbarraum des ATMOS. Ein Pseudopilot führt dabei per Tastatur und Maus jeweils gleich mehrere Flugzeuge durch den Luftraum. Dabei befolgt er Anweisungen, die er per Funk von den Lotsen erhält. So wird die Kommunikation zwischen Center und Flugzeug realistisch nachgestellt. Während der Luftverkehr über Frankfurt von den Pseudopiloten nachgestellt wird, steuert ein echter Pilot das zentrale Flugzeug der Landeversuche, einen A320.

Genau wie am Steuer eines Airbus A320

Für die realistische Simulation der Landungen des A320 durch einen Piloten ist eine äußerst realistische Arbeitsumgebung notwendig, die über alle erforderlichen Instrumente und Anzeigen für die Bedienung des Flugzeugs verfügt. Genau so eine Umgebung findet sich beim dritten beteiligten Forscherteam am anderen Ende des DLR-Gebäudes: Es ist der Cockpitsimulator GECCO. Der GECCO ist ein mehrere Meter großer, eiförmiger Aufbau. Hinter einem Vorhang, der den Eingang des Simulators verdeckt, findet sich die naturgetreue Nachbildung

eines echten Cockpits mit allen Armaturen und Sitzen für Pilot und Copilot. Glanzpunkt der Anlage ist ein spezielles Spiegelsystem, welches die Außensicht und ihre Weite so realistisch darstellt, dass ungeübten Insassen bei extremen Flugmanövern im Cockpit leicht unwohl werden kann.

Das Team um den Piloten macht sich bereit für einen weiteren Lauf des Versuchs zu steilen Anflügen. Nachdem die Simulation neu gestartet wurde und die beteiligten Teams an den anderen Simulatoren das Signal gegeben haben, startet der Versuch. Der Pilot im Cockpit findet sich im Luftraum nahe Frankfurt wieder, die Stadt zeichnet sich bereits am Horizont ab. Zunächst per Autopilot navigiert er seinen A320 entlang der Anflugroute. Nachdem der Pilot die Freigabe für den zu untersuchenden steilen Landeanflug bekommen hat, nimmt er die dazu erforderlichen Einstellungen im Cockpit vor. Von nun an fliegt er von Hand und folgt dabei den An-

zeigen, mit deren Hilfe er den Anflugwinkel genau einhalten kann. Aus dem Cockpitfenster schauend, sieht er bereits die Landebahn. Fortwährend kontrolliert er Geschwindigkeit, Höhe, Triebwerksleistung und seine Position auf dem neu berechneten Gleitpfad – der gedachten Linie, die ihn hinunterführt auf die Landebahn. Routiniert hebt er die Nase des Flugzeugs kurz vor der Landung und setzt die Maschine sanft auf die Piste. Wieder eine Landung mehr und zusätzliche Daten für die Bewertung des untersuchten Anflugverfahrens. „Mit diesem Simulator und dem realistischen Verhalten der Beteiligten kommen wir der echten Flugerfahrung sehr nahe“, sagt Dr. Bernd Korn, Leiter der Abteilung Pilotenassistenz.

Nach dem Abschluss mehrerer Versuchsläufe werden die Ergebnisse der Forscher an den Anlagen zusammengetragen

Validierung: Überprüfung eines Systems beziehungsweise eines entwickelten Verfahrens hinsichtlich seiner Eignung in der Praxis. Dabei wird nicht nur getestet, ob das System technisch wie geplant funktioniert, sondern auch, ob es die erwarteten Verbesserungen im Betrieb erzielen kann.

und in den folgenden Wochen ausgewertet. Sie liefern den Wissenschaftlern neue Erkenntnisse zur Durchführbarkeit des innovativen Anflugverfahrens von Seiten der Piloten wie der Lotsen. „Wir versprechen uns sehr viel von solchen neuartigen Anflugverfahren. Sie werden in Zukunft einen wichtigen Beitrag leisten, Lärm über Wohngebieten zu reduzieren“, sagte Bernd Korn.

Die Simulationen in den Räumen des Instituts stellen einen wichtigen Schritt zur Prüfung des neuen Anflugkonzepts dar. Bewährt sich ein solches Konzept an dieser Stelle, so werden in einem nächsten Schritt immer wieder echte Forschungsflüge am angeschlossenen Flughafen Braunschweig-Wolfsburg durchgeführt. Dabei kommt auch der größte Flieger der DLR-Forschungsflotte zum Einsatz: der Airbus A320 „ATRA“. Solche Flugversuche sind noch näher an der Realität des Flugverkehrs, aber ungleich aufwändiger und teurer.

Der Braunschweiger Forschungsflughafen wurde durch das DLR in den letzten Jahren mit hochmodernen Sensorsystemen zur präzisen Positionserfassung und Anflugunterstützung ausgerüstet. Zusammen mit den DLR-Forschungsfliegern können so die nächsten Schritte zur Einführung neuartiger Verfahren und Technologien für den täglichen Einsatz gegangen werden.

Validierungszentrum Luftverkehr in Braunschweig

Simulatoren, Sensorsysteme und Flugversuchsausrüstung bilden zusammen das neue „Validierungszentrum Luftverkehr“ des DLR-Instituts für Flugführung. In seiner Gesamtheit bietet es den Forschern die passenden Werkzeuge, um neue Ideen, Konzepte und Technologien für alle Bereiche des Luftverkehrsmanagements von morgen zu erproben und zu bewerten. Das Validierungszentrum ermöglicht dabei die kontinuierliche Überprüfung aller Entwicklungsschritte, von den ersten Konzeptideen bis hin zu Tests von Prototypen und deren Einsatz unter realitätsnahen Bedingungen. Mit seinen vielfältigen Einsatzmöglich-

keiten und seiner großen Bandbreite bietet das Zentrum eine europaweit herausragende Infrastruktur zur Erforschung des Luftverkehrs.

In den letzten vier Jahren wurde das Zentrum, bestehend aus den verschiedenen genannten Simulatoren sowie weiterer Anlagen, umfangreich aus- und umgebaut. Die Forscher können damit das komplexe System Luftverkehr mit seinen vielen Beteiligten realistisch nachstellen, um völlig neue Konzepte für den Luftverkehr sicher zu erproben und zu überprüfen. Ohne den echten Luftverkehr zu beeinträchtigen, zeigen neuartige Verfahren hier, inwieweit sie die in sie gesetzten Hoffnungen erfüllen können.

Am 27. Juni 2012 hat das DLR zusammen mit einer Vielzahl internationaler Gäste das neue „Validierungszentrum Luftverkehr“ in Braunschweig eingeweiht. ●

Autoren:

Sven Kaltenhäuser ist Leiter der Abteilung ATM-Simulation im DLR-Institut für Flugführung. Er und seine Mitarbeiter sind verantwortlich für die Experimentalinfrastruktur des Instituts. Zusammen mit anderen Abteilungen sind sie an der Planung, Durchführung und Auswertung komplexer Luftverkehrsexperimente beteiligt.

Michael Drews betreut die Öffentlichkeitsarbeit des Instituts für Flugführung.

Weitere Informationen:

www.DLR.de/fl



Im Cockpit des Simulators GECCO wird ein neues Anflugverfahren erprobt (Bild links)

Bilder rechts: ein realer Tower (links) und die Simulation im AT360 (rechts) im Vergleich



Tests mit Perspektive

Wer Pilot oder Lotse werden möchte, muss zunächst in Hamburg landen. An den Luft- und Raumfahrtpsychologen des dortigen DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin kommt keiner vorbei: Hier müssen die Bewerberinnen und Bewerber zeigen, was in ihnen steckt: Können sie mehrere Dinge gleichzeitig erledigen – und das bei höchster Aufmerksamkeit? Und wie ist es um die räumliche Wahrnehmung bestellt? Das sind neben einer Reihe von psychologischen Untersuchungen nur einige der Fähigkeiten, die gute Piloten und Lotsen mitbringen müssen. Denn nichts weniger als die Sicherheit im Luftverkehr wird später in ihren Händen liegen. Doch auch die konservative Luftfahrt unterliegt Wandlungen, der Arbeitsplatz eines Lotsen wird in 30 Jahren anders aussehen. Darauf stellen sich die DLR-Forscher schon heute ein und entwickeln neue Eignungstests.

In Hamburg entwickeln DLR-Wissenschaftler Messverfahren für die Eignung der Fluglotsen und Piloten von morgen

Von Lena Fuhrmann

Glossar

- MonT** Monitoring Test – mit ihm soll künftig die Überwachungsleistung von Bewerbern für Luftfahrtberufe mit Hilfe von Blickdaten untersucht werden
- 4-D-CARMA** 4 Dimensional Cooperative Arrival Manager – vom DLR entwickeltes Unterstützungssystem für die Fluglotsen der Anflugkontrolle
- 4-D-Trajektorie** dreidimensionale Planung des Flugprofils, ergänzt durch die Festlegung der 4. Dimension Zeit – sie gibt Auskunft darüber, zu welchem Zeitpunkt das Flugzeug an welchem Wegpunkt sein soll

Am Anfang steht die Frage: Wie wird sich die Arbeit von Lotsen und Piloten wandeln? Darauf baut die Arbeit von Dr. Carmen Bruder und ihren Kollegen auf. „Nur wenn wir die künftigen Anforderungen kennen, können wir auch die passenden Eignungstests zusammenstellen“, erläutert die Wissenschaftlerin. Im DLR-Projekt „Aviator 2030“ wurde dem nachgegangen. Das Ergebnis: Die Arbeit wird weiter automatisiert – und Lotse sowie Pilot werden mehr und mehr zu Überwachern der automatisierten Systeme. Kommt es für den Lotsen heutzutage darauf an, sich schnell ein Bild von der Verkehrssituation zu machen, so wird zukünftig das mentale Bild vom automatisierten System und den relevanten Informationen gefragt sein. Dabei werden die Lotsen stärker von der Technik unterstützt als bisher: „Zukünftige Systeme werden eine kritische Situation anzeigen und Vorschläge machen, wie sie zu bewältigen ist. Der Lotse muss sich dann entscheiden“, sagt Carmen Bruder. Der Lotse im Jahr 2012 arbeitet in einem Sektor, der für einen bestimmten Luftraum steht. Die Größe hängt von dem Verkehrsaufkommen ab: Je größer das Aufkommen, desto kleiner der Sektor. Etwa sechs bis 15 Minuten begleitet ein Lotse ein Flugzeug durch seinen Sektor: Er begrüßt die Piloten und verabschiedet sie auch wieder.

Tests mit Blickdaten

Carmen Bruder und ihre Kollegen arbeiten jetzt daran, Messverfahren zu entwickeln, die Auskunft darüber geben, ob der Bewerber ein guter Überwacher ist. Hierzu müssen die Blickbewegungen genau erfasst werden. Wann guckt der Bewerber wo hin und wie lange? Hier kommt der Simulator MonT ins Spiel: Die vier Monitore sehen auf den ersten Blick simpel aus, doch dahinter steckt komplexe Technik. Zwei Kameras am unteren Bildschirmrand verfolgen jede Blickbewegung. Die Probanden schauen auf einen Bildschirm, auf dem sie abstrakte, dynamische Szenarien überwachen, Fehler erkennen und eingreifen müssen. Carmen Bruder und ihre Kollegen können auf ihren

Cockpit-Simulator, Teil des integrierten DLR-Forschungssimulators in Hamburg, mit dem die Tests für morgen entwickelt werden



Bildschirmen jeden Blick des Probanden verfolgen. „An diesen Tests nehmen Lotsen- und Pilotenbewerber teil“, erklärt Carmen Bruder. Hier geht es um die reine Forschung, die Auswertungen haben keinen Einfluss auf die Fluglotsen-Bewerbung.

Carmen Bruder startet das Programm MonT. Auf dem Bildschirm erscheinen Kästchen: „MonT ist so abstrakt, dass es sich dabei um Bewegungen beliebiger Objekte handeln könnte“, erklärt Bruder. Zum Kalibrieren der Kameras muss der Proband länger auf den Bildschirm schauen, die Kameras erfassen dann die Augen und behalten sie den gesamten Test über fest im Visier. Der Testleiter sitzt an einem Bildschirm schräg zum Probanden und sieht alles, was auch der Bewerber sieht. „Der rote Punkt hier“, Carmen Bruder tippt auf ihren Bildschirm, „ist die Position, die der Proband gerade fixiert.“ Der Bewegungsablauf wird durch rote Linien nachgezeichnet. Schon nach kurzer Zeit sieht der Bildschirm aus, als hätte jemand jede Menge roter Bindfäden darüber gezogen. Für einen Laien mögen die roten Linien verwirrend wirken, für Carmen Bruder sind das klare Aussagen, ob der Proband auch die wichtigen Ereignisse auf dem Bildschirm verfolgt.

Die Ergebnisse gleicht die Psychologin mit einem theoretischen Modell des idealen Überwachungsverhaltens ab. Das beruht auf Untersuchungen mit erfahrenen Lotsen und Piloten. „Das sind alles alte Hasen, die wissen, wo sie hinsehen müssen.“ Und wie überwacht man idealerweise die Bildschirme? „Ein erfahrener Lotse scannt erst mal die Gesamtsituation. Dann entscheidet er, welche Dinge wichtig und welche weniger wichtig sind. Als wichtig eingestuftes wird häufiger und intensiver überwacht“, so Bruder. Kritisch könnte beispielsweise sein, wenn mehrere Flugzeuge in kurzen zeitlichen Abständen durch den Sektor fliegen – da muss der Lotse immer im Blick haben, ob die Flugzeuge zur richtigen Zeit am richtigen Ort sind. All diese Daten werden später mit anderen Leistungskennwerten des Probanden verglichen.

Ein Ergebnis der bisherigen MonT-Versuche: Die Verweildauer der Blicke auf wichtigen Ereignissen hängt signifikant davon ab, ob der Bewerber den Verkehr später steuern kann. „Die Ergebnisse zeigen, dass wir mit Hilfe von Blickdaten zwischen guten und schlechten Überwachern unterscheiden können.“

Realitätsnahe Szenarien: AviaSim

Weniger abstrakt geht es in Raum 554 der DLR-Dependance zu: Hier ist der Bord-Boden-Simulator AviaSim aufgebaut. In diese Simulationen fließen zukünftige Szenarien mit ein und es werden Unterstützungssysteme wie Arrival-Manager getestet. Die zentrale Frage der Luftfahrtpsychologen: Wie wirken sich die neuen Anforderungen auf Piloten und Lotsen aus? „In AviaSim wird auch ein größeres Verkehrsaufkommen dargestellt, da wir von einer konstanten Steigerung des Luftverkehrs ausgehen. „Wir konnten hierzu auf Originaldaten der Deutschen Flugsicherung zurückgreifen“, erklärt Dr. Dirk Schulze Kissing. Der DLR-Wissenschaftler hat schon einige Studien am AviaSim durchgeführt.

Neun Rechner befinden sich in diesem Experimentalraum, die vier in der Mitte werden vom Lotsen überwacht. Fünf Kameras sind auf den Probanden gerichtet. Bis zu acht Pilotenarbeitsplätze in anderen Räumen sind mit dem Lotsenarbeitsplatz gekoppelt. „An diesen Simulationen nehmen ausgebildete Piloten und Lotsen teil, sie bearbeiten gemeinsam ein Szenario und kommunizieren wie in der Realität auch über Funk miteinander, zusätzlich ist auch die Kommunikation via Datalink abgebildet. Wir testen hier Systeme für zukünftige Lotsen und Piloten – 4-D-Trajektorien sind hier zum Beispiel schon umgesetzt“, erklärt Schulze Kissing. Entstanden ist AviaSim aus den Ergebnissen des Projekts Aviator 2030. „Wir sehen hier, wie sich die Systeme auf die Nutzer auswirken“, sagt Schulze Kissing. Nicht selten arbeiten Ingenieure und Psychologen interdisziplinär zusammen: Der Arrival Manager 4-D-CARMA ist so ein Beispiel,

hier arbeiten die DLR-Kollegen der Luft- und Raumfahrtpsychologie mit denen von der Flugführung zusammen. Gemeinsam testen sie, mit welchen unterstützenden Maßnahmen die Umstellung von räumlicher auf zeitlicher Flugführung am besten funktioniert.

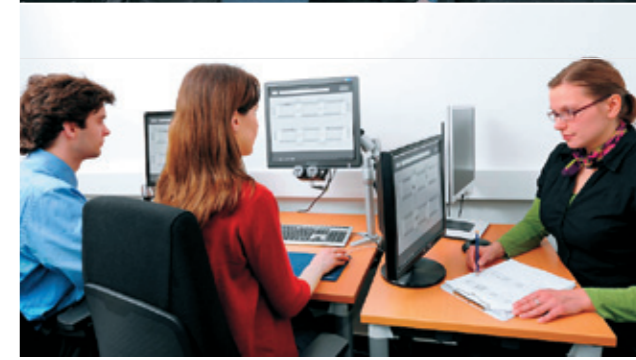
Das System hilft Lotsen bei ihren Aufgaben und zeigt beispielsweise noch eine zusätzliche Zeitleiste mit einem Planungsvorschlag und zusätzlichen Führungshilfen an. „4-D-CARMA ist jetzt in unseren AviaSim integriert. Wir Luft- und Raumfahrtpsychologen haben den Menschen im Fokus: Wie verändert die neue Arbeitsweise den Arbeitsplatz von Piloten und Lotsen und wie kommen sie damit klar?“ Dirk Schulze Kissing deutet auf den großen Bildschirm in der Mitte des Lotsenarbeitsplatzes. Hier sind grüne Nummern zu sehen. „Das ist der Luftraum um den Flughafen Frankfurt. Die einzelnen Nummern sind Wegpunkte. Die Piloten fliegen diese Punkte ab“, erklärt er. Am Flughafen Frankfurt kommen die Flugzeuge aus vier Richtungen an, der Lotse führt die Piloten über standardisierte Anflugrouten zum Landeanflug, dann übernimmt der Tower. Über jedes Flugzeug sind dezidierte Informationen vorhanden, klickt der Lotse auf das Flugzeug, erscheinen beispielsweise Rufname, Geschwindigkeit über Grund und Gewichtsklasse. „Hier zum Beispiel“, führt Dirk Schulze Kissing aus und zeigt auf den Monitor rechts, „das ist eine Anzeige des Arrival Managers: Die Zeitleiste zeigt, wann das Flugzeug an der Landebahnschwelle ankommen soll. Sollte es Änderungen geben, reagiert die Anzeige sofort.“

Wenn Dirk Schulze Kissing und Carmen Bruder die Bewegung der Augen und das Verfolgen von Punkten aufnehmen, dann spielt auch die „dynamische Sehschärfe“ eine wichtige Rolle. Im Projekt Aviator 2030 erforscht deshalb die Augenärztin Dr. Claudia Stern den Einfluss dynamischer Sehschärfe auf die Leistung. Menschen unterscheiden sich darin, wie gut sie sich bewegende Objekte scharf erfassen können. Bisher gibt es wenige Tests dazu.

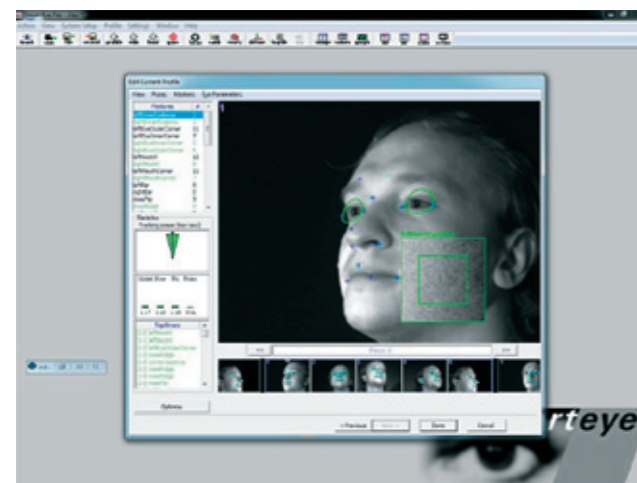
In allen Studien ziehen die Forscher ergänzende Informationen heran, wie die Erfahrung der Fluglotsen und Piloten oder die Eignungsdaten der Bewerber. „Zusätzlich leiten wir aus den Studien auch immer Informationen für zukünftige Testszenarien ab: Wie könnten diese aussehen? Wie schwierig dürfen sie sein?“ – Damit auch in Zukunft die am besten geeigneten Kandidaten als Lotsen und Piloten ausgewählt werden. ●

Weitere Informationen:

<http://s.dlr.de/cs29>
www.dfs.de/dfs_karriereportal



Arbeitsstationen des integrierten Bord-Boden-Simulators AviaSim (Bild Mitte): Neben diversen Pilotenstationen gehört auch eine Fluglotsenstation dazu (oben), unterhalb des Bildschirms montierte Kameras des SmartEye(R) Systems ermitteln die Blickrichtung der Lotsen. Bild unten: Test eines MonT-Versuchs, hier beobachtet die Versuchsleiterin das Blickverhalten der Bewerber.



Beispiel eines mit dem SmartEye (R)-Blickbewegungsmesssystems erstellten Nutzerprofils

MonT-Programm: Benutzeroberfläche mit Blickpfad (links), Blickverteilung eines guten Überwachers (Mitte) im Vergleich zu einem schlechten Überwacher (rechts)



Wie funktionieren die Lotsen-Tests heute?

Das DLR führt zusammen mit der Deutschen Flugsicherung DFS das Auswahlverfahren für Nachwuchsfluglotsen durch. Zwischen 4.000 und 5.000 Lotsenbewerbungen gehen jedes Jahr bei der DFS ein, pro Jahr werden im DLR bis zu 3.500 Auswahluntersuchungen durchgeführt. Die Bewerber sind höchstens 24 Jahre alt und haben Abitur oder stehen kurz davor. Das Auswahlverfahren ist mehrstufig. In der zweitägigen 1. Stufe werden die Basisfähigkeiten anhand standardisierter Computertests wie beispielsweise Englisch, Merkfähigkeit und Konzentration in standardisierten Computertests untersucht. Anschließend werden die Fertigkeiten zur Mehrfacharbeit getestet, das heißt mehrere Dinge gleichzeitig zu tun. Die Probanden müssen sich beispielsweise um die Abfolge von Flugzeugen kümmern und nebenher Rechenaufgaben lösen. Bei Erreichen der Kriterien werden die Bewerber zur zweiten Stufe des Verfahrens eingeladen, in der durch Teamübungen und persönliche Interviews beispielsweise das Entscheidungsverhalten und die Teamfähigkeit sowie die Motivation der Bewerber ermittelt werden. Wenn die Anwärter alle Auswahlstufen erfolgreich absolviert haben und die medizinische Untersuchung ergibt, dass sie kerngesund sind, dann bietet die DFS einen Ausbildungsvertrag an.

Der Stoff, aus dem die Träume waren

Ikarus musste schmerzlich erfahren, dass die Verwendung der richtigen Werkstoffe in der Luftfahrt von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Vater Dädalus kannte der Sage nach zwar die Belastungsgrenzen der von ihm verwendeten Werkstoffe Wachs und Federn, konnte jedoch die Grenzbereiche nicht genau definieren.

Luftfahrtwerkstoffe im Wandel der Zeit – ein Streifzug durch 100 Jahre Materialforschung

Von Michel Winand

Die klassisch gebildeten Gründer der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) hatten vielleicht nicht diese alte Geschichte im Sinn, als sie im Jahre 1912 begannen, sich dem Thema Luftfahrt wissenschaftlich zu nähern, der Stellenwert der Werkstoff-Forschung in der Luftfahrt war ihnen jedoch bewusst. Bereits im ersten Jahr gab es eine „Allgemeine Abteilung für Materialprüfungen für Luftschiff- und Flugzeugbau“. Diese Abteilung markiert den Beginn der institutionellen Material- und Werkstoff-Forschung in Deutschland.

Werk-Stoff ist in den Anfängen der Luftfahrt durchaus noch wörtlich zu nehmen. Aus imprägniertem Stoff wurden sowohl die Hüllen von Ballonen und Luftschiffen als auch die Verkleidungen der Flugzeuge hergestellt. Das Material war leicht, kostengünstig und den Flugbelastungen der damaligen Zeit durchaus gewachsen. Textilien dienten auch der Verstärkung der

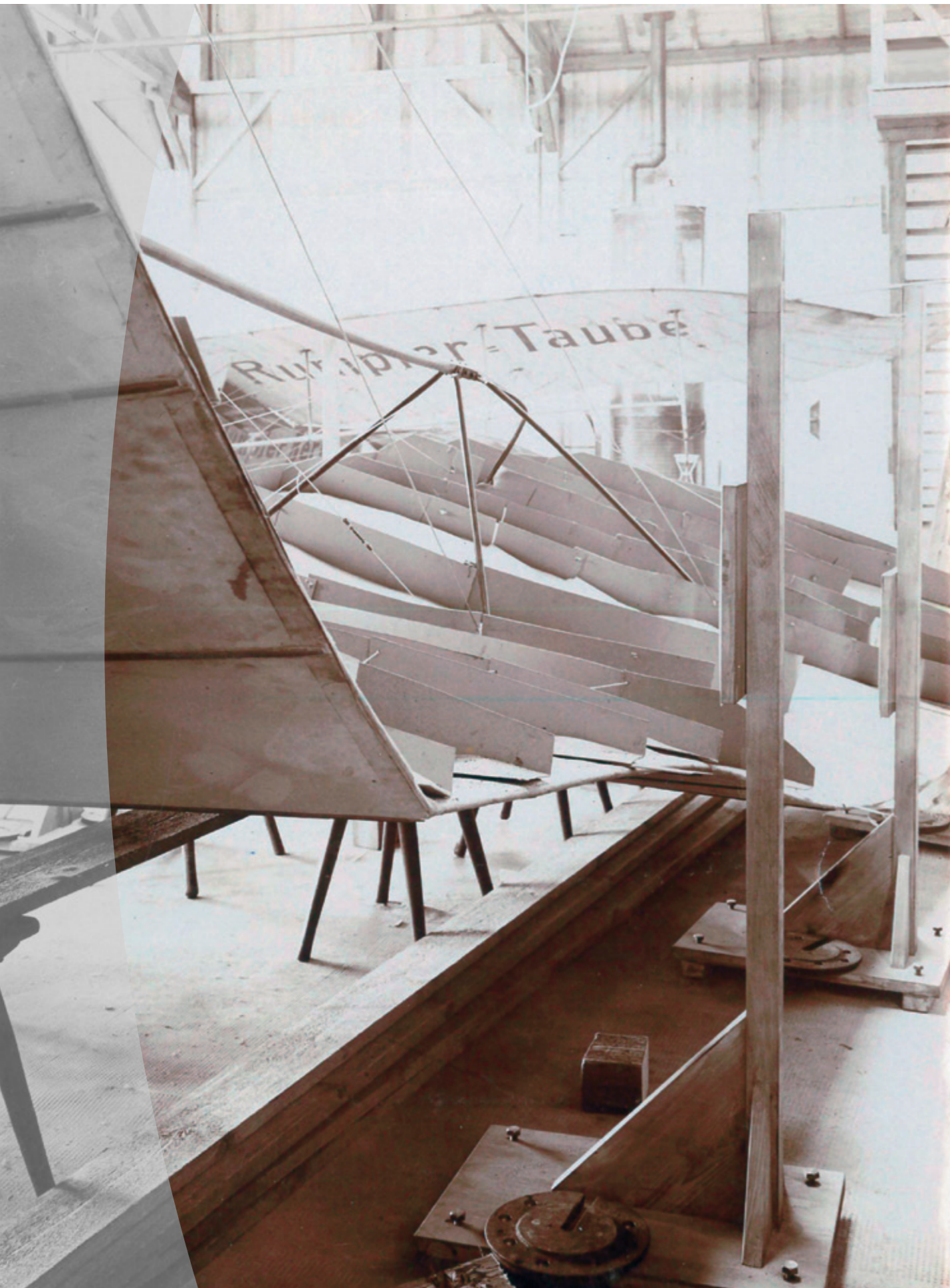
Grundstruktur. So wurden die Holzkonstruktionen des Rumpfes und der Tragflächen teilweise aus mehreren Schichten aufgebaut und verleimt. Zwischen den Holzschichten sorgten Textilien für eine höhere Bruchfestigkeit. Ein effizientes und bereits in der Antike bekanntes Prinzip.

Für die hölzernen Verstrebrungen wurden unterschiedliche Holzarten verwendet. Balsaholz, wo das Material leicht sein musste und wenig belastet wurde, Weidenruten, wo Flexibilität benötigt wurde, und schließlich Eschenholz, wo eine hohe Festigkeit und ein gewisses Maß an Elastizität gefragt war. Die Materialien wurden je nach den von ihnen bekannten Eigenschaften verwendet. Da es sich um natürliche, organische Materialien handelte, gab es aber große Unterschiede in der Beschaffenheit und somit auch in der Widerstandsfähigkeit.

Höher und schneller heißt härter und flexibler

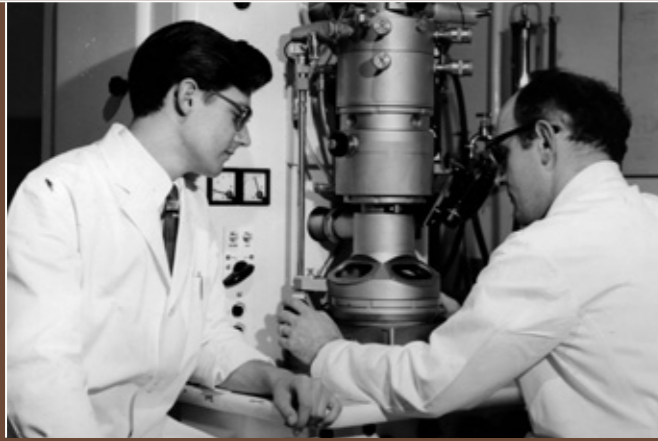
Der rasche Fortschritt in der Flugzeugentwicklung zu Beginn des 20. Jahrhunderts zeigte schnell die Grenzen der bislang verwendeten Materialien. In den ersten anderthalb Jahrzehnten stiegen die Motorleistungen rapide an. Die Geschwindigkeiten wurden gesteigert und der regelmäßige Einsatz der Fluggeräte machte auf Probleme wie die Materialermüdung und die Notwendigkeit zur Schadensdetektion aufmerksam. Konstruktionen aus Stahlrohr versprachen bessere Eigenschaften in Hinblick auf Festigkeit, Langlebigkeit sowie eine höhere Bruchtoleranz. Problematisch war jedoch das Gewicht, das die Flugeigenschaften der – nach wie vor schwach motorisierten – Flugzeuge verschlechterte.

Man benötigte einen Werkstoff, der ähnliche Materialeigenschaften wie Stahl besaß, aber leichter war. Der Chemiker Friedrich Wöhler hatte 1827 ein Material entwickelt, das ähnliche Eigenschaften wie Eisen, aber nur ein Drittel seines Gewichts hatte. Allerdings war das „Aluminium“ genannte Material weicher als Eisen und sehr teuer. Um die vorletzte Jahrhundertwende war der Preis für Aluminium jedoch deutlich gesunken. Zudem konnten die Materialeigenschaften durch spezielle, aushärtbare Aluminiumlegierungen verbessert werden. Dem Inhaber einer westfälischen Kupferhütte, Carl Berg, ist es zu verdanken, dass Aluminium schließlich zu dem bis heute vorherrschenden Werkstoff in der Luftfahrt wurde. Er hatte sich als Unternehmer stark für die Verwendung der Aluminiumlegierungen im Luftschiffbau eingesetzt und dabei auch die Verwendung im Flugzeugbau beflügelt.

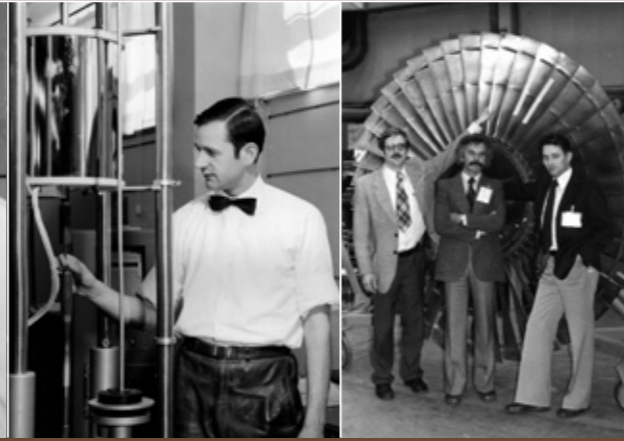


Auch die Geest-Möwe flog mit einem Rumpf aus Holz, bespannt mit Leinwand, und ebenso gefertigten Flügeln, hier auf dem Testgelände der DVL in Berlin-Adlershof

Tragflächen aus Holz und Segeltuch einer Albatros-Taube im Belastungstest, aufgenommen zwischen 1912 und 1914 in der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) in Berlin-Adlershof



Stolz auf ihr erstes Elektronenmikroskop: DLR-Mitarbeiter Roland Borath (links) und Horst Kohler Ende der Sechzigerjahre



Fotoshooting in den Siebzigerjahren: Dipl.-Ing. Meyer bei Materialtests (Bild links) und Dr. Adolf Donner, Dr. Günter Staniek sowie Dipl.-Ing. Helmut Mangers (v. l. n. r.) vor dem Schaufelkranz des Triebwerks für die Boeing 747



Professor Dr.-Ing Stefan Reh weiß, es gibt viele Wege zu effizientem und umweltschonendem Fliegen

Der Einsatz leichterer und gleichzeitig stabilerer Materialien ermöglichte wiederum Veränderungen im Design der Flugzeuge. Hugo Junkers war nicht der erste Flugzeugkonstrukteur, der, anstelle der damals üblichen Segeltuchbespannung, Aluminiumbleche einsetzte. Aber er war derjenige, dessen Entwicklungen im Grunde bis heute richtungweisend sind. Meilensteine im Einsatz des neuen Werkstoffs waren die von Hans Jakob Reissner 1912 erprobte „Reissner-Ente“, an der Junkers beteiligt war, sowie das Dornier Flugboot Rs II und die Junkers J1 aus dem Jahre 1915. Die von ihm entwickelten profilierten Alubleche verliehen der Struktur legendärer Flugzeuge Stabilität und Charakter, von der J3 (1918), über das erste zivile Ganzmetallflugzeug F13 (1919) bis hin zur noch immer fliegenden Ju 52 (1932).

Werkstoff-Forschung zwischen den Kriegen

Die Jahre nach dem ersten Weltkrieg waren für die Luftfahrtforscher und Konstrukteure geprägt durch Restriktionen und Inflation. Durch den Versailler Vertrag war die Luftfahrtforschung und Herstellung von Flugzeugen in Deutschland verboten. 1922 wurden die Verbote gelockert und ab 1925 war die zivile Forschung wieder in vollem Umfang möglich.

In Berlin-Adlershof begann für die DVL eine Zeit des Aufbruchs. Der zivile Luftverkehr gewann ab Mitte der Zwanzigerjahre immer mehr an Bedeutung, was sich auch auf dem Sektor der Materialforschung widerspiegelte. Ab dem Frühjahr 1926 war die „Stoff-Abteilung“ der DVL für die „Prüfung und Erforschung von Bau- und Betriebsstoffen aller Art für ihre Verwendung in der Luftfahrt“ zuständig. Neben der Erforschung von Materialien stand nun auch klar die Prüfung der Werkstoffe auf Materialermüdung im Zentrum der Tätigkeit. Der tragische Absturz einer Lufthansa-Maschine 1927 unterstrich die Wichtigkeit dieser Arbeiten und beförderte die Anschaffung neuer Gerätschaften zur werkstoffmechanischen Prüfung.

Die Neuorganisation der DVL führte 1936 dazu, dass aus der Stoff-Abteilung das Institut für Werkstoff-Forschung gegründet wurde. Der Schwerpunkt der Forschung lag klar auf den metallischen Werkstoffen, nämlich den Leichtmetallen, Eisenlegierungen und den Schwermetalllegierungen, die beispielsweise in Gleitlagern verwendet wurden. Nichtsdestotrotz wurde auch weiterhin an nichtmetallischen Materialien geforscht, wozu neben Holz und Stoffgewebe bereits auch Kunststoffe und Bindemittel zählten. Weitere Forschungsgruppen widmeten sich dem Oberflächenschutz und wiederum der werkstoffmechanischen Prüfung.

Neuanfang und neue Materialien

Der bald darauf folgende Zweite Weltkrieg zerstörte – nach anfänglicher Anhebung des Forschungsetats durch die Rüstungsprogramme – die neu errichteten Forschungsstrukturen. Erst 1961, also 16 Jahre nach Kriegsende, gab es wieder ein Institut für Werkstoff-Forschung. Die Anfänge waren bescheiden: Sechs Mitarbeiter arbeiteten bis zur Fertigstellung des neuen Institutsgebäudes 1963 in Köln in einem angemieteten Haus in Aachen.

Mit dem Umzug nach Köln hielt auch ein neues Themengebiet Einzug ins Forschungsportfolio des Instituts: die Raumfahrt. Hier sahen die Wissenschaftler ein Hauptanwendungsgebiet für glasfaserverstärkten Kunststoff, kurz GFK. GFK wurde bereits in den Vierzigerjahren verwendet, da er – ähnlich laminiertem Holz – zäh und leicht war und auch im feuchten Zustand nicht verrottete. In der Luftfahrt fand dieser Werkstoff nach 1945 zunächst nur bei Segelflugzeugen Verwendung, was unter anderem an den Auflagen der Alliierten lag, denen die deutsche Luftfahrt im ersten Jahrzehnt nach dem Zweiten Weltkrieg unterworfen war. 1957 flog mit der „Phönix“ das erste Segelflugzeug mit einer komplett aus faserverstärktem Kunststoff bestehenden Struktur. Statt GFK wurde in der Folgezeit mehr und mehr kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK) eingesetzt, dessen Materialeigenschaften dem Wunsch der Luftfahrtindustrie nach geringem Gewicht und hoher Festigkeit noch besser gerecht wurden.

Das dominierende Material im Flugzeugbau sind heutzutage zwar weiterhin Aluminiumlegierungen, deren Materialeigenschaften und Fertigungsweisen in den letzten einhundert Jahren immer ausgefeilter wurden. Doch stieg im Zeitraum von 1970 bis 2005 der Anteil des in Luftfahrzeugen verbauten CFK stetig von anfangs unter zehn auf rund 20 Prozent an. Seit 2005 ist der Anteil beim Bau neuer Flugzeugmodelle sprunghaft bis auf rund 50 Prozent angestiegen. Prägend für diese Entwicklung sind vor allem Flugzeugmodelle wie der Airbus A380 (über 20 Prozent CFK), der Airbus A400M (circa 30 Prozent CFK) und schließlich die Boeing 787 Dreamliner, deren Grundstruktur und Tragflächen zur Hälfte aus carbonfaserverstärktem Kunststoff bestehen. Ob sich dieser rasche Aufwärtstrend fortsetzt oder ob es zu einem ausgeglichenen Nebeneinander beider Werkstoffe kommt, wird die Zukunft zeigen. ●

Weitere Informationen:

www.DLR.de/WF
www.DLR.de/FA

Leichtigkeit ist nicht alles

Gespräch zur aktuellen Entwicklung im Flugzeugbau mit Prof. Dr.-Ing. Stefan Reh, stellvertretender Direktor des DLR-Instituts für Werkstoff-Forschung.

Herr Professor Reh, die Entwicklungsschritte im Flugzeugbau sind seit der Mitte des 20. Jahrhunderts scheinbar kleiner geworden, sehen Sie das auch so?

Bei allen neuen Technologien sind am Anfang die Entwicklungsschritte sehr groß. Da gibt es ja noch viel zu verbessern, manch ein Problem, wie Materialermüdung, zeigt sich erst im Lauf der Entwicklung. Mittlerweile erscheinen die Schritte kleiner, weil Flugzeuge heute so komplex sind, dass die Entwicklungen sozusagen „unter der Motorhaube“ geschehen – also für den Außenstehenden kaum noch zu fassen sind. Dennoch finden maßgebliche Evolutionen – ja sogar Revolutionen – statt. Ein Beispiel ist die Verwendung von Faserverbundwerkstoffen wie CFK. Dieser Werkstoff wurde schon seit längerem im Flugzeug für einzelne Teile verwendet, doch jetzt geht man dazu über, zum Beispiel die ganze Flugzeughülle aus CFK zu fertigen. Lange Zeit ist der CFK-Anteil konstant in einem leichten Wachstum gewesen, doch in den letzten Jahren ist der Anteil dieses Werkstoffs sprunghaft angestiegen. Die Revolution dabei ist nicht allein die Tatsache, dass Aluminium durch CFK teilweise ersetzt wurde, sondern die dadurch mögliche Gewichtsersparnis.

Laufen Faserverbundwerkstoffe also dem Aluminium den Rang ab?

Die Kosten spielen auch eine wichtige Rolle und bei diesem Aspekt kommt jetzt Aluminium wieder gut ins Rennen. Generell geht es aber bei der Frage nach der Verwendung von Aluminium oder CFK darum, welches Material für den Einsatz an einer bestimmten Stelle am besten geeignet ist. Es geht also eher um ein „Miteinander“ – beide Materialien haben unterschiedliche Eigenschaften, die wir durch die Werkstoff-Forschung mittlerweile sehr gut kennen und dementsprechend gezielt auswählen können. Die genaue Kenntnis der Materialeigenschaften ist auch bei Anwendungen im Hochtemperaturbereich wichtig. Neben besonderen Legierungen – die leichter und widerstandsfähiger sind – forschen wir auch an Beschichtungsverfahren, die die Lebensdauer von Bauteilen wie Triebwerksschaufeln verlängern ...

... das Prinzip kennt man ja vom Gartenzaun: ein unverzinkter Zaun rostet schneller als ein verzinkter ...

Genau, Korrosions- und Oxidationsschutz sind jedoch nur zwei Aspekte. Materialien im Triebwerksbau müssen auch vor den Auswirkungen thermischer Belastung geschützt werden. Im Bereich der Wärmedämmschichten ist unser Institut bereits seit den späten Siebzigerjahren aktiv. Damals haben wir gemeinsam mit der Firma von Ardenne eine der ersten Beschichtungsanlagen entwickelt, die Wärmedämmschichten auf Turbinenschaufeln aufbringen konnten. Bei diesem Verfahren werden Keramikschichten auf das Material aufgedampft. Auch die Brennkammern werden beschichtet, was zum einen die Lebensdauer verlängert, zum anderen aber auch den Wirkungsgrad der Triebwerke erhöht. Dadurch sinkt der Treibstoffverbrauch und somit verringern sich auch Betriebskosten und Schadstoffausstoß.

Welche Rolle spielen Schadstoffausstoß und Umweltschutz bei Ihrer Forschung?

Der Schadstoffausstoß und die Erfüllung der ACARE-Ziele (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe, d. R.), – also sparsamere, leisere und sauberere Flugzeuge zu entwickeln – haben Priorität in unserer Forschung. Um diese Ziele zu erreichen, sind wir inhaltlich breit aufgestellt und arbeiten sowohl an der Weiterentwicklung metallischer Legierungen als auch an der Verbesserung von Beschichtungsverfahren. Das DLR arbeitet an Produktionsverfahren von Faserverbundwerkstoffen.

Wenn Sie auf die Entwicklung der Werkstoffe zurückblicken: an welchem Meilenstein der Luftfahrtgeschichte hätten Sie gerne mitgewirkt?

Obwohl die Konstruktion der Flugzeuge der Gebrüder Wright 1913 eine schöne Herausforderung gewesen wäre – hier und jetzt ist es schon extrem spannend!

Intelligenz auf Rädern

Wer im DLR eine Idee bis zur Marktreife führt, kann den Weg einer Ausgründung gehen. Die Wissenschaftler Thomas Strang und Andreas Lehner haben mit der Technologie aus dem Forschungsprojekt RCAS (Railway Collision Avoidance System), einem Antikollisionssystem für Züge, den Schritt in die Selbstständigkeit gewagt.

Mit einem Antikollisionssystem in die Selbstständigkeit Firmengründer Thomas Strang und Andreas Lehner im Interview

Von Elisabeth Mittelbach

Im Mai 2012 haben Sie mit der RCAS-Technologie eine eigene Firma gegründet. Was steckt dahinter?

Thomas Strang: Die Grundmotivation liegt auf der Hand – weltweit passieren täglich Zugunfälle. Im Forschungsprojekt RCAS haben wir zusammen mit Kollegen aus zwei weiteren DLR-Instituten seit 2007 an der Frage gearbeitet, wie Kollisionen verhindert werden können. Dazu müssen sich die Züge jederzeit orten können und rechtzeitig vor einer kritischen Situation miteinander kommunizieren. Jede RCAS-Einheit besteht deshalb aus einer Kommunikations- und einer Ortungskomponente, die die bestehenden Sicherheitssysteme ergänzen.

Andreas Lehner: Diese Einheiten können direkt in die Züge eingebaut werden und funktionieren unabhängig von der jeweiligen Streckeninfrastruktur. Umfangreiche Tests haben die Zuverlässigkeit bestätigt. Mit Hilfe der Kollegen vom DLR-Technologiemarketing haben wir uns dann in den vergangenen ein- einhalb Jahren auf die Ausgründung vorbereitet.

Was hat Sie persönlich zu diesem Schritt bewogen? Haben Sie etwa die Lust an der Forschung verloren?

Thomas Strang (lacht): Nein, ganz im Gegenteil. Wir sind beide seit vielen Jahren im DLR und schätzen die Möglichkeiten sehr. Auch nach der Gründung von „Intelligence on Wheels“, so heißt unsere Unternehmung, möchten wir dem DLR langfristig verbunden bleiben. Wir brauchen für unsere neue Tätigkeit unbedingt die enge Bindung zur Forschung, den theoretischen Background, den wir in der freien Wirtschaft noch stärker mit der „Hands on“-Mentalität verbinden wollen. Die rechtlichen Grundlagen der Zusammenarbeit mit dem DLR sind vertraglich fixiert.

Andreas Lehner: Momentan sind wir ja noch zu 100 Prozent DLR-Mitarbeiter, aber das erklärte Ziel ist, unsere Forschungsergebnisse außerhalb des DLR nutzbar zu machen und in letzter Konsequenz Menschenleben zu retten. Wenn die ersten Projekte anlaufen, werden wir unsere vertraglichen Arbeitszeiten entsprechend anpassen – wir sind sehr dankbar, dass das DLR uns entsprechende Möglichkeiten einräumt. Unsere Vision ist, dass wir mit unserer Ausgründung so erfolgreich werden, dass wir wachsen und bald selbst neue Arbeitsplätze schaffen.

Wer übernimmt welche Aufgabe bei Intelligence on Wheels und wie haben Sie sich darauf vorbereitet?

Thomas Strang: Als Geschäftsführer bin ich momentan vor allem mit Marketing und Kommunikation befasst. Zudem habe ich diverse Existenzgründerseminare besucht, um mich auf eine Firmengeschäftsführung professionell vorzubereiten, etwa, wie man Bilanzen führt, welche rechtlichen Fragen bei der Gründung einer Gesellschaft zu berücksichtigen sind ... und vieles mehr.

Andreas Lehner: Meine Tätigkeit ist die des technischen Leiters. Ich befasse mich aktuell mit den Normen und Zulassungsprozessen bei der Bahn und erweitere unsere Systemauslegung so, dass unsere Produkte auch den Anforderungen an die Zuverlässigkeit im realen Dauerbetrieb genügen. Entscheidend ist jetzt unter anderem, die richtige Technologiestrategie zu entwickeln. ●

Weitere Informationen:

<http://s.DLR.de/30yf>

<http://www.intelligence-on-wheels.de>

Prof. Dr. Thomas Strang (40) ist promovierter Informatiker und arbeitet seit zwölf Jahren im DLR-Institut für Kommunikation und Navigation. Ab 2004 war er Professor für Informatik an der Universität Innsbruck. Ab 2007 leitete er das Forschungsprojekt RCAS. Seine Privatpilotenlizenz brachte ihn auf die Idee, das aus der Luftfahrt bekannte Kollisionssystem TCAS auf den Schienenverkehr zu übertragen.

Dr.-Ing. Andreas Lehner (39) seit 2001 im DLR-Institut für Kommunikation und Navigation tätig und beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit funkgestützten Ortungs- und Kommunikationssystemen unter besonderen Umgebungs- und Betriebsbedingungen. Als ehrenamtlicher Rettungssanitäter war er auch schon bei Zugunfällen im Einsatz.



Andreas Lehner (links) und Thomas Strang sind zuversichtlich, mit ihrer Firma „Intelligence on Wheels“ ein System zur Vermeidung von Zug-Kollisionen auf dem Markt zu etablieren



Fachwerk auf Schienen

Vom 18. bis 21. September 2012 präsentiert sich die DLR-Schienenverkehrsforschung auf der InnoTrans, der internationalen Leitmesse für Verkehrstechnik auf dem Berliner Messegelände. Das Messe-Motto „The future of mobility“ nehmen die Wissenschaftler wörtlich: Im Zentrum des 100 Quadratmeter großen DLR-Stands (Nr. 215, Halle 4.2) wird ein doppelstöckiges, begehbares „Generisches Labor“ stehen: das maßstabgetreue Modell eines Wagenkastens. An ihm werden verschiedene Leichtbauweisen gezeigt. Ein in der Tat erlebbares Ergebnis des Forschungsprojekts „Next Generation Train“ (NGT), in dem die DLR-Schienenverkehrsforscher seit 2007 systemisch allen Anforderungen künftiger Hochgeschwindigkeitszüge nachgehen ...

Leicht, schnell, sicher und sparsam: DLR-Verkehrsforscher stellen „Next Generation Train“ dem internationalen Publikum vor

Von Elisabeth Mittelbach



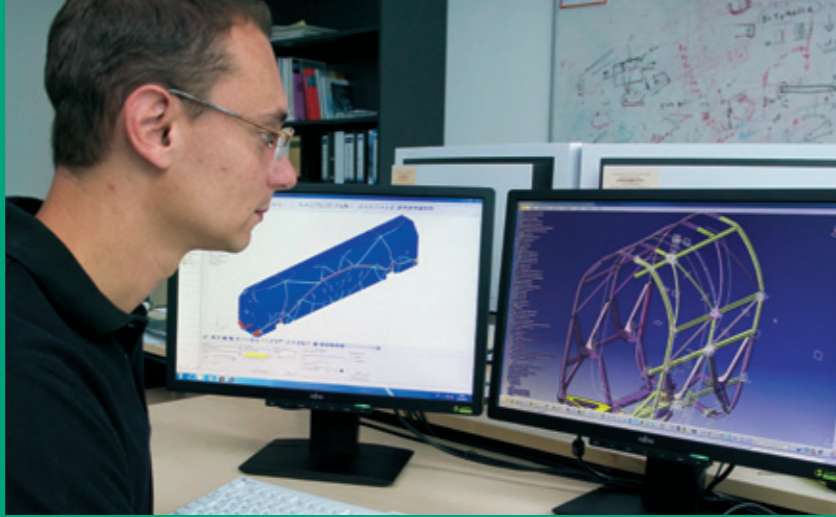
Auf der Suche nach der optimalen Topologie für den Zug der nächsten Generation: Doktorand Jens König (links) und Michael Zimmermann vom DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte

Grün macht glücklich: Martin Holzapfel (links) und Markus Kaden vom DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung mit der Urform der neuartigen Crash-Triebzugnase im Maßstab 1:3. Daraus wird ein sogenanntes Werkzeug abgeformt, in dem dann die Original-Nasen hergestellt werden.

Die Ausmaße sind beeindruckend: Knapp fünf Meter hoch und zwölf Meter lang ist das Modell eines NGT-Mittelwagens, das ein Ingenieurbüro in den vergangenen Monaten nach den Vorgaben der Schienenfahrzeugforscher des DLR im Maßstab 1:1 angefertigt hat. „Das Generische Labor soll den Messebesuchern unsere Ideen und Forschungsergebnisse aus dem NGT-Teilprojekt Leichtbau näherbringen“, erklärt Projektleiter Dr. Joachim Winter. Nach der InnoTrans werden die DLR-Verkehrswissenschaftler den Wagenkasten als Forschungslabor weiternutzen, „zum Beispiel für Fragen zur Klimatisierung, aber auch für zerstörende Strukturtests“, ergänzt Winter.

Doktorand Jens König hat die technischen Grundlagen für das reale Forschungslabor zuvor am Computer erarbeitet. Er hat den sogenannten Bauraum und die optimale Topologie festgelegt, das Material bestimmt und daraus eine Wagenkastenstruktur abgeleitet, die auch die Einwirkungen von Wartung und Unfällen berücksichtigt. So ist ein „Normraum“ für die Erforschung des Innenraumklimas schon in das begehbare Wagenkastenmodell integriert. Stahl, Aluminium und Faserverstärkte Kunststoffe (FVK) prägen das äußere Erscheinungsbild. Erkennbar sind ein Fahrwerkmodul und ein Fahrgastmodul. Das Fahrwerkmodul ist wie eine wabenartige Röhre gebaut und umfasst auch ein Modell des Einzelrad-Einzelfahrwerks des NGT. Das Fahrgastmodul besteht aus einem mit FVK umwickelten Schaumkern in Ziegelbauweise. Zudem gibt es Fensterelemente und Zwischenböden. Der „Fahrgast“ beziehungsweise Messebesucher kann auf beiden Etagen des Doppelstockwaggons einsteigen. Innenliegende Treppen gibt es nicht.

Jens König setzt das NGT-Topologiemodell (links) in eine detaillierte Konstruktion des Fahrwerkmoduls um



Das NGT-Leichtbaukonzept ist modular aufgebaut. Im Fokus steht eine Fachwerkstruktur mit tragenden, doppelschaligen Ausfachungen in Multimaterial-Leichtbauweise. Diese gliedern den Wagenkasten an definierten Stellen mit Spanten in seine verschiedenen Sektionen. So entstehen das Zugangs-, das Fahrwerk- und das Fahrgastmodul. Das Fahrgastmodul befindet sich in der Mitte. „Es ist aufgrund seiner flächigen Struktur und der verteilten Kräfteinwirkungen über die Spanten besonders prädestiniert für eine faserverbundintensive Bauweise. So kann das Gewicht im Vergleich zu metallischen Bauweisen um rund 30 Prozent reduziert werden“, erklärt NGT-Projektleiter Joachim Winter.

Wagenkasten aus verschiedenen Werkstoffen

„Eine optimale Topologie ist ein weiteres grundlegendes Ziel, an dem wir unser methodisches Vorgehen bei der Konzeption des Wagenkastens ausrichten“, erläutert Zugforscher Winter weiter. Die Optimierung bezieht sich dabei auf die komplette statische Belastung des Wagenkastens. Sie soll eine ökonomische, aber zugleich den Sicherheitsanforderungen von Hochgeschwindigkeitszügen entsprechende „Verteilung“ von Material unter bestimmten Rahmenbedingungen ermöglichen. Die DLR-Wissenschaftler haben berechnet, welche Lasten an welchen Stellen des Wagenkastens auftreten, und dann entschieden, welche Werkstoffe für welchen Bereich am besten zu verwenden sind. Das sichtbare Resultat ist die fachwerkartige Struktur. Die Forscher setzen dabei auf Multimaterial-Design, also Mischmaterialien, die eine bessere Biegesteifigkeit als herkömmliche Werkstoffe besitzen und deutlich leichter sind.

Leichtbaustrukturen und Fügeverfahren spielen unter anderem beim Einhalten der maximalen Achslast, bei Energieeinsparungen, beim Beschleunigen und Bremsen eine Rolle. „Damit können wir Umweltbelastungen durch Emissionen direkt reduzieren“, verdeutlicht Joachim Winter. Auch bei der Innenausstattung von Zügen der nächsten Generation müsse so bedeutend weniger Masse und damit Gewicht verarbeitet werden.

Wie die Verbindung zwischen Wagenkasten und Schiene aussieht, verdeutlicht das mechatronische Einzelrad-Einzelfahrwerk mit einem radnahen Elektromotor und einer Nutzbremse. Dieses Einzelfahrwerk ist in das Fahrwerkmodul des Generischen Labors eingebaut. Eine mechanisch-elektronische Spurführung habe dabei den Vorteil, dass sie für den Zug – und damit auch für die Fahrgäste – mehr Sicherheit und Komfort biete, so Joachim Winter. Das zeige sich zum Beispiel in einem geringeren Verschleiß von Radsatz und Gleis und in einem leiseren Lauf des Rades auf der Schiene. „Man darf Fahrzeugkonzept, Leichtbauweise und Fahrwerk nicht isoliert voneinander betrachten. Nur mit einer optimalen Abstimmung aller Teilbereiche aufeinander erreichen wir unser Ziel: bei gleichbleibender Sicherheit mehr Fahrgäste schneller, energiesparender und kostengünstiger zu befördern“, bringt es Winter auf den Punkt.

Die durchgängig doppelstöckigen Wagen, in denen mit durchschnittlich 400 Kilometern pro Stunde bis zu 1.600 Personen reisen sollen, stellen die DLR-Wissenschaftler allerdings vor eine weitere Herausforderung: „Wir müssen die europäische Vorgabe von maximal 17 Tonnen Achslast auf Hochgeschwindigkeitsstrecken einhalten“, verdeutlicht der Luft- und Raumfahrt-Ingenieur. „Das ist ohne Leichtbauweise gar nicht zu schaffen“.

Nase aus glasfaserverstärktem Kunststoff

Ein spezielles Augenmerk legen die Wissenschaftler zudem auf die bei einem Zusammenstoß besonders betroffenen Triebzugnasen. So haben Markus Kaden und Martin Holzapfel vom DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung eine neuartige Fahrzeugnase aus glasfaserverstärktem Kunststoff entwickelt, die wegen des Verzichts auf eine mechanische Kupplung nicht öffnet und daher als zusätzliches Crash-Element eingesetzt werden kann. In verschiedenen Szenarien haben die Konstrukteure getestet, welche Energie bei einem Aufprall auf die Fahrzeugnase trifft, und wie diese durch im Zug verteilte Crash-Elemente absorbiert werden kann. Dabei muss die hinter dem Crash-Bereich angeordnete Struktur frei von Verformungen bleiben. „Bei einer Kollision spielt somit neben der Geschwindigkeit auch die Masse der an dem Unfall beteiligten Fahrzeuge eine entscheidende Rolle. Dies bedeutet, dass schwere Fahrzeuge einem leichten Fahrzeug einen Crashbereich anbieten sollten, der einen Teil der zu absorbierenden Energie auf seiner Seite verzehrt, damit die Crash-Energieabsorber des leichten Fahrzeugs auch leichter ausgeführt werden können“, erläutert NGT-Projektleiter Winter.

Die DLR-Forscher unterscheiden dabei zwischen Bereichen mit statischen Lasten – dazu gehört beispielsweise das Fahrgastmodul als Sicherheitszelle in der Mitte des Wagenkastens, das bei einem Crash nicht verformt werden darf, – und den Teilen des Wagenkastens, die sogenannten dynamischen Lasten unterliegen. Dazu zählen die Crash-Bereiche in den Zugangsmodulen des Mittelwagens. „Insgesamt zeigen die von uns favorisierten Bauweisen durch ihre speziellen mechanischen Eigenschaften eine hervorragende Steifigkeit und Stabilität“, fasst Joachim Winter zusammen. Zudem können verschiedene andere Systeme, zum Beispiel Lüftungs-, Klima- und Versorgungskanäle, problemlos und funktional integriert werden. Auch Wärme und Schall können so effektiv isoliert werden. ●

Weitere Informationen:
<http://s.DLR.de/c3c0>



Eine Crash-Nase besteht aus mehreren Lagen, die unterschiedliche Belastungen aushalten müssen, dafür werden einzelne Zuschnitte angefertigt



Modelle der „Crash-Nase“ (1:10) im Originalzustand und nach einer simulierten frontalen Kollision. Bei einem Stauchweg von einem Meter und einem Bauteilgewicht von rund 500 Gramm beträgt die Energieaufnahme sechs Kilojoule.



Das Forschungsprojekt Next Generation Train

Das NGT-Projekt (Laufzeit 2007 bis 2013) bündelt die DLR-Kompetenzen in der Schienenfahrzeugforschung. Der Fokus liegt dabei auf dem Fahrzeug. Angrenzende Gebiete, wie die Gestaltung des Fahrwegs oder der Zugbeeinflussungssysteme, werden allerdings in die Forschungsarbeiten einbezogen. Mehrwert entsteht vor allem durch die ganzheitliche Bearbeitung der Forschungsthemen und durch das hohe Synergie-Potenzial. Die Themen können von der Fahrwerkordnung und Werkstoffqualifizierung über die Auslegung, Konstruktion und Simulation bis hin zur Verifikation anhand produktnaher Bauteile integriert bearbeitet werden. Insgesamt arbeiten Wissenschaftler aus 18 Abteilungen in neun DLR-Instituten am Zug der Zukunft. Neben der Hochgeschwindigkeitsvariante (bis Tempo 400) werden die Konzepte seit 2010 auf schnelle Zubringerzüge des Regionalverkehrs und künftig auch auf den Hochgeschwindigkeits-Frachtverkehr auf der Schiene adaptiert.

Dr. Joachim Winter leitet das Projekt „Next Generation Train“



Der Nuptse auf einem USB-Stick

Nur sechs Mal schafften es Bergsteiger bis auf den Gipfel des Nuptse im Himalaya-Gebiet. Kein Vergleich zum Everest, an dessen Flanken die Menschen an manchen Tagen Schlange stehen, um den Gipfel zu erreichen. Der Nuptse ist ein sehr steiler, schwieriger Berg, sagt Bergsteigerin Gerlinde Kaltenbrunner. Bezwungen hat sie ihn dennoch: Am 17. Mai 2012 stand sie in 7.861 Meter Höhe auf dem Gipfel und blickte über Everest, Lhotse und Nuptse. Gesehen hatte sie die gewaltige Bergwelt für ihre Routenplanung bereits zuvor in 3-D: auf dreidimensionalen Höhenmodellen, die das Erdbeobachtungszentrum (EOC) des DLR aus Satellitenaufnahmen berechnet hatte.

3-D-Höhenmodelle zeigen die verborgenen Seiten der Bergwelt

Von Manuela Braun

Der Finger fährt sorgfältig die Bergzacken entlang. „Das ist der Ostgrat des Nuptse“, erklärt Ralf Dujmovits. „Den hat noch niemand bestiegen bisher.“ Gerlinde Kaltenbrunner blickt ihm über die Schulter. Vor den beiden Bergsteigern liegen die berechneten Aufnahmen des DLR, die den gewaltigen Berg zeigen. Das Ehepaar hatte eigentlich vor, den Nuptse gemeinsam zu besteigen, doch Dujmovits war gesundheitlich angeschlagen – Gerlinde Kaltenbrunner wagte den Aufstieg mit David Göttler. Es hätte eben der bisher nicht bezwungene Ostgrat werden sollen, den die beiden sich bei ihrer Vorbereitung mit den DLR-Daten ausgesucht hatten.

„Gute Karten von den höchsten Bergen der Erde“, sagt Dujmovits, „gibt es wenige. Dort oben lässt sich die Natur nicht einfach kartografieren.“ Dujmovits und Kaltenbrunner überlegen. Ende der Achtzigerjahre, da gab es mal eine Everest-Karte, die war ganz gut. Und ist bis heute die beste Karte geblieben. Wer die Bergriesen besteigen will, muss sich oftmals auf altes Kartenmaterial, Erfahrungsberichte anderer Bergsteiger und das eigene Bauchgefühl verlassen. Die sauerstoffarme Luft macht es Hubschraubern schwer, die Gipfelregionen für Foto- oder Filmaufnahmen anzusteuern. Für Satelliten ist selbst das Vakuum Normalzustand. Der amerikanische Satellit WorldView-2, der die Basisdaten für die Berechnung des DLR-Höhenmodells lieferte, fliegt immerhin in 770 Kilometer Höhe über das Himalaya-Gebiet. Der Blick auf das Nuptse-Gebiet und den schmalen, bisher unbegangenen Ostgrat ist ungestört. Gerlinde Kaltenbrunner zeigt auf eine andere Aufnahme: „Dass an der Rückseite vom Nuptse noch ein Pfeiler vom Ostgrat nach unten geht, das haben wir erst auf diesem Höhenmodell entdeckt.“

Satellitenblick auf den Ostgrat

Die Österreicherin ist zwar die erste Frau, die alle 14 Achttausender ohne Sauerstoffgerät bewältigt hat, aber es sind nicht Rekorde, die sie reizen. Die Wege, auf die bisher noch kein Mensch seinen Fuß gesetzt hat, sind es. „Gerade solche Routen sind spannend“, sagt Gerlinde Kaltenbrunner und lächelt. Und

Gipfelstürmerin: Gerlinde Kaltenbrunner bezwingt als erste Frau den Nuptse, einen der nur selten bestiegenen Berge im Himalaya-Gebiet





Eine Bergwelt aus Daten

Wahre Datenberge fallen bei der Beobachtung der Erde an. Am Erdbeobachtungszentrum (EOC) des DLR werden diese nicht nur analysiert, sondern auch visualisiert. Denn obgleich die Informationsextraktion aus Satellitendaten an Computern erfolgt: Am Ende steht der Mensch als Nutzer. Ein Team von Geowissenschaftlern und hochspezialisierten Visualisierern kümmert sich daher am EOC um diese letzte, entscheidende Schnittstelle. Daten und Zusammenhänge werden so aufbereitet, dass sie sowohl Wissenschaftler begeistern als auch von Laien verstanden werden. Geo-Wissenschaft und Visualisierungstechnik auch aus der Filmbranche machen so aus komplexen Datenkolonnen verständliche Bilder und faszinierende Ansichten; verblüffende Bilder, die so nur am Computer realisierbar sind.

so hatte sich das Ehepaar den schwierigen Weg zur Gipfelspitze in 3-D angesehen, hatte Höhenmodelle des DLR studiert und den Berg aus der Satellitenperspektive betrachtet. „Man kann ja gar nicht glauben, dass das keine Fotos sind“, sagt Dujmovits. Die beiden Bergsteiger blicken noch einmal auf die Aufnahme. Eine wunderschöne Route sei der Ostgrat, finden sie dann beide einmütig. Es sollte jedoch anders kommen.

In ihrem Expeditionstagebuch schreibt Gerlinde Kaltenbrunner: „Am 26. April stiegen wir zum Bergschrund unserer geplanten Aufstiegsroute durch die Nordflanke des Nuptse zu seinem Ostgrat auf. Leider bestätigte sich unsere Vermutung, dass die Route sehr trocken, ausgeapert und dadurch enorm steinschlägig ist. Große Steine liegen direkt am Wandfuß. Schnell waren wir uns einig, dass diese Route zum Erreichen des Ostgrats nicht in Frage kommen würde: zu gefährlich“. Die interaktive Darstellung des Höhenmodells der DLR-Wissenschaftler ist auf einem USB-Stick mit dabei – im Basislager wird neu überlegt, auf welcher Route der Nuptse bezwungen werden soll. Auf dem solarbetriebenen Laptop können die Bergsteiger das Geländemodell drehen und wenden, sich jede Ecke und jede Kante des Bergmassivs anschauen. „Man hat einfach eine gute Übersicht und sieht Sachen, die man sonst nicht gesehen hätte“, erläutert Dujmovits.

Überflug per Mausclick

Jeweils drei nahezu zeitgleiche Satellitenaufnahmen aus unterschiedlichen Perspektiven sind notwendig, damit die Wissenschaftler des Erdbeobachtungszentrums am DLR aus diesen Satellitenfotos ihr dreidimensionales Modell erstellen können. „Eine Aufnahme sollte möglichst direkt in Richtung Erde gehen, die anderen beiden sollten das Objekt leicht von der Seite aufnehmen“, erläutert Stefan Dech, Direktor des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) des DLR. Für diese Spezialaufnahmen muss der Satellit eigens programmiert werden. Aus diesen Satellitenaufnahmen wiederum wird dann in einem am DLR entwickelten Verfahren das dreidimensionale Höhenmodell berechnet. „Solche Höhenmodelle sind die Grundlage jeglicher Geoinformationsanwendungen“, erläutert Stefan Dech. „Ohne sie keine Modellierung von Stadtklima oder Artenverbreitung, keine Planung von Hochgeschwindigkeitstrassen oder Telekommunikationsmasten und auch keine Modellierung von Risiken bei drohenden Überschwemmungen oder Tsunamis.“ Per Mausclick lässt sich das berechnete Höhenmodell mit seinen drei Dimensionen beliebig hin- und herdrehen – mit der 3-D-Brille betrachtet, ist der Nuptse dann fast zum Greifen nahe. Schon ein Stein, der gerade einmal 50 Zentimeter groß ist, wäre auf den virtuellen 3-D-Hängen am Nuptse sichtbar.

Bei Gerlinde Kaltenbrunners letztem Achtausender – dem K2 – hatten die beiden Extrembergsteiger mit der 3-D-Brille vor einer DLR-Geländeaufnahme gesessen. Mit dem Joystick waren sie virtuell vorab um die Pyramide aus Stein und Eis geflogen, auf deren Gipfel Gerlinde Kaltenbrunner dann am 23. August 2011 um 18.18 Uhr Ortszeit wahrhaftig stand. Die Nordseite des K2 sahen die Extrembergsteiger zum ersten Mal in allen Details. „Wir waren ganz schön von den Socken“, erinnert sich Ralf Dujmovits. „Und auch ein wenig erschlagen von den Feinheiten des Modells.“ Schmale Eisrinnen, die einen etwas einfacheren Aufstieg ermöglichten. Minimale Verflachungen am Berg, in denen die Bergsteiger nachts ihre winzigen Bivakzelte aufbauen konnten. Jedes Auskundschaften am Berg kostet Kraft – mit dem 3-D-Blick aus dem All konnten sich Gerlinde Kaltenbrunner und ihr Team zumindest einen Teil der mühseligen Kletterarbeit sparen.

„Die Hochgebirge der Erde interessieren uns aus mehreren Gründen“, erläutert Stefan Dech. „Sie sind Seismometer für Prozesse der Klimaveränderung auf unserem Planeten, weil sie sehr schnell auf Veränderungen reagieren.“ Doch Berge sind schwer zugänglich. Um die geografischen Prozesse zu beobachten, ist die Satellitenfernerkundung eine große Hilfe. Everest, Nuptse und K2 sind dabei nicht nur Herausforderungen für die Bergsteiger, sondern auch für die DLR-Wissenschaftler. „Wir haben



Gerlinde Kaltenbrunner

Der Pfarrer der Heimatgemeinde Spital am Pyhrn in Österreich nahm Gerlinde Kaltenbrunner auf Bergtouren mit. Auch wenn sie später in Wien eine Ausbildung zur Krankenschwester absolvierte – Ski-, Eis- und Klettertouren nahmen immer mehr Raum in ihrem Leben ein. Mit 23 Jahren stand sie auf ihrem ersten Achttausender, dem Broad Peak Vorgipfel in Pakistan. Mit der Besteigung des K2 im August 2011 hat die 41-jährige Österreicherin alle 14 Achttausendergipfel ohne künstlichen Sauerstoff erreicht. Mit dem Gipfel des Nuptse hat sie einen weiteren Rekord aufgestellt: Sie ist die erste Frau, die diesen Berg bestiegen hat.

www.gerlinde-kaltenbrunner.at



Ralf Dujmovits

Der 50-Jährige stand als erster Deutscher auf allen 14 Achttausendern und hat bereits als Profi-Bergführer über 40 Expeditionen weltweit durchgeführt. Sein Medizinstudium brach er nach acht Semestern ab, um sich seiner Leidenschaft für das Bergsteigen zu widmen. Für das Bergsteigen reiste er unter anderem nach Nepal, China, Peru, Ecuador, Kenia, Indien und in die Antarktis. Bekannt wurde er der Öffentlichkeit vor allem durch die 33-stündige Live-Übertragung einer Durchsteigung der Eiger-Nordwand im September 1999. Auf dem Gipfel des Mount Everest stand er zum ersten Mal im Oktober 1992.

www.ralf-dujmovits.de

es dort mit extrem steilem und durch Schnee und Fels auch sehr kontrastreichem Gelände zu tun – das macht die Ableitung von präzisen Höhendaten sehr anspruchsvoll.“ Professor Dech überlegt kurz. „Der K2 war sozusagen unser ultimatives Experimentierfeld. Drei Überflüge brauchte es, bis der Achttausender komplett wolkenfrei dargestellt werden konnte.“

Schlafen wie auf einem Adlerhorst

Am Nuptse fällt im Basislager vor dem Laptop indes die Entscheidung für den Nordpfeiler, für die sogenannte Scott-Route, die Ralf Dujmovits 1996 für seinen Aufstieg zum Gipfel nutzte. Wenn der Weg zum Ostgrat nicht begehbar ist, muss eine andere Route gefunden werden. Der Nuptse ist Gerlinde Kaltenbrunners langjähriger Traum. „Der Berg ist technisch anspruchsvoller als der Everest“, sagt die 41-Jährige. Die Österreicherin hat dabei auch hohe Ansprüche an sich: keine Träger, die am Berg das Gepäck schleppen. Keine Sauerstoffflaschen, die den Aufstieg in der sauerstoffarmen Luft erleichtern.

Beim Bergsteigen heißt das: 16 Kilo Gepäck auf dem Rücken. Soviel wiegt auch mancher Rucksack, den Touristen allerdings ebenerdig durch ihren Urlaub transportieren – und nicht steile Bergflanken hinauf. Gezeltet wird an kleinsten Nischen. „Wie auf einem Adlerhorst“, beschreibt Gerlinde Kaltenbrunner die letzte Unterkunft am oberen Ende des Nordpfeilers in 7.250 Meter Höhe. Ein kurzer Fingertipp auf dem Standbild aus der DLR-Visualisierung – dort zeigt ein kleines gelbes Dreieck, wo die Extrembergsteiger Gerlinde Kaltenbrunner und David Göttler vor ihrer Ankunft am Gipfel übernachteten. Schnell verwandelt sich das Zeltinnere in eine Eishöhle. Schon wenn der Wind nur mit 30 Kilometern in der Stunde weht, fällt die gefühlte Temperatur auf minus 40 Grad Celsius. Außerdem findet der Körper in dieser Höhenlage über 7.000 Meter keinen Schlaf mehr. „Das ist dann mehr ein Dösen, ein Ausruhen“, sagt die Österreicherin. Und die Aufregung vor dem entscheidenden Tag? „Auch die ist groß. Aber es ist eine positive Aufregung!“

Erste Frau auf dem Nuptse

Am 17. Mai, 13.30 Uhr, ist der große Moment dann da: David Göttler und Gerlinde Kaltenbrunner stehen auf dem Gipfel des Nuptse. Vorher standen insgesamt nur 14 Menschen an diesem Punkt der Erde. Gerlinde Kaltenbrunner ist die erste Frau, die vom Nuptse aus über den Ostgrat zum benachbarten Berg Lhotse und gegenüber zum Everest blicken kann. Die zierlich-sportliche Frau strahlt bei der Erinnerung an diesen Moment. Ein lange gehegter Wunsch sei in Erfüllung gegangen, schreibt sie wenige Tage später im Basislager in ihr Expeditionstagebuch. Die Kälte, das stundenlange Schmelzen von Schnee, um Wasser zu haben, das fehlende Hungergefühl, das dennoch lebenswichtige Essen von angerührtem Babybrei und Rohkostriegeln – alles ist vergessen. „Das ist eine sehr kraftvolle Einsamkeit dort oben“, erinnert sich die 41-Jährige.

Das nächste Ziel steht bereits fest: Im Frühjahr wollen Gerlinde Kaltenbrunner und Ralf Dujmovits auf den Mount McKinley in Alaska. Zwar nur knapp 6.200 Meter hoch, aber dieses Mal locken andere Herausforderungen: „Der Mount McKinley gilt als der kälteste Berg der Erde“, sagt Dujmovits. Der Kälterekord soll bei minus 73 Grad Celsius liegen. Starke Winde lassen die gefühlten Temperaturen auf dem höchsten Berg Nordamerikas ins Extreme sinken. „Und es gibt noch viele Möglichkeiten zu Erstbegehungen“, fügt Dujmovits hinzu. Gerlinde Kaltenbrunner nickt. „Die Ideen werden uns nicht ausgehen.“ Da sind sich die beiden Profibersteiger sicher. „Und wenn es geht, gehen wir nicht zwei Mal dieselbe Route.“ Das DLR-Geländemodell hat auch noch nicht ausgedient. Gerlinde Kaltenbrunner lächelt und zeigt auf den Ostgrad, den bis heute noch niemand beschritten hat. „Der ist immer noch ein Thema für uns.“ ●

Weitere Informationen:

<http://s.DLR.de/kxwt>
www.DLR.de/EOC

Regionalmeldungen

Göttinger Forscher ermitteln Umströmung von Lastwagen

In Lkw-Testfahrten auf dem Fliegerhorst der Bundeswehr in Faßberg hat das DLR mit Lasermessverfahren untersucht, wie man die Aerodynamik von Lastkraftwagen verbessern, den Abgasausstoß verringern und so die Umwelt schonen kann.

Die Lösung könnte im Unterboden liegen. Durch den hohen Druck vor dem Lkw und dem niedrigen dahinter entsteht eine Kraft entgegen der Fahrtrichtung mit einer Art Sogwirkung. Ein modifizierter Unterboden mit einer am Heck anschließenden Querschnittserweiterung könnte durch die Erzeugung strömungsgerichteter Wirbel den Druck hinter dem Lkw erhöhen, wodurch sich die Sogwirkung verringert. Versuche zu den aerodynamischen Auswirkungen eines modifizierten Unterbodens gab es bisher nur im Windkanal. Bei nächtlichen Testfahrten machten Wissenschaftler des DLR-Instituts für Aerodynamik und Strömungstechnik nun die aerodynamischen Strömungen um einen Sattelzug mittels Drucksensoren in der Lkw-Rückwand und Laser-Messverfahren (PIV) sichtbar. Für die Untersuchungen bauten sie ein Lasersystem, diverse Messtechniken, Rechner und einen Rauchgenerator in einen 40-Tonner ein. Für die Erfassung der Daten wurde ein hochauflösendes Kamerasystem an die Rückseite des Lkw angebracht. Dank der Fahrversuche unter Straßenbedingungen können die Forscher nun überprüfen, ob ihre im Windkanal ermittelten Werte auch realistisch sind.



Laser und Rauch machen die Strömungen hinter einem 40-Tonnen-Sattelzug sichtbar

<http://s.DLR.de/qb98>

Stuttgarter Know-how für Energiespeicher von morgen



Das Erzeugen von Wasserstoff aus überschüssigem Sonnen- und Windstrom ist der erste Schritt, um flüssige Kohlenwasserstoffe zu gewinnen

Um erneuerbare Energien im großen Maßstab zu nutzen, müssen Speicherung und Transport optimiert werden. Wissenschaftler des DLR in Stuttgart arbeiten gemeinsam mit der Universität Stuttgart und der Universität Bayreuth an einem zukunftsweisenden Ansatz: Sie wollen die Erzeugung und Verbrennung von synthetischen flüssigen Kohlenwasserstoffen (KWS) verbessern und untersuchen ihr Potenzial als Energiespeicher.

KWS sind bei Umgebungstemperatur flüssig und benötigen keine speziellen Lager- oder Transportbehälter. Im Vergleich zu gasförmigem Wasserstoff sind sie wesentlich einfacher und sicherer zu handhaben. Zudem lassen sie sich langfristig in großen Mengen und im Gegensatz zu Batterien ohne Verluste speichern. Von großem Interesse sind synthetische KWS auch für den Verkehrssektor: Als eine Art optimiertes Benzin – vergleichbar in Farbe und Konsistenz – verbrennen sie sehr schadstoffarm. Dabei können ähnliche Brennkammern und Turbinen zum Einsatz kommen wie bei herkömmlichem Benzin.

In den Händen der Forscher im Stuttgarter DLR-Institut für Technische Thermodynamik liegt es, den Herstellungsprozess in seiner Gesamtheit zu erfassen und zu optimieren. Das Projekt zur Erforschung synthetischer flüssiger Kohlenwasserstoffe als Energiespeicher ist eine von vier Energie-Allianzen, mit denen die Helmholtz-Gemeinschaft innovative Lösungen für eine nachhaltige Energieversorgung fördert.

<http://s.DLR.de/csly>

Wettbewerb „Dein bestes 3-D-Foto!“ im DLR Berlin

Rund 400 Schülerinnen und Schüler aus ganz Deutschland beteiligten sich am 3-D-Fotowettbewerb vom DLR_School_Lab Berlin, dem Jugendportal DLR_Next und der Jugendzeitschrift YAEZ. Für die 3-D-Aufnahmen benötigten die Schüler nicht viel: eine gewöhnliche Digitalkamera, ein gängiges kostenloses Bildbearbeitungsprogramm und eine originelle Idee für das Motiv. Die Herausforderung dabei war, nicht nur technisch einwandfreie 3-D-Bilder zu erzeugen, sondern auch ein gutes Auge für gelungene Motive zu beweisen. Aus der Vielfalt der Bilder ermittelte die Jury drei Preisträger. In der Kategorie „ab 10. Klasse“ gelang Stefanie Heck aus Hermannsburg das eindrucksvollste Bild. Der 3-D-Effekt ihres Krokodils sorgte bei der Jury für Gänsehaut und überzeugte schließlich.



Stolz auf ihren Preis im 3-D-Fotowettbewerb: Stefanie Heck, Annika Saller und Aaron Megerssa (v. l.)

Die Bilder waren zunächst im DLR Berlin zu sehen und wurden anschließend über die Sommerferien im FEZ, dem Berliner Kinder-, Jugend- und Familienzentrum ausgestellt.

<http://s.DLR.de/xlb1>

Braunschweiger Flugabteilung nahm Abschied von ATTAS

Ein Kapitel deutscher Luftfahrtgeschichte ging im DLR Braunschweig zu Ende: Für das Forschungsflugzeug VFW-614 ATTAS (Advanced Technologies Testing Aircraft System) endete am 27. Juni 2012 nach fast 27 Jahren der aktive Dienst. ATTAS hat in seiner Karriere unter anderem Wirbelschleppen und lärmarme Landeanflüge untersucht, war als fliegender Simulator im Einsatz und hat Flugführungstechnologien erprobt.



Mit einem stolzen Alter von über 30 Jahren war ATTAS das letzte noch fliegende Exemplar der VFW-614-Baureihe. Bei einem Routinecheck waren Anfang 2012 Schäden an einem Triebwerk festgestellt worden. Da es Ersatzteile für diesen Flugzeugtyp nicht mehr gibt und der Einbau anderer Triebwerke in ATTAS einen immensen Konstruktions-, Erprobungs- und Zulassungsaufwand erfordert hätte, fiel die Entscheidung, ATTAS in seinen wohlverdienten Ruhestand zu entlassen.

<http://s.DLR.de/4k7k>

Bremen: Startschuss für das 10. DLR_School_Lab



Die Mars-Mission in Schülerhand: Im DLR_School_Lab in Bremen ist's möglich

Am Standort Bremen des DLR ist das zehnte DLR_School_Lab bundesweit eröffnet worden. Die Schülerinnen und Schüler der Hansestadt und der Region können dort Forschung und Wissenschaft im wahrsten Sinne des Wortes „begreifen“. Mitmachexperimente erklären spielerisch die Themen, an denen geforscht wird.

Die mehr als zehn Experimente im DLR_School_Lab Bremen drehen sich am hier ansässigen DLR-Institut für Raumfahrtssysteme natürlich um das Thema Raumfahrt: „Extreme und Gefahren im Weltraum“, „Satellitentechnik und Fernerkundung“ sowie „Mars-Mission“.

<http://s.DLR.de/7gkr>



Warten auf den Feuerstrahl

Pfeilschnell steigt Shefex II am 22. Juni 2012 von der norwegischen Andøya Rocket Range in den Himmel. Zehn Minuten dauert der Flug, bis das eckige Raumfahrzeug wieder in die Atmosphäre eintritt und in der Nähe von Spitzbergen im Wasser landet. Die Vorbereitung für das Projekt: sieben Jahre. Die Startkampagne in Norwegen: drei Wochen. Die letzten Tage vor dem Start sind reine Nervensache – zusammenbauen, testen, auf Ergebnisse warten, Probecountdowns, wieder warten, nun auf einen windstillen, regenfreien Tag für den perfekten Start – bis dann der entscheidende Moment endlich da ist. Das DLR-Magazin hat die Wissenschaftler bei Vorbereitungen und Start begleitet.

Nahe dem Polarkreis flog mit Shefex II ein scharfkantiger Raumflugkörper in die helle Sommernacht

Von Manuela Braun



Startvorbereitungen auf der norwegischen Rocket Range: In der Integrationshalle setzen die DLR-Wissenschaftler die einzelnen Teilstücke des Raumfahrzeugs zusammen

Samstag, wenige Tage vor dem Start

Manchmal ist der Teufel ein Eichhörnchen. In der Integrationshalle der Andøya Rocket Range rutscht gleich eine ganze Handvoll Wissenschaftler auf allen Vieren über den Beton. Schon seit dem Morgen haben sie die verschiedenen Teile von Shefex II zusammengebaut, haben sorgfältig Kante auf Kante gesetzt, Schrauben angezogen, alles vermessen – und dann fällt ein winzig kleiner Metallstift aus einem Spezialwerkzeug. Projektleiter Hendrik Weihs schiebt seinen Oberkörper unter den Wagen, auf dem das Raumfahrzeug liegt. Die Augen konzentriert auf den Boden gerichtet. Hannah Böhrk, zuständig für die porösen Hitzeschutzkacheln an der kantigen Spitze von Shefex, wischt vorsichtig mit der Hand über den Betonboden. Konstrukteur Henning Elsäßer geht auf die Knie. Ohne Metallstift im Werkzeug, ohne den letzten Handgriff kein Start, ohne Start keine Daten über den Wiedereintritt eines neuartigen Flugkörpers in die Atmosphäre. „Hast Du...?“ Nein, niemand hat, also wird weitergesucht. „Na also!“ Hendrik Weihs hält triumphierend eine Winzigkeit zwischen Daumen und Zeigefinger und grinst. Die Arbeit in der Integrationshalle kann weitergehen.

Heute ist Montagtag: Ein Teilstück nach dem anderen wird aufeinandergesetzt und schließlich die Spitze an den Flugkörper montiert. Messinstrumente, Verkabelung, Verschlussringe – alles muss auf den Millimeter genau sitzen. Rund um den Flugkörper arbeiten Wissenschaftler aus Stuttgart, Braunschweig, Köln, Bremen und Oberpfaffenhofen. Shefex II ist ein Projekt, zu dem sieben DLR-Institute und Einrichtungen ihr Wissen beisteuern. Andreas Bierig vom Institut für Flugsystemtechnik klettert auf den Transportwagen und geht auf Augenhöhe mit den Canards. Diese kleinen Flügel, die Shefex während des Eintritts in die Atmosphäre steuern werden, müssen vor dem Start exakt ausgerichtet werden. Wenn Shefex fliegt, wird der Wissenschaftler

Das Dach der Raketenhalle gleitet zur Seite und die Startrampe mit Shefex II richtet sich auf



Bevor sich Shefex II in den Himmel über dem Andøya Raketttskytefeld erhebt, werden die kleinen „Flügel“ sorgfältig ausgerichtet und die Hitzeschutzkacheln noch einmal gestreichelt

im Kontrollraum vor der Konsole sitzen und die Flugmanöver durchführen. Hannah Böhrk vom Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung fährt noch einmal mit der Hand über „ihre“ Hitzeschutzkacheln. Während des Fluges wird aus deren kleinen Löchern Stickstoff ausströmen, um das Raumfahrzeug zu kühlen. Bis zu 2.000 Grad Celsius muss Shefex an der Spitze aushalten, wenn sich beim Wiedereintritt in die Atmosphäre die aufgestaute Luft vor dem Flugkörper verdichtet und für Hitze sorgt. Der Stickstoff soll sich dann als schützende Schicht zwischen Shefex und die heiße Umgebung legen.

Draußen vor der Halle hat die Sonne fast schon ihren tiefsten Punkt erreicht. Hier, nördlich des Polarkreises auf den Vesterålen-Inseln, wird das weiche Nachmittagslicht die ganze Nacht über scheinen. Die Andøya Rocket Range liegt in einer Bucht zwischen Bergen und weißsandigem Strand. Eigentlich die schönste Raketenabschussbasis der Welt, sagt fast ein wenig andächtig Kjell Bøen, der Leiter der Abteilung Höhenforschungsraketen und Ballone auf der Basis. Wer in der Integrationshalle gerade nichts zu tun hat, steht vor dem Hallentor, friert im kalten Wind und genießt den Ausblick.

Schließlich ist es so weit: Knapp sechs Meter Raumfahrzeug rollen auf einem Transporter in Richtung Startrampe. Vorne auf der scharfen Spitze steckt ein schwarz-gelber Schaumstoffschutz – niemand soll sich an dem scharfkantigen Flugkörper verletzen. Handys, Fotoapparate, alles was Bilder machen kann, wird gezückt. So nah werden die meisten ihrem Raumfahrzeug nicht mehr kommen. An der Zufahrtsstraße zur Startrampe ist dann nämlich Schluss: „Hinter der Schranke jetzt bitte nur noch diejenigen, die im Launcher arbeiten müssen“, sagt Peter Turner, Abteilungsleiter der Mobilien Raketenbasis Moraba des DLR. Die Nutzlast soll an die brasilianischen Raketenmotoren gesetzt werden. Das ist zu gefährlich für Zuschauer – also Zutritt streng verboten. Langsam rollt Shefex aus der Sicht und verschwindet in der Starthalle, dem Launcher.

Dienstag, alle Antennen empfangsbereit

Warten. Warten auf die Meldung, dass Nutzlast und Motoren montiert sind und alle Verbindungen zu den Instrumenten der Spitze funktionieren. Warten auf den Probe-Countdown. Warten auf eine günstige Wettervorhersage für die nächsten Tage. Für die Wissenschaftler mit ihren Experimenten auf Shefex eine nervenzehrende Ruhe vor dem Sturm. Die Mitarbeiter der Mobilien Raketenbasis hingegen sind im Stress. Sie sind unter anderem für das zweistufige Trägersystem verantwortlich und steuern die Rakete.

Zwei Autominuten entfernt von der Rocket Range steht die mobile DLR-Telemetriestation, die während des Fluges die Daten aufzeichnen wird. Bildschirme, Tastaturen und jede Menge Kabel. Auf einer Ablage steht eine Schachtel Süßigkeiten. Nervennahrung für zwischendurch für die Moraba-Mitarbeiter Frank Hassenpflug und Anke Stromsky. Hassenpflug öffnet Schränke, in deren Inneren ordentlich sortiert hunderte Kabel und Anschlüsse zu sehen sind. „Das haben wir alles in den letzten Wochen aufgebaut.“ Vor der Tür steht die Satellitenschüssel, die Shefex beim Flug am Freitagabend folgen wird.

Währenddessen sitzt in der mobilen DLR-Radarstation der Moraba nahe der Rocket Range Dietmar Kail mit seinen Kollegen. Beengt und ein wenig düster ist es in dem Container. Obendrauf dreht und kippt eine große Antennenschüssel im Testlauf. Sie wird die Flugbahn des Raumfahrzeugs verfolgen und mit mehreren Kameras aufzeichnen. Um den Launcher selbst sieht es ruhig aus. Noch hängt Shefex im Inneren der Halle waagrecht an der ausfahrbaren Startrampe, während Moraba-Mitarbeiter mit brasilianischen Kollegen an Flugkörper und Raketenmotoren arbeiten. Fünf Tonnen Treibstoff werden den kantigen Flugkörper beim Start in Richtung Himmel beschleunigen.



Millimetergenau muss Shefex II montiert werden. John Turner von der Mobilien Raketenbasis des DLR achtet auf Verkabelung, Messinstrumente und Verschlussringe.

Schließlich tönt Kjell Bøens Stimme aus den Lautsprechern: Shefex wird im Testlauf mit der Startrampe aufgerichtet. Jetzt dürfen alle zum ersten und zugleich letzten Mal bis an die Startrampe heran. Wie ein riesiger dunkelgrauer Pfeil ist Shefex an der Rampe befestigt. Laut stampfend öffnet sich das Dach der Starthalle. Die beiden Dachhälften fahren zur Seite, und das mächtige Hydraulikgetriebe richtet die Startrampe mit dem kantigen Raumfahrzeug langsam auf. Dichte Wolken hängen an den Bergen fest, auf der Betonfläche um den Launcher pfeift der Wind.

Donnerstag, die Generalprobe

Im Kontrollraum ist die Luft zum Schneiden dick. Seit fast vier Stunden läuft der Testcountdown. John Turner, Projektleiter für Shefex bei der Mobilien Raketenbasis, und nicht zu verwechseln mit Moraba-Abteilungsleiter Peter Turner, blickt konzentriert auf vier Bildschirme gleichzeitig. Auf dem Bildschirm über den Köpfen zählt die Uhr die letzten drei Minuten herunter. Alles läuft so wie bei einem richtigen Start – nur der letzte Druck auf den Knopf, der die Rakete zündet, wird nicht geschehen. Über die Kopfhörer ist Kjell Bøens Stimme zu hören. „Start Data Storage Systems.“ Der Reihe nach geben alle Stationen ihren Status durch. Telemetriestation, Radarstation, die Empfangsstation im fernen Spitzbergen. Überall laufen jetzt die Aufzeichnungsgeräte. Schließlich ein Geräusch wie eine antikierte laute Türklingel. Alles lacht. Denn beim richtigen Start wäre jetzt die Sirene zu hören, die die Räumung der Launch Area um die Start-



Generalprobe für den großen Tag: Im Kontrollraum laufen alle Fäden zusammen

rampe verordnet. Noch 60 Sekunden. Eine Computerstimme zählt in Zehnerschritten abwärts, schließlich bis Null, dem Startzeitpunkt. Auch wenn das nur die Generalprobe ist und alle wissen, dass Shefex noch eine weitere Nacht in der Startrampe bleiben wird – die Stimmung im Kontrollraum ist konzentriert und angespannt. Morgen sollen die Wetterbedingungen endlich stimmen. Dann muss das Zusammenspiel beim Countdown reibungslos funktionieren.

„Three, two, one, fire“. Das werden die entscheidenden Sekunden sein, bevor Shefex bei seinem zehnminütigen Flug ins Weltall vorstößt und sich dann den Weg durch die Atmosphäre bahnt und zurückkehrt. Zahlen werden durch den Kontrollraum gerufen, John Turner tippt Daten auf seiner PC-Tastatur ein. „Canards aktiviert“, ruft Andreas Bierig. Für die Wissenschaftler ist das die spannendste Phase: „Re-entry at 100 kilometres“, lautet die Ansage. Hannah Böhrk steht gleich hinter John Turner. „Gas on“, ruft sie. Jetzt strömt Stickstoffgas durch die Hitzekacheln auf dem Flugkörper. Stoisch verkündet die Computerstimme, wie viele Sekunden nach dem Start vergangen sind. „Ok, thank you, we are finished“, sagt John Turner. Die Anspannung lässt nach, Jubel bleibt allerdings aus – noch ist Shefex nicht wirklich gestartet. Launch-Termin: Freitag. Am Nachmittag um 16.30 Uhr soll der richtige Countdown starten.

Freitag, Lift-off!

Minus 1:10. Noch eine gute Stunde bis zum Zünden der Rakete. Shefex ist die größte Rakete, die bisher auf der norwegischen Andøya Rocket Range gestartet wurde. Wer jetzt nicht eine Funktion auf der Range erfüllt, muss das Gelände verlassen. Ein Auto nach dem anderen fährt in Richtung Telemetriestation. Von dort aus – in sicherer Entfernung – dürfen Zuschauer den Start verfolgen. Auf einen Bildschirm wird übertragen, was die Kameras an Bord des Raumfahrzeugs zur Erde senden. Jetzt sitzen nur noch jene Mitarbeiter im Kontrollraum und im Tower, die während des Fluges des Raumfahrzeugs konkrete Aufgaben haben.

Die Startrampe wird exakt ausgerichtet. Minus 0:12. Die Uhr zählt weiter herunter, während die angrenzende Straße zwischen den Inselörtchen Andenes und Bleik gesperrt wird. Minus 0:08. Ab den letzten acht Minuten vor dem Start ist es verboten, Automotoren laufen zu lassen, Handys müssen ausgeschaltet werden. An der Telemetriestation versammeln sich Wissenschaftler, Touristen und Einheimische. Bis zu 40 Raketen startet die norwegische Range im Jahr – der Shefex-Start lockt dennoch etliche Neugierige an.

Minus 0:03. Was am Vortag in der Generalprobe virtuell getestet wurde, ist jetzt real. Sobald alle Beteiligten über die Funkverbindung grünes Licht gegeben haben, wird Shefex zu seinem Flug starten. Die Warnsirene schallt über das Gelände. Dann das „GO“, eine Feuerwolke lodert unter dem schmalen Flugkörper auf. Noch bevor der Schall zu hören ist, steigt um 21.18 Uhr die Rakete mit Shefex II auf der Spitze in den Himmel auf. Dann rollt ein mächtiger Lärm in Richtung Berg. Blitzschnell verschwindet Shefex in den Wolken in Richtung Spitzbergen. Sieben Jahre Planung und Vorbereitung werden mit einem perfekten Start belohnt. Das Raumfahrzeug fliegt jetzt mit 11.000 Kilometern in der Stunde bis in eine Höhe von 180 Kilometern und tritt anschließend in die Atmosphäre ein.

Auf Spitzbergen startet jetzt ein Suchflugzeug, es soll das Raumfahrzeug nach seiner Rückkehr im Wasser orten. Schon vor Tagen ist ein Bergungsschiff von Andenes aus gestartet, um rechtzeitig vor Ort zu sein. Auf der Range werden Hände geschüttelt und Gratulationen gerufen. Schließlich dann eine enttäuschende Nachricht: Das Flugzeug hat zwar das Signal aufgenommen, Shefex allerdings nicht gefunden. Drei Meter hohe Wellen und schlechte Sicht machen es dem Bergungsschiff schwer, in dem Landegebiet zu fahren. Zudem hat die Empfangsstation auf Spitzbergen das Raumfahrzeug auf seinem allerletzten Stück Weg nicht mehr verfolgen und die entsprechenden Daten aufzeichnen können. Fünf Sekunden der Experimentphase unterhalb einer Flughöhe von 29 Kilometern fehlen. Für einen kurzen Moment dämpft das die Stimmung. Allerdings: Die entscheidende Phase, in der der eckige Flugkörper durch die Atmosphäre fliegt, hat bereits in 100 Kilometer Höhe begonnen. „Wir haben also 95 Prozent der Daten“, beruhigt Projektleiter Hendrik Weihs. Alle Wissenschaftler werden mit den Daten des Shefex-II-Fluges arbeiten und forschen können. Die Anspannung fällt ab. Keiner, der jetzt nicht mit einem Lächeln durch die Flure der Rocket Range geht. „Die Bergung von Shefex wäre jetzt noch das Tüpfelchen auf dem i“, sagt Weihs.

Sonntag, nach dem Start ist vor dem Start

Obwohl das Flugzeug die Signale von Shefex empfangen hat – das Raumfahrzeug wird nicht geborgen. Die Suche wird schließlich eingestellt. Dass der Fallschirm sich geöffnet hat, wissen die Forscher. „Sonst hätte die Sonde kein Signal gesendet“, sagt Projektleiter Hendrik Weihs. „Aber der Wellengang, der Wind und die Sichtverhältnisse waren gegen uns.“ Mit den gewonnenen Daten forschen die Wissenschaftler nun an einem Raumfahrzeug, das mit eckigen Kanten aerodynamisch optimal in die Atmosphäre eintreten kann und dabei hohe Temperaturen übersteht. Wie ein Spaceshuttle – nur mit günstigeren, flachen Schutzkacheln. „Wir sind auf dem Weg zu einem Raumfahrzeug, das einfach gebaut ist wie eine Raumkapsel, aber Steuerungs- und Flugmöglichkeiten hat.“ Dann könnten Experimente für Tage in der Schwerelosigkeit fliegen und anschließend sicher zur Erde zurückkehren. Die Planungen für die Nachfolgemission Shefex III beginnen nun. Start: 2016. ●

Weitere Informationen:

<http://s.DLR.de/p34c>



Hand in Hand

Die fliegende Experimentplattform Shefex ist eine Gemeinschaftsarbeit von sieben DLR-Instituten und -Einrichtungen: Das Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik führte unter anderem zahlreiche Windkanalversuche durch, berechnete das Strömungsfeld beim Wiedereintritt und stattet den Flugkörper mit Sensoren für die Messung von Temperatur, Druck und Wärmebelastung aus. Das Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung fertigte den Flugkörper an und entwarf und produzierte unter anderem die keramischen Thermalschutzsysteme. Bei einem dieser Hitzeschutzsysteme strömt während des Wiedereintritts Stickstoff durch die porösen Kacheln und kühlt so den Flugkörper. Das Institut für Flugsystemtechnik testete sogenannte Canards, das sind Steuerflächen, mit denen die Lage von Shefex II aktiv gesteuert werden kann. Das Institut für Werkstoff-Forschung stellte unter anderem keramische Kacheln her, das Institut für Raumfahrtssysteme und die Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik entwickelten eine Navigationsplattform zur Lagebestimmung des Raumfahrzeugs während des Fluges. Die Mobile Raketenbasis Moraba des DLR steuerte unter anderem das zweistufige Trägersystem hinzu, steuerte die Rakete und empfing die Daten, die Shefex während des Fluges sendete.

Anders als die anderen

Als sich Mitte vergangenen Jahres die Raumsonde Dawn dem Asteroiden Vesta näherte, hatten die Planetenforscher nur eine vage Vorstellung von dem zweitschwersten und drittgrößten Körper des Asteroidengürtels. Am Ende des ersten Teils der Mission ist offensichtlich, dass es sich bei Vesta nicht um einen typischen Asteroiden handelt, sondern wohl eher um einen verhinderten Planeten, gewissermaßen ein Planeten-Embryo. Dieses Ergebnis stützt sich vor allem auf Bilder der deutschen Kameras an Bord von Dawn.

Die Mission Dawn zeigt: Der Asteroid Vesta ist nicht gerade ein typischer Vertreter seiner Art

Von Prof. Ralf Jaumann und Ulrich Köhler



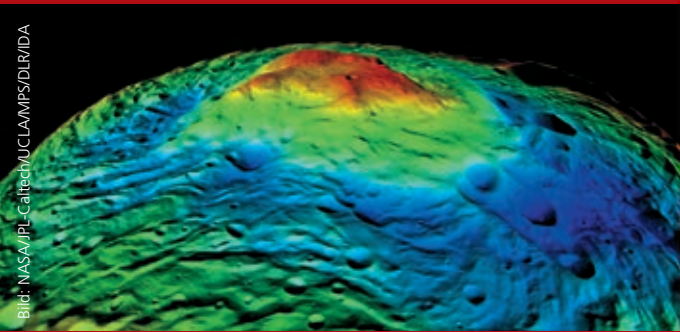
Ralf Jaumann und sein Dawn-Team am DLR-Institut für Planetenforschung blicken auf ein aufregendes und intensives Jahr der Erforschung des Asteroiden Vesta zurück

Neben der Frage, ob es in unserem Planetensystem auch auf anderen Körpern Leben geben könnte, liegt die zweite große Motivation der Planetenforscher in der Suche nach Erkenntnissen über die Anfänge des Sonnensystems. Weshalb entwickelten sich die Körper in unserer näheren kosmischen Umgebung so unterschiedlich? – Die NASA-Mission Dawn soll deshalb einen Blick in die Frühzeit des Sonnensystems werfen: Gewissermaßen das erste Licht, die „Morgendämmerung“ – Dawn – einfangen und untersuchen. Dazu werden gleich zwei dieser Ur-Körper des Sonnensystems angesteuert. In den Jahren 2011/2012 der Asteroid Vesta, ab 2015 wird der Zwergplanet Ceres aus nächster Nähe untersucht werden. Bei beiden Körpern interessieren sich die Wissenschaftler vor allem für Prozesse, die zu jener Zeit stattfanden, als sich aus den Stoffen der um die Protosonne rotierenden Staub- und Gasmassen erste größere Körper bildeten, die den Werdegang der jungen Planeten vorbestimmten.

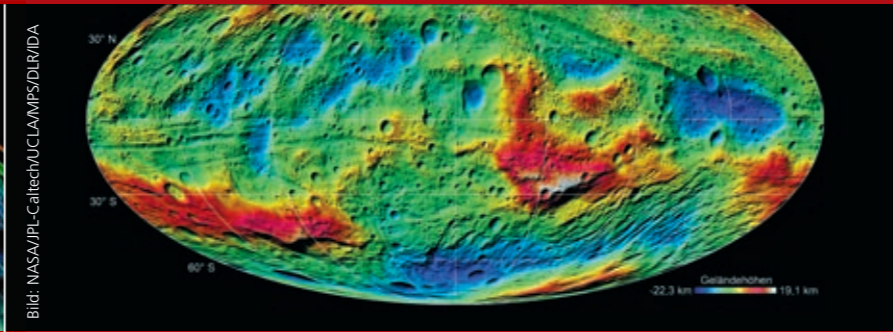
Es ist eine ganze Fragenkette, die sich auftut: Ab welcher kritischen Größe kommt es zu Differenzierungsprozessen? Wann separieren sich die Bestandteile eines jungen Planetoiden in schwere Komponenten, die einen metallischen Kern bilden, und einen leichteren silikatischen Mantel, in dem auch Gesteinschmelzen entstehen könnten. Führt das zu Vulkanismus, der wiederum die oberste Kruste aufbaut? Welche Rolle spielen flüchtige Elemente und vor allem Wasser beim weiteren Werdegang der Protoplaneten in Abhängigkeit von der Entfernung zur Sonne? Und schließlich: Welche Wirkung haben äußere Einflüsse, vor allem die im frühen Sonnensystem viel häufigeren Kollisionen zwischen diesen Körpern und die Einschläge von Millionen von Gesteinstrümmern auf diese ersten Planetesimale, die bei der Planetenbildung übrigblieben?

Dawn wird sich ab August 2012 langsam wieder aus dem Schwerefeld von Vesta lösen, beschleunigen und auf einer langen, parabelförmigen Bahn eine immer größere heliozentrische Entfernung bekommen, um sich schließlich 2015 dem Zwergplaneten Ceres anzunähern. Nun aber, da der erste Teil der Mission, die Erkundung Vestas aus drei polaren Umlaufbahnen zwischen

Struktur aus drei aneinandergereihten Kratern auf Vesta – sie wurde von den Dawn-Wissenschaftlern „Schneemann“ getauft und ist hier nahezu in Echtfarben zu sehen. Marcia (oben) hat einen Durchmesser von 58 Kilometern, Calpurnia in der Mitte von 50 und Minucia von 21 Kilometern.



Die perspektivische, in Falschfarben dargestellte Topografie des Südpols von Vesta zeigt in Blau Teile des 500 Kilometer großen Rheasilvia-Einschlagbeckens sowie markant im Zentrum ein über 20 Kilometer hohes Bergmassiv in grünen, gelben und roten Tönen



Auch in dieser globalen topografischen Karte von Vesta, die von den Dawn-Kartografen des DLR berechnet wurde, zeigen blau gefärbte Gebiete tiefer gelegene Flächen und gelbe, orangefarbene sowie rote Flächen höher gelegene Regionen

2.700 und 210 Kilometer Höhe so gut wie beendet ist, können die Wissenschaftler schon erste Ergebnisse verkünden. Das Markanteste in Kürze: Vesta ist ein in seiner Entwicklung steckengebliebener Planetoid, der mehr Ähnlichkeit mit dem Mond oder vielleicht sogar dem Mars hat, als mit den meisten anderen Körpern im Asteroidengürtel. Die Bilder zeigen eine ausgesprochen abwechslungsreiche Oberfläche mit Einschlagskratern aller Größen, von denen Auswurfdecken ausgehen, die sich gegenseitig überlagern, gewaltige Furchen, die sich fast um den ganzen Asteroiden erstrecken, Spuren von Massenverlagerungen großen Ausmaßes und Oberflächenmaterial heterogener Zusammensetzung – und vor allem topografische Extreme: Erhebungen türmen sich bis zu 20 Kilometer hoch auf, manche Senken liegen 22 Kilometer unter dem mittleren Niveau, das sind Höhenunterschiede von 30 bis 40 Kilometern, wie sie im Sonnensystem noch an keinem anderen Ort gemessen wurden.

Vesta – ein überraschend komplexer Körper

Der Körper ist „differenziert“, das heißt, nach seiner Entstehung haben sich schwere und leichte Bestandteile getrennt und einen metallreichen Kern, einen Gesteinsmantel und eine Kruste ausgebildet, die von einer mächtigen Staub- und Trümmerschicht, der heutigen Oberfläche, bedeckt ist. Vesta ist also keineswegs ein primitiver, homogener und strukturloser Körper wie die meisten der kleineren Asteroiden zwischen Mars und Jupiter, sondern hat in seiner Frühzeit eine Entwicklung durchgemacht, die der des jungen Erdmondes ähnelt. Ziemlich sicher ist auch, dass Vesta einst größer war, aber durch zahlreiche schwere Kollisionen an Masse verloren hat. Das abgesprengte Material umkreist heute noch als eine Gruppe eigenständiger Körper im Asteroidengürtel die Sonne: die Asteroidenfamilie der Vestoiden.

Spektrale Analysen der Oberfläche Vestas bestätigen auch eine weitere Vermutung, dass nämlich mehrere Gesteinstrümmere von Vesta bis zur Erde gelangt sind. Denn die spektrale Charakteristik von Vesta ist identisch mit der von Fundstücken einer Klasse von seltenen Meteoriten auf der Erde. Deren Herkunft dürfte nun geklärt sein. Diese „HED“-Meteoriten (benannt nach den Anfangsbuchstaben der drei Steinmeteoriten-Sorten Howardit, Eukrit und Diogenit) stammen nachweislich von einem in sich differenzierten Asteroiden-Mutterkörper. Dieser hat eine „heiße“ Vergangenheit hinter sich, denn sie waren zumindest bei ihrer Entstehung teilweise geschmolzen. So ist der Schluss zulässig, dass auch Vesta nach seiner Entstehung stark erhitzt war und sich seine Bestandteile trennen konnten, der Körper also „differenzierte“ – ein fundamentaler Prozess, wie er erstmals am Mond der Erde nachgewiesen wurde und für die Frühphase von Körpern hinreichender Größe, also auch großen Asteroiden, charakteristisch ist. Vermutlich gab es in der Frühzeit des Sonnensystems viele dieser differenzierten kleinen Körper, die sich aber durch gegenseitige Kollisionen zerstört haben – nur Vesta hat offenbar überlebt.

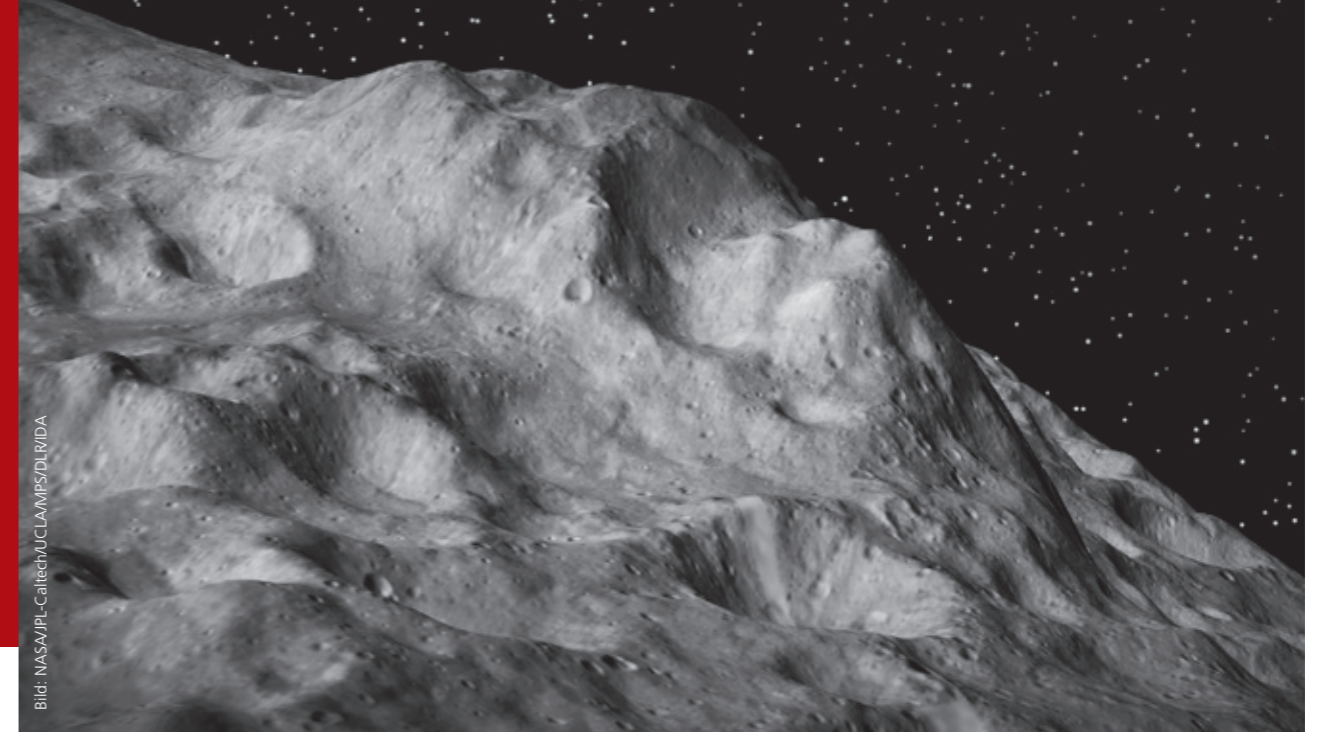
Wahrscheinlich sind HED-Meteoriten und die Vestoiden ins All geschleudert worden, als ein riesiger Körper am Südpol von Vesta einschlug und dort das 500 Kilometer große und über zehn Kilometer tiefe Becken entstand, das jetzt (in Anlehnung an die Vestalinnen im alten Rom) „Rheasilvia“ getauft wurde.

Zerreißprobe am Südpol

Inmitten des Rheasilvia-Beckens erhebt sich ein über 20 (!) Kilometer hohes Bergmassiv, das Seinesgleichen im Sonnensystem sucht. Entstanden sein dürfte die Erhebung als Folge des gewaltigen Einschlags, der zur Bildung von Rheasilvia geführt hatte. Das Einschlagsgebiet reagierte auf die dabei umgesetzten enorm hohen Energiemengen elastisch, sodass es zu einer Art Zurückfedern der Kruste kam, das gewissermaßen „eingefroren“ wurde. Mehr noch: Auf den topografischen Karten, die von den DLR-Forschern erstellt wurden, wird deutlich, dass dort, wo Rheasilvia entstand, schon einmal ein großer Asteroid eingeschlagen sein musste. Dieses zweite Becken hat einen Durchmesser von 400 Kilometern und wurde Veneneia genannt (ebenfalls ein Name aus der Liste der Vestalinnen).

Vesta hat also in seiner Geschichte einiges aushalten müssen: Allein die beiden Einschläge am Südpol erschütterten Vesta durch und durch. Sie waren offensichtlich auch die Ursache für ein Phänomen, für das man zunächst keine gute Erklärung hatte. Um Vesta erstrecken sich mehrere Dutzend parallele Furchen von über zehn Kilometer Breite und einigen Kilometer Tiefe, die mehrere hundert Kilometer lang sind. Diese Rinnen verlaufen zum einen genau parallel zum Äquator, zum anderen in einem Winkel von etwa 30 Grad schräg dazu. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Druckwellen, die von den beiden Einschlägen am Südpol ausgingen, so intensiv waren, dass sie sich mit Vehemenz durch den gesamten Körper ausbreiteten und sowohl am Äquator als auch versetzt dazu diese Systeme von Brüchen entstehen ließen.

Überhaupt hat Vesta eine enorm bewegte Topografie. Viele Hänge sind extrem steil und haben eine Neigung von über 40 Grad. Dies zeigt, dass der Asteroid unter seiner obersten Staubschicht, dem Regolith, aus massivem Gestein besteht, das den topografischen Strukturen eine gewisse Stabilität verleiht. Allerdings dürfte der Regolith stellenweise bis mehrere Kilometer mächtig sein, was für die Beantwortung einer der spannendsten Fragen zur geologischen Entwicklung von Vesta ein echtes Handicap darstellt: Die Frage, ob Vesta in seinem Inneren so stark differenziert ist und so viel Wärme entwickeln konnte, dass es auch zur Bildung von Magmen und zu Vulkanismus an der Oberfläche kam. Dafür gibt es zwar die Hinweise von den aufgeschmolzenen HED-Meteoriten und theoretische Modellierungen auf der Grundlage von Laborarbeiten, aber der geologische Trümmerhaufen auf Vestas Oberfläche macht es den Wissenschaftlern schwer, die vulkanischen Ablagerungen zu entdecken.



Aricia Tholus ist ein kuppelförmiges Bergmassiv, das 5.000 Meter über die Umgebung nördlich des Äquators von Vesta hinausragt. Benannt ist der Berg nach einer Stadt in der antiken Region Latium. Die Perspektive ist zweifach überhöht.

Auf der Oberfläche Vestas sind bisher jedenfalls keine Vulkane zu sehen. Was aber hat es mit den dunklen Flecken und Streifen auf sich? Solch auffallend dunkles, fast schwarzes Material findet sich vielerorts, mal gehäuft, manchmal auch nur vereinzelt auftretend, meist vermischt mit hellerem Regolith, oft als strahlenförmiger Auswurf an noch relativ frischen Einschlagskratern. Die Dawn-Wissenschaftler haben hierfür noch keine überzeugende Antwort gefunden: Es könnte sich um vulkanisches Material handeln oder um Substanzen, die von eben diesen Einschlägen selbst stammen, etwa Bestandteile dunkler kohlenstoffreicher Kometen.

Wie bei jeder anderen Mission zur Erforschung des Sonnensystems gilt also auch für den etwas mehr als einjährigen Besuch von Dawn bei Vesta: großartiges Datenmaterial, ausgezeichnete Ergebnisse – aber wie immer (nicht nur) eine „harte Nuss“, die zu knacken den Forschern für noch lange Zeit nach der Mission eine große Herausforderung sein wird.

Kamerasystem „made in Germany“ und 3-D-Kartierung vom DLR

An Bord von Dawn werden vier Experimente durchgeführt. Neben zwei Spektrometern (aus Italien und den USA) und einem Radiowellen-Experiment liefert ein Kamerasystem, das in Deutschland entwickelt und gebaut wurde, die Bilder der Mission: Zwei baugleiche sogenannte Framing Cameras nehmen sowohl Schwarzweiß- als auch Farbaufnahmen in sieben engbandigen Filtern im sichtbaren Licht bis zum nahen Infrarot auf.

Die Framing Camera, gefördert vom DLR Raumfahrtmanagement, ist ein Gemeinschaftsprojekt. Sie wurde vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Katlenburg-Lindau gemeinsam mit dem DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof und dem Institut für Datentechnik und Kommunikationsnetze der Technischen Universität Braunschweig entwickelt und gebaut. Aus dem DLR stammen die elektronische Einheit der Kamera mit den lichtempfindlichen Sensoren und der Ausleseelektronik.

An der Dawn-Mission sind deutsche Wissenschaftler vom DLR, dem MPS, der Freien Universität Berlin und der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster beteiligt. Das DLR-Institut für Planetenforschung trägt im Rahmen seiner wissenschaftlichen

Vesta in Zahlen

Vesta ist nach Ceres und Pallas der drittgrößte und zweitmassivste Körper im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter. DLR-Wissenschaftler haben mit den Daten von Dawn die Durchmesser entlang der drei Hauptachsen neu auf 572,6 mal 557,2 Kilometer (Äquatorebene) und 446,4 Kilometer (Poldurchmesser) sowie seine Rotationsperiode auf 5,34213 Stunden berechnet.

Der Asteroid Vesta wurde 1807 von dem Bremer Arzt und Astronomen Heinrich Wilhelm Olbers (1758-1840) entdeckt. Vesta umrundet die Sonne in drei Jahren und 320 Tagen auf einer um 7,13 Grad zur Ekliptik (Ebene der Bahn der Erde um die Sonne) geneigten elliptischen Bahn mit 322 bis 385 Millionen Kilometer Entfernung (Erde: 149,6 Millionen Kilometer). Seine mittlere Dichte beträgt 3,456 Gramm pro Kubikzentimeter – ein für Asteroiden relativ hoher Wert, der von schweren Bestandteilen wie Eisen im vermuteten Kern herrührt.

Beteiligungen an Dawn ganz wesentlich zur Kartierung von Vesta bei und berechnet durch Stereo-Fotogrammetrie die exakte Form des Körpers. Daraus leiten die Forscher ein hochpräzises Oberflächenmodell ab, das als Grundlage für geomorphologische Interpretationen dient. ●

Autoren:

Prof. Ralf Jaumann leitet die Abteilung Planetengeologie des DLR-Instituts für Planetenforschung und ist Co-Investigator im Dawn-Wissenschaftsteam. Ulrich Köhler koordiniert für das vielköpfige DLR-Dawn-Team die Öffentlichkeitsarbeit.

Weitere Informationen:

<http://dawn.jpl.nasa.gov/>
<http://www.DLR.de/dawn>



Und dann noch die Kissen für warme Füße

Wissenschaft ist mehr als Experiment und Datenauswertung – schon im Vorfeld ist allerlei zu organisieren, müssen Pläne erstellt werden. Während der Studien muss alles reibungslos ablaufen. Im Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin ist dafür das „Operationelle Studienteam“ im Einsatz, als Helfer im Hintergrund. Ein spannender Job, sagt Gruppenleiterin Melanie von der Wiesche: Pendeln zwischen Labor und Büro, zwischen Schreibarbeiten und Probandenvorbereitung, zwischen Liegestudien und Zentrifugenfahrten – damit die Wissenschaftler sich mehr auf ihre Forschung konzentrieren können.

Melanie von der Wiesche und dem Studienteam des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin über die Schulter geschaut

Von Manuela Braun



In der Teamsitzung bespricht Gruppenleiterin Melanie von der Wiesche (4. v. l.) die Abläufe der nächsten Studien

In den Gängen des Physiologielabors im DLR Köln ist es noch ruhig. 8.00 Uhr. Erst in vier Stunden wird die Humanzentrifuge mit Probandin Kristina starten. Bevor jedoch die Forschung beginnen kann, muss organisiert, informiert, beruhigt und verkabelt werden. Bei dieser Studie hat Melanie von der Wiesche diese Aufgaben übernommen. „Wir halten während der Fahrt auf der Zentrifuge ständig Kontakt zu dir“, beruhigt sie die Probandin im Untersuchungsraum. Die ist nervös, hat in der Nacht nicht gut geschlafen und befürchtet, dass ihr bei der Beschleunigung auf der Zentrifuge schlecht werden könnte. Melanie von der Wiesche winkt ab. „Die meiste Zeit über ist das ganz spannend für dich.“ Dann kommt die deutliche Ansage: „Bei uns hat noch keiner gekotzt.“ Kristinas Gesichtszüge entspannen sich – Probandin beruhigt, Mission erfüllt.

Dienstleister für die Wissenschaft

Vor gut vier Jahren baute Melanie von der Wiesche das „Operationelle Studienteam“ am Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin mit auf, seit Oktober 2011 ist sie die Gruppenleiterin. Im Auftrag von Wissenschaftlern am DLR, der ESA oder von Universitäten führen sie und ihre Kollegen stationäre und ambulante Humanstudien durch. Für die Biologin und ihr siebenköpfiges Team heißt das: Dienstleistung von der Probandensuche über das Verfassen von Anträgen und die Beratung bei der Konzeption neuer Studien bis hin zum tatsächlichen Verkabeln der Probanden. „Unsere Aufgaben sind enorm vielfältig“, sagt die Gruppenleiterin und zählt auf: „Schreibtischarbeit, Gespräche mit Probanden, Durchführen der Studien – die Arbeit könnte kaum abwechslungsreicher sein.“

Dieses Mal soll auf der Zentrifuge untersucht werden, wie das menschliche Herz-Kreislauf-System auf die erhöhte Gravitation während der Umdrehungen reagiert. Könnten Astronauten in der Internationalen Raumstation auf einer Zentrifuge für die Rückkehr aus der Schwerelosigkeit trainieren – und damit verhindern, dass ihr Kreislauf bei der Ankunft auf der Erde schwächelt? Melanie von der Wiesche erklärt die Wissenschaft, die hinter der Studie steckt. Währenddessen legt Dr. Francisca May, die Ärztin des Studienteams, einen Zugang zur Vene der Probandin. Sollte

Der Probandin soll es gut gehen – bevor die Zentrifuge startet, kümmert sich das Studienteam des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin noch einmal um die Testperson

etwas passieren und Kristina ärztlich versorgt werden müssen, könnte die Ärztin unverzüglich entsprechende Infusionen verabreichen. „Okay? Können wir zur Zentrifuge rüber?“, fragt Melanie von der Wiesche. Dort klebt die 45-Jährige Elektrode für Elektrode an den Körper der Probandin, bringt die Messinstrumente an, sorgt dafür, dass Kristina auf der Zentrifuge gut und entspannt liegen kann und verschwindet aus dem Raum. Zwei Minuten später ist sie mit angewärmten Kirschkernkissen zurück und stopft sie vorsichtig um Kristinas nackte Füße, diese sollen auch aus wissenschaftlichen Gründen gut durchblutet sein.

Probanden, Wissenschaftler und Daten im Blick

Als Studienkoordinatorin ist Melanie von der Wiesche dafür verantwortlich, dass alles reibungslos funktioniert, dass es den Probanden gut geht, dass die Wissenschaftler auswertbare Daten erhalten, dass alle Sicherheitsvorschriften eingehalten werden. Und dass die richtige Person aus ihrem Team an der richtigen Stelle zum Einsatz kommt. Bei so vielen Beteiligten kommt dem Studienteam noch eine ganz andere Aufgabe zu: „Manchmal muss man 40 bis 50 Leute mit ganz unterschiedlichen Ansprüchen und Erwartungen unter einen Hut kriegen – dann werden wir zum Vermittler zwischen allen Beteiligten“, sagt sie. „Das ist die Schwierigkeit und die Herausforderung.“

Langsam füllt sich das Physiologielabor. Viele Hände zupfen und richten an der Probandin. „Drückt das irgendwo?“ „Bekommen wir einen guten Wert für den Blutdruck?“ „Nochmal die Kirschkernkissen anwärmen!“ Die Anweisungen und Fragen der Gruppenleiterin kommen kurz und knapp. Das Team ist eingespielt. Schließlich kann die erste Fahrt auf der Zentrifuge beginnen. Auch die Wissenschaftler kommen jetzt hinzu, um das eigentliche Experiment zu verfolgen. Melanie von der Wiesche setzt die Kopfhörer auf. Vor ihr auf der Konsole liegt der Zeitplan, der dem Studienteam bis auf die Sekunde genau den Ablauf der Studie vorgibt. Francisca May sitzt einen Platz weiter – sie wird Kristinas Werte während der Zentrifugenfahrt überwachen und das Experiment stoppen, sobald die Belastung zu groß für die Probandin wird. „Zentrifuge startet in einer Minute“, sagt Guido Petrat, zuständig für die technischen Aufgaben im Studienteam. Im Raum ist jetzt Stille, auf den Monitoren ist Kristinas Gesicht zu sehen. Bis 15.00 Uhr werden Melanie von der Wiesche und ihr Team heute noch an der Zentrifuge arbeiten.

Alleskönner und Teamplayer

Nächster Tag: Teambesprechung. Normalerweise markieren alle mit kleinen Magneten auf einer weißen Tafel im Flur, wo sie gerade im Einsatz sind. Zentrifuge. Arbeitsmedizinische Simulationsanlage. Büro. Auf jedem Magneten klebt ein Mitarbeiterfoto. Wer zur Zentrifuge geht, schiebt sein Foto vorm Rausgehen schnell auf das entsprechende Feld. Jetzt aber haben sich alle im Besprechungsraum versammelt. Melanie von der Wiesche zeigt auf den Jahresplan: Acht Studien stehen alleine 2012 an. Eine fünfwöchige Betruhestudie mit dem Schwerpunkt Ernährung hat Biologin Alexandra Noppe bereits betreut. Andrea Nitsche plant und organisiert gerade eine Isolationsstudie, bei der die Probanden mit Robotern zusammenleben sollen. Können Roboter auf Menschen reagieren und diese motivieren? „Das wird bestimmt spannend“, sagt Melanie von der Wiesche.

Die Arbeit des Studienteams ist vielfältig: Die Unterstützung der Forschungsarbeiten reicht vom technischen Support über Labortätigkeiten bis hin zur ärztlichen Aufsicht beim Zentrifugenlauf. Und – die Probandin soll keine kalten Füße bekommen.



Vanja Zander hat in diesem Jahr bereits eine Zentrifugenstudie durchgeführt, mit der Wissenschaftler erforschen, wie sich die künstlich erzeugte Schwerkraft während der Umdrehungen auf die Hirnfunktionen auswirkt. Bereits jetzt plant und konzeptioniert er den wissenschaftlichen Anteil für die neue Zentrifuge, die in der „envihab“-Anlage des Instituts eingesetzt werden wird. Mit am Tisch: Ärztin Francisca May, die beiden Techniker Guido Petrat und Wolfgang Doering sowie die studentische Hilfskraft Anja Simon, die unter anderem bei der Probandensuche hilft. Aufrufe auf der Homepage, Annoncen oder schlichtweg Mundpropaganda sorgen dafür, dass genügend Probanden zur Verfügung stehen. Einfach ist es dennoch nicht, immer die richtigen Personen für die jeweilige Studie zu finden.

Melanie von der Wiesche tippt auf den Plan vor sich: „Das hier schiebt sich nach hinten, deswegen kann diese Studie erst später anfangen.“ Alle stecken ihre Köpfe zusammen, kurzes Nicken, dann die ersten Ergänzungen und Nachfragen. Das Studienteam besteht aus Alleskännern und Teamplayern: Wer als Koordinator eine Studie betreut, ist für das gesamte Arbeitspaket von Anfang bis Ende zuständig. Wer technische Unterstützung benötigt, braucht die Techniker. Melanie von der Wiesche will flache Hierarchien. „Das Team funktioniert nur, weil man so kurze Wege zwischen allen Ansprechpartnern hat, weil die Verzahnung so eng ist“, ergänzt Wolfgang Doering, der auch für das Management der Studiendaten verantwortlich ist.

Hauptsache Kontakt mit Menschen

Damit Personaleinsatz, verfügbare Zeit auf den Forschungsanlagen des Instituts, die Suche nach Probanden, aber auch Wartung und Ausstattung der Anlagen nahtlos ineinandergreifen, muss sorgfältig geplant werden. Die detaillierten Genehmigungsanträge unter anderem bei der Ethikkommission der Ärztekammer Nordrhein, die vom Team geschrieben werden müssen, nehmen Zeit in Anspruch. Dort wird exakt erfasst, was das Ziel der Studie ist, wie der Ablauf sein wird und natürlich auch, welche Kriterien die Probanden erfüllen müssen. Selbst die Anzahl der Elektroden und die Blutprobenmenge müssen definiert und genauestens angegeben werden. „Manchmal knifflig, aber unbedingt notwendig“, sagt Melanie von der Wiesche. „Nur wenn die Phasen am Schreibtisch zu lang werden – dann hört es auf, Spaß zu machen.“ Gut, das gehört halt dazu, die Gruppenleiterin nimmt es in Kauf.

„Am Schönsten ist es, dass ich unglaublich viel mit Menschen zu tun habe. Mit Wissenschaftlern, mit Probanden, mit Team-Kollegen, mit Auftraggebern.“ Vor ihrem Einsatz im Studienteam war die Biologin im Institut bereits für den Bereich Gravitationsbiologie tätig. Allerdings: Mit zwei Kindern und dann als Wissenschaftlerin forschen und publizieren? „Das hätte nicht gut funktioniert.“ Jetzt entlastet sie mit ihrem Team die Wissenschaftler, nimmt ihnen Planung und Organisation ab. „Eigentlich ist die Kombination perfekt: Ich habe noch immer einen wissenschaftlichen Hintergrund bei meiner Arbeit, ich lerne viel und dazu kommt: Kein Arbeitsmonat ist wie der andere.“ ●

Weitere Informationen:
www.DLR.de/ME



Auf Humboldts Spuren in den Kosmos

Wäre Alexander Gerst abergläubisch, wäre sein Schicksalsmonat der Mai: Am 3. Mai 1976 wird der heute 36-Jährige in Künzelsau im württembergischen Hohenlohekreis geboren. Am 20. Mai 2009 stellt ihn die europäische Weltraumorganisation ESA als einzigen Deutschen von sechs neuen Astronauten-Anwärtern der Öffentlichkeit vor. Und im Mai 2014 soll der promovierte Vulkanologe zu seiner ersten Langzeitmission für sechs Monate zur Internationalen Raumstation ISS aufbrechen. Wie man den schwerelosen Alltag in 380 Kilometer Höhe meistert, trainiert der 1,86 Meter große sport- und naturbegeisterte Geophysiker vor allem im Europäischen Astronautenzentrum in Köln, im Johnson-Space-Center der NASA in Houston (Texas) – und im Juri-Gagarin-Kosmonauten-Trainingszentrum der russischen Raumfahrtbehörde Roskosmos im „Sternenstädtchen“ 30 Kilometer östlich von Moskau.

Alexander Gerst trainiert für seine größte Entdeckungsreise

Von Elisabeth Mittelbach

Die Vögel zwitschern an diesem sonnigen Sommermorgen. Die Espressomaschine im Besprechungsraum des ESA-Außenbüros im Sternestädtchen surrt. Es ist 8.30 Uhr. Juri Kargapolow sitzt vor seinem Computer, schreibt E-Mails, nimmt Telefonate entgegen. Seit 40 Jahren arbeitet der Russe im Juri-Gagarin-Trainingszentrum für Kosmonauten, dem GCTC (Gagarin Cosmonaut Training Center). Er kennt jeden Grashalm des vier Quadratkilometer großen Geländes, hat unzählige Kosmonauten und ESA-Astronauten während ihrer Ausbildung hier begleitet. Im GCTC lernen russische, europäische, japanische, amerikanische und kanadische Raumfahrer die Besonderheiten der russischen Raumfahrtsysteme kennen, vor allem die Sojus-Rakete und das gleichnamige Raumschiff, mit dem auch ESA-Astronaut Alexander Gerst zur Internationalen Raumstation ISS fliegen wird.

Als hätte er seinen Namen gehört, öffnet Alexander Gerst eine der Türen, die von dem langen Flur in der ESA-Etage abgehen. Mit einem Lächeln auf den Lippen verlässt der nächste deutsche ISS-Astronaut sein Ein-Zimmer-Appartement. Im blauen ESA-Overall und mit einem schwarzen Rucksack auf dem Rücken geht er zügigen Schritts die Treppe hinunter und schwingt sich draußen auf sein weißes Mountainbike. Um 9.00 Uhr beginnt sein Training im Sojus-Raumschiff, sagt er noch, bevor er

in die Pedale tritt. Ich steige zu Juri Kargapolow ins Auto und wir nehmen auf vier Rädern die gleiche Route. Im Sojus-Trainingscenter treffen wir uns fünf Minuten später wieder. Am Ende der großen Halle steht das „Corpus delicti“, in dem Gerst die nächsten drei Stunden verbringen wird. Viktor Spirin wird ihn begleiten und den 36-jährigen Astronauten mit der Technik und den Lebenserhaltungssystemen der Sojus-Kapsel vertraut machen. Seit 1967 ist das russische Raumschiff das wohl robusteste und zuverlässigste Taxi ins All. Dennoch: Keine Technik ist unfehlbar. Deshalb wird Alexander Gerst besonders intensiv auf mögliche kritische Situationen vorbereitet.

Also: Schuhe aus und durch die runde Luke hinein in das zylindrische Startmodul der Raumkapsel. Viel Platz ist hier nicht für die drei Astronauten, die bei einem echten Flug im voluminösen Raumanzug mit angewinkelten Beinen und rundem Rücken wie Babys in ihren Schalensitzen klemmen. Jeder Zentimeter des nur 3,5 Kubikmeter großen Raums erfüllt eine Funktion. Unter anderem haben Lebenserhaltungs-, Steuer- und Fallschirmsysteme hier ihren Platz. „Wir halten uns während der mehrstündigen Startvorbereitungen und in den ersten acht Minuten nach dem Start hier auf“, erläutert Gerst. So viel oder auch so wenig Zeit liegt zwischen der Zündung der Raketentriebwerke und dem Erreichen einer ersten, vorübergehenden Raumschiff-Position im Orbit, bevor es dann weiter zur ISS geht. Kein Wunder: Die Sojus erreicht eine Geschwindigkeit von circa 28.000 Stundenkilometern – relativ zur Erde, nachdem sie deren Atmosphäre verlassen hat. Dem enormen Druck, dem auch Gerst bei seinem für Mai 2014 geplanten ersten Raumflug ausgesetzt sein wird, kann er nur durch körperliche Fitness und den sicheren und korrekten Umgang mit der Ausrüstung an Bord der Raumkapsel widerstehen. „Auch der Raumanzug ist Teil unseres Lebenserhaltungssystems. Er versorgt uns unter anderem mit Sauerstoff und ist zum Beispiel beim Ausbruch eines Feuers überlebenswichtig“, erklärt der Geophysiker. Denn an Bord der Sojus kann es keinen klassischen Feuerlöscher geben. „Das heißt, wir müssen mit geschlossenem Visier den Raumanzug unter Druck setzen und die Luft in den Weltraum ablassen. So entsteht ein Vakuum in der Kapsel, das Feuer erlischt, weil ihm der Sauerstoff fehlt.“

Am 18. September 2011 gab die ESA bekannt, dass Alexander Gerst als Bordingenieur der ISS-Expeditionen 40 und 41 von Mai bis November 2014 seinen ersten Weltraumeinsatz absolvieren wird. Seit Anfang 2012 befindet sich der 36-Jährige in der für diese Mission spezifischen Vorbereitung, die er im Juli 2013 abschließen wird. Danach muss sich der ESA-Astronaut bereits als Back-up für die ISS-Mission 39 bereithalten.



Geschafft, für dieses Mal: Alexander Gerst verlässt nach seiner Übungseinheit im Juri-Gagarin-Kosmonauten-Trainingszentrum nahe Moskau die russische Sojus-Raumkapsel



Immer wieder spielt Alexander Gerst diese und weitere Szenen mit seinem Trainer durch – zuerst im blauen ESA-Overall, dann im russischen Sokol-Raumanzug (http://en.wikipedia.org/wiki/Sokol_space_suit). Den muss er im Notfall innerhalb von drei Minuten bei Dunkelheit anziehen können. Konzentriert hört Gerst den russischen Ausführungen zu. Die unzähligen Tasten, Knöpfe und Hebel im Cockpit der Sojus hat er fest im Blick. Jeder Handgriff muss sitzen, Gerst macht sich im wahrsten Wortsinn mit dem Raumschiff vertraut. Ist ein Ablauf unklar, fragt er, ebenfalls auf Russisch, nach. Per Funk sind der deutsche Astronaut und sein Lehrer mit einem weiteren Trainer im Kontrollraum neben der Sojus-Kapsel in Kontakt. „Auch das entspricht der Realität“, sagt der 36-Jährige. „Wir sind in regelmäßigen Intervallen mit der Bodenkontrollstation in Moskau verbunden und haben Alarm- und Warnsysteme an Bord, die sich bei Störfällen melden würden, zum Beispiel, wenn wir ein Problem bei der Zündung eines Raketentriebwerks hätten. Auf unserer Reise zur Raumstation müssen wir regelmäßig solche Boostmanöver durchführen, um das Raumschiff auf seiner Bahn anzuheben und auf den richtigen Weg zur ISS zu bringen.“

In der Sojus bleibt die Küche kalt

Die meiste Zeit des zweieinhalb Tage dauernden Fluges zur Internationalen Raumstation wird Alexander Gerst mit seinen beiden Kollegen allerdings im Wohnmodul der Sojus-Kapsel verbringen. Unwesentlich größer als das Startmodul, hat es alles, was es zum Leben im All braucht: Trockennahrung für vier Tage, Wasservorräte, eine Toilette, die in der Schwerelosigkeit funktioniert und sich problemlos verstauen lässt, sowie Ersatzkleidung. Alles hat seinen festen Platz. 3.000 Kalorien dürfen die Astronauten pro Tag verspeisen, Brot, Müsliriegel, Fleisch, Gemüse oder Fisch. Vakuumverpackt und konserviert. Dazu kommen exakt 2,5 Liter Flüssigkeit – Wasser und Saft. „In der Sojus bleibt die Küche kalt, doch auf der ISS haben wir einen Ofen, in dem wir uns Speisen wärmen können. Dort gibt es dann auch wieder warme Getränke wie Kaffee oder Tee“, schildert Gerst die Versorgungssituation. Die spezielle Kost stört den Wissenschaftler jedoch kein bisschen dabei, sich seinen größten Traum zu erfüllen.

Schon als kleiner Junge hat ihn das Weltall fasziniert. Sein Großvater war Amateurfunkler. Ein Funkspruch, den er für den kleinen Alexander Richtung Mond absetzte, gab den Impuls für die bis heute währende Weltraum-Begeisterung. Seine Neugier und sein ausgeprägtes naturwissenschaftliches „Entdecker-Gen“ führten Alexander Gerst während seines Studiums zu abgelegenen Vulkanen nach Neuseeland und Hawaii sowie zu Forschungs Expeditionen in die Antarktis. Hier hat er gelernt, unter einfachsten Bedingungen zurechtzukommen. Nicht die schlechteste Voraussetzung für das Überlebenstraining in freier Natur, das ebenfalls auf seinem Astronautenstundenplan steht. Schon während seiner 16 Monate dauernden Grundausbildung hat er sich auf Sardinien mehrere Tage ohne Essen durchgeschlagen.

Auch zu seinem Sojus-Training in Russland gehörte eine „Survival“-Einheit: „Vier Tage lang haben wir rund um einen See unweit des Sternestädtchens verschiedene Landemanöver simuliert und das richtige Verhalten trainiert“, berichtet der ESA-Astronaut. Nach einem Trockenlauf an Land ging es mit der schwimmenden Sojus-Raumkapsel aufs Wasser. Gerst und zwei Gleichgesinnte, darunter sein Mannschaftskamerad Reid Wiseman, mit dem er 2014 zur Raumstation fliegen wird, hatten dann verschiedene Jobs zu erfüllen: „Wenn es die Zeit zulässt, ziehen wir bei einer Wasserlandung noch in der Kapsel unsere schweren Raumanzüge aus und flexiblere Thermo-Trockenanzüge an, falls wir die Kapsel aufgrund eines Problems verlassen müssen. So kühlen wir so nicht so schnell aus,

was in kaltem Wasser überlebenswichtig ist. Haben wir die Zeit nicht, beispielsweise wenn die Kapsel ein Leck hat, müssen wir innerhalb von sieben Minuten mit unseren Raumanzügen und Überlebensausrüstung aus der Sojus raus und uns ins Wasser retten.“

Im Training hat das Wassern gut geklappt. Dennoch hofft der nächste deutsche Astronaut, dass er das Raumschiff nach seiner Landung ohne Schwimmmanöver verlassen kann. Im Fall einer Notlandung, die fast überall auf der Erde stattfinden könnte, kann es nämlich ein paar Tage dauern, bis die Rettungsmannschaften die Raumfahrer finden. Deshalb weiß Alexander Gerst auch, wie er sich aus seinem Fallschirm ein Zelt baut, mit bescheidenen Mitteln Feuer macht oder Fische fängt. „Wir werden in unserer dreieinhalbjährigen Ausbildung auf die verschiedensten Situationen vorbereitet – sowohl an Bord der ISS als auch für den Hinflug und die Rückkehr zur Erde. Das Ziel ist nicht nur, sich hundertprozentig mit der Funktionsweise und den Aufgaben der Raumstation auszukennen, sondern eben auch mit widrigen Verhältnissen auf der Erde klarzukommen“, sagt der Geophysiker und strahlt dabei eine beeindruckende innere Ruhe und Gelassenheit aus.

Von ganzem Herzen Naturwissenschaftler

Alexander Gerst hat Respekt, aber keine grundsätzliche Furcht vor extremen, ungewöhnlichen Situationen. So hat er an einer Seismometer-Station auf einem 4.000 Meter hohen Eisplateau in der Antarktis nach eigenen Worten zum ersten Mal erlebt, „was Einsamkeit wirklich bedeutet“. Für seine Promotion zog es ihn an einen Krater des Mount Erebus, des südlichsten aktiven Vulkans der Erde. Ein Härtestest: sechs Wochen bei minus 45 Grad Celsius in einem kleinen Zelt. Gerst – ein moderner Alexander von Humboldt? In gewisser Weise schon. Wie sein berühmter Namensvetter ist er von ganzem Herzen Naturwissenschaftler. Sein Wissensdurst treibt ihn über die irdischen Grenzen hinaus. Deshalb freut sich der dritte deutsche ISS-Astronaut auch besonders auf die kommenden zwölf Monate: „Dann erfahre ich, welche Experimente ich bei meinem Aufenthalt auf der Raumstation absolvieren darf.“ Fest steht schon jetzt, dass er in drei Modulen arbeiten wird: im europäischen Columbus-Modul, im amerikanischen Destiny-Modul und im japanischen Kibo-Modul. Und er weiß auch, dass es bei seinen Experimenten um die Kernfragen geht, wie das Fehlen der Gravitation im All für das Erforschen von irdischen Prozessen genutzt werden kann, aber auch darum, künftige Weltraummissionen in die Tiefen des Alls vorzubereiten und zu untersuchen, wie Astronauten am besten in der Schwerelosigkeit leben können. „So wollen wir zum Beispiel mit Fluidynamikversuchen Brennvorgänge in Kraftwerken besser verstehen. Das kann letztlich helfen, Treibstoff einzusparen und den Kohlendioxidausstoß auf der Erde zu verringern. Andere Versuche helfen uns, Krankheiten wie Osteoporose oder Schlaganfall besser behandeln zu können.“

Rund 50 bis 60 Experimente aus den unterschiedlichsten Bereichen – von Medizin über Biologie bis hin zu Materialwissenschaften – wird der Wissenschaftler während seines Langzeitaufenthalts auf der Internationalen Raumstation bearbeiten.

Doch das ist noch Zukunftsmusik. Jetzt muss der nächste deutsche Astronaut erst einmal die Sojus-Prüfung meistern ... ●

Weitere Informationen:

ESA: <http://is.gd/PUKIWs>

DLR: <http://s.DLR.de/e31h>

Homepage von Alexander Gerst: <http://www.planet3.de/>



Von der Erde zur ISS: Alexander Gerst im 3,5 Kubikmeter großen Startmodul der Sojus-Rakete in der Trainingshalle im Sternestädtchen

Wenn der Start erfolgt ist, geht es ins Wohnmodul der Sojus: Auch hier muss Alexander Gerst jeden Handgriff kennen. Ausbilder Viktor Spirin erklärt dem 36-Jährigen unter anderem, was auf dem Speiseplan steht und wie die Bord-Toilette funktioniert.



Nach dem Training steht ein Interview mit einem Fernsichteam von Arte auf dem Programm

Mit MERTIS zum Merkur

Im Jahr 2015 geht die Raumfahrtmission der ESA BepiColombo auf die Reise zum Merkur, dem sonnennächsten Planeten unseres Sonnensystems. Nach sechs Jahren im All wird der Satellit in die Umlaufbahn des Merkurs einschwenken und ab 2022 den bis zu 470 Grad Celsius heißen Planeten mindestens ein Jahr lang erkunden. Die von verschiedenartigen Instrumenten gewonnenen und zur Erde übertragenen Daten werden Wissenschaftlern neue Erkenntnisse über die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Merkurs bringen. Mit dabei ist MERTIS, ein weltweit einmaliges optisches Instrument mit neuesten Infrarot-Technologien. Das DLR und die Westfälische Wilhelms-Universität Münster führen die Instrumententwicklung, auch polnische Wissenschaftler sind beteiligt. 2013 soll MERTIS an die ESA zur Integration in den Satelliten ausgeliefert werden.

Deutsch-polnisches Infrarot-Spektrometer für die europäisch-japanische Raumfahrtmission BepiColombo

Von Dr. Jörn Helbert und Gisbert Peter

MERTIS (MERCURY Radiometer and Thermal Infrared Spectrometer) ist eines der elf wissenschaftlichen Instrumente auf dem europäischen Orbiter der BepiColombo-Mission.

Es basiert auf einem neuartigen und hoch integrierten Instrumentenkonzept mit sehr geringer Masse von nur drei Kilogramm und geringem Leistungsverbrauch von nur zehn Watt. Noch vor 15 Jahren hatten derartige Spektrometer für den Weltraumeinsatz (beispielsweise auf der ESA-Tiefraum-Mission Rosetta) eine fünfmal höhere Masse und ebenso höheren Stromverbrauch.

Mit dem abbildenden Spektrometer wird die mineralogische Zusammensetzung der gesamten Merkuroberfläche bestimmt werden. Dazu erfasst es hyperspektrale Daten im thermischen Infrarot, also Licht in einer Wellenlänge von sieben bis 14 Mikrometer. Ein ungekühlter Infrarotdetektor liefert zweidimensionale Daten. Neben dem Spektrometer befindet sich im selben optischen Pfad ein Mikro-Radiometer. Dieses erlaubt Messungen von Temperatur und thermischer Leitfähigkeit der Merkuroberfläche. Das System wird bei seinem Flug in der Umlaufbahn ständig kalibriert. Dabei werden neben den spektralen Daten der Merkuroberfläche Daten von drei Kalibrationsquellen (kalter Weltraum und zwei Schwarzstrahler unterschiedlicher Temperatur) aufgenommen.

Das DLR entwickelt das Systemdesign basierend auf seinen theoretischen Sensormodellen. Es integriert und verifiziert die optische Performance und kalibriert das Instrument im speziell ausgerüsteten Infrarotlabor in Berlin. Das Planetary Emissivity Laboratory wurde speziell zur wissenschaftlichen Unterstützung des MERTIS-Instrumentes aufgebaut und erlaubt es, Mineralien bei Merkur-Temperaturen von bis zu 500 Grad Celsius spektral zu vermessen. ●

Autor:

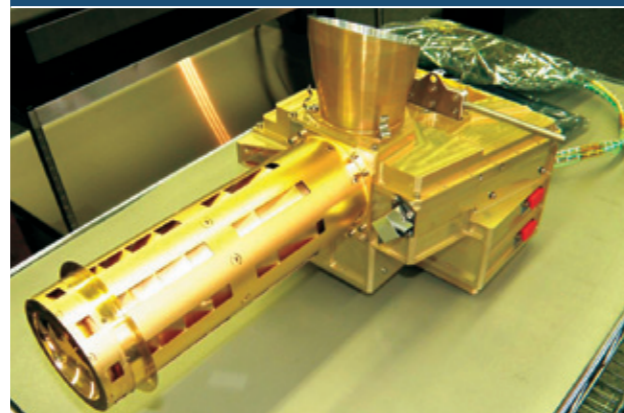
Dr. Jörn Helbert ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Planetenforschung und Co-Principal Investigator für MERTIS. Gisbert Peter ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Robotik und Mechatronik und Projektmanager für MERTIS.

Weitere Informationen:

<http://is.gd/Vm58tT>
<http://s.DLR.de/5ja3>

Die Väter

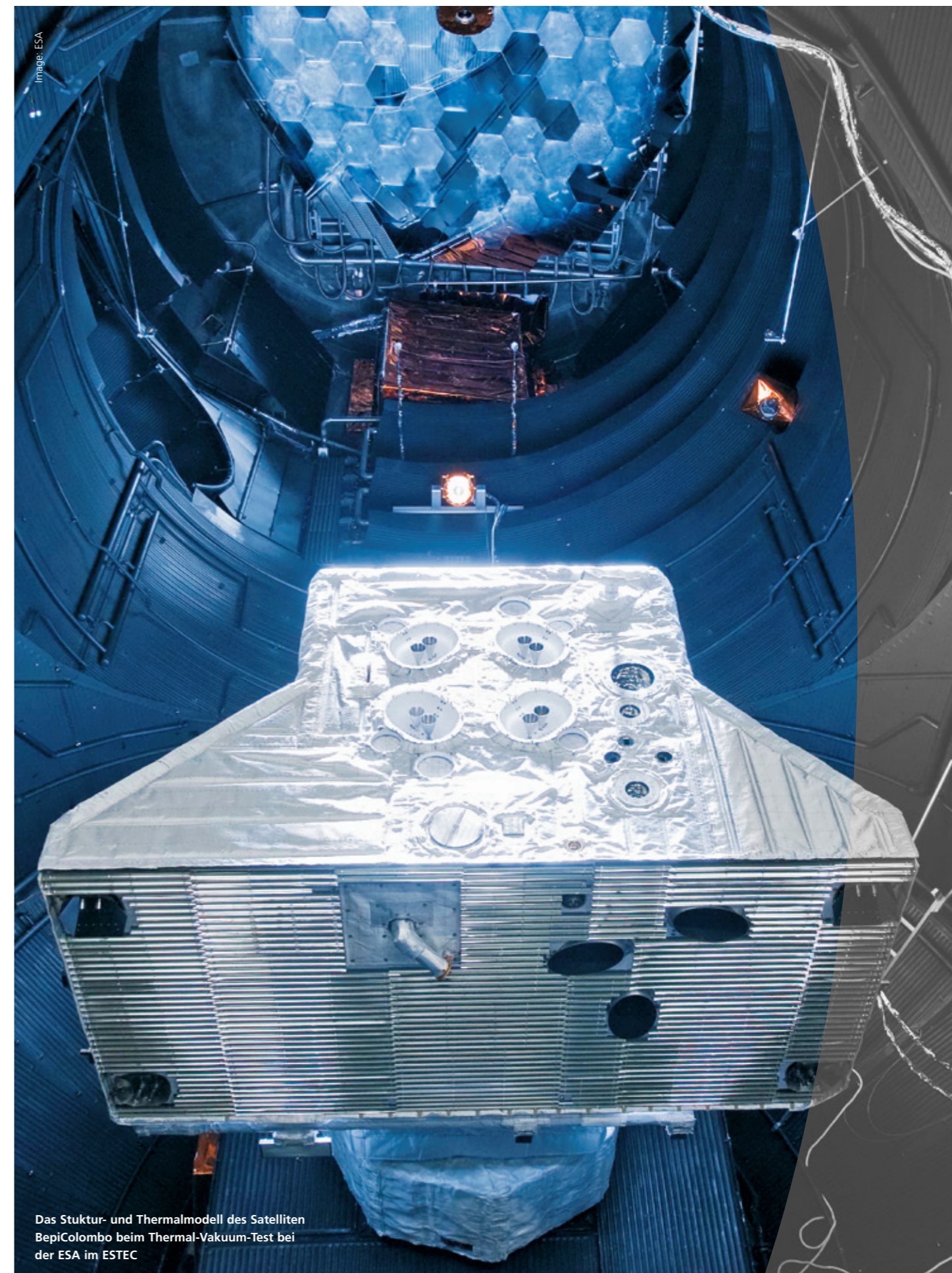
MERTIS wurde in enger Kooperation mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie unter wissenschaftlicher Leitung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und des DLR-Instituts für Planetenforschung am DLR-Institut für Robotik und Mechatronik in Berlin entwickelt. Die ESA, Kayser Threde, München, das Fraunhofer-Institut IOF, Jena, Astrofeinwerktechnik, Berlin, und das Ingenieurbüro Ulmer, Frankfurt/Oder, sind weitere Beteiligte. Internationaler Partner ist das polnische Institut für Kosmosforschung in Warschau. Dort wird das hoch zuverlässige Drehspeigelsystem entwickelt, wodurch sich die beiden Infrarotsensoren an Bord ständig kalibrieren lassen.



MERTIS Struktur- und Thermalmodell

Der Namensgeber

Die Mission BepiColombo ist nach dem italienischen Mathematiker und Ingenieur Giuseppe Colombo (1920 – 1984), Spitzname „Bepi“, benannt worden. Colombo hat sich unter anderem um die Bestimmung der Bahn der ersten Merkur-Mission, MARINER 10 (NASA), verdient gemacht.



Das Struktur- und Thermalmodell des Satelliten BepiColombo beim Thermal-Vakuum-Test bei der ESA im ESTEC



Siemens-Halske-Umlaufmotor von 1917. Bei diesem Motortyp drehte sich der sogenannte Zylinderstern (11 Zylinder) um die feststehende Kurbelwelle. Diese Motoren hatten zwar einen Gewichtsvorteil, waren aber für den Piloten durch starke Kreiselmomente und hohen Ölverbrauch nicht unproblematisch.

Auf dem Altenteil von Albatros, Möwe und Kuckuck

Technikmuseen, speziell Luftfahrtmuseen, erfreuen sich schon seit geraumer Zeit größer werdenden Zuspruchs. Das Flugzeug ist weithin zum selbstverständlichen Verkehrsmittel geworden. Kein Wunder also, dass nicht mehr nur ausgesprochene Luftfahrtfans in diese Museen kommen, sondern sie zunehmend auch für ein allgemein interessiertes Publikum attraktiv sind, oftmals um vor allem Kindern die Welt des Fliegens näherzubringen. In Deutschland hat sich mittlerweile eine ganze Reihe interessanter und hervorragend ausgestatteter Luftfahrtmuseen etabliert. Aber auch im europäischen Ausland machen luftfahrthistorische Standorte von sich reden. Keinesfalls fehlen darf dabei das Luftfahrtmuseum Lotnictwa Polskiego in Krakau, denn es ist gleich in mehrfacher Hinsicht außergewöhnlich.

Das Luftfahrtmuseum Lotnictwa Polskiego nahe Krakau bewahrt Zeugnisse der Luftfahrt Polens und Deutschlands

Von Hans-Leo Richter



Das moderne Empfangsgebäude des Berliner Architekten Pysall besticht durch eine harmonische Kombination aus Beton und Glas

Mit mehr als 200 Flugzeugen, einem ganzen Hangar voller historischer Flugmotoren sowie zahllosen Einzelkomponenten ist dies nicht nur das größte polnische Luftfahrtmuseum. Die gewaltige Sammlung darf mittlerweile getrost als eine der umfangreichsten Luftfahrtausstellungen Europas bezeichnet werden. Schon der Ort atmet Geschichte. Hier im Nordosten Krakaus entstand schon vor dem Ersten Weltkrieg das Rakowice-Czyzyny-Flugfeld. Das Gelände diente 1892 sogar schon als Startplatz für Beobachtungsballone eines österreichisch-ungarischen Regiments. Im Laufe der Jahre erfuhr dieser erste Flughafen Polens eine stetige Aufwärtsentwicklung. In den Sechzigerjahren allerdings entstand im westlichen Umland Krakaus ein völlig neuer Flughafen. Damit hatte das alte Flugfeld seine Aufgabe verloren und polnische Luftfahrtfreunde nutzten dann die günstige

Gelegenheit, um auf dem verwaisten Gelände das erste Luftfahrtmuseum Polens aufzubauen.

Heute ist das Luftfahrtmuseum Lotnictwa eine fest etablierte Adresse in der Luftfahrtszene. Vor allem aber verbindet dieser Ort polnische und deutsche Luftfahrtgeschichte. Zur umfangreichen Sammlung zählen heute mehr als 20 Luftfahrzeuge und zahlreiche Flugmotoren, die seinerzeit zum Bestand der Deutschen Luftfahrtsammlung Berlin zählten, die in den Dreißigerjahren für den Ruf als weltweit größtes Luftfahrtmuseum sorgte. In Berlin stand alles, was in der Luftfahrthistorie bis dahin Rang und Namen hatte, vom Lilienthal-Gleiter bis hin zur – für damalige Verhältnisse – riesigen Dornier Do X, einem Flugboot mit zwölf (!) Motoren.



Mehr als 20 verschiedene MiG-Kampfflugzeuge präsentieren sich dem Besucher in der „MiG-Alley“



Prototyp der MD 12 F, einer polnischen Eigenentwicklung eines photogrammetrischen Messflugzeugs

Eine wirkliche Rarität ist die PZL M-15 „Belfegor“, das weltweit einzige Landwirtschaftsflugzeug mit Strahltrieb. Der voluminöse Tragflügelhalter diente zugleich als Behälter für das Sprühmittel.



Verlorene Herrlichkeit

Nachdem im Verlauf des Zweiten Weltkriegs auch die Deutsche Reichshauptstadt immer öfter bombardiert wurde, kamen die braunen Machthaber auf die vermeintlich clevere Idee, diese Schätze ins – zu dem Zeitpunkt – noch relativ ruhige Pommernland zu bringen. In drei Sonderzügen wurde die Sammlung 1943 zu großen Teilen ausgelagert. Im Chaos des Kriegsendes verschwand dann die ganze Herrlichkeit größtenteils – bis eben auf die etwa 20 Exponate, die mittlerweile wieder in Krakau zu sehen sind. Die in Berlin verbliebenen Reste fielen weitestgehend den Bombenangriffen zum Opfer.

Luftfahrtshistoriker und Museologen, Diplomaten und Juristen aus beiden Ländern kommen heute zwar bei der Beurteilung der Eigentumsfrage der alten Schätze zu konträren Auffassungen; wohl auf beiden Seiten ist es zu Irritationen und Missverständnissen gekommen – und eine Einigung ist derzeit auch nicht absehbar. Doch das alles soll und kann nicht im Mittelpunkt dieses Museumsexkurses stehen. Für den – vor allem historisch interessierten – Luftfahrtfreund ist es in allererster Linie wichtig, dass diese bemerkenswerten Luftfahrzeuge und Flugzeugkomponenten überhaupt restauriert und öffentlich ausgestellt werden – und in dem Museum nahe Krakau heute ein passendes Umfeld gefunden haben. Und dies sogar wörtlich, denn seit dem Herbst 2010 präsentiert sich das Museum eben nicht mehr nur in alten Hangars und Werkhallen. In fünfjähriger Planungs- und Bauarbeit entstand nach Entwürfen des Berliner Architekten Justus Pysall ein neues Empfangs- und Zentralgebäude, welches in seiner Kühnen und zukunftsweisenden Beton- und Glasarchitektur einen markanten Meilenstein im neuzeitlichen Museumsdesign setzte. Das Gebäude erinnert an der Luft an das Modell eines Flugzeugs, gar an Origami, die japanische Kunst des Papierfaltens. Mühelos lassen sich mit dem Konstrukt so ein Flügeldreieck, ein Windrad oder ein Propeller assoziieren.

Das Auge des Besuchers fällt zunächst auf gewaltige Betonelemente, die großzügig verglaste Empfangs- und Ausstellungshallen umfassen. Hier findet der Besucher erste Preziosen, Modelle, vieles zur Geschichte in reichlich bestückten Vitrinen. Von der Decke herab grüßen scheinbar wie aus dem Flug ein Lilienthal-Gleiter, eine Replica des berühmten Bleriot-Eindeckers und anderes Fluggerät mehr. Vor allem für Kinder und Jugendliche interessant sind ein kleiner Modellwindkanal, ein – etwas rustikal hergerichteter – Flugsimulator, und auch hier darf das bekannte Aero-Trimm natürlich nicht fehlen. Das futuristische Empfangsgebäude umfasst darüber hinaus einen kleinen Kinosaal, eine Bibliothek sowie Verwaltungsräumlichkeiten.

Die eigentlichen Schätze des weitläufigen Museums finden sich allerdings erst draußen auf den Freiflächen und in den alten Hangars und Werkhallen. Schnell bleibt der Blick hängen an einem knallblauen, einmotorigen Leichtbauflugzeug, der „Kukulka“ (Kuckuck), die sein Erbauer Eugeniusz Pieniżek in seiner Wohnung aus den Resten zweier Segelflugzeuge zusammenbaute und mit der er später sogar aus Polen über Jugoslawien bis nach Schweden floh. Ein weiteres wichtiges Exponat aus der polnischen Luftfahrtshistorie ist der zweistrahlige Trainer „Iskra“.

Natürlich fehlen sie hier nicht, die bekannten Protagonisten des Kalten Kriegs, die MiGs, Antonows, Jakowlews, Suchois. Zahlreiche MiG-Varianten sind allein auf einer „MiG-Alley“ zu bestaunen, aber auch Vertreter der seinerzeit für die Volksrepublik Polen gegnerischen Luftmächte finden sich: eine Saab Draken, eine Fouga Magister, eine Mirage und sogar ein bereits ziemlich „gerupfter“ Starfighter. Die Flugzeuge stehen allerdings nur mit spärlichen Erläuterungen scheinbar beziehungslos im Freien, ungeschützt vor Wind und Wetter – und so sehen sie auch aus: blind gewordene Cockpithauben, verblasster oder abgeplatzter Lack, bröckelnde Gummidichtungen. Restaurationsarbeiten sind

auch nicht ansatzweise zu erkennen. Hier herrscht – man muss es leider sagen – eher eine Friedhofs- als eine Museumsatmosphäre.

Raritäten in Hülle und Fülle

Die wahren Schätze schließlich sind gottlob wetterfest in den alten Hallen und Hangars untergebracht. Und da stehen sie, zum Teil hervorragend restauriert, zum Teil aber auch im ruinenösen, eben historischen Zustand belassen. Neben polnischen und russischen Luftfahrzeugen bestaunt man vor allem den langen und filigranen hölzernen Rumpf der Levavasseur Antoinette (1909), eine Geest-Möwe von 1913, eine Friedrich-Taube (Kopie der Etrich-Taube), eine Halberstadt CL.II von 1916, deren Camouflage-Tarnbemalung von damaligen impressionistischen Malern der Münchner Kunstakademie entworfen worden war. Gleich mehrere Albatros-Flugzeuge sind ausgestellt, der Rumpf einer C.I, ein zweiseitiger L30, der Rumpf des einst geplanten Höhenversuchsflugzeugs H1, dessen Tragflügel allerdings bereits bei den Rollversuchen brachen.

Eine Rarität ist auch der britische Jagddoppeldecker Sopwith Camel mit Umlaufmotor, der 1918 erbeutet und von der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) in Berlin-Adlershof, einer Vorgängereinrichtung des heutigen DLR, eingehend untersucht wurde. Ein berühmtes Exponat ist schließlich der noch erhaltene Rumpf des damaligen Weltrekordflugzeugs Messerschmitt Me 209 V1. Mit diesem reinen Hochgeschwindigkeitsflugzeug erreichte Testpilot Fritz Wendel im Frühjahr 1939 die für einen Kolbenmotor unglaubliche Geschwindigkeit von 755 Kilometern pro Stunde. Dieser Rekord sollte erst 1969 gebrochen werden. Zuvor hatte die NS-Propaganda glauben machen wollen, dass der deutsche Standardjäger Me 109 selbstverständlich dieses Tempo erreichen könne – was allerdings nie auch nur ansatzweise der Fall war. Und noch eine absolute Rarität sollte nicht unerwähnt bleiben: der Rumpf einer Curtiss Hawk, eines sturzkampftauglichen amerikanischen Doppeldeckers aus dem Jahr 1933. Dies war eines der beiden Privatexemplare des damaligen Flieger-Asses und Reichsluftzeugmeisters Ernst Udet, dem von den braunen Machthabern – hauptsächlich aus Propagandagründen – die Einfuhr dieser beiden Jagdflugzeuge gestattet worden war. Das Exponat steht etwas versteckt in einer Hallenecke, kein Wunder bei dem zwar authentischen, aber eben übel beleumdeten Hakenkreuz auf dem Seitenleitwerk. Auf der Motorhaube allerdings prangen die Olympischen Ringe. Mit diesem Flugzeug zeigte Udet während der Eröffnung der Olympischen Spiele von 1936 in Berlin Beispiele aus seinem beeindruckenden Kunstflugrepertoire.



Wahre Schwergewichte

Aber nicht nur die historischen Flugzeuge machen den Reiz dieses Museums aus, in einer weiteren Halle finden sich rund 100 Flugmotoren – und spätestens hier kennt die Begeisterung des Technikliebhabers keine Grenzen mehr. Da ist ein kleiner V 8-Motor der bereits erwähnten Antoinette zu bestaunen, diverse Umlaufmotoren (Clerget, Gnome Rhone, Siemens-Halske) und Hochleistungsflugmotoren von Daimler, Maybach sowie Junkers kann man in Augenschein nehmen. Hier ist vor allem ein Schnittmodell des legendären Jumo 205 Zweitaktmotor mit gegenläufigen Kolben von Interesse. Darüber hinaus finden sich zahlreiche Aggregate von Rolls Royce, von Bristol, Renault, Mikulin, Argus – Auge und Kameralinse können sich kaum sattsehen. Einer der wichtigsten und schwersten Flugmotoren dürfte der Argus As-5 sein, ein wassergekühlter 24-Zylinder-Motor in doppelter W-Bauweise. Mit 1.100 Kilogramm war dieser Motor allerdings für jedes Luftfahrzeug zu schwer ...

Gern lässt sich der Besucher auch noch durch das weitläufige Freigelände treiben, wengleich hier die Eindrücke mitunter etwas zwiespältig sind. Das ausgestellte Tupolev 134-Verkehrsflugzeug wirkt nur noch heruntergekommen, ein wahrer Jammer. Interessanter – und in deutlich besserem äußerem Zustand – ist die PZL M-15 Belfegor, eine sehr robuste Doppeldeckerkonstruktion. Diese polnische Eigenentwicklung mit breit ausladendem Doppelseitenleitwerk war das weltweit einzige Agrarflugzeug mit Strahltrieb, ein ebenso ungewöhnliches wie wohl auch teures Experiment.

Gern möchte man so manchen Eindruck noch vertiefen, aber die englischsprachigen Erläuterungen sind teilweise doch etwas spärlich. Wohl dem, der von Kurator Piotr Lopalewski eine Führung und damit ins Detail gehende Informationen erhält. Der ebenso quirlige wie kompetente Experte, von Hause aus Grafiker und Künstler, ist sozusagen die rechte Hand von Museumsdirektor Krzysztof Radwan. Lopalewski weiß zu nahezu jedem Exponat spannende Geschichten zu erzählen, er ist in der Historie dieser einzigartigen Luftfahrtsammlung zu Hause und für jeden Interessenten ein großartiger Ansprechpartner.

Noch zahlreiche Restaurationsvorhaben stehen künftig auf dem Programm – und in der breiten Öffentlichkeit hat das jährliche „Aviation Picknick“, ein Flugtag mit begleitender Museumsnacht, besten Anklang gefunden.

Selbst wenn hier und da die Museumsdidaktik noch optimierbar erscheint, ist diese außerordentlich umfangreiche Sammlung einzigartiger Exponate ein Muss für jeden, der sich eingehender mit osteuropäischer und vor allem auch deutscher Luftfahrtgeschichte beschäftigen will. ●

Weitere Informationen:
www.muzeumlotnictwa.pl



Einen sehr authentischen Eindruck vermittelt diese noch unrestaurierte Etrich-Taube aus dem Jahr 1910. Die leichten Eindecker wurden später als Lizenzbau auch unter dem Namen „Rumpler-Taube“ bekannt.



Hier sind sie ordentlich aufgereiht, die letzten Exponate der Deutschen Luftfahrtsammlung Berlin: Roland, Halberstadt, Aviatik, Albatros, leichte Jagdeinsitzer aus der Zeit des ersten Weltkriegs. Namen, die heute kaum noch jemand kennt ...



In einem etwas rustikal wirkenden Cockpit-Mockup obliegt auch der fliegerische Nachwuchs der Faszination, die von Fluggeräten ausgeht

Der luftfahrtshistorische Reiz liegt im Detail: Das Bild zeigt die Luftschraube und die ersten beiden Zylinder eines Benz IIIa-Sechszylinder-Reihenmotors aus dem Jagdeinsitzer Roland D.VIb von 1918



Minimalistischer geht's kaum: Experimental-Leichtflugschrauber polnischer Bauart



In der Eingangshalle des Luftfahrtmuseums Lotnictwa weist eine hervorragend restaurierte Albatros B.IIa, ein Schulflugzeug aus dem Jahr 1917, auf die wenigen noch existierenden Flugzeuge der Deutschen Luftfahrtsammlung Berlin hin, die in einem weiteren Hangar präsentiert werden

Rezensionen

Ein Leben mit zwiespältigem Privileg



In der Geschichte der deutschen Luftfahrt haben Frauen bemerkenswerte Akzente gesetzt. Vor allem in den Dreißigerjahren kamen Fliegerinnen wie Elly Beinhorn, Liesel Bach, Thea Rasche oder Marga von Etsdorf zu hoher Popularität. Dem Publizisten Thomas Medicus ist es zu verdanken, dass mit einer ausführlichen Biografie **Melitta von Stauffenberg – Ein deutsches Leben (Rowohlt-Berlin)** eine hochinteressante wie auch innerlich ambivalente Persönlichkeit einem breiten Publikum zugänglich ist.

Melitta von Stauffenberg verkörperte einen neuen Flieger-Typus. Sie erwarb sich auch als Ingenieurin und Wissenschaftlerin einen glänzenden Namen. In München hatte die junge Frau, aus einem gutbürgerlichen Umfeld in Posen stammend, Ingenieurwissenschaften studiert – damals beileibe keine Selbstverständlichkeit. In den Folgejahren erarbeitete sie sich bei verschiedenen Firmen und Luftfahrtforschungseinrichtungen, darunter bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) – einer der Vorgängereinrichtungen des heutigen DLR – einen exzellenten Ruf als Wissenschaftlerin und Testpilotin. Sie brachte es immerhin auf mehr als 2.000 Sturzflüge, für jeden Piloten, insbesondere eine Pilotin, immer auch eine enorme physische Herausforderung.

Melitta von Stauffenberg pflegte beste Kontakte zu den Spitzen von Luftwaffe und Luftfahrtministerium, ohne sich förmlich anzubiedern wie beispielsweise ihre Kollegin und Konkurrentin Hanna Reitsch. Gleichwohl war sie von der geradezu „gemütlichen“ Atmosphäre bei Reichsmarschall Göring anlässlich der Verleihung des Eisernen Kreuzes II recht angetan. Ansonsten ging sie in der Versuchsfliegerei förmlich auf – und blendete die Wahrnehmung einer sich ständig verschärfenden völkisch-nationalistischen Atmosphäre weitgehend aus.

Zu Beginn der Vierzigerjahre allerdings türmten sich dann auch über ihr dunkle Wolken: Als Enkelin eines jüdischen Textilhändlers aus Odessa galt sie nach den Rassengesetzen als Halbjüdin, wurde allerdings dank ihrer guten Beziehungen per Dekret für deutschblütig erklärt. Das verschaffte der Fliegerin zunächst buchstäblich Luft.

Nach dem Attentat vom 20. Juli 1944 geriet Melitta von Stauffenberg, die 1937 den Alt-Historiker Alexander Schenk Graf von Stauffenberg, einen Bruder des späteren Hitler-Attentäters, geheiratet hatte, für sechs Wochen in Gestapo-Haft, konnte dann allerdings dank erneuter Fürsprache aus höchsten Kreisen an der Luftkriegsakademie Berlin-Gatow ihre Tätigkeit wieder aufnehmen. Doch spätestens zu diesem Zeitpunkt dürfte ihre Loyalität gegenüber dem Regime ins Wanken geraten sein. Aufopfernd kümmerte sie sich um Familienmitglieder – vor allem Kinder, die durch weitreichende „Sippenhaft“ nach dem Hitler-Attentat in alle Winde verstreut worden waren. Immer wieder gelang es ihr, mit kleinen Sportflugzeugen in die Nähe von Konzentrationslagern zu gelangen, um dorthin Verbrachten, darunter zeitweise auch ihr Mann Alexander, durch den Überflug zu signalisieren, dass sie nicht vergessen werden. Als sie sich am 8. April 1945 mit einer kleinen Bucker erneut auf den Weg macht, wird sie von einem US-Jägerpiloten entdeckt, der die kleine Maschine sofort abschießt. Die Pilotin starb kurz nach dem Absturz.

Die Biografie ist gewiss lesenswert, wenngleich Autor Medicus auf so gut wie keine persönlichen Zeugnisse der Pilotin zurückgreifen konnte, denn nahezu alles verbrannte in der ehelichen Wohnung in Würzburg bei einem Bombenangriff. Wohl auch aus diesem Grund verliert sich der Autor mitunter in gewagt pseudo-psychologischen Interpretationen. Insgesamt aber beleuchtet die Biografie sehr detailliert und facettenreich das Leben einer bemerkenswerten Frau, die in der deutschen Luftfahrtgeschichte bislang nicht gerade im Rampenlicht stand.

Hans-Leo Richter



Mit Distanz betrachtet

Über die Jahre hinweg hat Eugen Reichl in der Reihe Typenkompass des **Motorbuch Verlags** eine kleine Raumfahrt-Bibliothek geschaffen. Der Titel seines neuesten Erzeugnisses **Geheime Raumfahrtprojekte** lässt den Kenner der Szene zweifeln, ob es hält, was es verspricht. Doch der Autor nimmt den Zweiflern schon im Vorwort den Wind aus den Segeln. Denn wie könne man über Geheimprojekte schreiben, so Reichl, wenn diese doch geheim wären und nichts bekannt sei. Man kann. Der große Teil der in dem Buch beschriebenen Projekte war zum Zeitpunkt der Realisierung in der Tat streng geheim. Doch inzwischen gelangte vieles ans Licht der Öffentlichkeit. Das hat der Autor in der ihm eigenen Weise zusammengetragen, Wichtiges von Unwichtigem getrennt und Neues recherchiert.

Noch in Erinnerung ist das Erstaunen, nicht nur im Westen, als die Sowjetunion den Flug der Raumfähre Buran (deutsch: Schneesturm) auf der Energia-Trägerrakete bekannt gab. Bilder gingen um die Welt und lange wurde darüber gestritten, ob sie denn nun bemannt oder unbemannt geflogen sei. Immer noch geheimnisumwittert ist die erste Nutzlast der Energia, die Reichl als Polyus-Kampfstation bezeichnet. Und so ganz nebenbei erfährt der Leser etwas über den Verbleib der sowjetischen Raumfähren, von denen eine in Deutschland, im Technikmuseum Speyer, steht. Einen Platz im Buch bekamen auch die One-Way-Space-Mission, die amerikanische Idee für einen One-Way-Flug zum Mond, die Weltraumkanone HARP und das X-37B „Mystery Plane“. Insgesamt ein weiterer interessanter Einblick in die wechselvolle Geschichte der Raumfahrt und die nicht immer nur mit friedlicher Absicht verfolgte Eroberung des Weltraums.

Andreas Schütz



Der Ursache auf der Spur

Die Luftfahrt ist wie jede andere technische Entwicklung mit Rückschlägen verbunden. Sei es in der Entwicklung und beim Test oder auch im Betrieb. Die Untersuchung von Flugunfällen ist in Deutschland Aufgabe der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) in Braunschweig. Deren kaum bekannte Arbeit macht Christian-Heinz Schubert zum Gegenstand seines Buchs **Flugunfälle (Motorbuch Verlag)**. Exemplarisch wird erläutert, mit welcher Methodik und Akribie die Ingenieure und Techniker zu Werke gehen, um Unfallursachen zu finden und die Wiederholung solcher Ereignisse zu vermeiden. Sei es das Verrutschen von Fracht in einer Boeing 747 auf dem Frankfurter Flughafen oder das Aufsetzen einer Fokker 70 vor der Münchner Landebahn. Auch der Unfall der Concorde in Paris und die Kollision am Bodensee finden breite Erläuterung. Statistiken, die die Sicherheit des Luftverkehrs demonstrieren, findet der Leser ebenso im Buch wie Begriffserläuterungen, die dem Laien das Verstehen des Inhalts erleichtern. Getrübt wird die Lektüre durch Rechtschreib- und Satzfehler, da wünscht man dem Verlag die gleiche Sorgfalt wie den Ermittlern aus Braunschweig.

Andreas Schütz



Wo liegt eigentlich Lummerland?

In Zeiten, da Mercators 500. Geburtstag seine großartigen Projektionen ins Licht rückt, scheint eigentlich die Frage, wo Lummerland liegt, pittoresk. **Meyers** hatte nun mit dem Soziologen und Komparatisten Werner Nell den diebisch genialen Einfall, in der Reihe Meyers Atlanten einen **Atlas der fiktiven Orte** aufzulegen. Von A wie Ardistan über M wie Mittelmeer reisen wir bis Z wie Zauberberg und sehen (tatsächlich: wir sehen – in Illustrationen von Steffen Hendel) dreißig fiktive Orte aus der „Landschaft unserer Einbildungskräfte“ (Nell).

Alle in diesem liebevoll editierten und wunderbar gestalteten Werk geschilderten Orte erzählen selbst wiederum Geschichten, in die sich der Autor meint, „hineinbeamen zu können wie in Wolkenlieder oder Landschaften zwischen Tag und Dämmerung“. Dabei sind Autor und Text ganz im Hier und Jetzt verortet. Dies ist kein Pocket-Table-Buch, sondern ein Werk, das Kapitel für Kapitel „gelesen und geschaut“ werden möge. – Gelesen, weil es uns wunderbar in die Geisteswelten der Zeit geleitet, aus denen heraus so unterschiedliche „Orte“ wie Utopia oder Atlantis, Entenhausen oder der Zauberberg entstehen konnten. Geschaut, weil der Illustriator einen Weg gefunden hat, uns diese Orte bildlich zu zeigen, ohne unser bisheriges Bild von ihnen zu beschädigen. Dieses Buch ist schlicht und einzigartig.

Peter Zarth

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 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris 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 Göge (ViSdP)
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)
An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:
Manuela Braun, Lena Fuhrmann, Elisabeth Mittelbach, Andreas Schütz sowie Peter Zarth

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

Druck: Druckerei Thierbach,
45478 Mülheim an der Ruhr

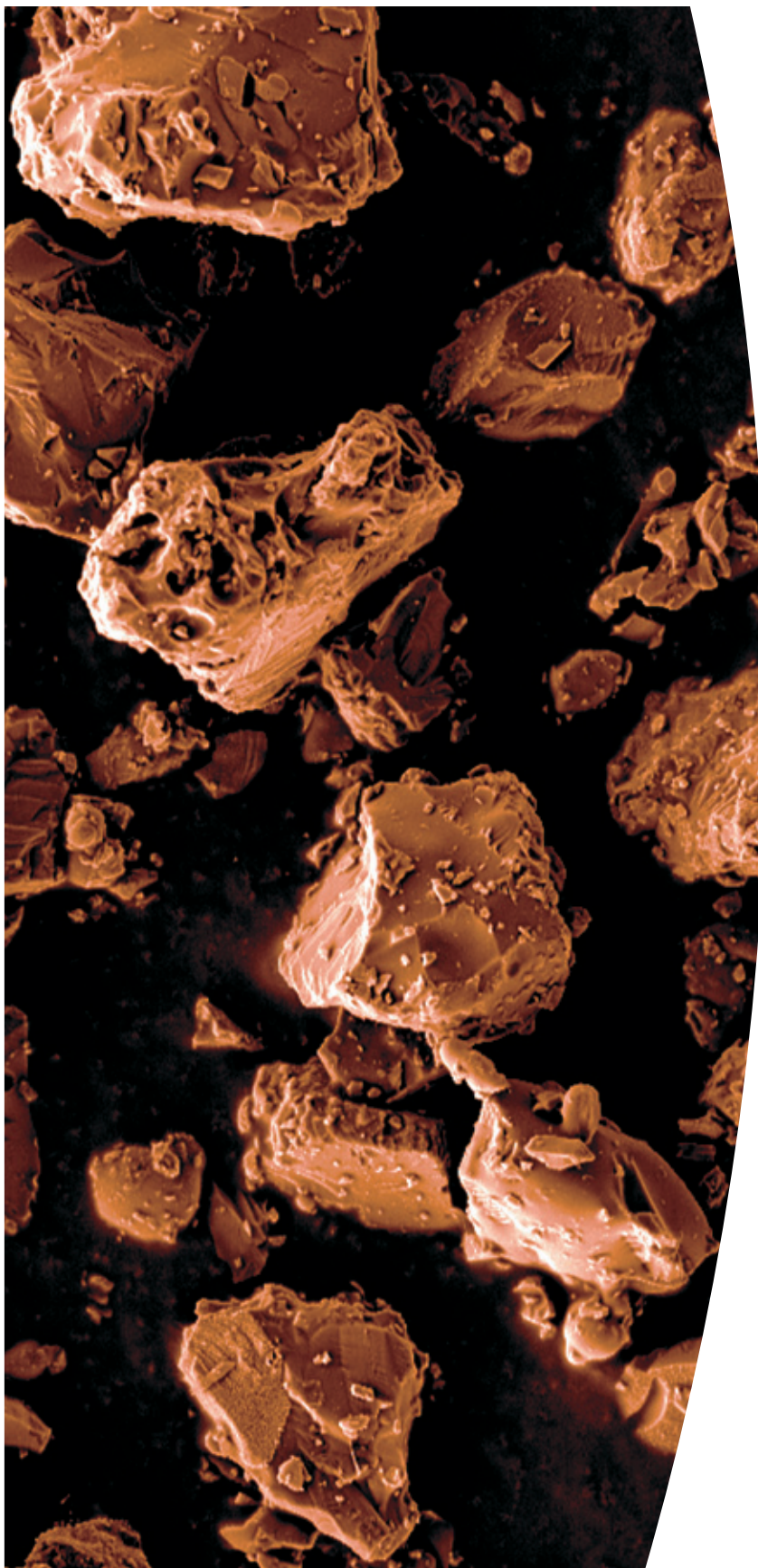
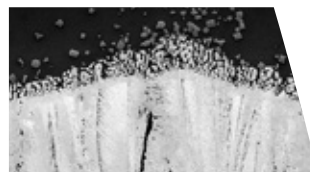
Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH,
53842 Troisdorf, www.cdonline.de

ISSN 2190-0094

Onlinebestellung: www.DLR.de/magazin-abo

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