



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) · www.DLR.de · Nr. 131 · September 2011

magazin 131



Den Sternen nah mit SOFIA

Applaus für ein Raketentriebwerk
Moon – Science oder Fiction?
Beruf: Flugversuchingenieurin

DLR magazin 131



Ein Observatorium hebt ab

Das Flugzeug mit dem klangvollen Namen SOFIA hat es wahrlich in sich: Hinter einer vier mal sechs Meter großen Beobachtungsöffnung birgt es ein 17 Tonnen schweres Observatorium in sich. In elf bis 13,5 Kilometer Höhe fängt das Beobachtungsinstrument Infrarotstrahlung aus dem All ein. Wenn man diese in ihre Spektralanteile zerlegt, lassen sich chemische Verbindungen nachweisen, woraus die Wissenschaftler schließlich Rückschlüsse auf die Entstehung von Himmelskörpern ziehen können. Nach den ersten Testflügen im Mai und Juni 2011 stehen dem fliegenden Observatorium nun in den nächsten zwanzig Jahren etwa 1.000 Beobachtungsstunden pro Jahr bevor. Das sind mehr als 100 Nächte, in denen jeweils zehn bis 15 Operateure und Forscher ungehindert von der Erdatmosphäre den Sternen Geheimnisse deren Werdens und Vergehens entlocken wollen. Zum Tag der Luft- und Raumfahrt am 18. September 2011 im DLR in Köln kann man SOFIA und seine einzigartige Wissenschaftsladung aus nächster Nähe betrachten.

Editorial	3
EinBlick	4
Grußwort	6
Regionalmeldungen	8

Den Sternen nah Wissenschaftsflug mit dem Observatorium SOFIA	10
---	----

Gastkommentar Das Shuttle – ein Erfolg?	16
---	----

Reportage Applaus für ein Raketentriebwerk	18
--	----

Meldungen	22
------------------	----



Besuch beim Götterboten Die Raumsonde MESSENGER erkundet den Merkur	24
---	----

Eine Handvoll Satellit Studenten bauen und betreiben Kleinstsatelliten	28
--	----

Science oder Fiction? Der Film „Moon“ aus Sicht eines Planetengeologen	30
--	----

Kommentar Bausteine für morgen	34
--	----



Voller Energie in die Zukunft Forschen am Solarturm Jülich	36
--	----



Fahrzeugcrash mit zwei Schlitten Neue Anlage zum Prüfen großer Karosserieteile 40



Wie im Himmel, so auf Erden Klimaforschung in der Initiative TERENO	42
---	----

Luftfahrtmeldungen	46
---------------------------	----



Porträt Ina Niewind, Beruf: Flugversuchingenieurin	48
--	----

Das fliegende Chamäleon Forschungsflugzeug ATTAS: Auf die inneren Werte kommt es an	52
---	----



Immer noch die Nase vorn Seit 35 Jahren fliegt die Falcon für die Forschung	56
---	----

In Museen gesehen: Arithmeum	62
-------------------------------------	----

Rezensionen	64
--------------------	----



Liebe Leserinnen und Leser,

der Tag der Luft- und Raumfahrt ist für uns ein besonderer Tag der offenen Tür. Wir sind immer wieder begeistert davon, wie viel Interesse dem DLR entgegengebracht wird. Beim letzten Mal besuchten uns mehr als 100.000 Menschen und informierten sich über die Forschung in unseren Instituten und Einrichtungen. Sicher hatte die erste Landung eines Airbus 380 auf dem Flughafen Köln/Bonn ihr Übriges dazugetan. Dieses Jahr kann man ihn nicht nur landen sehen, sondern auch von innen besichtigen. Besonders erfreulich ist die große Zahl von Kindern und Jugendlichen, die unseren Wissenschaftlern jedes Mal buchstäblich Löcher in den Bauch fragen. Deshalb haben wir uns entschieden, den Tag der Luft- und Raumfahrt 2011 den „Nachwuchsforschern“ zu widmen. Erstmals gibt es eine Kinderbühne und spezielle Führungen für unsere jüngsten Gäste. Kinder sind in diesem Jahr unsere VIPs.

Es ist einiges zu tun, damit so ein Tag gelingt. Wir haben einmal hochgerechnet: Am Ende wurden etwa 20 Kilometer Kabel verlegt, 25 Zelte wurden aufgestellt, 35 Kilometer Bauzaun errichtet, circa 2.500 Mails geschrieben, dreimal so viele Telefonate und gefühlte 500.000 persönliche Gespräche geführt. Am 18. September selbst sind rund 320 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Einsatz und noch einmal so viele Kolleginnen und Kollegen von Luftwaffe, Polizei, Ordnungsamt, Feuerwehr und Rettungsdienst.

Unser besonderes Augenmerk lag bei den Vorbereitungen auf der Frage der Sicherheit für unsere Besucher. Denn auch für uns ist es nicht alltäglich, so viele Gäste auf unserem Gelände zu haben. Jeder Weg wurde mehrfach besritten und ausgemessen, elektronische Erfassungsbrücken installiert, damit wir jederzeit wissen, wie viele Besucher sich auf dem Gelände befinden. Wir sind auf unsere Gäste sehr gut vorbereitet.

Der Tag der Luft- und Raumfahrt ist geprägt von Forschung zum Anfassen, von Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen, die Ihnen gerne Ihre Fragen beantworten und mit Ihnen über neue Entwicklungen in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr diskutieren. Dazu präsentieren wir Ihnen Vieles, das eben nicht alltäglich ist, wie das fliegende Observatorium SOFIA, das zum allerersten Mal in Deutschland weilt, Sie können Astronauten kennenlernen, sich über Zukunftsprojekte wie das :envihab informieren und – falls Sie in Begleitung von Kindern kommen – gemeinsam unvergessliche Eindrücke bei den vielen Aktionen für unsere jungen Gäste sammeln.

Wir wünschen Ihnen einen anregenden und aufschlussreichen Tag mit vielen guten Gesprächen, sofern Sie Gelegenheit haben, am 18. September live dabei zu sein. Und für alle anderen haben wir ein DLR-Magazin zusammengestellt, das Spannendes von unserer Arbeit berichtet und Hintergründe beleuchtet. Fast so, als wären Sie am Tag der Luft- und Raumfahrt dabei.

Sabine Göge
Leiterin DLR-Kommunikation

EinBlick

Nie wieder so schön

Dieses Bild hat Seltenheitswert. Es zeigt die Internationale Raumstation ISS mit zwei unterschiedlichen angedockten Raumtransportsystemen: dem europäischen Raumtransporter Johannes Kepler (rechts außen im Bild) und dem amerikanischen Spaceshuttle Endeavour. ESA-Astronaut Paolo Nespoli machte diese spektakuläre Aufnahme am 24. Mai 2011 aus dem russischen Sojus-Raumschiff TMA-20 nach dem Abkoppeln von der ISS. Es war das erste Mal, dass ein solches Bild von einer russischen Sojus-Kapsel aus gelang. Und es war zugleich das letzte Mal, dass ein Spaceshuttle für eine solche Konfiguration Modell stand. Deren Ära endete mit der Landung der amerikanischen Raumfähre Atlantis am 21. Juli 2011. Lesen Sie dazu auch unseren Gastkommentar von Gerhard Thiele auf Seite 17.





Lust auf morgen

Grußwort von Dr. Philipp Rösler,
Bundesminister für Wirtschaft und Technologie



Dr. Philipp Rösler

Deutschlands Wirtschaft muss sich im globalen Wettbewerb ständig neuen Herausforderungen stellen und neuen Entwicklungen anpassen. Forschung und Entwicklung haben deshalb für uns hohen Stellenwert. Sie sind der Schlüssel zu dauerhafter Wettbewerbsfähigkeit in unserem Land. Mit Wissen, Neugier und Forschergeist lassen sich auch frühzeitig technologische Zukunftstrends mitgestalten: Wie wird das Flugzeug der Zukunft leiser und effizienter? Welche neuen Ziele stellen wir uns in der Raumfahrt? Welche Entwicklungen haben wir im Verkehrsbereich zu erwarten und welche Folgen hat das für unsere Umwelt? Und ganz aktuell: Wie sieht die Energieversorgung der Zukunft aus? – Fragen, die mich als Politiker ebenso bewegen wie die Wissenschaftler und Ingenieure des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR).

Am 18. September öffnet das DLR in Köln seine Pforten. Der Tag der Luft- und Raumfahrt bietet die hervorragende Gelegenheit, Näheres über diese Institution, ihre exzellenten Forschungs- und Entwicklungsleistungen und ihre Vernetzung mit der Wirtschaft zu erfahren. Die Arbeit des DLR unterstützt uns auch dabei, die in der Raumfahrtstrategie und der Technologieoffensive des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie festgelegten Ziele zu erreichen. Ein Forschungsschwerpunkt liegt etwa auf jenen Bereichen, die uns helfen, den Klimawandel zu verstehen und seine Folgen einzudämmen. Das sind neben der Erdbeobachtung vor allem Energie- und Informationstechnologien sowie neue Verkehrsmittel und -konzepte. Die europaweit einzigartige Verbindung von Luft- und Raumfahrt mit der Energie- und der Verkehrsforschung, wie sie im DLR vorhanden ist, bietet hier und in anderen Bereichen neue Möglichkeiten für interdisziplinäre Forschungsergebnisse. Die engagierte Gemeinschaft von Wissenschaftlern und Ingenieuren des DLR ist eine wichtige Voraussetzung, um die gesellschaftliche und technologische Entwicklung in Deutschland und in Europa voranzubringen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie fördert viele der hier vorangetriebenen Forschungsprogramme.

Das DLR entwickelt sich stetig weiter, das zeigt sich in Köln besonders deutlich. Nie zuvor im mehr als fünfzigjährigen Bestehen des DLR in Köln wurde so viel gebaut wie jetzt. Einige Projekte sind bereits fertiggestellt, andere noch im Entstehen. Die gerade eingeweihte Forschungsanlage „TEG-Line“ beispielsweise wird die Materialforschung weiter voranbringen. Gemeinsam ist all diesen Projekten, dass sie für die nächsten Jahre viele weitere spannende Untersuchungen, Experimente und Entwicklungen versprechen.

Der Tag der Luft- und Raumfahrt bietet nicht nur einen hautnahen Einblick in die Gegenwart des DLR, sondern auch einen Ausblick auf die Zukunft. Und das macht Lust auf morgen. Auf meinen Besuch beim DLR freue ich mich daher sehr und habe die Schirmherrschaft über den diesjährigen Tag der Luft- und Raumfahrt gerne übernommen.

Ihr

Regionalmeldungen

Auf ganzer Linie: neue Forschungsanlage zur Energietechnik

„TEG-Line“ heißt die neue Forschungsanlage, die im DLR in Köln eingeweiht wurde. In ihr finden Wissenschaftler und Techniker seit dem 30. Juni 2011 ideale Bedingungen, um thermoelektrische Materialien und Generatoren (TEG) zu entwickeln.

Das Prinzip der thermoelektrischen Generatoren erscheint einfach: Thermoelektrische Materialien können einen Wärmestrom, der zwischen einer heißen und einer kalten Stelle des Materials entsteht, direkt in elektrischen Strom wandeln. Die Effizienz ist das Problem. Es bedarf noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit, um die Abwärme, die bei Computern, Autos und Heizungen in die Umwelt verloren geht, auch zu nutzen. Ziel der Forscher am DLR-Institut für Werkstoff-Forschung ist es, die Werkstoffe und Herstellungsverfahren so weiterzuentwickeln, dass ein maximaler Anteil der Abwärme genutzt werden kann, und schließlich den Weg zu marktfähigen Produkten zu bereiten.

In einem Kooperationsprojekt mit BMW ist es bereits gelungen, aus der Abwärme des Abgassystems gewonnenen Strom für die Versorgung der elektronischen Systeme im Fahrzeug bereitzustellen. Nun soll der Wirkungsgrad des thermoelektrischen Generators soweit gesteigert werden, dass die Lichtmaschine überflüssig wird. Dies könnte den Treibstoffverbrauch um bis zu fünf Prozent reduzieren. Die Vision des Institutsleiters Prof. Heinz Voggenreiter für die neuen Materialien und Generatoren: In 20 Jahren lädt sich das Mobiltelefon alleine durch die Körperwärme auf.

<http://s.DLR.de/5x5p>



Die TEG-Line ermöglicht es, die komplette Prozesskette vom Grundmaterial bis zum fertigen Modul zu bearbeiten

Während Rosetta schläft, wird auf der Erde für ihr Erwachen trainiert

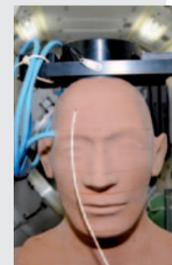


Im Lander-Kontrollzentrum des DLR wird für 2014 geübt

Nach mehr als sieben Jahren Flug durch das Weltall wurde die Rosetta-Sonde in eine Art Winterschlaf versetzt. Damit sie möglichst wenig Energie verbraucht, fliegt sie im Sparmodus auf ihr Ziel zu, den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko. Für die DLR-Wissenschaftler gibt es hingegen keine Ruhepause: Die Forscher trainieren für die Ankunft der Sonde im Mai 2014, wenn sie mit dem Landegerät Philae zum ersten Mal auf einem Kometen aufsetzen wollen.

Gesteuert wird die spektakuläre Aktion vom DLR-Nutzerzentrum für Weltraumexperimente in Köln. Dort befindet sich das Lander-Kontrollzentrum. Der Komet ist klein, seine Gravitation beträgt nur ein Zehntausendstel der Erde. Philae mit einem Gewicht von 100 Kilogramm auf der Erde wird auf 67P/Churyumov-Gerasimenko zu einem Leichtgewicht von zehn Gramm. Getestet wird das Manöver mit einem sogenannten Bodenreferenzmodell, einem Nachbau des eigentlichen Landers aus dessen Ersatzteilen. Dabei simulieren die Wissenschaftler mit ihrer Software die Landesequenzen, die im November 2014 ablaufen werden. Bis dahin fliegt Rosetta ihrem Ziel im Winterschlaf zu. Sie hat eine Art Wecker an Bord und meldet sich im Januar 2014 wieder bei den DLR-Forschern zurück.

<http://s.DLR.de/dv2p>



Das zusätzliche Crew-Mitglied: Mit dem MATROSHKA-Phantom wird die Strahlung in der Internationalen Raumstation ISS gemessen

MATROSHKA-Experiment gibt Auskunft über die Strahlung im Weltraummodul

6.000 Lithiumfluorid-Kristalle, jedes einzelne davon ein Informationsträger zur Strahlung im Weltraum, sind aus der menschenähnlichen MATROSHKA-Puppe in der Internationalen Raumstation ISS ausgebaut und zur Erde zurückgeschickt worden. Die Wissenschaftler des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln werten die Strahlungsdetektoren nun aus.

Sie bergen Informationen darüber in sich, welcher Strahlungsdosis die Astronauten während ihres Aufenthalts im japanischen Kibo-Modul der ISS ausgesetzt sind. Von Mai 2010 bis März 2011 ruhten die Messfühler im künstlichen Körper von MATROSHKA. Scheibe für Scheibe bauten die Astronauten das Phantom auseinander und entnahmen an 1.600 Messpunkten die kleinen Röhrrchen mit den Strahlungsdetektoren. Nun wird ermittelt, welche Organe in welchem Ausmaß von der Strahlung betroffen sind.

<http://s.DLR.de/0070>

Aerogel-Werkstoff bewährte sich im Kanu-Wettbewerb



Bau des Kanus an der Universität Duisburg-Essen

Mit einem Kanu aus einem speziellen Beton-Werkstoff erreichten Studentinnen und Studenten der Universität Duisburg-Essen ihr Ziel bei der 13. Betonkanu-Regatta in Magdeburg. Das 5,5 Meter lange und 135 Kilogramm leichte Boot „Ruhrpott II“ schaffte es zwar nicht aufs Siegertreppchen, doch in einem Wettbewerb mit 100 Teams, in dem so mancher Konkurrent schon im Vorlauf zerbrach, ist der knapp verpasste Einzug ins Finale ein Erfolg, zumal mit einem Kanu, das eine nur acht Millimeter dicke Wand hat. Erreicht wird das durch die Verbindung von Aerogelbeton mit einer Glasfaserarmierung. Der Aerogelbeton, entwickelt von DLR-Wissenschaftler Prof. Lorenz Ratke, ist ein Nebenprodukt von Forschungsarbeiten, die am DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum durchgeführt werden. Die Mischung aus Zement, Gips oder einer Zement-Sandmischung mit einem Aerogelgranulat macht das Material sehr fest und leicht.

Seit 1986 messen sich in Deutschland alle zwei Jahre angehende Bauingenieure bei der Betonkanu-Regatta. Für das nächste Rennen wollen die Studenten die Wandstärke noch weiter reduzieren, sodass das Boot weniger als 100 Kilogramm wiegt. – Und auch an der Paddeltechnik soll bis dahin noch etwas gearbeitet werden.

<http://s.DLR.de/1b86>

DLR-Website in neuem Gewand



Mit einem neuen Webportal ging das DLR in den Sommer 2011. Neben den gestalterischen Veränderungen wartet es mit vielen technischen Neuerungen auf. Multimediale Elemente, attraktive Bilder und eine benutzerfreundliche Bedienoberfläche führen durch die DLR-Themen Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit. Benutzeroberfläche und Design sind emotionaler, die unterschiedlichen Darstellungsformen wie Nachrichten, Bildstreifen, Pressemitteilungen, Blogs, Videos und Podcasts sowie Social Media-Angebote sind schnell zugänglich. Schritt für Schritt werden nun zehntausende Seiten der mehr als 60 Webportale der DLR-Institute und -Forschungseinrichtungen an die neue Gestaltung angepasst.

Zuvor waren in einer Nutzerumfrage die Erwartungen ermittelt worden: Mehr Bild- und Videomaterial, besser aufbereitete Informationen zu Projekten und Missionen des DLR und überzeugendes Ansprechen junger Erwachsener (für die ganz Jungen gibt es ja bereits das DLR_next). Das Echo zeigt, dass gerade diese Zielgruppe das DLR-Angebot von Wissen für Morgen sehr positiv aufnimmt.

Die Projektverantwortlichen in der DLR-Kommunikation ermutigen ausdrücklich dazu, von der Kommentarfunktion des neuen Portals Gebrauch zu machen, damit sie den DLR-Webauftritt im Sinne seiner Nutzer weiter verbessern können.

www.DLR.de

Den Sternen nah

Der infrarote Spektralbereich bietet Astronomen ein einzigartiges Beobachtungsfenster ins Weltall. So ist es beispielsweise möglich, die Entstehung von Sternen tief im Innern dichter Staubwolken zu beobachten, und die spektralen „Fingerabdrücke“ von Molekülen und Atomen geben Aufschluss über Temperaturen, Gasdichten und Geschwindigkeiten von Himmelskörpern und Nebeln. Vom Erdboden aus sind Beobachtungen im mittleren und fernen Infrarot jedoch nicht möglich, weil der Wasserdampf in der Atmosphäre die Strahlung vollständig verschluckt. Das in bis zu 13 Kilometer Höhe fliegende Observatorium SOFIA hat jedoch 99 Prozent des Wasserdampfs unter sich und arbeitet deshalb fast wie unter Weltraumbedingungen. Im April dieses Jahres absolvierte SOFIA seine ersten Wissenschaftsflüge mit dem deutschen Instrument GREAT.

Wissenschaftsflug des Observatoriums SOFIA mit dem deutschen Instrument GREAT

Von Thomas Bürhke

Das Flugzeug-Observatorium SOFIA ist weltweit einzigartig, und wenn man es in der Sonne glänzen sieht, macht es eine richtig gute Figur – obwohl SOFIA mit ihren 35 Jahren schon etwas in die Jahre gekommen ist. Die Lackierung ist neu, die Triebwerke wurden ausgetauscht, und der in geschwungenen Buchstaben sauber aufgetragene Namenszug „Clipper Lindbergh“ ziert den Bug.

SOFIA hat eine bewegte Vergangenheit hinter sich. Es dürfte heute wohl kein anderes ziviles Flugzeug geben, das derart gravierend umgebaut wurde. Die Geschichte begann etwa 1995. Bis dahin betrieb die NASA das Kuiper Airborne Observatory (KAO), einen Jet vom Typ Lockheed C-141, aus dessen Bug ein 90-Zentimeter-Teleskop herauschaute. Doch dann kam bei den Astronomen der Wunsch nach einem größeren Teleskop auf. Anfänglich dachten die Ingenieure, das KAO-Konzept ließe sich einfach um das Dreifache hochskalieren. Doch das war ein Irrtum.

Mitte der Neunzigerjahre kaufte die NASA eine Boeing 747SP. SP steht für Special Performance-Version. In diesem Fall handelt es sich um eine um 15 Meter verkürzte Variante des normalen Jumbo-Jets, die nur 45-mal gebaut worden ist. Wegen des geringeren Gewichts mit unveränderten Treibstofftanks besitzt dieses Flugzeug eine größere Reichweite, womit sich die Forderung der Astronomen nach möglichst langen Beobachtungsflügen erfüllen ließ. Den Bau des größtmöglichen Teleskops übernahmen die deutschen Partner.

Als es daran ging, ein vier mal sechs Meter großes Loch in den Rumpf zu schneiden, begannen die Probleme. Die sind leicht veranschaulicht: Wenn man in einem Auto bei hoher Geschwindigkeit ein Fenster öffnet, kann es zu einem heftigen rhythmischen Bullern kommen. Das Auto wirkt wie eine große Orgelpfeife. Wenn das bei einem Jumbo-Jet bei 900 Kilometern pro Stunde passiert, können die heftigen akustischen Vibrationen den Rumpf binnen Minuten erheblich beschädigen oder gar zerstören.

Endlose Versuche im Windkanal und Computersimulationen folgten. Die Kosten stiegen gewaltig an und hatten schließlich mit rund einer Milliarde Dollar das 1997 veranschlagte

SOFIA und das Teleskop GREAT

Flughöhe: 11 bis 13,5 Kilometer

Betriebsmannschaft: 3 Personen im Cockpit, 10 bis 15 Operateure sowie Wissenschaftler und Gäste

Zukünftige Beobachtungsflüge: 1.000 Stunden pro Jahr (mehr als 100 Nächte)

Gewicht des Teleskops: 17 Tonnen

Spektralbereich: 0,3 bis 1.600 Mikrometer

Schwenkbereich des Teleskops: horizontal 6 Grad vertikal 50 Grad

Betriebsdauer: 20 Jahre

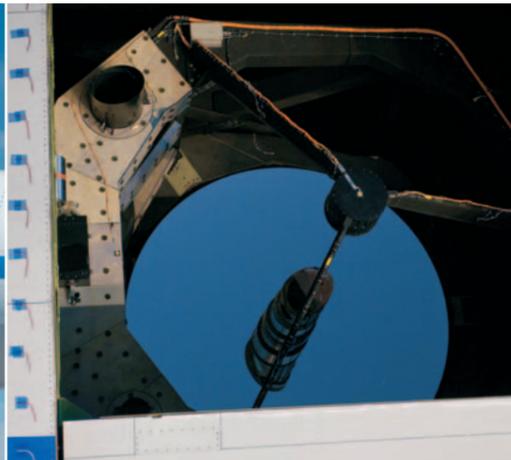




SOFIA bei ihrem Testflug im Dezember 2009. Zuvor war die Boeing 747 in ihrer Special-Performance-Version mit verkürztem Rumpf in jahrelanger Arbeit umgebaut worden.



Erstmals öffnet sich die Teleskoptür des Stratosphären-Observatoriums, das künftig in jedem Jahr bei circa 100 Nachtflügen Infrarotstrahlung aus dem All aufnehmen wird



Der Hauptspiegel ist das Herzstück des Teleskops, er hat einen Durchmesser von 2,7 Metern und wird künftig ungetrübt von der irdischen Atmosphäre Signale aus dem Weltraum empfangen

Budget um das Dreifache überschritten. „Im Jahr 2002 stand das Projekt wegen der technischen und finanziellen Probleme praktisch vor dem Aus“, erinnert sich Dietmar Lilienthal vom DLR. Er ist seit 15 Jahren im SOFIA-Projekt tätig und hat die Integration des Teleskops in die 747SP in den USA mitbegleitet.

Das ehrgeizige Projekt zu beenden, kam aus deutscher Sicht nicht in Betracht, weil die beauftragten Firmen MAN und Kaiser-Threde das Teleskop bereits wie vereinbart geliefert hatten. Als Ende 2007 dann auch noch die Finanzierung des Baus der wissenschaftlichen Instrumente durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft auslief, sprang das DLR mit einer Finanzspritze ein.

Meisterhaftes Instrument in der Form einer Hantel

Zur Lösung des Strömungsproblems am Flugzeug waren mehrere Maßnahmen nötig. Zum einen wurde eine aerodynamische Verdickung der Außenwand links und rechts vom Tor angebracht. Diese Art Spoiler lenkt die Luftströmung so um die Öffnung herum, dass es nicht zu den befürchteten Turbulenzen kommt. Außerdem wird die aus zwei Teilen bestehende Rolltür immer nur so weit nach oben und unten geöffnet, wie es für die Arbeit des Teleskops unbedingt notwendig ist.

Das Teleskop selbst ist ein wahres Meisterwerk deutscher Ingenieurskunst geworden. Lilienthal vergleicht es mit einer Hantel. Am einen Ende hängt der Sammelspiegel mit 2,70 Meter Durchmesser. Von ihm gelangt das Licht über zwei kleinere Spiegel parallel zur Längsachse des Flugzeugs in eine Kamera oder einen Spektrografen. Dieses Instrument bildet das andere Hantelende. Die Mitte dieser Hantel liegt genau in einem 50 Zentimeter starken Druckschott, das den vorderen Teil der Maschine von dem hinteren, offenen Teleskopraum abtrennt. Das wissenschaftliche Instrument befindet sich in der Passagierkabine und ist somit während des Fluges für die Astronomen zugänglich. Ein großer Vorteil, falls die Forscher etwas optimieren oder reparieren müssen.

Die Teleskopmontierung ist mit zwölf luftgefüllten Stoßdämpfern von dem Schott getrennt, damit sich Schwankungen des Flugzeugs und Vibrationen der Triebwerke nicht auf das Teleskop übertragen. Das Spiegelfernrohr wiegt rund 17 Tonnen,

deswegen sind zum Gewichtsausgleich im vorderen Teil mehrere Stahlplatten am Boden festgeschraubt.

Mehr als zwei Dutzend Testflüge vor „dem ersten Licht“

Rund 25 Testflüge musste SOFIA absolvieren, bei denen mehr als tausend Sensoren das Verhalten von Flugzeug und Teleskop überprüften. Am 30. November 2010 kam dann der große Moment, als SOFIA zu ihrem wissenschaftlichen Jungfernflug aufbrach. An Bord befand sich ein amerikanisches Astronometeam, das erfolgreich eine Infrarotkamera testete. Nach den drei Flügen zeigten sich die Astronomen begeistert. Auch der ebenfalls an Bord befindliche DLR-Projektmanager für SOFIA Alois Himmes war von SOFIA stark beeindruckt, selbst wenn ihm während des Fluges „langsam die Füße kalt wurden, die Ohren trotz – oder wegen – der Kopfhörer dröhnten und das mitgebrachte Wasser und das Sandwich auch nicht besser schmeckten als in jeder Economy-Klasse.“

Im April dieses Jahres bestieg dann das erste deutsche Forschungsteam das Flugzeug-Observatorium. Rolf Güsten vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Jürgen Stutzki von der Universität Köln und weitere Teamkollegen haben das von ihnen entwickelte, 500 Kilogramm schwere Instrument GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies) auf sein „erstes Licht“ vorbereitet. Mit den Astronomen, der dreiköpfigen Pilotencrew sowie Flugzeug- und Teleskopingenieuren und einem Wissenschaftsjournalisten als Gast befinden sich insgesamt zwei Dutzend Personen an Bord.

Die erste Nacht mit GREAT

Palmdale (Kalifornien): Am Abend des 12. April gegen 20 Uhr Ortszeit hebt SOFIA von der Startbahn ihres Heimatflughafens Dryden Aircraft Operations Facility ab. Noch ist das Rolltor im Heck geschlossen. Als es in 5.000 Meter Höhe geöffnet wird, merkt man davon – nichts. Selbst der Pilot nimmt davon nur über eine elektronische Anzeige Kenntnis. SOFIA fliegt weiter, als gäbe es dieses große Loch im Heck gar nicht.

In 11,7 Kilometer Höhe beginnen die Beobachtungen. Die Astronomen nehmen anfangs zur Sicherheit ein möglichst helles Objekt ins Visier: Saturn.

Das Flugzeug-Observatorium SOFIA

Das Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie, kurz SOFIA, ist ein amerikanisch-deutsches Gemeinschaftsprojekt, in dem das DLR 20 Prozent der Kosten trägt. Es soll 20 Jahre lang arbeiten. Am 18. September 2011 wird es zum Tag der Luft- und Raumfahrt des DLR in Köln-Porz zu sehen sein. An Bord hat es das deutsche Instrument GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies), das Infrarotstrahlung aus dem All aufnimmt und in seine Spektren zerlegt.





Konzentration bei einem der ersten Beobachtungsflüge: Um das links aus dem Flugzeug herauschauende Teleskop in die perfekte Beobachtungsposition für den ausgewählten Himmelssektor zu bringen, ist ein ausgeklügeltes Drehbuch zu befolgen

Das Instrument GREAT, mit dem die Strahlung analysiert wird, wurde unter Leitung von Dr. Rolf Güsten (hier ganz links im Bild) vom Max-Planck-Institut für Radioastronomie und der Universität zu Köln entwickelt. Beteiligt sind außerdem das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung und das Institut für Planetenforschung des DLR (Prof. Dr. Heinz-Wilhelm Hübers).

Eine international und interdisziplinär zusammengesetzte Betriebsmannschaft von bis zu 15 Personen Stärke durchfliegt die Nacht, um die Strahlung der Sterne zu empfangen und zu entschlüsseln



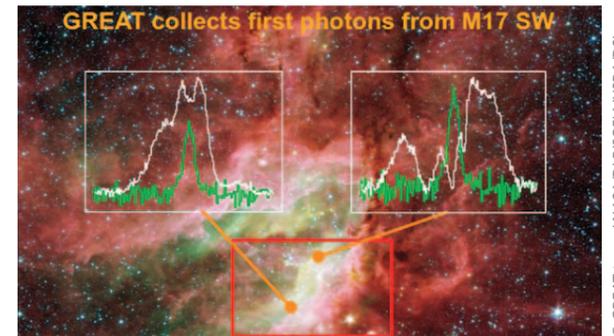
Die Planung eines Beobachtungsfluges ist eine komplizierte logistische Angelegenheit. Da das Teleskop nur zur linken Seite aus dem Rumpf heraus schauen kann, muss SOFIA genau auf Kurs gebracht werden, damit die ausgewählten Himmelskörper im Blickfeld liegen. Das Teleskop lässt sich nämlich in der Horizontalen nur um sechs Grad bewegen, in der Vertikalen um etwa fünfzig Grad. Und schließlich muss SOFIA nach etwa zehn Stunden wieder in Palmdale landen.

Auch die Positionierung des Teleskops ist trickreich. Ein Observatorium auf einem Berg wird einmal ausgerichtet. Danach kann man in den Steuerrechner die gewünschten Himmelskoordinaten eingeben und das Teleskop fährt zielsicher dorthin. SOFIA ändert seine Position aber immer wieder. Deshalb erhält der Bordrechner laufend die mit GPS ermittelten Positionsdaten des Flugzeugs und errechnet daraus die aktuelle Ausrichtung des Teleskops.

Nach kurzen Anfangsschwierigkeiten ist Saturn „im Kasten“. Es folgt eine scharfe Rechtskurve nach Norden, welche die Wolke eines explodierten Sterns mit der Bezeichnung IC443 ins Blickfeld bringt. Astronomen wissen seit Längerem, dass dort vielfältige chemische Reaktionen ablaufen, in denen unter anderem Wassermoleküle entstehen. Der Plan ist, in einem solchen Gebiet Kohlenmonoxid- (CO) und OH-Moleküle (Hydroxid-Gruppen) nachzuweisen, die in diesem chemischen Netzwerk entscheidend mitmischen.

Bei GREAT handelt es sich nicht um eine Kamera, die beeindruckende Himmelsaufnahmen macht, wie das Weltraumteleskop Hubble, sondern es ist ein Spektrograf, der die Infrarotstrahlung in seine Spektralanteile zerlegt. In einem Spektrum lassen sich chemische Verbindungen nachweisen und deren Häufigkeiten bestimmen. Das macht GREAT im fernen Infrarot bei Wellenlängen zwischen 60 und 220 Mikrometern. „Vom Erdboden aus ist das unmöglich, weil der Wasserdampf in der Atmosphäre diese Infrarotstrahlung völlig verschluckt“, erklärt Güsten. In der maximal möglichen Flughöhe von 13,5 Kilometern hat man mehr als 99 Prozent allen Wasserdampfs unter sich gelassen. SOFIA bietet deswegen fast so gute Beobachtungsbedingungen wie ein Weltraumteleskop. Demgegenüber hat es aber einen entscheidenden Vorteil: „Wir können mit den neuesten Instrumenten beobachten, während die Technik in einem Weltraumteleskop schon bei dessen Start fünf bis zehn Jahre alt ist“, sagt Stutzki.

Die Beobachtung des CO-Gases ist gelungen, doch das Signal von Hydroxid-Gruppen erweist sich als sehr schwach. Jetzt würden die Forscher gerne länger beobachten, aber der Pilot muss nach Osten abbiegen. Es folgen 71 Minuten für das Sternentstehungsgebiet Cepheus B, in dem die Astronomen die Verteilung von Kohlenstoff und Kohlenmonoxid ermitteln. Letzteres ist ein häufiges Molekül im Universum, das den Astronomen gewissermaßen als kosmisches Thermometer dient. Aus der Intensität mehrerer Strahlungslinien bei unterschiedlichen Wellenlängen lässt sich nämlich die Temperatur des Gases ableiten. Die Beobachtung von Cepheus B war erfolgreich. Um 2.30 Uhr



Mit dem deutschen Instrument GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies) gelang während des Beobachtungsfluges am 6. April 2011 dieses Spektrogramm von M17 in unserer Milchstraße, einer Region, in der besonders viele Sterne in ihrer Entstehung zu beobachten sind. Ein Vorzug von SOFIA: Sie kann mit unterschiedlichen Geräten an Bord Messungen durchführen.

biegt SOFIA nach Westen auf die lange Zielgerade ein. Eine Beobachtungssequenz von knapp vier Stunden steht den Astronomen nun für das Zentrum der Milchstraße zur Verfügung. Die Nacht ist noch lang, Hunger macht sich bemerkbar. Leider sind keine netten Stewardessen an Bord, die einem Essen servieren. Jeder versorgt sich selbst. Die Astronomen ernähren sich eher nebenbei von Nüssen, Keksen und Schokolade. Das muss reichen.

In der Umgebung des Zentrums der Milchstraße haben Güsten und Mitarbeiter eine Gasscheibe beobachtet, die sich mit hundert Kilometern pro Sekunde um den Mittelpunkt herum bewegt. Dort vermuten die Astronomen ein Schwarzes Loch, das vier Millionen Mal mehr Masse besitzt als die Sonne. In welchem Zusammenhang dieser geheimnisvolle Zentralkörper und die Gasscheibe stehen, müssen die genaue Datenauswertung und weitere Beobachtungen ergeben.

Kurz vor sechs Uhr morgens bringt der Pilot das Flugzeug-Observatorium ebenso sanft zur Landung, wie er es in große Höhen geschraubt hat. Bis 2014 werden den Astronomen in aller Welt neben GREAT noch sechs weitere Instrumente zur Verfügung stehen – wenn alles gut geht, für die nächsten zwanzig Jahre. ●

Autor:

Thomas Bürke ist Wissenschaftsjournalist und lebt im baden-württembergischen Schwetzingen. Der promovierte Astrophysiker arbeitet seit 1990 als freier und Buchautor in den Bereichen Astrophysik, Raumfahrt und Physik. Er nahm als weltweit erster Journalist an einem Wissenschaftsflug von SOFIA teil. (Unser Bild links zeigt ihn bei der Arbeit)

Weitere Informationen:

www.DLR.de/SOFIA

Das Shuttle – ein Erfolg?

Ein persönlicher Rückblick von Gerhard Thiele

In den frühen Morgenstunden des 21. Juli 2011 endete ein besonderer Abschnitt in der Geschichte der Weltraumfahrt: Mit der Landung der Raumfähre Atlantis am Kennedy Space Center ist die Ära des Spaceshuttles unwiderruflich zu Ende gegangen. Nach dreißig Jahren und 135 Flügen wird es außer Dienst gestellt. Atlantis, Discovery und Endeavour werden buchstäblich zu Museumsstücken. Lange galt das Shuttle-Programm als das Rückgrat der amerikanischen Weltraumfahrt. Wie soll für Amerika, so fragen die einen, die Zukunft im All ohne das Shuttle aussehen? – Jetzt erst ist ein Neubeginn und eine Zukunft wirklich möglich, argumentieren die anderen. Vielleicht ist es heute noch zu früh, die Frage nach der Bedeutung des Shuttles für die Weltraumfahrt abschließend zu beantworten. Und ich muss einräumen, dass ich natürlich in gewisser Weise befangen bin, da ich selbst mit der Raumfähre Endeavour an einer Mission teilnehmen konnte.

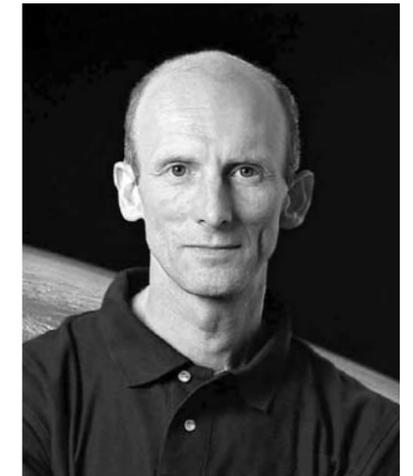
Doch ohne Frage, mit dem Shuttle ist Herausragendes geleistet worden. Dazu gehören in erster Linie die wissenschaftlich orientierten Missionen. So wurde das Hubble Space Telescope, ein gemeinsames Projekt der NASA und der ESA, im April 1990 mit Discovery ins All gebracht und seither auf fünf weiteren Raumflügen instand gehalten und erneuert. Seine Ergebnisse sind aus der Wissenschaft nicht mehr wegzudenken (zum Beispiel extrasolare Planeten, Dunkle Energie), die Aufnahmen der Hubble Deep Field Kamera zeigen uns ein Universum, wie wir es nie zuvor gesehen haben. Aber auch andere Missionen haben unser Bild vom Universum (das Chandra X-Ray Telescope) oder der Erde (die Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) verändert. Andere wissenschaftliche Missionen dienten der Forschung unter Schwerelosigkeit, die beiden Space-labmissionen D1 und D2 sind vom DLR in verantwortlicher Regie durchgeführt worden. Nicht zuletzt war das Shuttle in den letzten Jahren für den Aufbau der Internationalen Raumstation von wesentlicher Bedeutung.

Diese unbestreitbaren Erfolge des Shuttles dürfen jedoch nicht den Blick darauf verstellen, dass ein wesentliches ursprüngliches Ziel, einen wiederverwendbaren Raumtransporter zu bauen, der bis zu 50 Mal im Jahr starten kann, nicht erreicht worden ist. Der Flug in den Weltraum als Routine blieb auch mit dem Shuttle ein unerreichbarer Traum. Im Schnitt etwa fünf Flüge im Jahr sind ein Faktor zehn weniger als ursprünglich geplant. Den Status eines operationellen Fahrzeugs hat das Shuttle nie erreicht, es ist immer ein Testfahrzeug geblieben. Demzufolge konnten mit dem Shuttle die Kosten für den Zugang zum Weltraum nicht wie erhofft erheblich gesenkt werden.

Mit dem Abstand einiger Jahre wird sich das Shuttle nach meiner Ansicht als ein Umweg erweisen. Große Lasten in eine Erdumlaufbahn zu bringen und anschließend mehr als 80 Prozent davon wieder zur Erde zurückzubringen, ist in vielen Fällen ein Luxus: Beim Start wiegt der Orbiter etwa 120 Tonnen, beim Aufbau der Raumstation verbleiben davon nur knapp 20 Tonnen in einer Erdumlaufbahn. Wir werden in Zukunft andere Lösungen finden müssen, wenn wir so große Strukturen im All aufbauen wollen.

Zweifellos haben wir viel gelernt beim Betrieb dieses hochkomplexen (und vielleicht zu komplexen!) Raumtransportsystems, so wie wir auch heute viel über den Betrieb einer Raumstation, der ISS, lernen. Und vielleicht war das Shuttlekonzept seiner Zeit einfach weit voraus und wir werden in 30 oder 50 Jahren wieder ein Shuttle-ähnliches Raumfahrzeug erleben, welches die Hoffungen auf einen zuverlässigen und kostengünstigen Zugang zum Weltraum erfüllt.

Allerdings sollten wir bei allen kritischen Anmerkungen eines nicht übersehen: Niemand fragt heute danach, ob Kolumbus sich Ende des 15. Jahrhunderts mit den seetüchtigsten oder bestmöglichen Schiffen auf den Weg gemacht hat, um einen neuen Weg nach Indien zu entdecken. Entscheidend allein ist, dass er losgefahren ist. Auch Umwege führen ans Ziel, vielleicht braucht man einen längeren Atem. Wenn wir diesem Ziel, dem Aufbruch des Menschen in das Weltall, mit dem Shuttle ein wenig näher gekommen sind, dann war es am Ende ein Erfolg. ●



Gerhard Thiele, Physiker und Astronaut, flog im Jahr 2000 mit der Mission STS-99 ins All. Während dieser Shuttle Radar Topography Mission wurden 80 Prozent der Landmassen der Erde kartografiert.

Nach seiner Astronautenkarriere war er bei der ESA beispielsweise für die Astronautenauswahl und -einsatzplanung verantwortlich. Heute ist Gerhard Thiele als wissenschaftlicher Mitarbeiter am European Space Policy Institute (ESPI) unter anderem betraut mit Fragen zur europäischen Autonomie in der Weltraumforschung. Thiele ist verheiratet und hat vier Kinder.

Weitere Informationen:
www.nasa.gov/mission_pages/shuttle/main/index.html

<http://s.DLR.de/cz45>

8. Juli 2011: Die Raumfähre Atlantis hebt zu ihrem 33. Flug ab, es ist der 135. Flug eines Shuttles überhaupt, die 37. Mission zur Raumstation – und zugleich der letzte Flug im Shuttle-Programm der USA

Applaus für ein Triebwerk

„Achtung, Achtung, 20-Minuten-Warnung am Prüfstand P4!“ Der Sicherheitshinweis, der aus den Lautsprechern tönt, klingt so, wie ein Sicherheitshinweis sein muss: Bestimmt. Deutlich. Ohne Ausnahme zu beachten. Schon zuvor hat die Feuerwehr die Talstraße unterhalb des DLR-Geländes in Lampoldshausen abgefahren, damit kein Spaziergänger zufällig in das abgesperrte Gebiet läuft. Im Kontrollraum M8 könnte man in der Zwischenzeit die Konzentration fast schon in Scheibchen schneiden. Nach mehreren Vorversuchen wollen die Wissenschaftler heute das Vinci-Triebwerk zum ersten Mal mitsamt seiner kompletten, 2,8 Meter langen Expansionsdüse wiederzünden. Später einmal soll Vinci in der neuen Oberstufe der Ariane 5 im Weltall bis zu fünf Mal zünden können – so könnten mehrere Satelliten zu unterschiedlichen Umlaufbahnen transportiert werden.

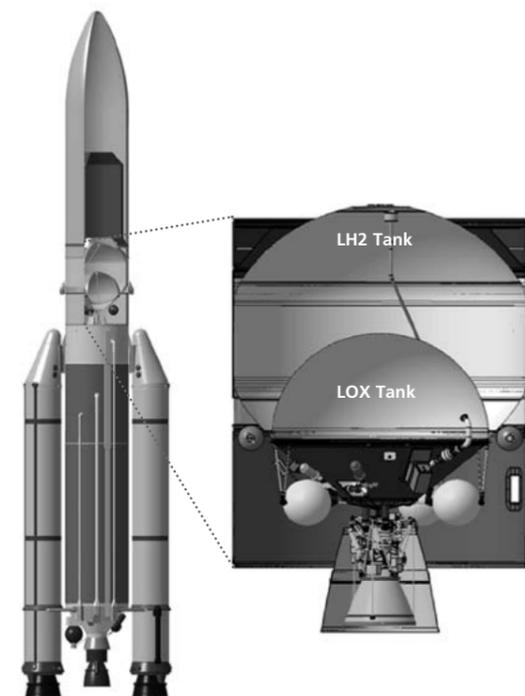
In Lampoldshausen testen Wissenschaftler das Oberstufentriebwerk Vinci unter Weltraumbedingungen

Von Manuela Braun

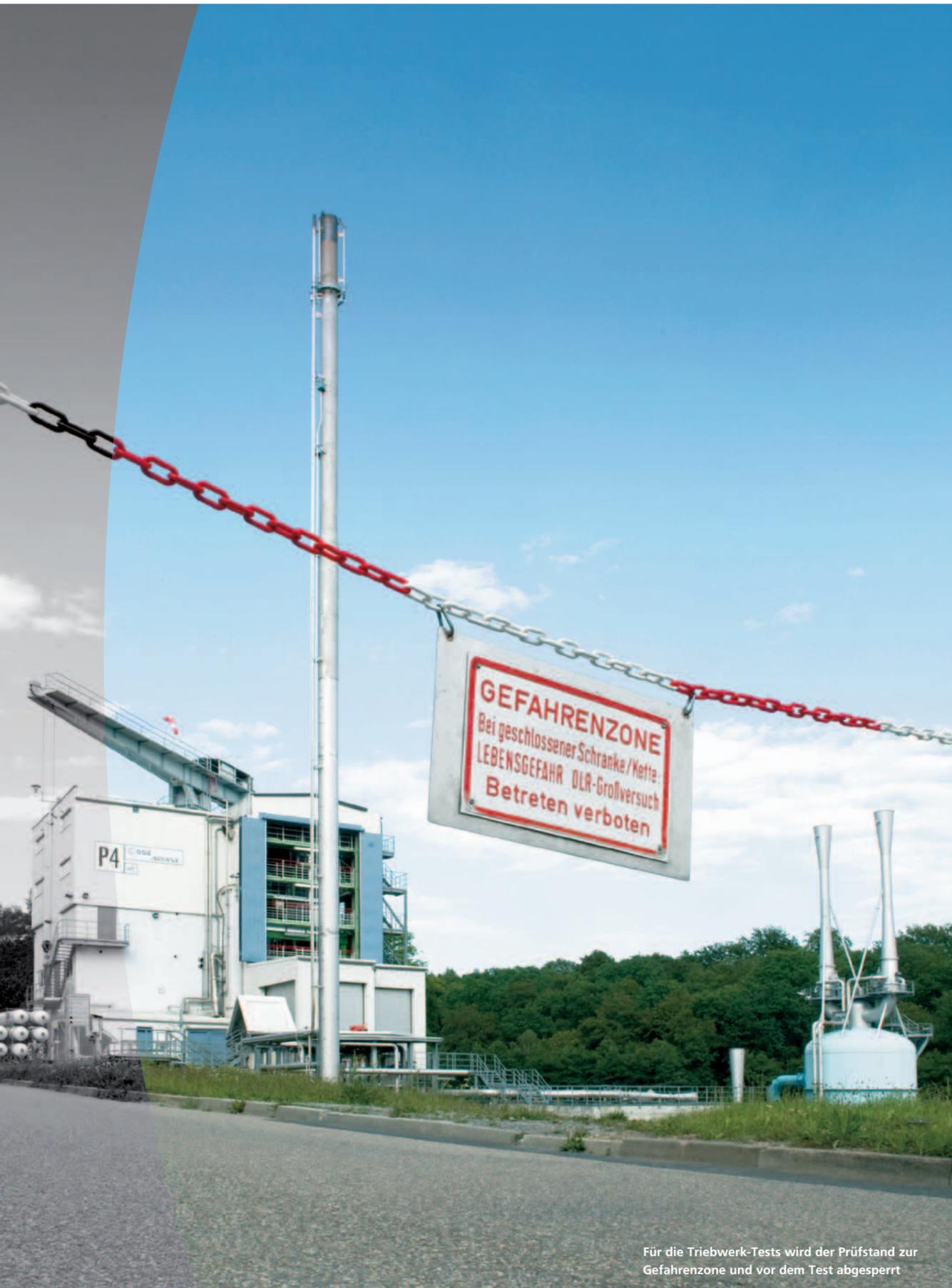
Wie eine Insel liegt der Kontrollraum M8 in der geräumten Zone. Zwölf Monitore an der Wand zeigen, was in der unbelebten Welt um den Raum im ersten Stock des Gebäudes herum geschieht. Prüfstand. Düse. Triebwerk. Noch ist auf den Monitoren keine Bewegung zu sehen, es sind die letzten Minuten vor dem Test. Eine rote Ampel und eine Kette mit dem Warnschild „Gefahrenzone“ sorgen dafür, dass Vinci nur noch von Kameraaugen betrachtet wird. Auch wenn es nicht so aussieht: Rund um Düse und Triebwerk herrschen nun Weltraumbedingungen. Seit dem frühen Morgen haben die Wissenschaftler den Prüfstand samt Inhalt auf den Test vorbereitet und in der mehrere Stockwerke hohen Kammer ein Vakuum erzeugt. Wenn Vinci in der neuen Oberstufe ESC-B mit der Ariane 5ME zum Einsatz kommen wird, wird das Oberstufentriebwerk erst in mehr als 100 Kilometer Höhe bei einer Geschwindigkeit von etwa sieben Kilometern pro Sekunde zünden – und dort herrscht praktisch Vakuum.

Im M8 steigt die Spannung. „Gebt ihr mir mal die Werte? Sauerstoff? Wasserstoff?“ Versuchsleiter Daniel Leiß fragt kurz und knapp. Jeder der 13 Mitarbeiter im Kontrollraum hat einen eigenen Aufgabenbereich, für den er zuständig ist. Alle Operatoren blicken gespannt auf ihre Computermonitore und geben die angeforderten Werte durch ihre Kopfhörer-Mikrofone weiter. Temperaturen, Druckanstiege, Druckabfälle, Zeitangaben schwirren durch den Raum. „1058 auf 25 Prozent.“ „Interface-Werte o.k.“ „Von 25 wieder auf 15 Prozent gehen.“ „Druck ist 100 Millibar.“

Insgesamt fast 900 Sensoren messen Temperaturen, Drehzahlen, Vibrationen und vieles mehr. Auf den Bildschirmen der Testmannschaft erscheinen die Messdaten in Echtzeit, zeigen



Skizze des neuen, wiederzündbaren Oberstufentriebwerks mit seiner ausfahrbaren Keramik-Düse



Für die Triebwerk-Tests wird der Prüfstand zur Gefahrenzone und vor dem Test abgesperrt

Vinci – ein europäisches Projekt

Hauptauftragnehmer für die Oberstufe ESC-B für die Ariane-5ME ist Astrium Bremen. Das Triebwerk Vinci wird von Snecma in Vernon/Frankreich gebaut. Für die Brennkammer zeichnet Astrium Ottobrunn verantwortlich. Die Tests führt das DLR Lampoldshausen am ESA-Prüfstand P4.1 durch.

rote und grüne Felder, wo die Werte schon stimmen und wo noch nicht. Heute ist Lars Ohlenmacher für die Testchronologie zuständig, die in einer langen Tabelle den Ablauf des Tests wiedergibt. Punkt für Punkt fragt er ab, trägt Werte und Uhrzeiten ein und dokumentiert so den Versuchsablauf. Wenn am Abend der Versuch beendet ist und das Triebwerk erfolgreich zweimal gezündet hat, wird er auf Seite 170 die letzte Position abhaken: „Außerbetriebnahme Prüfstand P4 nach Versuch abgeschlossen“.

Zehn, neun, acht, sieben ...

Die 1-Minuten-Warnung tönt über das gesamte Gelände. Alle 550 Mitarbeiter vor Ort wissen nun, dass der Test kurz bevorsteht. Die Feuerwehr des Standorts steht bereit. Die Löschkanonen neben dem Prüfstand sind für den Notfall einsatzfähig. Würde jetzt im Kontrollraum M8 keine konzentrierte Stille herrschen, hätte Versuchsleiter Daniel Leiß noch ein ganz besonderes Mittel: Zwischen Telefon und Steuerkonsole steht eine glänzende kleine Glocke, mit der die Mannschaft schnell wieder zur Ordnung gerufen werden könnte. Notwendig ist das an diesem Tag aber definitiv nicht. Aus dem Lautsprecher sind kurze Signale zu hören. Der Countdown startet, in zehn Sekunden wird der Test beginnen.

Das Vinci-Triebwerk soll es als Kraftpaket unter den Oberstufentriebwerken in Zukunft möglich machen, schwerere Lasten ins Weltall zu bringen. Zurzeit kann die Ariane-5-Rakete in ihrer Version ECA zwei Satelliten mit einem Gesamtgewicht von zehn Tonnen in den geostationären Transferorbit mit dem höchsten Punkt in 36.000 Kilometer Höhe bringen. Da Marktanalysen zeigen, dass das durchschnittliche Gewicht von Satelliten in den nächsten Jahren weiter steigen wird, reicht das nicht mehr aus. Vinci soll dafür ab 2016 Abhilfe schaffen: Mit diesem Triebwerk an Bord könnte das Ariane-Trägersystem dann zwei Tonnen mehr – also zwölf Tonnen – transportieren. Außerdem würde die mehrfache Zündung, die das aktuelle Oberstufentriebwerk HM-7B in der Ariane-5ECA-Rakete nicht durchführen kann, den Weltraumschrott in der Umlaufbahn vermeiden: Vinci könnte sich mit einem zusätzlichen Schub in Richtung Erdatmosphäre bewegen und dort verglühen. Doch dafür muss Vinci erst einmal alle Tests bestehen.

Was mit der Düse im Prüfstand geschieht, verfolgen die Wissenschaftler über Monitore im Kontrollraum. Für den Notfall gibt es den roten Knopf, mit dem der Versuchsleiter den Test stoppen könnte. Dampferzeuger sorgen für Vakuum im Prüfstand – und somit für Weltraumbedingungen für Triebwerk und Düse während der Zündung.

Dampf mit mehrfacher Schallgeschwindigkeit

Kaum ist der letzte Ton des Countdowns verklungen, übertragen die Lautsprecher ein lautes Zischen. Auf dem Monitor ist nun jede Menge Dampf zu sehen. Aus den Ejektoren schießt Dampf mit Hochgeschwindigkeit in die Höhenanlage und durch große Hörner ins Freie. Damit das Vakuum in der Vakuumkammer selbst bei der anstehenden Zündung noch aufrechterhalten wird, starten vier Dampferzeugertriebwerke, deren Dampf als mächtiger Saugstrom die Abgase des Triebwerks aus dem Prüfstand ziehen wird. Zehn Kilogramm flüssiger Sauerstoff und neun Kilogramm Alkohol fließen gerade pro Sekunde durch jeden der vier Dampferzeuger, werden verbrannt und erzeugen eine Gesamtleistung von 650 Megawatt. 40 Kilogramm eingespritztes Wasser werden dabei verdampft. Sechs Operatoren überwachen die Dampferzeugeranlage in einem weiteren Kontrollraum, den Blick konzentriert auf die Monitore gerichtet. Dampf strömt jetzt mit zweifacher Schallgeschwindigkeit durch die Rohre. Ideale Bedingungen für den Vinci-Test: „In zehn Sekunden zünden wir das Triebwerk“, sagt Lars Ohlenmacher. Noch ist die Düse ein dunkler Körper auf den Monitoren acht und neun. Schließlich ist es so weit: „Zündung!“ Im Kontrollraum spricht jetzt niemand mehr.

Sauerstoff mit einer Temperatur von minus 183 Grad Celsius und Wasserstoff mit minus 253 Grad Celsius fließen durch die abgekühlten Leitungen und vermischen sich in der Brennkammer des Triebwerks. 340 Sekunden sollen Triebwerk und Düse laufen. Pro Sekunde sorgen jetzt 4.500 Liter Wasser für die Kühlung des gesamten Prüfstands. Über 3.000 Grad Celsius heiß ist der Abgasstrahl der Düse. Auf dem Monitor schimmert der zuvor dunkle Düsen-Körper aus einer Spezialkeramik nun in Orange- und Gelbtönen. „Schön!“ sagt Ralf Hupertz, der als Supervisor den Ablauf des Tests überwacht, in die Stille hinein. 340 Sekunden können lang sein, wenn die Anspannung groß ist. Schließlich schaltet das Triebwerk ab. Die Düse auf dem Monitor glüht noch kurz nach, dann ist alles wieder im üblichen Dunkelgrau. Ralf Hupertz setzt seinen Kopfhörer ab. „Hat doch schon mal gut geklappt“, sagt er und lächelt zufrieden.

Ruhephase wie im Weltraum

Mit der ersten Zündung ist der Test noch lange nicht gelaufen. Die zweite Zündung, das sei das Besondere, erklärt Hupertz. „Da starten wir Triebwerk und Düse und haben die Werte der ersten Zündung noch nicht ausführlich analysiert.“ Im Weltraum wäre das aber auch nicht möglich. Also müssen Triebwerk, Düse und Testmannschaft das Risiko eingehen, dass bei der zweiten Zündung etwas nicht klappen könnte. Bis zur zweiten Zündung werden die Treibstoffleitungen des Prüfstands im tiefkalten Zustand gehalten. Die sogenannte „Coast Phase“ beginnt. Wäre dies kein Test, würde Vinci jetzt nach dem Absetzen des ersten Satelliten im Weltraum schweben, bevor es sich mit einer erneuten Zündung zum nächsten Bestimmungsort steuern würde.

Mittlerweile ist es kurz vor 15 Uhr – der Arbeitstag wird lang. Bereits um 7 Uhr morgens hatten die letzten Vorbereitungen am Prüfstand angefangen. Bis zur Schulter hatten die Handwerker ihre Arme in die Tiefen des Triebwerks mit seinen Kabeln und Leitungen gesteckt, um Vinci auf den Test vorzubereiten. Schließlich wurden dann die Kameras innerhalb und außerhalb der Vakuumkammer installiert, die später für die Bilder auf den Überwachungsmonitoren sorgen. „So viele Kameras hatten wir noch bei keinem Versuch“, sagt Supervisor Hupertz. „Aber wir wollen natürlich ganz genau gucken, was alles an der Düse geschieht.“ Schon am Vortag hatte das Team zudem in einer Generalprobe den Ablauf des Tests zur Vorbereitung simuliert. Doch Generalprobe ist nun einmal Generalprobe – und Test ist Test.

Stille im Kontrollraum

Keine Stunde nach der ersten Zündung gibt Lars Ohlenmacher wieder ein Zeichen: Die Vorbereitungen für die zweite Zündung können beginnen. „Bitte die 20-Minuten-Warnung dann jetzt herausgeben“, sagt er zu dem Sicherheitsbeauftragten. Der greift zum Telefon und das Ritual beginnt von vorne. „Achtung, Achtung! 20-Minuten-Warnung Prüfstand P4“, ist über die Lautsprecher in allen Gebäuden und auf dem Gelände zu hören. Eine Viertelstunde später folgt die 5-Minuten-War-

nung. Auf dem Lageplan, den einer der Computermonitore zeigt, sind jetzt große Teile der Straßen und Wege rot eingezeichnet. Die Sperrungen rund um den Prüfstand sind jetzt wieder auf der höchsten Stufe. Und dann geht auf einmal alles ganz schnell: Das Triebwerk wird wieder abgekühlt. Die Dampferzeuger starten, der Countdown läuft für die zweite Zündung.

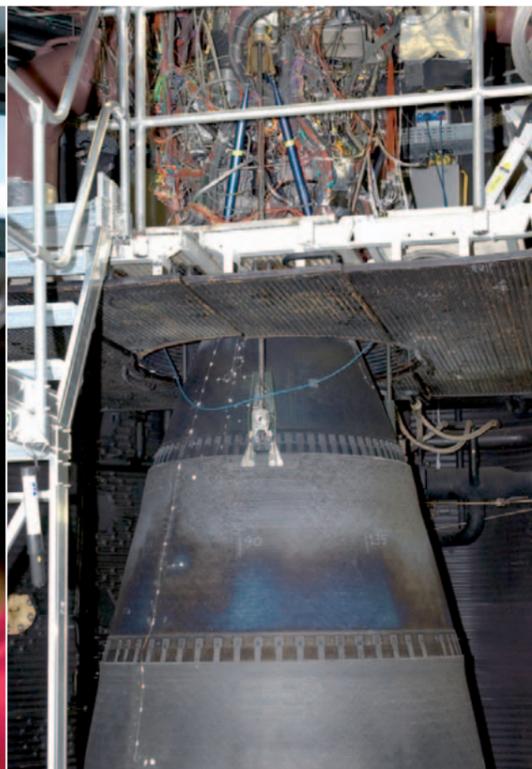
„Wir zünden.“ Wenn Triebwerk und Düse die nächsten 200 Sekunden ohne Probleme laufen, ist das Team um Vinci wieder einen großen Schritt weiter. Die große Digitaluhr neben den zwölf Monitoren zählt in leuchtend roten Ziffern die Sekunden. Die Düse auf dem Monitor wird wieder glühend orange. Wenige Minuten später ist alles vorbei. Die Düse kühlt ab. Im Kontrollraum bleibt es still. Lars Ohlenmacher guckt in die Runde. „Wie wär’s denn mal mit Applaus?“, sagt er und nickt auffordernd. Es braucht noch einen kurzen Moment, dann klatschen alle erleichtert. Der Versuch ist reibungslos über die Bühne gegangen. Die beiden Mitarbeiter des französischen Auftraggebers SNECMA lachen zufrieden und räumen ihre Unterlagen zusammen.

Am Gebäudeausgang schaltet das Warnblinklicht auf Gelb. Zumindest der Kontrollraum darf wieder verlassen werden. Der Prüfstand selbst muss erst noch wieder in seinen Ausgangszustand vor dem Test zurückversetzt werden. Sensoren und Kameras haben jede Menge Daten aufgezeichnet, die in den nächsten Tagen ausgewertet und analysiert werden müssen. Für die Testmannschaft ist der Versuchstag erst dann abgeschlossen, wenn Lars Ohlenmacher den letzten Haken in der „Test Day Chronology“ gesetzt hat. Dann tönt die letzte Durchsage über das Gelände des DLR in Lampoldshausen. „Achtung, Achtung! Versuchsende am Prüfstand P4!“ ●

Weitere Informationen:
www.DLR.de/Lampoldshausen

Prüfende Blicke vom stellvertretenden Versuchsleiter Lars Ohlenmacher, Versuchsleiter Daniel Leiß und Supervisor Ralf Hupertz (von links nach rechts)

Große Mengen Dampf sind notwendig, damit das Vakuum im Prüfstand erhalten bleibt, hier fotografiert aus sicherer Entfernung bei einem früheren Versuch



Meldungen

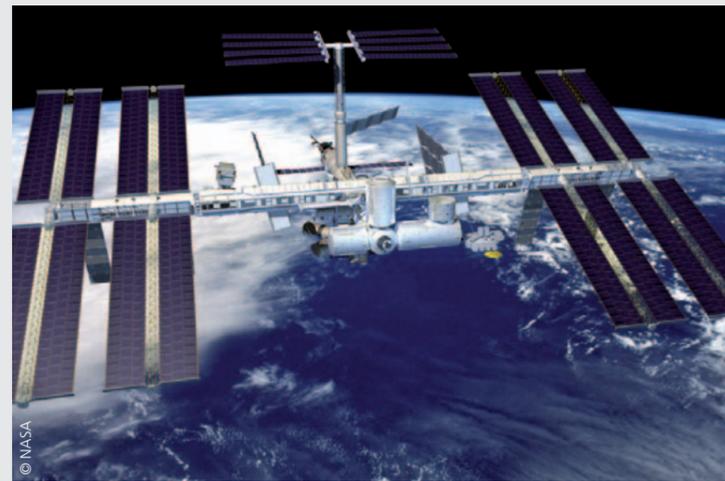
Alpha-Magnet-Spektrometer fahndet von der ISS aus nach Dunkler Materie

Nach Dunkler Materie und Antimaterie fahndet das Alpha-Magnet-Spektrometer (AMS) im All. Von der Internationalen Raumstation ISS aus, auf die das sieben Tonnen schwere Gerät im Mai 2011 mit der Raumfähre Endeavour gebracht worden war, untersucht es die kosmische Strahlung im Weltraum.

Mit einem kräftigen Magneten lenkt es die geladenen Teilchen der kosmischen Strahlung durch die Detektoren und bildet sie dann wie eine riesige Kamera ab. Auf dem Boden würde man lediglich die Zerfallsprodukte der Weltraum-Strahlung feststellen können, denn diese treten mit der schützenden Erdatmosphäre in eine Wechselwirkung und gelangen daher nicht mehr in ihrer ursprünglichen Form auf die Erde. Pro Sekunde registrieren die Detektoren des AMS 2.000 Teilchen, die durch das Spektrometer an der Außenseite der ISS fliegen. Für jedes einzelne dieser Teilchen, die zum Beispiel von den Überresten gewaltiger Supernova-Explosionen im All zeugen können, werden dabei nicht nur die Energie, sondern auch Masse und elektrische Ladung bestimmt.

Ein deutsches Forscher-Team betreibt und überwacht in den USA das Instrument rund um die Uhr. Insgesamt sind 500 Wissenschaftler aus 16 Ländern an dem vom DLR unterstützten Projekt beteiligt. Sie alle bauen darauf, mit AMS viel über die Zusammensetzung der kosmischen Strahlung zu lernen und somit auch darüber, wie unsere Galaxie aufgebaut ist.

<http://s.DLR.de/y4qe>



Mit seinen verschiedenen Detektoren soll das Alpha-Magnet-Spektrometer (AMS, in der linken Bildhälfte rechts neben den Solarpanelen) außen an der Internationalen Raumstation ISS die kosmische Strahlung im Weltraum untersuchen

Freie Bahn für den weltweit größten Forschungsautoklaven



Vorfahrt für den Autoklaven: Die Autobahn A26 musste am 12. Juni 2011 kurzzeitig gesperrt werden, damit das jüngste DLR-Großgerät seinen Standort Stade erreicht

Im DLR Stade stehen die Zeichen auf Grün für die Inbetriebnahme des weltweit größten Forschungsautoklaven. Zuvor hatte die 27 Meter lange Röhre mit einem Durchmesser von 6,5 Metern ihren sicheren Transport ins DLR-Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP) hinter sich zu bringen. Demnächst werden in dem Autoklaven große Rumpfbauerteile, Flügel oder Seitenleitwerke von Flugzeugen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) gehärtet. Dass muss unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen erfolgen. CFK ist ein sehr fester und leichter Werkstoff. Für die Flugzeuge der Zukunft bedeutet dies weniger Gewicht, geringeren Treibstoffverbrauch und weniger Schadstoff-Ausstoß. Sein Einsatz für die Produktion von Flugzeugbauteilen erfordert aber noch Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

Vor seinem Einsatz für die Forschung hatte das technische Großgerät eine mehrwöchige Schiffsreise vom Hersteller in Coesfeld über den Dortmund-Ems-Kanal und den Rhein bis zum niederländischen IJsselmeer zurückzulegen, um von dort über Ems, Weser, Mittellandkanal und Elbe bis zum neuen DLR-Standort Stade zu gelangen. Nach dem Verladen auf einen Schwertransporter mussten dann noch etliche Verkehrsampeln gedreht und Verkehrsschilder abmontiert werden, damit der Autoklav auf seiner Fahrt freie Bahn hatte.

<http://s.DLR.de/g2w9>

Internationaler Robotikpreis für Forscher von DLR und KUKA

Der renommierte euRobotics Technology Transfer Award 2011 ging an einen Leichtbauroboter aus dem DLR. Die vom führenden europäischen Roboterhersteller KUKA lizenzierte Entwicklung führt zu völlig neuen Anwendungen in der Produktion ebenso wie im Dienstleistungsbereich und in der Medizin. Der Leichtbauroboter ist dem menschlichen Arm nachempfunden. Die DLR-Entwickler legten Wert auf Sensitivität und Nachgiebigkeit. Gleichzeitig ist er einfach und sicher zu programmieren, was den Roboter ideal für Aufgaben macht, die einer engen Mensch-Roboter-Interaktion bedürfen. Die Kraft-Momenten-Regelung in den Gelenken gewährleistet gefahrloses Berühren des Roboters im Betrieb. Dank seines relativ geringen Gewichts von sieben Kilogramm ist er einfach zu transportieren und energiesparend, was ihn auch für mobile Anwendungen interessant macht. Großes Potenzial hat diese Technik für die Auto-Produktion, wo sie zur zweiarmligen Getriebe-Montage eingesetzt werden kann. Die Technik ist aber auch für die Raumfahrt interessant, beispielsweise für zukünftige europäische Robonauten.

Die neuen Roboter verbinden Sicherheit mit Kraft und Feingefühl, sie sind einfach programmierbar und agieren hochgenau. Besonders hervorzuheben ist die Anpassungsfähigkeit des Roboters in unbekanntem Umgebungen und in Interaktion mit Menschen. Diese wird durch sensorbasierte programmierbare Nachgiebigkeit und Reaktionsfähigkeit erreicht.

www.DLR.de/RM



Als besonders innovativ befand die Jury des European Robotics Forums den Leichtbauroboter von DLR und Kuka. Dr. Alin Albu-Schäffer, DLR, (2. von rechts) und Dr. Ralf Koeppel, Entwicklungsleiter von KUKA Laboratories (links neben ihm), nahmen den Preis entgegen.

LIVE AUS DEM ALL

<http://spacelivecast.de>

Raumfahrt-Ereignisse wie Starts, Landungen und Vorbeiflüge an Himmelskörpern begeistern Experten wie auch Laien. Und die Internettechnik des Video-Livestreamings macht unmittelbares Dabeisein möglich. Diese beiden Trends werden von den Betreibern von „SpaceLiveCast“ auf faszinierende Weise kombiniert: Sie zeigen das Live-Video von Raumfahrtorganisationen wie NASA oder Arianespace und bieten in ihrem darüber gelegten, deutschsprachigen Audio-Kommentar kenntnisreich Zusatzinformationen.

LUFTFAHRTNACHRICHTEN

www.aero.de

Nicht nur für den Luftfahrtinteressierten interessant: Nachrichten und Hintergründe aus der Welt der Verkehrsluftfahrt. Die zahlreichen Beiträge in Wort und Bild sind gut aufbereitet, übersichtlich strukturiert und auch verständlich für jene, die keine ausgewiesenen Fachleute sind.

RUNDUM-SERVICE

<http://wissenschaft-online.de>

Aktuelle Nachrichten aus Wissenschaft und Forschung, Buchrezensionen sowie Hintergrundiges und Skurriles aus der weiten Welt der Wissenschaft geben dem Wissendurstigen Nahrung, dem Verlag Spektrum der Wissenschaft sei Dank.

BLICK AUS DER SCHWEBE

<http://www.DLR.de/parabelflug-panorama>

Sehen, wie es ist, sich während des Parabelflugs im A300 ZERO-G umzuschauen – die Panoramansicht auf dem DLR-Portal macht's möglich. Auf der Tonspur hört man die Ansage des Flugkapitäns: Bei „Injection“ beginnt die Phase der Schwerelosigkeit ...

ALLES RAUMFAHRT, ODER WAS?

<http://de.wikipedia.org/wiki/Portal:Raumfahrt>

Ob man selbst mitmacht oder am Wissen anderer partizipiert – das Raumfahrtportal von Wiki weiß (fast) alles, was das Herz des Kosmos-Enthusiasten begehrt: Missionen, Namen, Zahlen, Bilder und mehr.

SPIEL MIT GRAVITATION

<http://bit.ly/SaturnGolf>

„Golf Sector 6“ ist ein einfacher Golf-Simulator als Flash-Spiel im Internetbrowser – allerdings nicht auf dem „Grün“, sondern auf den Monden des Saturn. Und die kommen mit erstaunlichen Parcours daher, die unterschiedlicher Anziehungskraft gehorchen. Das Weltraum-Golfen macht das Gravitationsgesetz mal total anders erlebbar. Die hohe Kunst: das Hole-in-1 auf die gegenüberliegende Himmelskörpersseite!

Besuch beim Götterboten

Auf den ersten Blick sieht die von Einschlagskratern übersäte, Milliarden Jahre alte Oberfläche des Merkur aus wie der Mond: Aber die beiden atmosphärelosen planetaren Körper haben wohl doch mehr Unterschiede als Gemeinsamkeiten, wie es die amerikanische Raumsonde Messenger nun an den Tag bringt.

Die Raumsonde Messenger erkundet den Merkur und DLR-Planetenforscher sind dabei

Von Ulrich Köhler

„Wir befinden uns im Jahre 2011 Anno Domini. Das ganze Sonnensystem ist von Raumsonden erforscht. – Das ganze Sonnensystem? Ein kleiner Planet in nächster Nähe zur Sonne widersetzt sich seiner Erkundung durch Satelliten ...“ – so könnte, frei nach Asterix-Erfinder René Goscinny, der mit einem ähnlichen Beginn die Saga vom Widerstand der unbeugsamen Gallier gegen die Römer einleitete, auch über die Geschichte der Merkur-Erkundung geschrieben werden. Freilich nicht, weil der Planet tatsächlich Widerstand gegen seine Erforschung durch menschengemachte Raumsonden leistet. Vielmehr weil der Merkur wegen seiner Sonnennähe eines der am schwierigsten anzusteuern Ziele im Sonnensystem ist. Nun aber wird der kleinste der acht Planeten von der Sonde Messenger erkundet.

Die Wissenschaftler erhoffen sich von diesem, nur scheinbar unbedeutenden Mitglied der Planetenfamilie fundamentale Erkenntnisse zur Bildung und Entwicklung der Planeten. Die ersten Ergebnisse sind überraschend und vielversprechend. Denn bevor Messenger kam, wurde der Merkur lediglich bei Vorbeiflügen aus der Nähe beobachtet. In den Jahren 1974 und 1975 passierte die Sonde Mariner 10 drei Mal den Planeten, doch konnte dabei immer nur dieselbe Hemisphäre fotografiert werden, und dies auch nur unter ungünstigen Lichtverhältnissen. Bis vor kurzem war deshalb noch nicht einmal die Hälfte des Planeten erfasst worden: eine terra incognita der Planetenforschung.

Drei Gründe sind zu nennen, warum der innerste Planet des Sonnensystems lange Jahre im Abseits stand: Zum einen wurden dem Merkur durch seine augenscheinliche Ähnlichkeit mit dem Mond Parallelen mit dem Erdtrabant unterstellt. Zum anderen stand der Erkundung ein technisches Hemmnis im Weg: Auf seiner stark elliptischen Umlaufbahn von im Mittel gerade mal 56 Millionen Kilometer Entfernung zur Sonne ist es keine leichte Aufgabe, dem Planeten mit einer Raumsonde nicht nur nahe zu kommen, sondern auch noch in einen Merkurorbit zu gelangen. Die gewaltige Anziehungskraft der Sonne erfordert ein ausgeklügeltes Bremsmanöver, um in eine Umlaufbahn um den kleinen Planeten einzuschwenken. Und natürlich ist die enorme Strahlung der Sonne eine ständige Gefahr für Kameras und Instrumente, die abgeschirmt werden müssen.

Das Discovery-Programm der NASA ermöglichte es, mit einer relativ preisgünstigen Mission den Merkur anzusteuern: Der Gesamtaufwand für Messenger beträgt etwa 440 Millionen US-Dollar. Der Name steht für Mercury Surface, Space Environment, Geochemistry and Ranging. Messenger, der „Bote“, spielt natürlich auch auf den Namensgeber des Planeten an, den Merkur – in der römischen Mythologie der Götterbote. Ähnlich einem rastlosen Kurier, ist der Merkur ob seiner Nähe zur Sonne und einer Umlaufzeit von 88 Tagen in scheinbarer Eile und immer nur für kurze Zeit nach Sonnenuntergang oder in der Morgendämmerung von der Erde aus zu beobachten. Dies erklärt auch, warum unser Wissen vom Merkur durch Beobachtungen mit dem Teleskop kaum erweitert werden kann.

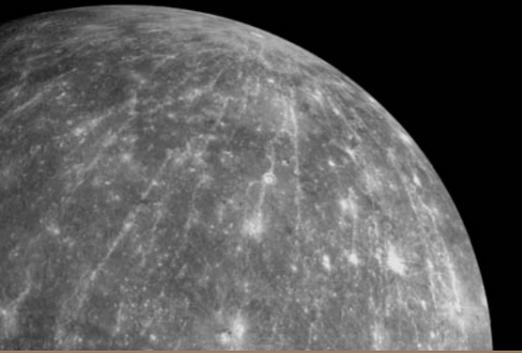
MESSENGER

Der Orbiter wurde im Rahmen des Discovery-Programms der NASA zum Merkur entsandt. Am 18. März 2011 erreichte er den innersten, kleinsten und noch wenig erforschten Planeten, den er zunächst für ein Erdenjahr erkunden wird. Dem Forscher-Team, das 50 Wissenschaftler zählt, gehören auch (als einzige Nicht-Amerikaner) Prof. Jürgen Oberst und Dr. Jörn Helbert vom DLR-Institut für Planetenforschung an. Sie befassen sich mit der Auswertung von Spektrometerdaten, Laser-Höhenmessungen und mit der Stereo-Bildverarbeitung.

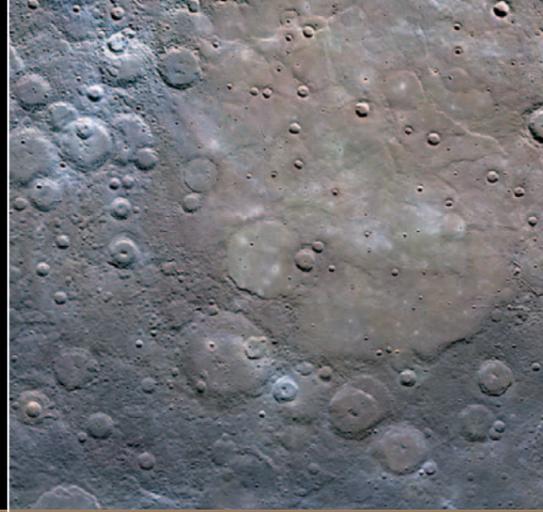


Zu Ehren des ersten künstlichen Merkur-Satelliten wurde vom United States Postal Service eine Briefmarke in der „Forever“-Serie herausgegeben, mit der herausragende Forschungsleistungen gewürdigt werden

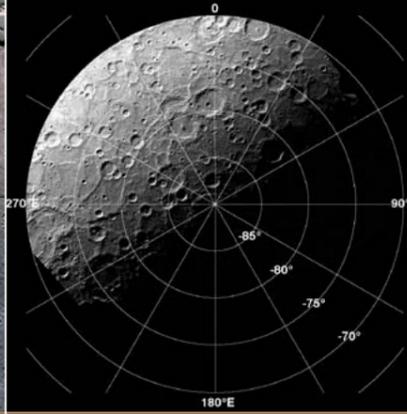
Messenger im Merkurorbit: Ein neuartiges, vielschichtiges Hitzeschild schützt den Satelliten vor extremer Wärmestrahlung. Während es auf der Außenseite bis zu 370 Grad Celsius heiß ist, können die abgeschirmten Instrumente dank des Schildes bei moderaten 20 Grad arbeiten.



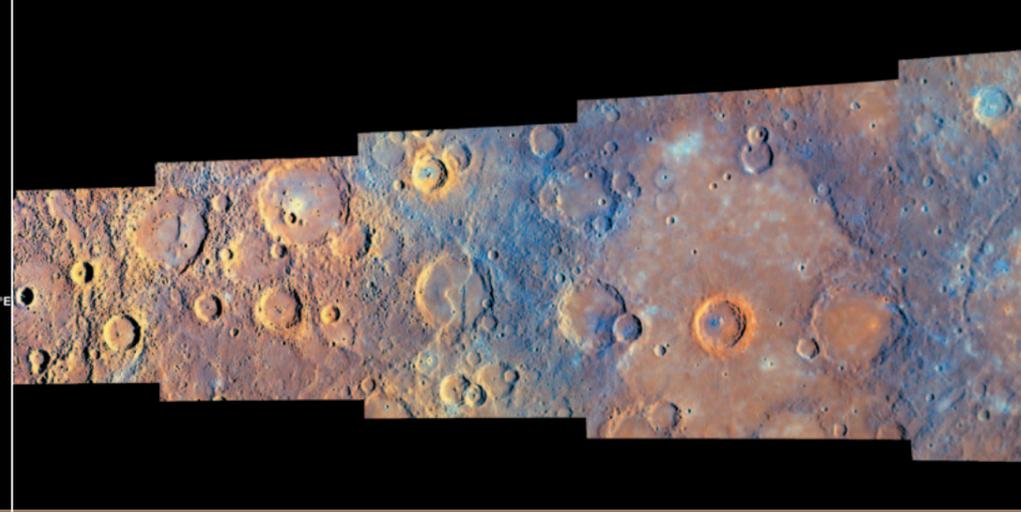
Die Nordhalbkugel des Merkur erinnert an die Mondoberfläche, so beispielsweise auch die hellen strahlenähnlichen Linien. Sie rühren von Auswurfmaterial her, das von dem vergleichsweise jungen Einschlagskrater Hokusai am Horizont des Planeten stammt.



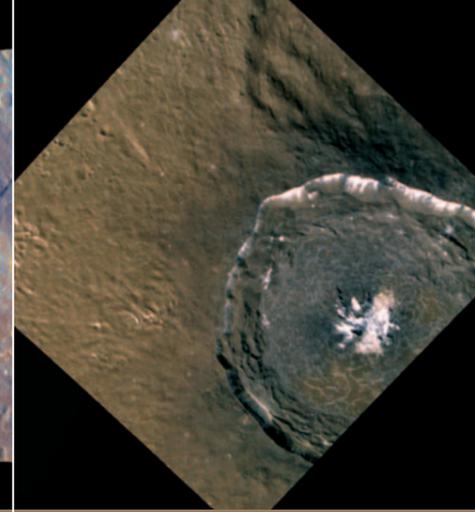
Die für das menschliche Auge fast monoton wirkende graue Merkuroberfläche zeigt kaum Unterschiede zu Aufnahmen der Mondoberfläche. Doch mit Methoden der Bildverarbeitung lassen sich subtile Abweichungen der Mineralogie bildlich darstellen, wie beispielsweise eine Ebene aus erstarrten vulkanischen Gesteinen im Norden des Planeten.



Regelmäßig fotografiert Messenger aus etwa 15.000 Kilometer Entfernung die Südhemisphäre des Merkur. So wird der Südpol des Planeten in der wechselnden Beleuchtung eines Merkurtages bzw. Merkurjahres erfasst.



Das Messenger-Kamerasystem wird nicht nur für eine erste globale Abdeckung der Merkuroberfläche mit multispektralen Bilddaten sorgen, die vom DLR zu Karten verarbeitet werden. Dank seiner elf Farbfilter lassen sich auch wichtige geologische und mineralogische Fragen zum Merkur beantworten. Das besondere Augenmerk der Wissenschaftler liegt auf der Suche nach vulkanischen Ablagerungen, wie in der Ebene in der Bildmitte.



Im Innern des 53 Kilometer großen Einschlagskraters Degas ist ein Muster aus Schrumpfrissen zu erkennen. Es bildete sich beim Abkühlen von geschmolzenem Gestein, das während eines Asteroideneinschlags entstand.

Extrembedingungen im Merkur-Orbit

Die Mission wird vom Applied Physics Laboratory (APL) der Johns-Hopkins-Universität im US-Bundesstaat Maryland in Kooperation mit der NASA durchgeführt. Auf der beim Start etwa tausend Kilogramm schweren Sonde befinden sich acht wissenschaftliche Experimente. Am 3. August 2004 begann die lange Reise von Messenger in Cape Canaveral mit einer Delta-Trägerrakete. Zunächst führte die Flugbahn 15 Mal um die Sonne, die Sonde legte dabei acht Milliarden Kilometer zurück. En passant wurden sechs gezielte Nahvorbeiflüge an Planeten absolviert: Einmal an der Erde, zweimal an der Venus und schließlich – im Januar und Oktober 2008 sowie im September 2009 – dreimal am Merkur selbst, was erste wichtige Messergebnisse erbrachte.

Mindestens ein Erdenjahr, vermutlich sogar länger, wird die Sonde nun den Merkur erforschen. Im Orbit sind die Bedingungen extrem: Nicht nur die gleißende Sonnenstrahlung ist eine Gefahr für die Instrumente, die von einem leichten Keramikschirm geschützt werden. Ebenso muss die bei 430 Grad Celsius geradezu glühend heiße Tagseite des Planeten als gefährliche Quelle von Wärmestrahlung berücksichtigt werden. Denn Messenger wird sich auf einer elliptischen, polaren Umlaufbahn regelmäßig bis auf 200 Kilometer der Nordhemisphäre nähern, die große Hitze abstrahlt. Am anderen Ende der elliptischen Umlaufbahn entfernt sich die Raumsonde dagegen bis auf 15.000 Kilometer von der Südhalbkugel.

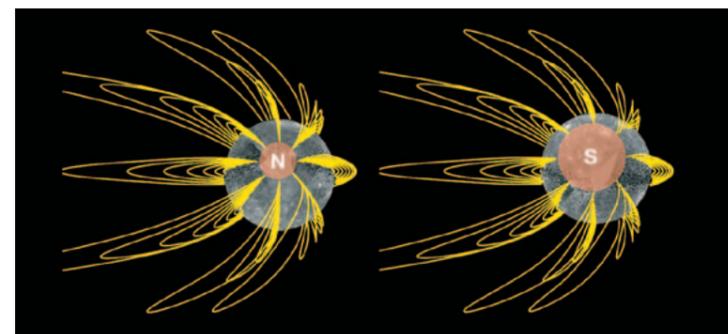
Der Merkur – ein schwerer Bruder der Erde

Nach der Erde ist der Merkur mit einem durchschnittlichen spezifischen Gewicht von 5,43 Gramm pro Kubikzentimeter der relativ schwerste Planet im Sonnensystem. Die Ursache liegt in einem verhältnismäßig großen Kern aus Eisen und Nickel, über den sich ein nicht sehr mächtiger Mantel aus silikatischem Gestein und die Kruste des Planeten wölben. Warum der Merkur im Verhältnis zu Venus, Erde oder Mars einen so ungewöhnlich großen Metallkern besitzt, wird seit Langem diskutiert. Eine These besagt, dass einfach alle drei Planeten von Anfang an etwa die gleiche Menge an Metallen in sich vereinen und deshalb nahezu gleich große Kerne haben. Nach einer anderen Theorie hatte der noch junge Planet einst einen viel größeren Radius als die heutigen 2.440 Kilometer und damit auch einen mächtigeren Gesteinsmantel. Der ursprüngliche Mantel, so die Annahme, wurde in der Frühzeit des Sonnensystems durch eine Kollision mit einem anderen (Proto-) Planeten zu großen Teilen weggesprengt und der Planet dadurch kleiner.

Einige der ersten Beobachtungen von Messenger, an deren Auswertung auch das DLR mitgewirkt hat, stützen diese These. So deuten beispielsweise die gemessenen Häufigkeiten von Elementen wie Magnesium oder Aluminium und ihr Verhältnis zum Silizium darauf hin, dass die Kruste des Merkur in ihrer Zusammensetzung relativ schwer ist. Damit ähnelt sie mehr dem oberen Erdmantel oder unseren Ozeanböden als der leichten aluminiumreichen Primärkruste des Mondes. Einzig die gemessenen relativ hohen Konzentrationen von Schwefel sorgen für Stirnrunzeln: Das relativ flüchtige Element passt nicht recht in die „Absprengungstheorie“; andererseits zeigen die gegenüber dem Mond hundertfach höheren Konzentrationen von Sulfidmineralen, dass der Merkur aus weniger stark oxidierten Mineralen aufgebaut ist, als die anderen erdähnlichen Planeten. Dies könnte den etwas rätselhaften Vulkanismus auf dem Merkur erklären.

Ein verschobener Dynamo

Als gesichert gilt inzwischen, dass der Eisen-Nickel-Kern des Merkur zumindest teilweise geschmolzen und durch eine Art Dynamo-Effekt die Ursache für ein Magnetfeld ist, das den Planeten umgibt. Da der Merkur klein ist und im Innern längst abgekühlt sein sollte, stellt sich die Frage, wovon das Magnetfeld induziert wird, wenn nicht von geschmolzenen Metallmassen. Die Stärke des Felds beträgt nicht einmal 500 Nanotesla, also nur etwa drei Prozent des irdischen Felds. Messenger fand nun heraus, dass sich der magnetische Äquator beachtliche



Als Folge einer Nord-Süd-Asymmetrie in Merkurs internem Magnetfeld ergeben sich unterschiedliche Geometrien der Magnetfeldlinien am Nordpol bzw. Südpol des Planeten. Letzterer ist dadurch viel stärker kosmischen Einflüssen ausgesetzt und dürfte deshalb die Hauptquelle für die Ionen und Atome der hauchdünnen Merkuratmosphäre sein – sie werden von Sonnenwind und kosmischer Strahlung sozusagen aus den Gesteinen der Oberfläche herausgelöst.

480 Kilometer nördlich des geografischen Äquators befindet. Zum einen bedeutet dies, dass der „Dynamo“, der das Magnetfeld erzeugt, in der Nordhemisphäre deutlich näher an der Grenze zwischen Kern und Mantel liegt; eine Erklärung hierfür hat man noch nicht. Zum zweiten bewirkt diese starke Nord-Süd-Asymmetrie, dass die am Südpol des Planeten offenen magnetischen Feldlinien eine größere Fläche für das „Bombardement“ durch kosmische Strahlung entstehen lassen und es dadurch zu einer stärkeren Wechselwirkung zwischen der kosmischen Umgebung und der Merkuroberfläche kommt. Intensive Verwitterungsprozesse sind die Folge. Das erklärt auch die Existenz von Helium-, Wasserstoff- und Sauerstoffatomen, die in der Umgebung des Planeten gemessen wurden und dort eine hauchdünne „Exosphäre“ bilden, in der inzwischen auch Natrium, Kalium, Stickstoff und Argon nachgewiesen wurden. Die fast vakuumartig geringe Konzentration der einzelnen Atome und geladenen Teilchen ist allerdings großen Schwankungen unterworfen, weil das Strahlungsumfeld für eine hohe Fluktuation sorgt.

DLR modelliert die Merkur-Topografie

Zur Kartierung und geologischen Charakterisierung der Merkuroberfläche dient in erster Linie das duale Multispektral-Kamerasystem MDIS (Mercury Dual Imaging System). Mit einer Weitwinkelkamera werden Bilder in elf Farbfiltern zur globalen Datenaufnahme aufgenommen, während die Telekamera Detailaufnahmen von bis zu 18 Metern pro Bildpunkt liefert. MDIS bildet auch nahezu die gesamte Oberfläche des Merkur mit Stereo-Bilddaten ab, womit die Topografie des Planeten abgeleitet werden kann. Dies ist eine Domäne der Abteilung für Planetengeodäsie am DLR-Institut für Planetenforschung. Aus Stereodaten erzeugen die Wissenschaftler digitale Geländemodelle der Merkuroberfläche.

Mit größerer vertikaler Präzision tastet das Laser-Höhenmessgerät MLA (Mercury Laser Altimeter) die konturreiche Merkuroberfläche der Nordhalbkugel ab. Mit deren Auswertung ist ebenfalls das DLR-Team befasst. Am Ende der Mission wird mit beiden Datensätzen ein präzises Bild der globalen Topografie des Planeten und seiner exakten Form vorhanden sein. Heute weiß man dank der ersten Messungen immerhin schon, dass die maximalen Höhenunterschiede auf dem Merkur etwa neun Kilometer betragen.

Das DLR trägt ferner zur Erstellung einer sogenannten Basiskarte bei: Dabei werden in einem ersten Schritt sämtliche verfügbaren Bilder in hoher und mittlerer Auflösung zu einem möglichst lückenlosen Bildmosaik zusammengefügt, bevor durch genauere Berechnungen jedem Pixel sein Platz auf dem

Globus, also die exakten und korrekten Koordinaten zugeordnet werden. Wegen der leichten Schwankungen der Rotationsrate des Planeten, seiner „Libration“, ist dies ein durchaus kniffliger Rechenschritt.

Vulkanismus am Nordpol – und auch Eis?

Spannend war bereits die erste Durchsicht der Bilder und Messdaten der Nordpolregion. Da der Merkur nahezu senkrecht auf seiner Umlaufbahn steht, gibt es an den beiden Polen des Planeten, wie auch auf dem Mond, Krater, die so tief sind, dass dort nie Sonnenlicht auf den Boden trifft, sondern nur über die Kraterländer hinwegstreift. Mangels einer Atmosphäre herrscht hier pechschwarze Nacht und trotz Sonnennähe ist es dort mit minus 180 Grad Celsius so kalt, dass sich Wassereis halten könnte, das von Kometeneinschlägen herrührt. Radarbeobachtungen von der Erde zeigen Reflexionen ähnlich denen vom vereisten Mars-Nordpol, die diese These stützen. Und auch die topografischen Profile der Lasermessungen lassen erahnen, dass es im Innern der Kraterbene wohl Ablagerungen gibt. Ob diese aus Wassereis bestehen, sollen nun die drei Spektrometer an Bord von Messenger klären.

Zwischen den Kratern und Einschlagsbecken finden sich jedoch auch weite, glatte Ebenen, die auf vulkanische Tätigkeit hindeuten. Das ist insofern verwunderlich, da der Merkur nur einen geringmächtigen silikatischen Gesteinsmantel hat, aus dem sich der Vulkanismus speisen könnte. Doch gerade am Nordpol wurde nun ein 640.000 Quadratkilometer großes Gebiet entdeckt, größer als Deutschland, das aus mehrere Kilometer mächtigen Ablagerungen erstarrter Vulkangesteine besteht. Die Ebenen wurden vor drei bis vier Milliarden Jahren von dünnflüssiger Lava gebildet, die sich in eine beckenförmige, vielleicht durch einen Einschlag entstandene Niederung ergossen haben. Vermutlich war Vulkanismus auf dem Merkur weiter verbreitet als angenommen. Mit Spannung sehen die Wissenschaftler daher weiteren Daten vom Götterboten entgegen. ●

Autor:

Ulrich Köhler ist Planetengeologe und im DLR-Institut für Planetenforschung für die Öffentlichkeitsarbeit zuständig. An der Messenger-Mission interessiert den Wissenschaftler besonders der Vergleich der vulkanischen Phänomene von Merkur und Mond.

Weitere Informationen:

www.nasa.gov/mission_pages/Messenger/main/index.html
<http://Messenger.jhuapl.edu/>
<http://discovery.nasa.gov/index.cfm>

Eine Handvoll Satellit

Sie passen in eine Hand, wiegen nicht einmal ein Kilogramm, stecken aber voll bemerkenswerter Technik – die Satellitenwürfel mit Namen BEESAT-1, -2 und -3 (Berlin Experimental and Educational Satellite). Gebaut werden die Winzlinge von Studenten der Technischen Universität Berlin. Das DLR fördert die angehenden Raumfahrtingenieure bei der Verwirklichung ihrer Projekte.

Studenten bauen und betreiben Kleinstsatelliten

Von Martin Fleischmann



Das BEESAT-Team in der Kontrollstation an der TU Berlin

Den Berliner Studenten unter der Leitung von Prof. Klaus Briß gelang es erstmals, durch den Einbau von drei Reaktionsrädern in einen Kleinstsatelliten die Voraussetzung für eine präzise Stabilisierung in allen drei Achsen zu schaffen – ein wichtiger Schritt, um beispielsweise Navigationssatelliten mit deutlich geringeren Ausmaßen als bisher zu bauen. BEESAT-2 wird die Lagestabilisierung unter Einsatz der Reaktionsräder demonstrieren.

BEESAT-1 zieht bereits seit September 2009 mit einer Geschwindigkeit von 25.000 Kilometern pro Stunde seine Bahnen im All und hat die Erde schon 9.000 Mal umrundet. Vom indischen Weltraumbahnhof Sriharikota nördlich von Chennai startete er mit einer Trägerrakete vom Typ PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) am 23. September 2009 in einen annähernd polaren Orbit auf etwa 730 Kilometer Höhe. Im kommenden Jahr 2012 sollen seine Brüder BEESAT-2 und -3 folgen. Auf welchem Träger und von welchem Weltraumbahnhof, steht allerdings noch nicht fest. Die kleinen Satelliten sind da sehr flexibel: Sie können auf den Trägern Cyclone 4, Dnepr, PSLV, Rocket, Sojus und VEGA gestartet werden.

Verantwortlich für den Betrieb der Satelliten ist das Mission Control Center (MCC) der TU Berlin. Von hier aus werden die Winzlinge über direkte und zeitgesteuerte Befehle kommandiert. Per direkter Punkt-zu-Punkt-Übertragung laufen im MCC alle gesammelten Daten zusammen und können ausgewertet werden. Ziel der Missionen ist es, die neue Mikrotechnologie auf Funktionsweise und Weltraumtauglichkeit zu prüfen, Daten und Versuchsergebnisse zu sammeln, mit deren Hilfe neue Kleinstsatellentechnologien entwickelt und zukünftige Missionen mit leistungsstarken und kostengünstigen Bauteilen ausgerüstet werden können. Da Kleinstsatelliten mit relativ geringem Aufwand gebaut werden können, eignen sie sich auch sehr gut, um das Lehrangebot zu bereichern. Entwurf, praktische Umsetzung und Betrieb solcher Satelliten fördern die Studenten bei der Entwicklung von Methoden- und Teamkompetenz und anhand einer realen Satellitenmission können sie optimal für eine Tätigkeit im Raumfahrtsektor ausgebildet werden.

BEESAT-3, der letzte in der Kleinstsatellitenreihe, ist mit dem Payload Data Handling, dem Hoch Integrierten S-Band-Sender für PICO- und NANO-Satelliten (HISPICO) und einer Erdbeobachtungskamera als wissenschaftlicher Nutzlast ausgerüstet. Der HISPICO soll zu Testzwecken und für die Übertragung der Bilder der Erdbeobachtungskamera eingesetzt werden. Außerdem sind von der TU Berlin konstruierte, neuartige Sonnensensoren mit an Bord, welche die Ausrichtung des Satelliten zur Sonne übermitteln. Systeme wie Bordcomputer, Batterien, das UHF-Funkgerät (BK77) als Kommunikationssystem sowie diverse Sensoren sind doppelt ausgelegt, sodass das Gesamtsystem bei einem Teilausfall weiter betrieben werden kann – eine weitere Besonderheit für einen so kleinen Satelliten. ●

Weitere Informationen:
<http://is.gd/beesat>

Science oder Fiction?

„Die Energie des Mondes ist die Energie der Zukunft“, sagt eine Männerstimme. Dazu gibt es Bilder von glücklichen lachenden Kindern, Wüsten, die blühen, und Großstädten, deren Neonlichtreklamen strahlen. So stellt sich Regisseur Duncan Jones in seinem Science-Fiction-Film „Moon“ eine Werbung der Zukunft vor. Die Firma „Lunar Industries Ltd“, der „Nummer-Eins-Versorger mit sauberer Energie“, baut auf dem Mond mit riesigen „Harvester“-Fahrzeugen das Edelgas-Isotop Helium-3 ab. Arbeiter Sam Bell beaufsichtigt seit drei Jahren gemeinsam mit Bordcomputer „Gerty“ auf der Mondstation den Abbau – bis er auf seinen Klon trifft. Der atmosphärische Film gewann unter anderem 2010 den Award der British Academy of Film and Television Arts (BAFTA), wurde 2009 mit dem Best British Independent Film Award ausgezeichnet und heimste Lob auf mehreren Filmfestivals ein. Seit Januar 2011 ist er auf DVD erhältlich. Aber abgesehen von der spannenden Geschichte und der überzeugenden schauspielerischen Leistung: Wie viel Realität steckt in so einem Science-Fiction-Film? Genug, um Planetenforscher zufriedenzustellen? DLR-Raumfahrtredakteurin Manuela Braun hat bei Mondexperte Ulrich Köhler vom DLR-Institut für Planetenforschung nachgefragt.

Der Film „Moon“ blickt in die Zukunft.
Planetenforscher Ulrich Köhler sagt, ob sie so aussehen könnte.

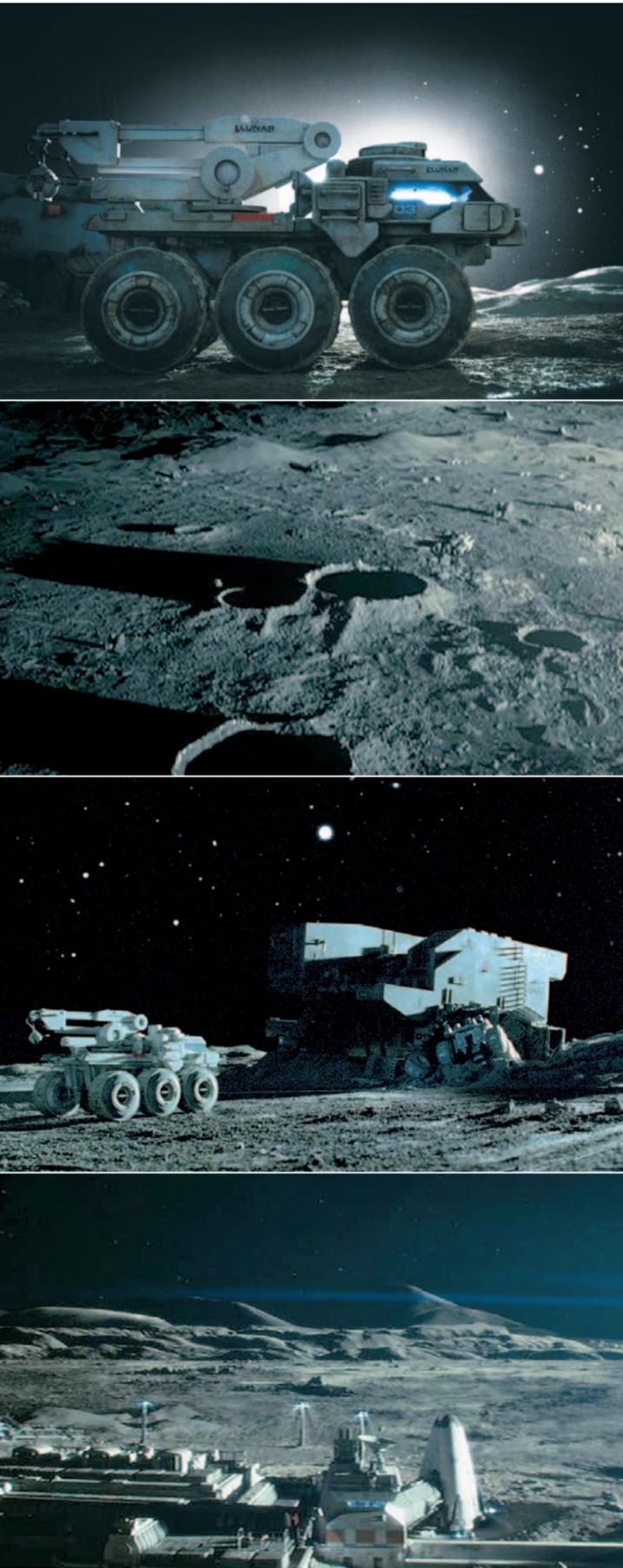


Ausgezeichnet mit mehreren renommierten Preisen: „Moon“ von Regisseur Duncan Jones

Allein auf dem Mond: Sam Bell
(gespielt von Sam Rockwell)

Helium-3 vom Mond statt Öl und Gas von der Erde. „Es gab eine Zeit, in der Energie ein schmutziges Wort war“, stellt Lunar Industries in seiner Werbung klar. „Aber das ist Vergangenheit“. Der weltweit größte Produzent von Fusionsenergie setzt auf die Energie vom Mond. – „Häufiger kommt Helium-4 vor, das unter anderem von der Sonne durch den Verschmelzungsprozess von Wasserstoff erzeugt wird“, erklärt Mondforscher Ulrich Köhler. „Helium-4 hat zwei Protonen und zwei Neutronen. Bei Helium-3 ist nur ein Neutron dabei.“ Von Sonnenwind und kosmischer Strahlung beschleunigt, schießt Helium-3 durch das Weltall und prallt unter anderem auf dem Mond auf, der nicht durch ein Magnetfeld geschützt ist. Auf der Erde kommen hingegen nur sehr wenige der Helium-Atome an, die beim Fusionsprozess in der Sonne entstehen. „Auf ein Helium-3-Atom auf der Erde kommen zwischen hunderttausend und eine Million Helium-4-Atome. Auf dem Mond aber kommt Helium-3 etwa 10.000 bis 100.000 Mal häufiger vor.“

Mit mehreren gigantischen „Harvester“-Fahrzeugen lässt Regisseur Duncan Jones das begehrte Helium-3 auf der Rückseite des Mondes abbauen. Wie gefräßige Monster ziehen die Erntemaschinen baggernd ihre Bahnen über den Mond und saugen unaufhörlich Mondgestein in ihr Inneres. Das Gedankenspiel in „Moon“ zeigt damit Realitätssinn: „Man würde wohl tatsächlich mit Maschinen, die wie grasende Ungetüme über den Mond rattern, den Mondboden durchpflügen müssen, um dann durch irgendeinen Raffinierungsprozess das Helium-3 bei großer Hitze herauszulösen. Hinten wird der Dreck, der kein Helium-3 enthält, dann aus den Abbaumaschinen herausgeschleudert“, überlegt Köhler. „Im Film sieht man kilometerbreite riesige Schneisen – so müsste man sich das wahrscheinlich schon vorstellen.“ In Patronen gefüllt, schießt Arbeiter Sam Bell den Energiestoff der



Zukunft Richtung Erde. Noch ein Pluspunkt für den Science-Fiction-Film bei Planetenforscher Köhler. „Helium-3 wäre gasförmig, durchsichtig sowie ultratiefgekühlt und kann deshalb auf ganz kleines Volumen zusammengepresst werden. Es in Patronen zur Erde zu schießen, scheint mir sehr realistisch zu sein. Auf dem Mond hat man nur ein Siebtel der Schwerkraft, das heißt man braucht auch nicht so viel Energie, um das Zeug loszuschießen.“

Von Energieverlust und Energiegewinn

Der große Protest kommt an anderer Stelle. „Moon“ beginnt mit einem Werbefilm der Lunar Industries Ltd. Der Energieversorger der Zukunft verkündet selbstsicher: „70 Prozent des Energiebedarfs unseres Planeten decken wir durch Helium-3.“ Nur, es ist so wie immer: Werbung übertreibt – auch im Science-Fiction-Film. „Selbst auf dem Mond muss man 50 bis 100 Millionen Tonnen Mondboden durchpflügen, um eine einzige Tonne Helium-3 zu gewinnen“, korrigiert Planetenforscher Köhler die Zukunftsvisionen. 70 Prozent der Energie mit Helium-3 abdecken? Köhler atmet kurz durch. „Das entbehrt jeder Grundlage. Sollte Helium-3 kommerziell für Fusionsreaktoren Verwendung finden, bräuchte man Hunderte von Tonnen für die Energiemenge, die heute pro Jahr auf der Erde erzeugt wird. Der derzeitige Jahresstromverbrauch Chinas oder der USA entspricht etwa zehn bis fünfzig Tonnen Helium-3. Insgesamt gibt es vielleicht 60.000 Tonnen Helium-3 auf dem Mond.“

Die Versuche, die derzeit auf der Erde im wahren Leben durchgeführt werden, lassen eine Realität wie in „Moon“ unwahrscheinlich erscheinen. „Zwar gibt es in Südfrankreich den Forschungsreaktor Iter, in dem man noch in diesem Jahrzehnt Versuche durchführen wird, die entscheidende Fortschritte bringen sollen“, erklärt Köhler. „Aber man ist noch lange nicht so weit, aus Helium-3 mehr Energie zu gewinnen als man hineinsteckt.“ Die Rechnung auf der Erde ist also eher enttäuschend: Um Kerne zu Helium-3 zu verschmelzen, muss viel Energie aufgebracht werden – die gewonnene Energie ist jedoch noch zu gering. „Wenn sich dieses Verhältnis umkehrt, wäre das vielleicht mal wirtschaftlich.“ So ganz daran glauben mag der Planetenforscher aber nicht. „Verlockend an diesem Prozess ist eben, dass dabei keine radioaktiven Produkte oder freie Neutronen entstehen, sondern lediglich ungefährliche Protonen, also im Grunde Wasserstoffatome.“

Mit dem Rover zum Mare Imbrium

Schließlich die kritischste Frage an den Mondliebhaber: Wie echt sieht im Film die Mondoberfläche aus, wenn Sam Bell mit seinem Rover in die Abbaugelände fährt? Für „Moon“ hat Simon Stanley-Clamp, der Leiter der „Visual Effects“-Abteilung, Miniaturmodelle von Mond und Rover anfertigen lassen. „Die Mondlandschaft haben wir durch computergenerierte Hintergründe erweitert.“ Echte Linsenreflexe wurden in die Aufnahmen eingefügt, um Lichtspiegelungen zu simulieren. Steinchen für Steinchen und Staubwolke für Staubwolke ergänzte das Filmteam zu den Aufnahmen der gefräßigen „Harvester“. – „Es gibt ein paar Details, die nicht stimmen“, sagt Köhler. Der deutlichste und somit größte Schnitzer: Angeblich baut Lunar Industries Ltd. den Rohstoff auf der Mondrückseite ab – „und die zeigen im Film mehrmals aus der Distanz die Mondvorderseite. Das fällt aber nur dem halbwegs geübten Fernrohrgucker auf.“ Allerdings erkennt dieser auch beim Blick aus dem Orbit einige Regionen der echten Mondlandschaft, das Mare Crisium, das „Meer der Gefahren“,

Mit riesigen Abbaufahrzeugen wird das Helium-3 aus dem Mondboden gewonnen. Von der Mondstation auf der Rückseite des Mondes beaufsichtigt ein Astronaut die Arbeiten. Für die Aufnahmen der Mondoberfläche orientierte Regisseur Duncan Jones sich an echten Mondaufnahmen und bearbeitete diese mit dem Computer.

oder auch das Mare Imbrium, das „Regenmeer“. „Die Aufnahmen, auf denen Sam Bell und sein Klon mit den Rovern ausrücken, sind relativ gut dargestellt.“ Nun gut, sagt Köhler, die Krater sähen ein wenig aus wie in alten Fritz-Lang- oder Jules-Verne-Filmen, nämlich überhöht, aber ein Science-Fiction-Film ist nun mal keine Dokumentation – und so ist der Mondforscher gnädig mit den Filmmachern.

Diese hatten für die Filmsequenzen auf der Mondoberfläche auch sorgfältig recherchiert. „Unsere Bibel war das Buch „Full Moon“ von Michael Light“, erzählt Regisseur Duncan Jones. „Wenn wir etwas über die Außenansichten des Mondes wissen wollten, sahen wir uns seine tolle Sammlung von NASA-Fotos an. Es sind wunderschöne, kontrastreiche 70-Millimeter-Bilder, die von den Apollo-Flügen stammen, und man sieht auf ihnen den Mond aus dem Weltall, aber auch direkt von seiner Oberfläche aus. Ich bekam eine ziemlich klare Vorstellung davon, wie ich die Mondlandschaft in meinem Film haben wollte.“ Für den Modellbau und die verschiedenen Untergründe kam Bill Pearson zum Einsatz, der auch schon 1979 bei „Alien – das unheimliche Wesen aus einer fremden Welt“, 1980 bei „Flash Gordon“ und 1981 bei „Outland – Planet der Verdammten“ mit seinen Modellen für fast perfekte Illusionen sorgte. Und so rollten kleine Rover und „Harvester“ über eine kleine Mondfläche, die später dann digital vergrößert wurde. Grenzen setzte auch das geringe Budget für den ruhigen, melancholischen Film: „Kein Effekt ist überflüssig. Es gibt keine albernen Explosionen“, sagt Simon Stanley-Clamp über die Visual Effects in „Moon“.

Sehnsuchtsvoller Blick zur Erde

„Der Sternenhimmel war auch gut gemacht – der ist auf dem Mond viel intensiver als von der Erde aus gesehen“, lobt Mondforscher Köhler. „Das Licht hat auch meistens gepasst. Die Geräusche im Weltall dann wiederum nicht, die gibt es im Vakuum natürlich nicht.“ In der Station selbst fehlte die verminderte Schwerkraft. „Wie sie so eine Station hinbekommen wollen, weiß ich nicht. Außerhalb der Station sieht man hingegen, dass Sam kleinere Sprünge macht – das sieht dann wie bei den Apollo-Missionen aus. In der Station war es mir deutlich zu irdisch.“ Und einmal haben die „Moon“-Macher den Realitätssinn wohl ganz bewusst verdreht: „Von der Mondrückseite, auf der sich Sam Bells Station befindet, wird man nie die Erdkugel sehen können – und das passiert einmal im Film. Von der Station ist das schlichtweg nicht möglich.“ Da sollte der sehnsuchtsvolle Blick zur Erde die Einsamkeit des Schichtarbeiters verdeutlichen, entschuldigt Köhler. Und verzeiht Regisseur Duncan Jones.

Überhaupt: Auch wenn es nicht um Rohstoffe vom Mond, Geologie und Sternenleuchten geht – die Geschichte des Films hat den Mondforscher gepackt. „Das größte Problem bei allen Projekten, wie zum Beispiel den Marsflügen, ist ein rein menschliches. Technisch bekommt man das alles hin, man kann Stationen bauen, hätte Habitate und könnte Bäumchen pflanzen, aber das psychologische Moment ist extrem heftig“, sagt er. „Es kam gut zur Geltung, dass gerade die Psychologie beim Verlassen der Erde eine große Rolle spielt. Sam ist drei Jahre allein auf dem Mond. Das geschieht auf Veranlassung der Firma, die natürlich Gewinn maximierend arbeiten will. Großtechnische Prozesse kann man sicherlich weitgehend automatisieren, aber es braucht offensichtlich immer noch einen Hausmeister – und das wird sich so schnell auch nicht ändern.“ Ob das dann ein Klon sein wird? Ulrich Köhler zuckt mit den Schultern. „Na ja, man kann sich ja auch vorstellen, dass die Helium-3-Gewinnung erst in 200 oder 500 Jahren realistisch ist, vielleicht passt in diese ferne Zukunft auch das Klonen von Menschen.“ Aber das wäre dann wirklich nicht mehr das Gebiet des Planetenforschers. ●

Weitere Informationen:

www.moon-derfilm.de



Astronaut Sam Bell verbringt drei Jahre auf der Mondstation. Seine Aufgabe: Den Abbau von Helium-3 auf dem Mond beaufsichtigen. Sein Problem: Die Einsamkeit im Weltall fernab der Erde besiegen.

Tipps:

Wer „Moon“ gerne gesehen hat, sollte sich auch Duncan Jones' klassischen Vorbildern widmen:

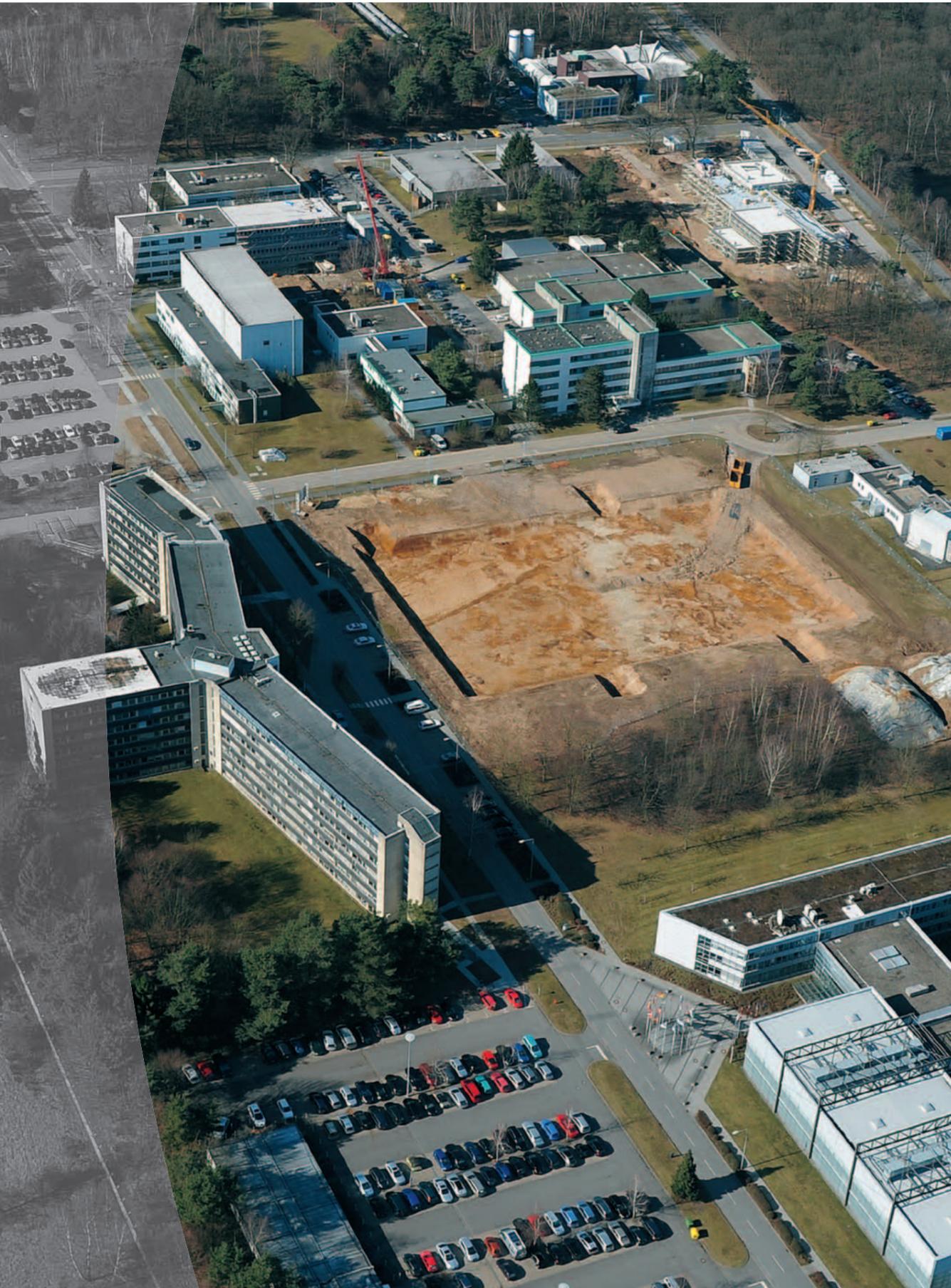
„2001: Odyssee im Weltraum“ (1968), in dem Zentralcomputer HAL ein Eigenleben entwickelt und unberechenbar wird,

„Lautlos im Weltraum“ (1972), in dem Astronaut Freeman Lowell mit einem Raumschiff als Arche Noah Pflanzen und Tiere transportiert – begleitet von zwei Robotern,

„Outland – Planet der Verdammten“ (1981), in dem ein Marschall Todesfällen auf einer Bergbaustation auf dem Jupitermond Io nachgeht,

„Blade Runner“ (1982), in dem Menschen und Replikanten im Los Angeles der Zukunft gegeneinander kämpfen.

Wer „Moon“ und Mond vergleichen möchte, kann das mit dem großformatigen Sachbuch „Der Mond – Entstehung, Erforschung, Raumfahrt“ der DLR-Planetenforscher Ralf Jauman und Ulrich Köhler tun.



Bausteine für morgen

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

Alle zwei Jahre veranstaltet das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt an seinem Hauptsitz in Köln den „Tag der Luft- und Raumfahrt“, um der breiten Öffentlichkeit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus dem DLR vorzustellen. Unsere Arbeit wird ganz wesentlich von öffentlichen Mitteln finanziert. Deren sinnvolle Verwendung demonstrieren wir nicht nur den unmittelbaren politischen Entscheidungsträgern, sondern auch einer breiten Öffentlichkeit. Ein weiterer Aspekt ist es, dem Nachwuchs zu vermitteln, wie faszinierend Wissenschaft und Technik sind, denn als hoch entwickeltes Industrieland muss Deutschland auf die junge Generation besonders setzen.

Bei aller Begeisterung für das DLR und seine erfolgreiche Arbeit ist es auch nötig, in die Zukunft zu schauen und dem Begriff „Wissen für Morgen“, den wir in der Strategiediskussion 2009 neben „EIN DLR“ als ein Schlüsselwort unseres Selbstverständnisses gefunden haben, nicht nur für unsere Forschungs- und Administrationsaufgaben, sondern auch übergeordnet für das DLR und seine Zukunft besonderen Wert beizumessen. Auch wenn wir heute erfolgreich sind und auf ein erhebliches Wachstum in den letzten Jahren zurückblicken können, so muss der Blick nach vorn verschiedene mögliche Szenarien berücksichtigen. Das DLR ist aufgefordert, Maßnahmen zu ergreifen, damit die Wahrscheinlichkeit einer weiterhin sehr erfolgreichen Arbeit hoch ist. Dies betrifft zentrale Aspekte der Nachwuchssicherung und des Personalmarketings genauso wie das permanente Optimieren der internen Prozesse und die Präsenz in der Öffentlichkeit sowie in Fachkreisen.

Die Sicherung der wissenschaftlichen Exzellenz im Forschungsbereich erfordert zudem ausreichende Finanzierung. Visionäre Projekte und die Umsetzung der Ergebnisse in Produkte als zwei hinsichtlich der Marktnähe sehr unterschiedliche Aktivitäten sind wichtige Bausteine für die inhaltliche Sicherung. Strategische und institutionelle Partnerschaften können helfen, das vorhandene und erfolgreiche Forschungsprofil zu nutzen, um über die eigenen fachlichen, strukturellen und nationalstaatlichen Grenzen hinaus aus Erkenntnissen und Forschungsergebnissen unmittelbaren Nutzen für Gesellschaft und Wirtschaft zu schaffen.

Diese zunächst für die Forschung im DLR formulierten Aspekte sind mit leichten Modifikationen auf die Bereiche Raumfahrtmanagement und Projektträger übertragbar. Auch hier gilt: Die Zukunft kommt von allein, wir können, sollten und wollen unsere Rolle allerdings aktiv mitgestalten. Ein Teil dieses Selbstverständnisses ist auch am Tag der Luft- und Raumfahrt in Köln erlebbar, wenn wir unser Tätigkeitsprofil von der Grundlagenforschung bis zur produktnahen Entwicklung und Beispiele enger Kooperation mit externen Partnern vorstellen.

Ich freue mich, wenn Sie die Gelegenheit nutzen, sich über uns und unsere Aktivitäten zu informieren, ob direkt am Tag der Luft und Raumfahrt, auf unseren neu gestalteten Internet-Seiten oder in diesem Magazin. ●

Dort, wo sich heute noch eine Baustelle befindet, wird schon in einigen Monaten Forschung für den Menschen betrieben: In der medizinischen Forschungsanlage :envihab des DLR in Köln (hier ein Blick entlang des Hauptwegs in Richtung DLR-Eingang West) wird die Wirkung verschiedenster Umweltbedingungen auf den Menschen untersucht werden. Ziel ist es, Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen zu erhalten. Mit :envihab (environment – englisch für Umwelt, Habitat – lateinisch für Wohnstätte, Lebensraum) bekommt die medizinische Habitat-Forschung ein modernes Domizil. Es beherbergt eine Humanzentrifuge und Bereiche, für die der Sauerstoffgehalt der Luft und der Luftdruck wie in Höhenlagen bis zu 5.500 Meter simuliert werden können. Mit Unterstützung des Landes Nordrhein-Westfalen entsteht hier ein hochmoderner, modular aufgebaute Komplex mit integriertem Hörsaal und einer Ausstellungsfläche, der für Besuchergruppen öffentlich zugänglich ist.

<http://s.dlr.de/0lg6>



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

www.DLR.de/blogs/janwoerner



Voller Energie in die Zukunft

Das DLR hat seine langjährige Erfahrung auf Wegen zur Sonnenenergienutzung gebündelt und ein Institut für Solarforschung gegründet. Mit der Übernahme des Solarturms in Jülich durch das DLR können die Forscher in Zukunft ein hochmodernes Pilotkraftwerk nutzen. Dort arbeiten sie an neuen Komponenten und an Herstellungsverfahren für Treibstoffe, die mit Sonnenenergie erzeugt werden. Mit den beiden Institutsleitern Prof. Robert Pitz-Paal und Prof. Bernhard Hoffschmidt geht die Solarforschung voller Energie in die Zukunft. Im Interview blicken sie auf einem sehr erfolgreichen Weg auch auf Hindernisse und Herausforderungen zurück.

Das DLR gründet das Institut für Solarforschung und übernimmt den Solarturm in Jülich

Von Dorothee Bürkle

Das Forschungsgebiet Solarenergie erwartet man nicht unbedingt beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Dazu gibt es doch sicherlich eine Geschichte?

Pitz-Paal: In der Tat: Eingestiegen ist das DLR in das Thema Solarforschung mit dem Aufbau der Versuchsanlage Plataforma Solar de Almería in Spanien, das war 1978. Die deutsche Politik wollte damals in einem Projekt der Internationalen Energieagentur (IEA) die Machbarkeit von Solarkraftwerken prüfen lassen und hat eine Einrichtung gesucht, die ein so großes Projekt koordinieren kann. Das DLR, erfahren im Managen großer internationaler Raumfahrtprojekte bot sich hierzu an und übernahm die Aufgabe. Dabei hat man festgestellt, dass es auch im DLR Forschungsaktivitäten gibt, die in dieses Projekt gut passen. So haben wir nicht nur das Management übernommen, sondern auch unsere Energieforschung inhaltlich auf dieses Thema ausgerichtet. Die wesentlichen Aktivitäten auf diesem Gebiet hat das DLR im Jahr 2003 in der Abteilung Solarforschung im Institut für Technische Thermodynamik zusammengeführt. 2011, wird aus dieser Abteilung nun ein eigenes Institut.

Was sind die Schwerpunkte in der Solarforschung im DLR heute?

Pitz-Paal: Wir sind die größte Forschungseinrichtung in Deutschland, die auf dem Gebiet der konzentrierenden solarthermischen Systeme forscht. Da haben wir eine sehr weitgehende Systemkompetenz. Diese reicht von Labor- und Grundlagenarbeiten bis hin zu sehr großen Tests ganzer Systeme. Durch die Versuchsanlage Plataforma Solar de Almería haben wir den Zugang zu einer großen Infrastruktur. Wir haben diese genutzt, um Technologien zu entwickeln, die mit konzentriertem Sonnenlicht Strom, Wärme und Brennstoffe erzeugen.

Herr Hoffschmidt, Sie waren Leiter des Solar-Instituts an der Fachhochschule Aachen am Standort Jülich und werden nun gemeinsam mit Herrn Pitz-Paal das Institut für Solarforschung leiten. Was bringen Sie mit ins DLR?

Hoffschmidt: Bis zum Jahr 2003 war ich im DLR und habe viele Dinge gemeinsam mit Robert Pitz-Paal entwickelt. Die konzentrierenden solarthermischen Systeme habe ich also eher an die FH Jülich mitgenommen und im Zuge einer Neuausrichtung des Solar-Instituts dort mit der Forschung auf diesem Gebiet begonnen. Viele Projekte habe ich in dieser Zeit in Kooperation mit dem DLR vorangetrieben. An der Hochschule hatte ich bessere Möglichkeiten, neue Projektideen in einem kleinen Rahmen und damit kostengünstig zu starten. Einige dieser Projekte bringe ich nun wieder zurück ins DLR. Dazu gehört unter anderem der Solarturm, aber auch Forschungsarbeiten über Absorber- und Speichersysteme.



Doppelspitze: Mit viel Energie und neuen Ideen blicken die Leiter des neu gegründeten DLR-Instituts für Solarforschung, Prof. Bernhard Hoffschmidt (links) und Prof. Robert Pitz-Paal, nach vorn

Solarturm in Jülich: Über 2.000 Spiegel reflektieren die Sonnenstrahlen auf die Spitze des 60 Meter hohen Turms. Dort wird es bis zu 700 Grad heiß. Diese Wärmeenergie wird zur Stromerzeugung genutzt. Die von der Firma Kraftanlagen München erbaute Anlage ist im Juni 2011 vom DLR als Versuchskraftwerk übernommen worden.



Blick aus dem Jülicher Solarturm: Die 2.153 Spiegel stehen auf einer circa acht Hektar umfassenden Fläche

Fossile Energieträger, allen voran Öl, waren in den Neunzigerjahren sehr günstig, Erneuerbare Energien standen nicht gerade im Fokus der Energiepolitik. Herr Pitz-Paal, was bedeutete das für die Solarforschung im DLR?

Pitz-Paal: Die ersten Pioniere, die zum Thema Erneuerbare Energien forschten, hatten durchaus einen schwierigen Stand – nicht nur im DLR. Sie mussten sich rechtfertigen, ob das eine sinnvolle Forschung ist, ob es jemals eine Möglichkeit geben würde, dass die Techniken in den Markt kommen. Welche wichtige Rolle Erneuerbare Energien bekommen können, ist sehr lange deutlich unterschätzt worden. Dem DLR muss man zugestehen, dass es an dieser Stelle einen langen Atem bewiesen hat. Nicht zuletzt dank einzelner Persönlichkeiten, die sich für die Solarforschung stark gemacht haben. Allen voran Gerd Eisenbeiß und Hans Müller-Steinhagen, der das Institut für Technische Thermodynamik, in dem die Solarforschung bislang angesiedelt war, bis 2010 geleitet hat. So konnten diese Themen trotz zeitweiligen Gegenwinds aus der Politik weiter auf der Agenda bleiben. Der Erfolg gibt uns heute recht. Gerade aktuell liegt der Fokus sehr stark auf den Themen Erneuerbare Energie und rationelle Energieverwendung. Damit hat das DLR richtig entschieden, hier die Kompetenzen zu behalten und weiter auszubauen.

Was hat Sie damals dazu motiviert, Ihrem Thema treu zu bleiben?

Pitz-Paal: Ich arbeite seit meinem Diplom 1988 an dem Thema Solarenergie und war immer überzeugt, dass es eine Zukunft haben wird. Und ich habe auch in Zeiten, in denen es sehr schwierig war, nie daran gezweifelt, dass man diese Chance bis zur letzten Sekunde ausnutzen muss. Auch im DLR stand die Forschung an solarthermischen Kraftwerken einmal sehr deutlich auf der Kippe. Als ich 2003 zum Abteilungsleiter der Solarforschung berufen wurde, gab es einen kritischen Meilenstein: Die Forschungsförderung wurde zwar noch einmal für weitere fünf Jahre bewilligt. Sie sollte aber auslaufen, wenn in diesem Zeitraum kein kommerzielles Kraftwerk gebaut werden würde. Das war 2003. Bis 2008 waren dann gleich mehrere kommerzielle Solarkraftwerke im Bau und die industrielle Nachfrage nach der Technologie war stark angestiegen. Natürlich freue ich mich, dass dieses Thema jetzt so erfolgreich ist.

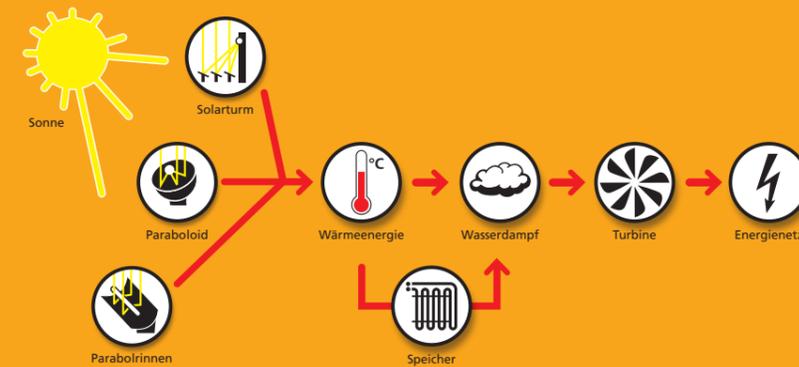
Man muss aber auch deutlich sagen, es gibt noch viele Herausforderungen. Wir müssen uns sehr anstrengen, um die aktuellen Aufgaben zu stemmen. Anders als in der Vergangenheit ist der zeitliche Druck, mit Erneuerbaren Energien große Teile der Energieversorgung sicherzustellen, wesentlich gestiegen. Klimawandel und der Ausstieg aus der Kernenergie geben ja hier momentan einen ganz neuen Takt vor.

Herr Hoffschmidt, Sie haben den Bau des Solarturmkraftwerks in Jülich initiiert. Wie ist Ihre Idee damals aufgenommen worden?

Hoffschmidt: Wir brauchten eine Pilotanlage, eigentlich egal wo, um zu zeigen, dass diese Technik prinzipiell funktioniert. Natürlich waren die Reaktionen auf diesen Vorschlag sehr durchwachsen. Einige fragten ernsthaft: Spinnt der? Ausgerechnet im verregneten Jülich einen Solarturm? Aber der Turm war wichtig, denn davor waren nur Komponenten getestet worden, kein einziges Gesamtsystem. Doch genau das ist nötig, wenn Banken eine solche Anlage finanzieren sollen, dann müssen sie sehen, dass das ganze System funktioniert. Nur so schafft man es mit einer neuen Technologie in den Markt hinein. Wir hätten den Turm auch an einem anderen Standort bauen können. Aber für Jülich sprach eindeutig die Effizienz, mit der wir hier arbeiten können. Effizient ist man nicht unbedingt an einem starken Solarstandort, einfach weil dort mehr Sonne scheint. Hier in Jülich konzentrieren sich viele Kompetenzen, hier kann man sehr schnell entwickeln und Innovationszyklen schnell umsetzen.

Wie werden Sie den Turm in Zukunft nutzen?

Hoffschmidt: Wir fahren hier zweigleisig: Zum einen machen wir Grundlagenforschung bis zu einer Größenordnung, die bisher nicht möglich war, die aber notwendig ist, um zu Produkten zu kommen. Dabei geht es vor allem um solar erzeugte Treibstoffe, da ist noch ein ordentlicher Weg zu beschreiten, aber da haben wir jetzt das Werkzeug in der Hand, um die Idee deutlich weiter zu tragen als in der Vergangenheit. Außerdem geht es nun darum, einzelne Komponenten der Turmkraftwerke zu verbessern und neue Systeme, in denen zum Beispiel Salz anstelle von teurem Thermoöl als Trägermedium für die Wärmeenergie verwendet wird, zur Marktreife zu entwickeln. Wenn



Strom aus gebündelten Sonnenstrahlen

Konzentrierende solarthermische Kraftwerke bündeln das Licht der Sonne mit Hilfe von Spiegeln auf einen Punkt beziehungsweise auf eine Linie. Von da an wird Strom so wie in einem konventionellen Kraftwerk erzeugt: Mit der Hitze, sprich Wärmeenergie, wird Wasserdampf erzeugt, der eine Turbine antreibt, die wiederum über einen Generator Strom erzeugt. Im Gegensatz zu anderen regenerativen Energien haben Solarkraftwerke einen wichtigen Vorteil: Die Energie lässt sich in Form von Wärme speichern. Bei bewölktem Himmel oder in den Abendstunden kann das Kraftwerk mit Hilfe der gespeicherten Wärmeenergie weiter Strom erzeugen. Seit einigen Jahren nehmen immer mehr kommerzielle Solarkraftwerke ihren Betrieb auf. Das spanische Kraftwerk Andasol hat eine Leistung von 150 Megawatt und kann, wenn es 2012 vollständig ans Netz geht, 600.000 Haushalte in Spanien mit Strom versorgen.



Wenn das Grün zu hoch wächst, „mähen“ es die Schafe, zuweilen kommt auch der Traktor

wir das geschafft haben, dann konzentrieren wir uns wieder auf die Verbesserung von einzelnen Komponenten. Somit schließen wir in Jülich den Innovationskreis, von der Grundlagenforschung bis hin zur Pilotanlage. Daraus bekommen wir dann neue Fragestellungen, die beginnen wieder bei den Grundlagen.

Die ersten Turmkraftwerke sind im Betrieb, wozu dann noch Forschung?

Pitz-Paal: Was das Thema Stromerzeugung angeht, gibt es keine Grundlagenprobleme mehr zu lösen. Es geht jetzt darum, eine Technologie, die funktioniert, kostengünstiger zu machen. Leichte Modifikationen macht die Industrie auch alleine, als Forschungsinstitut können wir Technologiesprünge wagen und wiederum zur Marktreife bringen.

Hoffschmidt: Man kann das vielleicht so sagen: Wenn man in Köln-Deutz am Bahnhof aussteigt, steht man vor dem ersten Ottomotor. An so einem Punkt sind wir jetzt – dass das Prinzip funktioniert, haben wir jetzt gezeigt, aber um zum Ferrari-Motor zu kommen, müssen noch viele Entwicklungsstufen durchlaufen werden.

Bei einem Energieverbund zwischen Europa, Nordafrika und dem Mittleren Osten, wie er in der Desertec-Vision beschrieben ist, spielen solarthermische Kraftwerke, an denen Sie im DLR forschen, eine zentrale Rolle – was sind die Vorteile der konzentrierenden Solarkraft?

Pitz-Paal: Diese Technik bietet sich vor allem in Wüstengebieten an, denn dort ist der Anteil der Direktstrahlung besonders hoch. Die Anlagen haben den Vorteil, dass sie die Energie in Form von Wärme speichern und so nach Bedarf Strom erzeugen können. Damit gleichen sie zum Beispiel andere fluktuierende Erneuerbare Energien aus. Produktionstechnisch gesehen ist das eigentlich eine relativ einfache Technik, das heißt, der Wertschöpfungsanteil kann auch in den nordafrikanischen Ländern sehr hoch sein. Das bedeutet wiederum, dass das Interesse an der Technik in diesen Ländern besonders hoch ist. Das bedeutet auch die große Chance, in der Kooperation von nationaler Industrie und der Industrie in den nordafrikanischen Ländern eine Win-Win-Situation herzustellen, die die Technolo-

gie weiterbringt und kostengünstiger macht. Es besteht die Aussicht, dass ein Umdenken in der Energiepolitik jener Länder einsetzt, die bisher sehr stark auf fossile Energie ausgerichtet und angewiesen sind. Dies kann ein Weg sein, die ökonomische und industrielle Entwicklung dieser Länder voranzutreiben und am Ende einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

Wie geht es mit der Solarforschung im DLR weiter? Wo möchten Sie in zehn Jahren sein?

Pitz-Paal: Wir haben uns inhaltlich neu ausgerichtet, auf die Themen, die wir für die Zukunft als wichtig erachten. Dazu gehören die für die Stromerzeugung notwendigen Techniken: Parabolrinnenkraftwerke und Turmkraftwerke. Wir wollen uns weiter stärken, was die Qualifizierung der Systeme angeht; es gibt hier bisher wenige Standards und wenige Qualitätsmessverfahren. An dieser Stelle ist das DLR führend. Und dann kommt das Thema Solare Brennstoffe, ich hoffe, dass wir in zehn Jahren so weit sind, dass die Industrie dieses Thema verstärkt aufgreifen wird.

Hoffschmidt: Wir werden uns, wenn die Systeme auf dem Markt sind, auf die Weiterentwicklung der Komponenten konzentrieren. Dann geht es für uns darum, große Komponenten zu testen, im Grunde etwas Ähnliches, wie es Forschungsinstitute im Bereich der Kraftwerkstechnik machen. Dort werden ja auch keine Testkraftwerke gebaut, aber einzelne Komponenten getestet und verbessert. Das wird etwas sein, das sehr sehr lange anhalten wird. Wir haben eine Reihe von Systemen, die sich relativ stark unterscheiden, die jetzt in den Markt gehen. Vielleicht gibt es eine Ausdünnung, vielleicht aber auch nicht. Wir werden diese Systeme und die einzelnen Komponenten weiter verbessern, dazu gehören neue Absorber, neue Receiver und neue Spiegelsysteme. Vielleicht können Spiegel in der Zukunft ja ganz anders aussehen. Da gibt es noch ein sehr großes Betätigungsfeld. ●

Weitere Informationen:
www.DLR.de/SF

Fahrzeugcrash auf zwei Schlitten

Ein Auto besteht im Durchschnitt aus 12.000 Einzelteilen. Die Türen, das Dach, die Seitenteile oder der Vorderwagen zählen dabei zu den tragenden Komponenten. Insbesondere diese Elemente interessieren Michael Kriescher. Kriescher ist Maschinenbau-Ingenieur beim DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart. Unter seiner Federführung ist in den vergangenen eineinhalb Jahren eine neuartige Anlage konzipiert und aufgebaut worden, die verschiedenste Komponenten und Baugruppen eines Fahrzeugs dynamisch prüfen, also crashen kann.

Im DLR in Stuttgart lassen sich auf einer neuen Anlage auch große Karosseriestrukturen prüfen

Von Elisabeth Mittelbach

Crashversuche sind unabdingbar, um Berechnungen wie auch deren Methoden selbst zu überprüfen und zu optimieren. Ende Juni dieses Jahres wurde eine neue Anlage dafür eingeweiht.

Herzstück der dynamischen Komponenten-Prüfanlage beim DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart sind zwei modular aufgebaute, jeweils zwei Meter lange und 1,3 Meter hohe Crasheschlitten. Diese stehen auf einer elfeinhalb Meter langen Schienenbahn. „Um möglichst viele unterschiedliche Konfigurationen testen zu können, haben wir uns für eine Anlage mit zwei Schlitten entschieden“, erklärt Michael Kriescher. Somit kann sich der getroffene Schlitten beim Aufprall nach hinten bewegen. „Bei einem Versuch beschleunigen wir den ersten Schlitten, der dann mit einem zweiten Schlitten zusammenprallt. Angetrieben wird der erste Schlitten mit einem pressluftbetriebenen Zylinder, wobei eine hydraulische Bremse die Beschleunigung regelt.“ Das bedeutet, dass sich Beschleunigungsverlauf und Aufprallgeschwindigkeit des ersten Schlittens genau festlegen lassen. Bei einer Gesamtmasse von 1.300 Kilogramm kann der Schlitten so maximal 64 Stundenkilometer schnell werden. „Damit können wir große Karosseriestrukturen für leichte bis mittelschwere Fahrzeugkonzepte unter sehr realitätsnahen Bedingungen testen“, verdeutlicht DLR-Wissenschaftler Kriescher.

Der zweite Schlitten kann entweder am hinteren Ende der Bahn fest stehen – zum Beispiel, um einen Frontalaufprall gegen ein stehendes Hindernis zu simulieren – oder sich frei beweglich in Längsrichtung auf der Schiene befinden; so zum Beispiel bei einem Seitencrash, bei dem das stehende Fahrzeug von einem Stoßkörper, dem Impaktor, getroffen wird. Jeder der beiden Schlitten ist mit einem crashfesten Datenerfassungssystem ausgestattet, das die Daten aus den Versuchen misst und aufzeichnet. „Je nach Ausstattung können dies Beschleunigungen, Dehnungen, Kräfte und Verformungen sein“, erläutert Michael Kriescher. Für Hochgeschwindigkeitsvideoaufnahmen kann eine 19 Kilowatt starke Lichtanlage mit acht Scheinwerfern genutzt werden.

Hintergrund für den Bau der Anlage ist, dass das Auto von morgen bei gleichbleibender Sicherheit vor allem leichter werden soll. Dabei müssen Leichtbaukonzepte entwickelt werden, oft unter Verwendung von Materialkombinationen, für die es noch keine validierten Berechnungsmethoden gibt. Dazu gehören Bauteile oder -gruppen aus Faserverbundwerkstoffen ebenso wie neuartige Energie-Absorptionskonzepte. „Mit der dynamischen Prüfanlage möchten wir untersuchen, wie Geometrie, Fügetechnik und Materialeigenschaften zusammenspielen und welche Folgen das auf die Auslegungsmethodik hat“, fasst Ingenieur Kriescher zusammen. „Wir sind jetzt in der Lage, ganzheitliche, große Strukturen entsprechend der automobilen Spezifikationen zu testen. Das DLR kann somit der Industrie die gesamte Entwicklungskette, vom Konzept bis zum Crashversuch, anbieten.“ ●



Maschinenbau-Ingenieur Michael Kriescher hat die dynamische Prüfanlage federführend konzipiert

Weitere Informationen:
<http://s.DLR.de/18b5>



Julia Mollenhauer (links) und Marie-Louise Hertfelder kontrollieren den Einsatz eines Spants in den zweiten Schlitten der Prüfanlage

Wie im Himmel, so auf Erden

„Globaler Wandel“. Ein mächtiges Wort, aber wenig konkret. Im Jahr 2008 schlossen sich deshalb sechs Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren in der Initiative TERENO zusammen, um von ausgewählten Regionen Deutschlands Daten über die Klimaveränderung und ihre Folgen zu sammeln und auszuwerten. Jedes der beteiligten Forschungszentren bringt dabei sein Spezialwissen in das interdisziplinäre Projekt ein. Das DLR geht zum einen von Oberpfaffenhofen aus zu Messflügen in die Luft, zum anderen vergräbt es nördlich von Neustrelitz große mit Erde gefüllte Zylinder, sogenannte Lysimeter. Was die einen in der Luft messen, beobachten die anderen am Boden – beide Male geht es darum, der Bodenfeuchte auf die Spur zu kommen und somit den Wasserhaushalt besser zu verstehen.

Gebündeltes Wissen für das Klima – in der Initiative TERENO forschen sechs Helmholtz-Zentren gemeinsam

Von Manuela Braun

Die Initiative TERENO

Bei TERENO (TERrestrial ENvironmental Observatories) arbeiten das Forschungszentrum Jülich, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das Karlsruher Institut für Technologie, das Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ und das Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum zusammen. Das deutschlandweite TERENO-Netzwerk zur Umweltbeobachtung wurde 2008 gegründet und wird mit rund zwölf Millionen Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

Die Rur, die sich durch den Nationalpark Eifel schlängelt. Das Flusssystem der Ammer im bayerischen Alpenvorland. Der Nationalpark Harz mit seinen Wäldern und Flüssen. Ralf Horn hat das alles aus etwa 2.800 Meter Höhe gesehen. Dabei hatte er allerdings nicht die schöne Landschaft mit ihren abwechslungsreichen Strukturen im Blick, sondern vielmehr die Instrumente an Bord der Dornier 228. Der Wissenschaftler vom Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme tippt auf die flache, bräunliche Platte an der Außenseite des Flugzeugs. Von außen ist für den Laien nicht zu erkennen, dass dies eine Radarantenne ist, die während des Fluges kontinuierlich Signale zum Boden sendet und die zurückgestrahlten Impulse empfängt. Im Flieger selbst sieht es hingegen deutlich nach Wissenschaft aus: Messinstrumente, Festplatten, ein Bildschirm – wenn das sechsköpfige Team von Flugmannschaft und Wissenschaftlern zum Flug startet, ist Platz Mangelware in der Do 228. Viereinhalb Stunden dauerte der Nonstop-Flug mit dem DLR-Forschungsflugzeug von Oberpfaffenhofen über das Bode-Flussgebiet im Harz; als es zur Rur ging, musste noch in Mönchengladbach zum Tanken zwischengelandet werden. Jeden dieser Flüge hat Ralf Horn exakt geplant: Flugstrecke, Flughöhe, Messbeginn, Messende. Das Ziel der Wissenschaftler: Für die TERENO-Initiative der Helmholtz-Gemeinschaft soll in mehreren Regionen die Bodenfeuchte mit Radarstrahlen gemessen werden.

Wer weiß, wie viel Wasser im Boden gebunden ist und wie hoch die Niederschlagsmengen waren, kann zum Beispiel auf die Verdunstungsmenge schließen. In Klimamodellen können die Wissenschaftler wiederum mit diesen Zahlen Faktoren wie die Wolkenbildung und die Regenwahrscheinlichkeit berechnen. „Wir stehen aber noch ganz am Anfang des Projekts“, betont Ralf Horn. Was man jedoch jetzt schon sicher weiß: „Der Radarrückstreuwert wird durch den Feuchtegehalt im Boden beeinflusst – wir müssen jetzt herausfinden, wie man von den Werten der Radarmessungen auf die genaue Bodenfeuchte schließen kann.“

Zur Messung der Bodenfeuchte wurden nordöstlich von Berlin sechs mit Erde gefüllte und Sensoren gespickte Zylinder in die Erde gesenkt. Sie liefern Referenzwerte für Feuchtemessungen mit Radar von fliegenden Plattformen aus.



Querschnitt durch Deutschland

Insgesamt vier Gebiete in Deutschland wurden für die TERENO-Initiative als „TERrestrial ENVIRONMENTAL Observatories“ – als Untersuchungsobjekte am Boden – ausgewählt. Sie bieten einen guten Querschnitt durch die deutschen Landschaftstypen. In der Region „Eifel-Niederrheinische Bucht“ finden sich zum einen viele landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Gebiete, die durch den Tagebergbau beeinträchtigt sind, aber mit dem Einzugsgebiet der Rur und dem Nationalpark Eifel auch dünn besiedelte Flächen, die dem deutschen Mittelgebirgsraum zugeordnet werden. Mit dem Großraum Leipzig-Halle untersuchen die Forscher ein Gebiet mit Gebirgswäldern, Auenwäldern, großräumigen Agrarflächen, aber auch industriellen Gebieten. Zum Observatorium „Alpen- und Alpenvorlandregion“ gehört unter anderem das Einzugsgebiet der Ammer. Diese Region in Süddeutschland weist große Höhenunterschiede und somit unterschiedliche Klimazonen auf. Das vierte Gebiet in der TERENO-Initiative, das Nordostdeutsche Tiefland, ist eiszeitlich geprägt und umfasst unter anderem den Müritz-Nationalpark, das Biosphärenreservat Schorfheide-Chorin und das Einzugsgebiet der Ucker. Vier unterschiedliche Regionen, in denen die Klimaentwicklung ganz unterschiedliche Auswirkungen hat.

Bereits im Frühjahr 2008 ging die Do 228 für TERENO in die Luft, um bei einem Testflug die Bodenfeuchte zu ermitteln. Mit den Flügen in diesem Jahr beginnen nun die ersten systematischen Messungen, bei denen das F-SAR-Radarsystem im L-Band mit 23 Zentimeter Wellenlänge zum Einsatz kommt. Dabei werden die Radarstrahlen nicht direkt von der Erdoberfläche reflektiert, sondern dringen sogar einige Zentimeter in die oberste Bodenschicht ein. In seinem Büro blickt Ralf Horn auf seinen Computerbildschirm. Auf der Radaraufnahme, die die Wissenschaftler aus den frisch gewonnenen Daten berechnet haben, sind Straßen, Flussbiegungen und Ackerflächen gut zu erkennen. Dabei stört keine Wolke den Blick des Radars mit synthetischer Apertur (SAR) auf die Erdoberfläche – die Mikrowellenpulse des Radars arbeiten unabhängig von Bewölkung und Lichtverhältnissen. Wie ein Flickenteppich mit Farben in verschiedenen Abstufungen hat das Radar die Umgebung von Jülich aufgezeichnet. Der Finger von Ralf Horn wandert von dunklem zu hellem Violett und landet im Grünlichen. „Wir sehen das Gelände in unterschiedlichen Farbfacetten, weil die Radarstrahlung unterschiedlich intensiv vom Boden reflektiert wird“, erklärt er.

Aus Farben sollen Werte werden

Die aufwendigste Arbeit steht den Wissenschaftlern des DLR noch bevor: Die große Datenmenge, die Horn und sein Team bei den Flügen gesammelt hat, muss nicht nur verarbeitet, sondern auch akribisch ausgewertet werden. Aus den unterschiedlichen Farben auf den Radaraufnahmen sollen konkrete Angaben zur Bodenfeuchte werden. „Die Fernerkundung ist ein neuer Ansatz, um größere Flächen zu erforschen“, sagt Prof. Irena Hajsek, die in einer Arbeitsgruppe die Auswertung der Daten durchführt. „Am Boden können nur Punktmessungen durchgeführt werden, mit dem Radar aus der Luft kann man die Flächen der Observatorien besser abdecken.“ Mit den Erfahrungen aus den Radarsatellitenmissionen TerraSAR-X und TanDEM-X bringt das Team des DLR bereits wertvolle Vorkenntnisse mit. Einfach ist die Analyse der neu gewonnenen Daten dennoch nicht: Radarstrahlen reagieren sehr empfindlich auf Rauigkeit – gleichmäßige Strukturen wie beispielsweise gepflügte Felder beeinflussen die Reflektion der Impulse und müssen mit Bedacht ausgewertet werden. Auch unterschiedliche Vegetationsformen wirken sich auf das Radarsignal aus. Eine Herausforderung für das Team um Irena Hajsek, das einen Auswerte-Algorithmus entwickeln will, mit dem automatisch die Bodenfeuchte aus den Rohdaten berechnet werden kann.

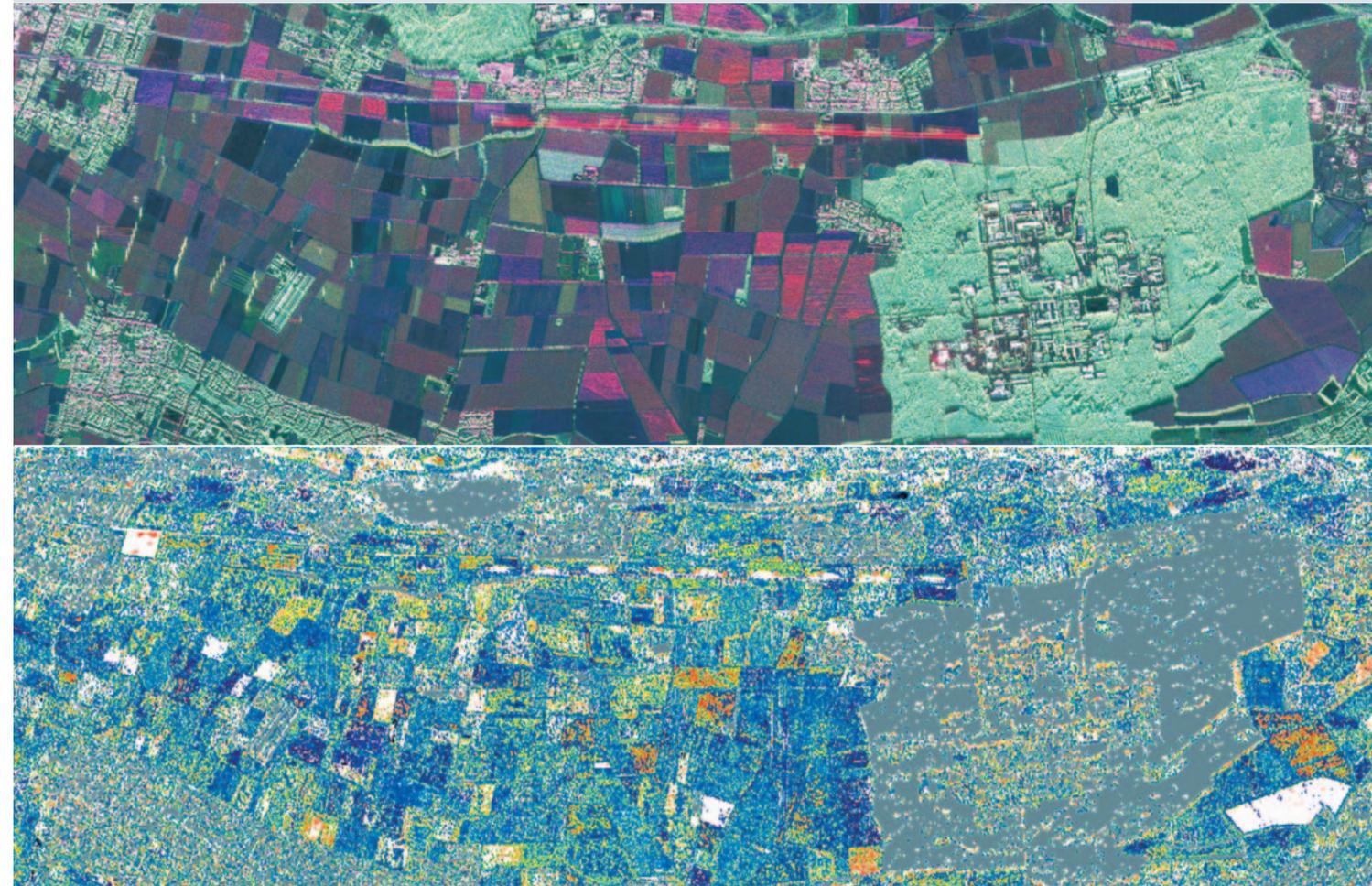
Bodenmonolithe auf der Waage

An diesem Punkt kommt Dr. Erik Borg vom Earth Observation Center (EOC) am DLR-Standort Neustrelitz ins Spiel: Seine mit Erde gefüllten Zylinder am Boden liefern die Vergleichsdaten für die Kollegen aus der Luft. „Um herauszufinden, wie viel Wasser im Boden bleibt und wie viel über die Pflanzen und den Boden wieder verdunstet, müsste man ein Stück Landschaft heraus schneiden und wiegen.“ Das macht Erik Borg mit seinem Team in einem Teil des Observatoriums „Nordostdeutsches Tiefland“. 50 mal 50 Kilometer groß ist das Testfeld DEMMIN (Durable Environmental Multidisciplinary Monitoring Information Network), eine Agrarregion rund 150 Kilometer nordöstlich von Berlin. Sechs Zylinder, sogenannte Lysimeter, sind dort für TERENO installiert worden – „Große Töpfe mit einem Meter Durchmesser, mit Boden befüllt, mit Vegetation bewachsen, 3,6 Tonnen schwer“, beschreibt sie Erik Borg. Der gesamte Bodenmonolith ist dann tatsächlich auf einer Waage installiert: Diese misst mit einer Genauigkeit von plus/minus 100 Gramm, wie viel Wasser der Bodenkörper enthält. Sensoren im Inneren dieses Behälters messen gleichzeitig, welchen Weg das Wasser durch den Zylinder nimmt und welche Bestandteile im Wasser enthalten sind.

Insgesamt hat die TERENO-Initiative seit Ende September 2010 in ihren vier Observatorien 126 dieser Lysimeter eingerichtet. Durch den identischen Aufbau und die identische Ausrüstung der Lysimeterstationen ist auch ein direkter Vergleich unterschiedlicher Böden unter unterschiedlichen Klimabedingungen möglich. „Unsere Lysimeter liefern automatisch und kontinuierlich Werte wie Verdunstung oder Niederschlag“, erklärt Erik Borg. Mit den sechs Lysimetern vor Ort erhalten die Wissenschaftler stabile statistische Werte über die regionalen Klimaverhältnisse. Wenn das Team von Ralf Horn aus Oberpfaffenhofen bei seinem nächsten Flugeinsatz dann über DEMMIN messen wird, ermittelt Erik Borg dieselben Werte am Boden. „Wir liefern die In-Situ Werte, die es dann ermöglichen, die Genauigkeit der Bodenfeuchte – gemessen aus den Radardaten – zu bestimmen.“ Für Irena Hajsek sind diese Daten Referenzwerte für ihre Auswertung der Radaraufnahmen.

Klimawandel langfristig erforschen

Mindestens 15 Jahre will die TERENO-Initiative der deutschen Großforschungseinrichtungen den Klimawandel und seine Folgen in Deutschland beobachten. „Wir brauchen diese langfristige Perspektive, um die Entwicklung des Klimas verfolgen zu können“, sagt Erik Borg. „Erst mit solchen Daten können wir wichtige Fragen beantworten: Wie wirkt sich der Klimawandel in den verschiedenen Regionen aus? Wie sollen die Regionen mit diesen Folgen umgehen? Und vor allem: Wie kann man mit Nachhaltigkeit gewährleisten, dass wir den nachfolgenden Generationen keinen Totalschaden hinterlassen?“ Und auch wenn das Projekt noch ganz am Anfang steht – Ideen für die nächsten Schritte gibt es bereits: „Zurzeit messen wir die Bodenfeuchte noch mit dem Radar aus dem Flugzeug, in Zukunft kann das auch mit einem Satelliten aus dem Weltall erfolgen“, sagt Irena Hajsek. „Zum Beispiel mit der Satellitenmission TanDEM-L, für die wir gerade gemeinsam mit dem Jet Propulsion Laboratory der NASA einen Vorschlag erarbeiten.“ Dann könnten die Wissenschaftler bei ihren Überflügen noch größere Flächen vermessen. ●



Satellitenbilder geben Auskunft über die Bodenfeuchte



Das DLR-Forschungsflugzeug Do 228 im Einsatz für die Klimaforschung: Es gewinnt Radar-Daten zur Bodenfeuchtebestimmung

Luftfahrtmeldungen

Handschuhe für die Tragflügel helfen, die Umströmung zu optimieren

Wie neuartige Flügel zu einem saubereren Flugverkehr beitragen können, erforschen DLR-Wissenschaftler im Rahmen des EU-Projekts Clean Sky (Sauberer Himmel). Dazu suchen sie nach Möglichkeiten, den Treibstoffverbrauch und damit den Schadstoffausstoß zu verringern.

Mit dem DLR-Forschungsflugzeug LFU 205 sammeln sie Daten über die Umströmung der Flugzeugflügel. Je gleichmäßiger diese Strömung verläuft, desto geringer ist der Widerstand. Die Frage ist, ob eine laminare, also gleichmäßige Strömung am Flügel eines Verkehrsflugzeugs auf Dauer gehalten werden kann. Dazu werden am Forschungsflugzeug A340 Teile der Außenflügel durch neuartige Laminarflügel ausgetauscht. Dank deren besonderer Oberfläche und Form umfließt die Luft dann den Flügel mit geringstem Widerstand eng anliegend und gleichmäßig.



Flugzeugflügel mit Folienüberzug

Die DLR-Forscher setzen bei den Versuchen auch die Infrarot-Thermografie als Messverfahren ein. Dabei wird über die Wärmestrahlung die Oberflächentemperatur auf dem Flügel gemessen. Da laminare Strömung eine andere Temperatur auf der Flügeloberfläche erzeugt als turbulente Strömung, kann so ermittelt werden, wann und wo die laminare in eine turbulente Strömung übergeht.

Vor den Versuchen mit dem A340 wollten die Wissenschaftler wissen, inwieweit die Sonneneinstrahlung die Messergebnisse beeinflusst. Beide Flügel wurden dazu mit einer speziellen Version eines sogenannten Laminarhandschuhs versehen. Dieser Flügel mit veränderter Geometrie und Oberfläche wird dem Originalflügel sozusagen übergestülpt. In diesem Fall sind auf ihm PVC-Folien mit unterschiedlicher Absorptionsfähigkeit für Sonnenstrahlung angebracht, was Rückschlüsse auf den Einfluss der Strahlung erlaubt.

<http://s.DLR.de/i899>

Effektiver lotsen in einem sektorlosen Luftraum?

Der wachsende Luftverkehr bedeutet auch für Fluglotsen ein höheres Arbeitsaufkommen. DLR-Wissenschaftler haben untersucht, was passieren würde, wenn Fluglotsen den deutschen Luftraum nicht wie heute üblich in kleinen Abschnitten, sogenannten Sektoren, sondern als Ganzes betrachteten. Diese Sektoren sind – je nach Verkehrsaufkommen – unterschiedlich groß.

Fliegt ein Flugzeug in einen Sektor ein, übernimmt der Lotse es vom Lotsen des zuvor beflogenen Sektors, führt es sicher durch „seinen“ Luftraum und übergibt es dann an den Lotsen des nächsten Sektors. Es ist allerdings abzusehen, dass die Anzahl der für jeden Sektor erforderlichen Funkfrequenzen irgendwann erschöpft ist. Und auch die Zahl der Übergaben lässt sich nicht beliebig steigern.

Das vom DLR in Zusammenarbeit mit der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH untersuchte Konzept klingt vielversprechend: Begleitet der Lotse ein Flugzeug von seinem Eintritt in den deutschen Luftraum durchgängig bis zu seinem Ausflug in ein anderes Land, kann mit der gleichen Anzahl Lotsen deutlich mehr Verkehr bewältigt werden. Auch der höhere Arbeitsaufwand durch die häufigen Übergaben entfällt. Das Konzept bietet ebenfalls einen sehr guten Rahmen, direktere Flugrouten und damit kürzere Flugzeiten zu erreichen. Und auch für die Piloten gäbe es einen Vorteil: Sie hätten den ganzen Flug über nur einen Ansprechpartner.



Lotsenarbeitsplatz ohne Grenzen im Versuch – noch ist die Einteilung des Luftraums in einzelne Sektoren üblich

Bei den Versuchen nahmen die Lotsen die neuen Arbeitsabläufe gut an. Sie gaben den Wissenschaftlern Rückmeldungen, Verbesserungsvorschläge wurden festgehalten. Das neue Konzept hat nicht nur Vorteile. Was passiert, wenn sich zwei Luftfahrzeuge ausweichen müssen, die nicht von demselben Lotsen betreut werden? Für solche Fälle wurden bereits Regeln erstellt, die eindeutig klären, wer wem auszuweichen hat. Die Wissenschaftler arbeiten nun weiter an Konzepten, die langfristig eine Umsetzung der Idee des „sektorlosen“ Luftraums ermöglichen.

<http://s.DLR.de/z7c1>



Form von Schleiereulen-Flügeln im Flug optisch vermessen

Der Flug von Vögeln birgt noch immer Rätsel: Speziell den Bewegungen beim Flügel-Schlag und der Strömung um den Flügel gehen deshalb das DLR, die RWTH Aachen und die Universität der Bundeswehr auf den Grund. Dazu ließen die Forscher eine Schleiereule in einem geschlossenen Raum an der RWTH Aachen fliegen und fotografierten dabei deren Flügel. Auf diese Weise wollen sie erfahren, wie ein Vogel im Flug seine Flügel verformt. Seit dem Projektstart 2008 gelang es, den Eulen-Flügel im Gleitflug zu vermessen, die jüngsten Messungen beschäftigen sich mit dem Schlagflug. Die Ergebnisse sind auch für die moderne Luftfahrt interessant, speziell für kleinere unbemannte Flugobjekte.

Um die Position der Eule im Raum sowie deren Flügel-Oberfläche bestimmen zu können, wird ein Muster auf den Ober- und Unterflügel der Eule projiziert und mit modernster Videotechnik registriert. Später am Computer werden dann verschiedene Bildpunkte zugeordnet. So lässt sich die Form der Flügel-Oberfläche ausrechnen. Das optische Messverfahren arbeitet mit einer Genauigkeit von 0,5 Millimetern. Acht Kameras sind im Einsatz, vier für Aufnahmen von oben und vier Aufnahmen von unten. Projektoren mit der Punktmuster-Projektion strahlen jeweils von oben und unten den Eulen-Flügel an.

Die Bahn, die die Eulen „Happy“ und „Tesla“ jeweils einzeln überfliegen, ist circa sieben Meter lang. Um ihnen einen Anreiz zum Flug zu bieten, wartet am Ende der Bahn Futter. Auf das artgerechte Halten der Tiere wurde geachtet. Die Forschungsarbeiten laufen im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Strömungsbeeinflussung in der Natur und Technik“ (SPP 1207) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

<http://s.DLR.de/2u7c>



Nach getaner Arbeit: Thomas Wolf mit Schleiereule Happy

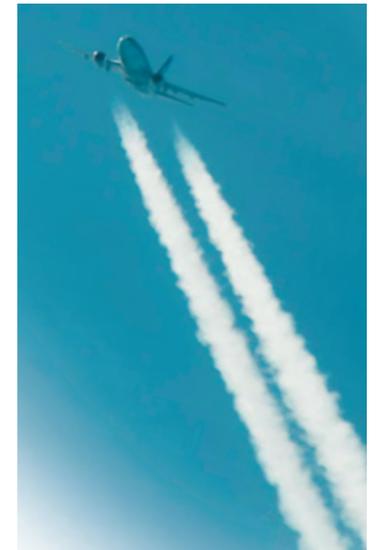
Wirbelschleppen im Reiseflug untersucht

Wirbelschleppen typischer Verkehrsflugzeuge sind von DLR-Wissenschaftlern vermessen worden. Dazu durchflog das DLR-Forschungsflugzeug Falcon 20E den Luftraum über Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg. 200-mal flog es in Wirbelschleppen hinter den Verkehrsflugzeugen in einem Bereich von fünf bis maximal 25 nautischen Meilen ein.

Für die Beurteilung der Luftverwirbelungen, die hinter Flugzeugen entstehen, ist es wichtig, Stärke und Intensität des Wirbels zu kennen, sowie das dazugehörige Verhalten eines in eine Wirbelschleppe einfliegenden Flugzeugs in der Luft zu erfassen. Aktuell ist besonders die Stärke der Wirbel nach ihrem Absinken von Interesse. Kennt man sie genauer, lässt sich der Einfluss einer absinkenden Wirbelschleppe bei einer engen Höhenstaffelung im Reiseflug auf darunter fliegende Flugzeuge schon im Vorfeld beurteilen. Und noch etwas könnte durch die neue im DLR entwickelte Messmethode erleichtert werden: Integriert in den Zulassungsprozess für ganz neue, besonders große Flugzeugtypen, könnte man genau sagen, wann und an welcher Stelle der Durchflug durch deren Wirbelschleppen unbedenklich wäre.

Lesen Sie zum DLR-Forschungsflugzeug Falcon auch den Beitrag auf Seite 56.

<http://s.DLR.de/k1c5>



DLR-Forscher flogen in Wirbelschleppen ein und vermaßen sie, um deren Wirkung auf nachfolgende Flugzeuge festzustellen



Test am Himmel

Während eine McDonnell Douglas F-4F Phantom II oder ein Eurofighter am Himmel über Süddeutschland Versuche fliegen, sitzt die Auftraggeberin am Boden: Hochkonzentriert schaut Ina Niewind auf Bildschirme und Testkarten, spricht mit den Piloten, checkt Höhe und Geschwindigkeit. Was sich jetzt am Himmel hoch über ihr abspielt, kann ohne sie nicht stattfinden. Die 30-Jährige ist Flugversuchingenieurin und leitet die Außenstelle des DLR-Instituts für Flugsystemtechnik in Manching. Deren Aufgabe ist es, die Ingenieure der Bundeswehr bei der Bewertung von Flugzeugen zu unterstützen. Ina Niewind arbeitet mit einer Handvoll Kollegen für die Wehrtechnische Dienststelle (WTD) 61. Ihr Ziel ist klar: Flugzeuge sollen sicherer werden. DLR-Redakteurin Lena Fuhrmann sprach mit der Ingenieurin und Pilotin über ihren besonderen Beruf.

Ina Niewind, Beruf: Flugversuchingenieurin
Das Ziel: sichere Flugzeuge

Von Lena Fuhrmann

Fragt man die Flugversuchingenieurin, warum Flugzeuge sie so faszinieren, muss sie erst mal Luft holen: „Da weiß ich gar nicht, wo ich anfangen soll ...“ Neben dem besonderen Erlebnis, hoch oben über den Wolken zu sein, beeindruckt sie vor allem die Vielfalt und das weite Einsatzspektrum. „Und die Manövrierfähigkeit, selbst die von Transportflugzeugen.“ Ina Niewind plant Flugversuche, führt sie durch und bewertet im Nachgang anhand von Zahlenkolonnen, wie Flugzeug und Pilot reagiert haben. Als Auftraggeberin der Piloten verfolgt sie entweder am Boden oder, wenn es der Platz zulässt, im Cockpit die Versuche. Zurzeit begleitet sie Kampagnen zum neuen Transportflugzeug A400M, zum Eurofighter sowie zur McDonnell Douglas F-4F Phantom II.

Auch wenn sie Versuche vom Boden aus verfolgt und ihre Studienobjekte sich mehrere tausend Meter über ihr befinden, ist Ina Niewind ganz nah dran: „Ich kann den Piloten sogar atmen hören.“ Jedes Wort des Piloten zu den Versuchen oder Absprachen mit seinem Hintermann sind wichtig für den Flugversuch und dessen Auswertung. „Ich selber muss einen Funkknopf drücken, wenn ich mit dem Piloten sprechen will. Der soll ja nicht durch unsere Gespräche in der Bodenstation abgelenkt werden“, erklärt Niewind. Schon wenn die Maschine auf dem Rollfeld ist, verfolgt die Flugversuchingenieurin bei den Vorab-Checks des Flugzeugs über Kameras jeden Schritt. Hebt der Jet ab, überblickt sie alle Details auf den Monitoren: Stimmt die Flughöhe? Wie schnell ist das Flugzeug? Werden die Punkte auf der Testkarte korrekt abgeflogen? Wenn etwas nicht stimmt, funkt sie das dem Piloten nach oben. Rund 90 Minuten dauert ein Testflug mit dem Eurofighter oder einer F-4.

Helm und Atemmaske aufsetzen –
Ina Niewind kurz vor dem Start der
McDonnell Douglas F-4F Phantom II



© WTD 61



Flugversuchingenieurin Niewind inmitten des Transall-Teams: Gemeinsam mit Mechanikern, Testpiloten und Ingenieuren bereitet sie die Flugkampagnen vor



Jet-Flug gemeistert: Flugzeugwart Otto Hagmann gratuliert im Namen des Teams

Vom Himmel auf den Boden

Momentan steht allerdings mal nicht der Luftraum, sondern der Boden im Fokus ihres Interesses: Der wuchtige Transporter Airbus 400 M soll auch auf Gras landen können, da muss erstmal eine passende Grasbahn her. „Da der A400M noch nicht ausgeliefert ist, steht die Transall Modell für ihn“, erklärt Niewind. Erste Tests verliefen positiv und die Versuche mit dem A400M sind nun in konkreter Planung. Und auch bei sogenannten Absetz-Versuchen liefert die Transall schon im Vorfeld Erkenntnisse: „Wir öffnen im Flug die Rampe am Rumpf und setzen die Lasten über speziell dafür ausgewähltem Gelände mit einem Fallschirm ab. Das sagt uns schon mal viel über das Verhalten der Ladung im Fall.“ Bei Flugversuchen mit dem Transportflugzeug sitzt sie oft selbst im Cockpit – dort ist wesentlich mehr Platz als in einem Jet. Ganz nah dran ist sie dann und spürt am eigenen Leib die Auswirkungen ihrer Versuche. „Es hilft ungemein, mitzufiegen“, sagt sie. Mit im Cockpit der Transall sitzt sie durchschnittlich alle drei bis vier Wochen einmal: „Die Transportfliegerei hat ihren ganz besonderen Charme, das ist eine sehr gemeinschaftliche Angelegenheit.“

Im Jahr 2007 kam Ina Niewind als wissenschaftliche Mitarbeiterin zur DLR-Außenstelle ins nördlich von München gelegene Manching und startete gleich in das erste Projekt: Nur zwei Monate nach ihrem Einstieg betreute sie schon eine Simulorkampagne zum A400M. Am Simulator können die verschiedenen Manöver schon am Boden getestet und mögliche Probleme erkannt werden. Obwohl den endgültigen Beweis erst der richtige Flugversuch liefert, kann vieles am Simulator schon „erflogen“ werden, ohne eine Gefahr einzugehen. Hierfür ging es mit sechs Testpiloten der WTD 61 zum DLR Braunschweig. Drei Tage lang ließ sie die Piloten durch virtuelle Realitäten mit sehr realen Flugeigenschaften fliegen. „Unsere Aufgabe war es, bereits im Vorfeld zu testen, ob bestimmte Flugversuchstechniken, die sich bei wendigen Jets etabliert haben, auch auf den A400M übertragbar sind.“ Dafür arbeitete sie mit ihren DLR-

Kollegen am DLR-Standort Braunschweig zusammen, die den Simulator nach ihren Vorgaben programmierten. „Alleine ist das gar nicht zu stemmen, Teamarbeit ist sehr wichtig“, sagt sie. Mittlerweile ist Ina Niewind Projektleiterin für die DLR-Aktivitäten bei der Erprobung des A400M und begleitet zusätzlich verschiedene Tests für den Eurofighter und die F-4F. „Obwohl die Flugzeuge sehr unterschiedlich sind – der Eurofighter ein wendiger Jet und der A400M ein schwerer Transporter – kann man viel übertragen“, erläutert die Ingenieurin.

Für die Ausbildung in die Wüste

Ihre Ausbildung zur Flugversuchingenieurin fand in der kalifornischen Mojave-Wüste an der National Test Pilot School (NTPS) statt. Vier Monate drückte sie noch mal die Schulbank und ließ sich von erfahrenen Testpiloten und Ex-Astronauten die Flugversuchstechniken erklären, beispielsweise wie eine Landstrecke korrekt erflogen wird. Mit dabei waren angehende Testpiloten, mit denen sie im Anschluss an diese sogenannten Academics in Zweier-Teams ihr erlerntes Wissen in die Praxis umsetzte. Planen der Flugversuche, Durchführen, Auswerten und Berichten stand in diesem Teil auf dem Programm. Wenig Schlaf bekam sie während der gesamten Zeit. „Aber das hab ich gerne in Kauf genommen, schließlich war es eine wahnsinnig spannende Zeit“, erinnert sie sich. Der Beruf der Flugversuchingenieurin ist begehrt, neben Topabschlüssen in der Luft- und Raumfahrttechnik und Reputation beim Arbeitgeber ist auch ein wenig Glück gefragt: Nur wenige erhalten von ihren Arbeitgebern die Chance, an der teuren Ausbildung teilzunehmen.

Ein bisschen schade fand sie es immer, dass sie während ihrer Ausbildung an keinem Jetflug teilnehmen konnte. Das sollte sich im März 2011 ändern: Da bestieg Ina Niewind gemeinsam mit einem Testpiloten eine F-4 und erlebte einen ihrer Jet-Flugversuche direkt im hinteren Cockpit. Einen Teil des Fluges steuerte sie den Jet selbst, flog Loopings und steile Kurven. Die Erdbeschleunigung hat sie dabei um ein Vielfaches überschrit-

ten. „Dafür sprach vor allem mein Muskelkater am nächsten Tag“, sagt sie und lacht. Wieder am Boden wartete schon ihr Team mit Blumen als Glückwunsch für den erfolgreich absolvierten Erstflug auf sie.

Auf dieses Ereignis hatte sie sich lange vorbereitet, denn ein Jetflug ist mit einem Flug in einem Airliner oder Transportflugzeug nicht zu vergleichen. Die Kräfte, die auf die Insassen der Maschine wirken, erfordern höchste körperliche Fitness. Ina Niewind durchlief unzählige medizinische Untersuchungen, wurde in die Röhre eines Magnetresonanztomographen geschoben, ließ ihre Augen checken und wurde neurologisch untersucht. Zudem musste sie auf Gefahrensituationen wie einen Ausfall der Sauerstoffversorgung vorbereitet werden. „Die meisten Menschen denken, dass man bei Ausbleiben des Sauerstoffs das Gefühl hat, keine Luft mehr zu kriegen. Das ist aber nicht so“, erklärt sie. „Jeder reagiert da anders drauf, bei manchen kribbelt es, andere kriegen blaue Fingernägel oder spüren Wärme.“ Für die Tests ging es in die sogenannte Höhenkammer. „Da sitzen dann mehrere Personen drin, die alle an Beatmungsgeräte angeschlossen sind.“ Aus der Kammer wird langsam die Luft gesogen, die Testpersonen können jedoch über ihre Masken erst einmal normal weiteratmen. Dann werden die Masken von der externen Sauerstoffversorgung genommen. Da die Teilnehmer komplett verkabelt sind, besteht für sie keine Gefahr. Für einen Jet-Flug ist ein Besuch in der Höhenkammer Pflicht: Denn fällt am Himmel die

Sauerstoffversorgung aus, müssen die Insassen sofort reagieren. Das ist während der Testflüge von Ina Niewind aber glücklicherweise noch nicht vorgekommen.

Ein Blick über den Tellerrand

Um 6.30 Uhr beginnt der Arbeitstag der Flugversuchingenieurin meist mit einem Blick ins E-Mail-Postfach, ihre Kampagnen erfordern neben ihrem Fachwissen auch jede Menge Organisation. Zusätzlich kommen aus Toulouse, dem Hauptsitz von Airbus, viele Berichte zur Prüfung auf ihren Schreibtisch. Sie arbeitet sich dann durch die Auswertungen und schreibt ihre Stellungnahme. Neben der beruflichen Arbeit schreibt sie an ihrer Promotion und wagt dabei einen Blick über den Tellerrand: „Ein Teil beschäftigt sich auch mit Psychologie. Manche Piloten reagieren beim Steuern ruppiger als andere. Da fragt man sich, wie das bei gleicher Ausbildung sein kann“, fügt sie erläuternd hinzu.

In der Fliegerei dominieren nach wie vor die Männer, auf nahezu allen Fotos von ihrer Arbeit und der Ausbildung ist Ina Niewind die einzige Frau. Wie waren ihre Erfahrungen bis jetzt in diesem Umfeld? „Die Frauenfrage ...“, sagt sie und lacht. Sie hört diese Frage nicht gern. „Natürlich habe ich viel mit Männern zu tun. Ich war erst neulich wieder in einem Eurofighter-Meeting, da saßen 35 Männer. Und ich.“ Aber das sei kein Problem, ihre Kollegen wissen, was sie kann. „Ein Kollege hat mich mal als Farblecks der Runde bezeichnet, das fand ich eine sehr nette Beschreibung.“

Weitere Informationen:

www.DLR.de/ft





Das fliegende Chamäleon

Mal ist er ein Raumgleiter, dann wieder ein großes Passagierflugzeug. Er kann den Wissenschaftlern und Piloten das Gefühl vermitteln, gerade eine gefährliche Luftverwirbelung zu durchfliegen und hilft jungen Flugversuchingenieuren bei ihrer Ausbildung. ATTAS – das Advanced Technologies Testing Aircraft System – ist das „Chamäleon“ der Forschungsflugzeuge des DLR. Seit mehr als 25 Jahren ist das Flugzeug als Verwandlungskünstler unterwegs. Dabei bleibt sein Äußeres immer gleich. Für die Forschung ändert das Flugzeug nur seine inneren Werte. In-Flight-Simulation, kurz IFS, nennen das die Wissenschaftler.

Forschungsflugzeug ATTAS: Auf die inneren Werte kommt es an

Von Jasmin Begli

Was ATTAS sonst noch macht

Der ATTAS ist nicht nur „Fliegender Simulator“, sondern universell einsetzbar. Diese Flexibilität schätzen die Wissenschaftler, Flugversuchingenieure und Piloten. Der ATTAS flog schon für aerodynamische Versuche, um an Tragflügeln und Triebwerks gondeln eine laminare, also turbulenzfreie Umströmung zu erzeugen. Auch die DLR-Spezialisten für Luftverkehrsmanagement greifen gerne auf den Verwandlungskünstler zurück. Ihnen hilft er bei Versuchen zur Koordination des Flugverkehrs oder zu lärmarmen Landeanflügen. Für Testflüge zum unbemannten Fliegen wird er ebenso eingesetzt wie für die Überprüfung von Cockpitanzeige- oder Tiefflugführungssystemen. Und auch Lärmuntersuchungen stehen auf seinem Programm.

Aktuell ist der ATTAS, eine zum Forschungsflugzeug umgebaute VFW 614 der Vereinigten Flugtechnischen Werke – Fokker, am Himmel über Braunschweig als sogenannter Nurflügler unterwegs. Während der Versuchsflüge sitzt der Pilot zwar im Cockpit einer kleinen Passagiermaschine, hat aber das Gefühl, ein Fluggerät zu steuern, dessen Rumpf auch gleichzeitig der Flügel ist. Das eigentlich relativ kleine Flugzeug, mit einer maximalen Abflugmasse von 19 Tonnen, einer Länge von knapp 25 Metern und einer Spannweite von 21 Metern verhält sich in der Luft plötzlich wie ein Fluggerät, das das 37-Fache seines eigenen Gewichts auf die Waage bringt. Und nicht nur das: Mit einer Länge von 65 Metern und einer Spannweite von fast 100 Metern ist der simulierte Nurflügler um ein Vielfaches größer und sieht auch noch ganz anders aus. Während der ATTAS, wie alle bisherigen Passagierflugzeuge, aus einem zylindrischen Rumpf mit Flügeln und einem Leitwerk besteht, ist bei dem simulierten Nurflügler der Rumpf eher dreieckig. Zwei leicht nach außen geneigte vertikale Stabilisatoren ersetzen am Heck die sonst übliche Kombination aus Höhen- und Seitenruder. Und unter den zusätzlich vorhandenen Tragflächen befinden sich vier Triebwerke. Optisch erinnert der Nurflügler an einen Rochen.

So ein Fluggerät gibt es nicht? Stimmt, denn der ATTAS kann auch das Verhalten von Flugzeugen nachempfinden, die erst in Zukunft fliegen sollen.

Wie ist das möglich?

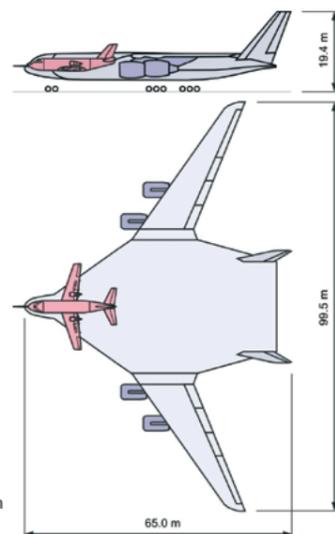
Neben der herkömmlichen mechanischen Steuerung ist ATTAS zusätzlich mit einem elektrischen Flugsteuerungssystem ausgestattet. So können die Wissenschaftler mit Hilfe spezieller Hard- und Software in die Steuerung eingreifen und dem ATTAS Flugeigenschaften und Flugverhalten ganz anderer Luftfahrzeuge geben. „ATTAS kann sich in der Luft durch die besondere Technik seiner Steuerung wie andere Flugzeuge verhalten“, erklärt Dirk Leißling, wissenschaftlicher Mitarbeiter im DLR-Institut für Flugsystemtechnik. „Dadurch haben wir die Möglichkeit, auch bisher noch nicht existierende Luftfahrzeuge zu simulieren und zu überprüfen, an welchen Stellen gegebenenfalls nachgebessert werden muss.“

Flugversuchingenieure der Empire Test Pilots' School (ETPS) nach der Ausbildungskampagne mit ATTAS im Jahr 2008, im Cockpit: der ETPS-eigene Testpilot

Die „Direct-Lift-Control“ des ATTAS

Eine weitere Besonderheit des ATTAS ist die direkte Auftriebssteuerung (DLC – Direct Lift Control): Zur unabhängigen Beeinflussung des vertikalen Freiheitsgrads wurde ATTAS mit einem zusätzlichen Stellsystem an der Hinterkante der Landeklappen ausgestattet. Es besteht aus jeweils drei gleich großen Einzelklappen pro Tragfläche, welche mit hoher Stellrate (circa 90 Grad pro Sekunde) in einem Bereich von bis zu 35 Grad nach oben und unten ausgeschlagen werden können und auf diese Weise die Auftriebseigenschaften des Flügels und somit des Flugzeugs verändern. Im Hinblick auf die Durchführung von In-Flight-Simulationen hoher Güte wächst mit diesem System die Zahl der steuerbaren Freiheitsgrade auf fünf, unabhängig davon können die DLC-Klappen aber beispielsweise auch zur Minderung von Böenlasten eingesetzt werden.

Länge	20,60 Meter (24,39 Meter mit Nasenmast)
Höhe	7,84 Meter
Spannweite	21,50 Meter
Flügelfläche	64 Quadratmeter
Kabinenbreite	2,66 Meter
Kabinenhöhe	1,92 Meter
Sitzplätze	Im Rahmen der DLR-Forschung drei Sitzplätze für Besatzungsmitglieder und bis zu sieben Sitze für Wissenschaftler. Das Basismuster VFW 614 hatte bis zu 44 Sitzplätze.
Leergewicht	14,9 Tonnen (mit ständiger Versuchsausrüstung)
Gesamtgewicht	maximal 20,8 Tonnen
Antrieb	zwei Rolls-Royce-Triebwerke M45 H
Schub	zweimal 32 Kilonewton (kein Umkehrschub)
Reichweite	circa 1.800 Kilometer
Flughöhe	maximal 7.600 Meter (25.000 Fuß)
Geschwindigkeit	maximal 700 Kilometer pro Stunde
Tankkapazität	6.224 Liter
Ursprüngliche Nutzung	Kurzstrecken-Verkehrsflugzeug
DLR-Flugbetrieb	Braunschweig



ATTAS (rot) im Vergleich zu der von ihm simulierten Struktur des Nurflüglers

Das zu simulierende Flugzeug entsteht erst einmal im Rechner: Ein mathematisches Modell definiert das dynamische Verhalten des neuen Entwurfs. Anschließend wird dieses in die Flugsteuerung des ATTAS übertragen. Der Versuchspilot erhält so die Möglichkeit, die Eigenschaften eines neuen Entwurfs unter realen Flugbedingungen kennenzulernen, zu testen und zu bewerten. Doch nicht nur der Pilot hat den Eindruck, ein anderes Flugzeug zu steuern. Wechselt der ATTAS seine Flugeigenschaften, merkt auch der Passagier in der Kabine einen Unterschied.

Fünf Jahre dauerte der Umbau des ATTAS zum In-Flight-Simulator. Seit 1990 ist er der „Fliegende Simulator“ des DLR. Ein Job, den er bis heute ausübt.

Ersetzter Erstflug

So auch im Jahr 2002. Vor dem geplanten Erstflug der Fairchild Dornier 728 untersuchten DLR-Wissenschaftler die voraussichtlichen Flugeigenschaften des zweistrahligen Passagierflugzeugs für den Kurz- und Mittelstreckenbetrieb. Mit dem ATTAS simulierten sie das neue Flugzeug und testeten die Grenzen seiner Manövrierfähigkeit. Piloten konnten für ihren späteren Einsatz auf der Do 728 mit dem ATTAS trainieren. Das DLR unterstützte auf diese Weise den gesamten Zulassungsprozess. Wenigstens die Flugeigenschaften der Dornier waren so durch den ATTAS einmal in der Luft. Zu einem Erstflug der „echten“ Do 728 sollte es leider nicht mehr kommen. Die Firma Fairchild Dornier ging in Insolvenz, das Flugzeug hob niemals ab. Die Produktion wurde eingestellt, noch bevor sie richtig angefangen hatte. Drei Prototypen des Flugzeugs wurden gebaut. Einer dieser drei ist heute für das DLR Göttingen am Boden im Einsatz: Als Testplattform für Kabinenklima und -akustik forschen die Wissenschaftler mit ihm an einer optimalen Atmosphäre in der Flugzeugkabine.

Stichwort „Wirbelschlepp“

Doch auch in anderen Forschungsbereichen ist der ATTAS mit seinen Fähigkeiten als In-Flight-Simulator gefragt. So hat er nicht nur andere Fluggeräte, sondern auch sich selbst bei Einflügen in Wirbelschleppen simuliert. Diese zopfartigen, sich gegenläufig drehenden Luftverwirbelungen sind eine Begleiterscheinung des Auftriebs. Insbesondere bei Start und Landung können sie bei allzu geringen Abständen der Flugzeuge Auswirkungen auf das nachfolgende Flugzeug haben. Immer wieder sind sie Forschungsgegenstand der Wissenschaftler. Damit diese wissen, womit sie es zu tun haben, programmieren sie auch bei solchen Versuchen die Systeme des ATTAS um. Er verhält sich dann, als würde er in eine gefährliche Wirbelschlepp einfliegen. „So lässt sich untersuchen, welchen Einfluss die Größe eines Luftwirbels auf die daraus resultierende Fluglage hat“, erklärt DLR-Flugver-



So könnte er aussehen, der sogenannte Nurflügler. Ob und wie er sich zuverlässig steuern lässt, erkunden DLR-Forscher mit Hilfe des fliegenden Simulators ATTAS.

suchingenieur Michael Preß. „Außerdem lässt sich feststellen, wie und in welchem Maß die Flugbahn nach Einflug in einen Wirbel gestört wird“, so Preß weiter. Der Pilot kann ausprobieren, wie er den Wirbel aussteuern kann, ohne seine Maschine in Gefahr zu bringen.

Schlechte Flugeigenschaften erwünscht

Acht Jahre lang, von 2000 bis 2008, half der ATTAS dabei, die Flugversuchingenieure auszubilden. Jährlich kamen Studenten und Lehrer der Empire Test Pilots' School (ETPS) für eine Woche ins DLR nach Braunschweig. Für sie wandelte sich das DLR-Forschungsflugzeug zu einem Fluggerät, das so schlechte Flugeigenschaften an den Tag legte, dass es niemals eine Zulassung bekommen hätte. „Das geht nur mit dem ATTAS“, schwärmt Preß. „Man startet mit einem zugelassenen Flugzeug und kann dann in der Luft trotzdem schlechte, eigentlich nicht mögliche Flugzustände untersuchen.“ In diesem „schlechten Flugzeug“ durchflogen die angehenden Flugversuchingenieure als Passagiere bestimmte Manöver. Sie mussten das Verhalten des Flugzeugs bewerten und anschließend ein Regelungssystem entwickeln, welches die Maschine wieder komfortabel fliegbar macht. Es entstand ein Regler, der so programmiert ist, dass er unerwünschte Reaktionen des Flugzeugs auf Piloteneingaben oder Störungen ausgleicht, indem er beispielsweise bestimmten Bewegungstendenzen entgegensteuert. Dafür hatten sie etwa eine Woche Zeit, bevor es weitere Flüge gab, in denen die Lösungen getestet, verbessert und vom Piloten bewertet wurden.

Passagierflugzeug der Zukunft

Zurück zum Nurflügler: Er gilt aufgrund seiner besonderen aerodynamischen Eigenschaften als vielversprechendes Konzept für das Flugzeug von morgen und war für die Wissenschaftler und Testpiloten eine besondere Herausforderung. „Der Nurflügler ist ein spannendes Fluggerät, weil er etwas ganz anderes ist“, beschreibt Preß. „Er liegt schon an der Grenze des Fliegbaren“, so Preß weiter. Das zeigte sich auch bei den Flugversuchen. Aufgrund seiner besonderen Form ist ein Nurflügler schwer steuerbar. Erst der Einsatz eines am DLR entwickelten zusätzlichen Reglers führte zu guten Flugeigenschaften und machte auch den Nurflügler fliegbar.

Warum die Idee des Nurflüglers – trotz der eigentlich ungünstigen Flugeigenschaften – so vielversprechend für die Zukunft ist, erklärt Wissenschaftler Leibling so: „Die besondere Form optimiert die Auftriebseigenschaften des Fluggeräts, wodurch eine größere Wirtschaftlichkeit erreicht wird.“ In einem Nurflügler könnten später 750 Passagiere zu einem Langstreckenflug aufbrechen. Kein Wunder also, dass er als Verkehrsflugzeug der Zukunft interessant und somit Gegenstand zahlreicher Untersuchungen ist. Und man sieht: Auch nach mehr als 25 Jahren im Dienste des DLR ebnet der ATTAS mit seinen besonderen Fähigkeiten den Flugzeugen von morgen den Weg in die Lüfte. ●

Weitere Informationen:

<http://www.DLR.de/Forschungsflugzeuge>



Die Dornier 728 ging nie in die Luft, doch ihre Flugeigenschaften wurden vom Forschungsflugzeug ATTAS erprobt. Nach der Insolvenz der Firma Fairchild Dornier begann für die Do 728 eine Zweitkarriere als Testplattform für Kabinenforschung.

Bevor ATTAS im Jahr 1986 zum Forschungsflugzeug avancierte, war es eine gewöhnliche VFW 614, hier bei der Ankunft im DLR im Herbst 1984. Vor ihr auf dem Rollfeld: der Vorgänger, ein Hansa Jet HFB 320.

Immer noch die Nase vorn

Flach kommt sie herein, federleicht setzt sie auf und biegt auf den Taxiway ab. Die Falcon D-CMET ist auf dem Sonderflughafen Oberpfaffenhofen gelandet. Ihre harmonischen Proportionen und das charakteristische weit nach hinten gereckte Seitenleitwerk machen das meteorologische Forschungsflugzeug des DLR unverwechselbar. Auch nach 35-jährigem Einsatz macht es am Fliegerhimmel noch eine exzellente Figur. Und das Ende der Erfolgsgeschichte ist noch nicht geschrieben ...

35 Jahre Falcon – eine nahezu endlose Erfolgsgeschichte

Von Hans-Leo Richter

Das Flugzeug als Mess- und Versuchsträger ist aus den Naturwissenschaften, allen voran der Atmosphärenforschung, nicht mehr wegzudenken. Eines der markantesten und erfolgreichsten hierfür genutzten Forschungsflugzeuge ist die zweistrahlige Dassault Falcon 20 E des DLR. Seit 35 Jahren ist sie im Einsatz, in zahlreichen wissenschaftlichen Missionen weltweit hat sie sich bewährt.

Falcon D-CMET

Die Kennung „D-CMET“ weist auf das Einsatzspektrum der Falcon hin. Das „D“ steht für den Standort Deutschland, das „C“ ist für die entsprechende Gewichtsklasse (5,7 bis 14 Tonnen) vorgegeben und die Buchstabenfolge MET ist ein Hinweis auf den Einsatzbereich in der meteorologischen Atmosphärenforschung.

Mitte der Siebzigerjahre suchte die DLR-Vorgängereinrichtung DFVLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt) erstmals einen eigenen, leistungsfähigen Träger für die Erforschung der Atmosphäre. Zuvor hatte das Institut für Physik der Atmosphäre mit Fremdflugzeugen (wie einer Lockheed T 33 oder einer Canberra) die erfolgreiche Atmosphärenforschung der aufgelösten Deutschen Forschungsanstalt für Segelflug (DFS) weitergeführt. Dr. Manfred Reinhardt, einer der „Väter“ der Falcon und seinerzeit Leiter des Instituts für Physik der Atmosphäre (1974 – 1992), erinnert sich: „Nachdem das Institut zunächst an die meteorologischen Arbeiten der DFS anknüpfen konnte, machten inzwischen die zunehmend komplexer werdenden wissenschaftlichen Fragestellungen beispielsweise aus den Bereichen der Wolkenphysik und der Dynamik der Atmosphäre den Einsatz eines hoch fliegenden Forschungsflugzeugs erforderlich. Nur ein schnell fliegender Jet konnte hierfür in Frage kommen.“ In einem Auswahlverfahren gegen zwei andere Flugzeugmuster aus Europa und den USA setzte sich das Angebot der Firma Dassault durch. Und am 16. Juli 1976 traf die mittlerweile zu einem vielseitig verwendbaren Forschungsflugzeug umgerüstete Falcon an ihrem neuen Standort bei der DFVLR in Oberpfaffenhofen ein.

Mit aufgeblendeten Landescheinwerfern kehrt die Falcon nach einem Messflug zum Heimatflughafen Oberpfaffenhofen zurück



© DLR/Andreas Minikin

Die Spitze des insgesamt 1,8 Meter langen Nasenmastes der Falcon: Hier sitzt die sogenannte Fünfloch-Strömungssonde. Mit ihr bestimmen die Wissenschaftler unter anderem die Richtung der das Flugzeug umgebenden Luftströmung.



Am 29.9.1975 fand in Bordeaux der Abnahmeflug der Falcon statt, noch mit französischem Kennzeichen. Doch bei genauem Hinschauen ist unter der Abdeckung bereits die endgültige Kennung D-CMET zu erkennen.

Als „Asche-Jäger“ im Jahr 2010 im Licht der Öffentlichkeit: Nach ihrer Messkampagne über Island, wo sie das Ausmaß und die Zusammensetzung der Vulkanaschewolke ermittelte, bekam die Falcon den Beinamen „volcano ash hunter“



liegende Einsatzgebiete wie Nord-Schweden ohne Zwischenlandung.“ Interkontinentale Zielgebiete werden mit mehreren Zwischenstopps erreicht. Typischerweise kann die Falcon mit einer Nutzlast von rund einer Tonne für eine wissenschaftliche Mission ausgerüstet werden – wenn auch der Raum für die Operateure dann sehr eng ist. Die Wissenschaftler an Bord können im Rahmen ihrer Experimente beispielsweise Spurengase und Aerosole direkt messen oder Luftproben für eine spätere Analyse im Labor sammeln.

Buchstäblich hervorragend angepasst

Für ihre interdisziplinären Forschungseinsätze erfuhr die Falcon eine Vielzahl bautechnischer Veränderungen. So sind in die Ober- und Unterseite des Flugzeugrumpfs mehrere Öffnungen eingefügt worden, in welche Mess- oder optische Beobachtungssensoren montiert werden können. Auffälligste und buchstäblich hervorragendste Änderung freilich ist ein 1,8 Meter langer sogenannter Nasenmast, an dessen Spitze sich eine Sonde befindet, wegen ihrer fünf Öffnungen als Fünfloch-Strömungssonde bezeichnet. Hiermit gewinnen die Wissenschaftler hochgenaue Erkenntnisse über den statischen und dynamischen Druck sowie die Richtung der Luftströmung, die das Flugzeug umgibt.

Insgesamt hat die Falcon in den 35 Jahren ihrer Dienstzeit knapp 9.000 Flugstunden absolviert, eine Größenordnung, die ein Airliner im kommerziellen Luftverkehr in weniger als drei Jahren bewältigt. Doch für Forschungsflugzeuge läuft die Uhr anders. Die DLR-Einrichtung Flugexperimente kalkuliert mit 250 Flugstunden pro Jahr. Denn jedem Einsatz geht eine gewisse Umrüstzeit für die jeweilige Instrumentierung der einzelnen Missionen voraus. Sie kann ein paar Tage oder auch mehrere Wochen betragen.

Die Falcon war und ist nicht nur für DLR-Atmosphärenforscher im Einsatz, an den Missionen sind oftmals auch Universitäten und andere wissenschaftliche Einrichtungen aus dem In- und Ausland beteiligt. Darüber hinaus ist das DLR-Forschungsflugzeug seit dem vierten Rahmenprogramm der Europäischen Kommission in Nachwuchs- und innereuropäischen Förderprogrammen der EU verankert. So gehört die Falcon zu dem von der EU geförderten Netzwerk European Fleet for Atmospheric Research (EUFAR), in dem 46 Flugversuchsträger aus 15 Ländern zusammengefasst sind. Die Falcon war in diesem Programm das bis heute am häufigsten angeforderte Forschungsflugzeug der gesamten EUFAR-Flotte.

Piloten begeistert das agile Flugverhalten

Begeistert von der alten Lady sind bis heute auch die Piloten. Stefan Grillenbeck, Einsatzpilot auf der Falcon, betont: „Die Falcon ist nach wie vor ein faszinierend zu fliegendes Flugzeug. Sie hat eine sehr gute Ruderabstimmung, ist sehr agil zu fliegen, beispielsweise bei Tiefflügen, aber auch in großen Höhen, etwa bei Wirbelschleppen-Messflügen hinter Verkehrsflugzeugen.“ Dem kann sich Robert Rahn, Falcon-Pilot der ersten Stunde, nur anschließen: „Es gab eine Vielzahl von Highlights mit diesem Flugzeug, welches ja von 1976 bis 1994 mein Hauptarbeitsplatz war. Überaus beeindruckend waren immer wieder die Spitzbergen-Missionen. Aufgrund des dort fast nicht existenten Luftverkehrs hat man als Pilot die Freiheit in der Luft, alle von den Wissenschaftlern geforderten Parameter auch abzufliegen, beispielsweise auch Tiefflüge bei dramatischen Witterungsbedingungen.“

Es gibt nicht viele Regionen auf der Erde, in denen die Falcon in den vergangenen Jahrzehnten nicht unterwegs war, um wissenschaftliche Fragen zu beantworten: Spitzbergen und Grönland in der Nordpolarregion, Brasilien und Westafrika in den Tropen, Australien und Chile in der Südhemisphäre. Die Experten im DLR-Institut für Physik der Atmosphäre bauten dafür eine komplexe Instrumentierung auf, mit der atmosphärische Spurengase und

Partikel erfasst werden können. Oft sind Flugzeug und Messausrüstung bei den Kampagnen schwierigen klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Im arktischen Winter in Spitzbergen lagen die Temperaturen am Boden zeitweise bei minus 40 Grad Celsius. Dagegen stiegen die Temperaturen bei den Untersuchungen in Burkina Faso in Westafrika mittags auf über 40 Grad plus.

Verkehrsemissionen auf der Spur

Bei den Messkampagnen ASTAR und POLARCAT in der Arktis (Erläuterung umseitig) wurde der Ferntransport von Emissionen aus Nordamerika und Eurasien in die Polarregion untersucht. Dadurch kann das regionale Klima beeinflusst werden. Gegenstand der Untersuchungen in den Tropen bei TROCCINOX, SCOUT und AMMA hingegen waren mächtige Gewittertürme, die Spurengase von bodennahen Schichten in wenigen Stunden in große Höhen transportieren können und in denen Blitze Stickoxide bilden. Die Messflüge in Chile im Projekt INCA waren Teil eines interhemisphärischen Experiments. Dabei wurden die Bildung und die mikrophysikalischen Eigenschaften von hohen Eiswolken, sogenannten Zirren, im Nordatlantik westlich von Irland im Unterschied zum Südatlantik westlich von Chile untersucht. Das Messgebiet über dem Nordatlantik ist stark von Emissionen des Luftverkehrs und anderer Quellen, die auf Aktivitäten von Menschen zurückgehen, beeinflusst, während die Vergleichsmessungen in der Südhemisphäre in einem Gebiet mit sehr sauberer Luft durchgeführt wurden.

Zahlreiche wissenschaftliche Kampagnen forderten Messungen bis zur maximalen Flughöhe der Falcon in rund 13 Kilometer Höhe. Es gab jedoch auch Einsätze, bei denen sie in nur 30 Meter Höhe über der Meeresoberfläche fliegen musste. Dies wurde zum Beispiel im Projekt QUANTIFY notwendig bei Messungen über dem Ärmelkanal. Mehr als 500 Containerschiffe und Tanker durchfahren jeden Tag den Schifffskorridor zwischen Frankreich und Großbritannien. Die Wissenschaftler an Bord der Falcon ermittelten die Emissionen dieser Schiffe und untersuchten deren Ausbreitung bis in die Küstenregionen.

„Auch in Zukunft ist die Falcon für Einsätze bei internationalen Projekten gefragt“, bekräftigt Dr. Hans Schlager vom DLR-Institut für Physik der Atmosphäre, der schon viele Flugkampagnen mit der Falcon geleitet hat. „So werden wir im November 2011 nach Malaysia fliegen, um dort den Einfluss biogener Halogenverbindungen auf die Ozonverteilung zu untersuchen“.

Ein weiterer Schwerpunkt der Falcon-Nutzung liegt bis heute auf Messungen mit dem LIDAR-System. Dies ist eine dem Radar ähnliche Methode zur optischen Fernmessung atmosphärischer Teilchen oder Moleküle. Statt eines Radarimpulses verwenden die Wissenschaftler hierbei einen Laserstrahl. Derartige Messungen des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre auf der Falcon haben eine lange Tradition. Schon Ende der Siebzigerjahre wurden mit dem ALEX-System erste, bis dahin europaweit einzigartige Messungen vom Flugzeug aus durchgeführt.

Auch die Satellitenentwicklung profitiert

Ein wesentlicher Vorzug der DLR-Falcon sind die drei 50 Zentimeter großen Öffnungen. Damit lassen sich hochpräzise LIDAR-Messungen ober- und unterhalb des üblichen Flugniveaus durchführen. So trugen LIDAR-Messungen mit dem OLEX-System in der arktischen Stratosphäre bis in Höhen von 30 Kilometern maßgeblich zur Erforschung der polaren Stratosphärenwolken bei, welche bei der Bildung des Ozonlochs eine zentrale Rolle spielen. Das LIDAR-System bewährte sich auch beim Überprüfen der Messgenauigkeit und bei der Weiterentwicklung von Satelliteninstrumenten. Die große Flexibilität der Falcon hinsichtlich Instrumentierung und weltweitem Einsatz ermöglichte hierbei präzise Unterfliegungen verschiedenster Satellitensensoren an zahlreichen Orten der Erde unabhängig von der Jahreszeit.

Dr. Gerhard Ehret aus dem Institut für Physik der Atmosphäre präzisiert: „In jüngster Zeit haben LIDAR-Messungen auf der Falcon zur Umwelt- und Klimaforschung wichtige Beiträge liefern können. Im DFG-Projekt SAMUM wurden in den Jahren 2008 und 2009 Sondierungen von Saharastaub an Orten nahe und fernab der Quellregion in der Wüste durchgeführt. Zusammen mit weiteren Sensoren an Bord der Falcon gaben diese Messungen Aufschluss über die vom Wüstenstaub hervorgerufene atmosphärische Trübung beziehungsweise über die Konzentration und Größenverteilung der Staubteilchen in Abhängigkeit von der Entfernung von der Quellregion. Diese Informationen sind wichtig, um die Klimawirksamkeit von Wüstenstaub auf globaler Skala abzuschätzen.“

Ruhm als „Aschejäger“

Über die eigentliche Wissenschaftsszene hinaus wurde die Falcon im Frühjahr 2010 bekannt, als sie innerhalb nur weniger Tage für eine aufwändige Messkampagne ausgerüstet wurde und mit einem Doppler-Wind-LIDAR-System über Island und Zentraleuropa Ausdehnung und Zusammensetzung der von dem Vulkan Eyjafjallajökull ausgestoßenen Aschewolke ermittelte. Die Flüge lieferten umfangreiches Datenmaterial für hochpräzise Analysen. Eine vor allem unter Umweltaspekten auch international sehr beachtete Mission hatte überdies vor einigen Jahren im Rahmen des Verbundvorhabens „Schadstoffe in der Luftfahrt“ eine ebenso aufwändige wie seltene Messkampagne zum Ziel: Dicht hinter einem Verkehrsflugzeug wie beispielsweise einem Airbus A 310, einer Boeing 737 oder einem A 340 herfliegend, ermittelten DLR-Wissenschaftler den Schadstoffgehalt der Triebwerksabgase und konnten durch diese nicht gerade alltäglichen In-situ-Messungen Wechselwirkungen zwischen Schadstoffen in den Kondensstreifen und den daraus entstehenden Zirruswolken nachweisen.

Falcon gestern, heute – und morgen? Zwar befindet sich neuerdings mit der Gulfstream 550 das hochmoderne Forschungsflugzeug HALO in der Forschungsflotte des DLR, doch deswegen wird die Falcon keineswegs in den vorzeitigen Ruhestand geschickt. Gewiss, HALO fliegt höher und weiter, auch kann dieses Flugzeug eine etwa dreimal so hohe wissenschaftliche Nutzlast transportieren, gleichwohl aber mögen – nicht nur die Oberpfaffenhofener DLR-Wissenschaftler auf den Jubilar noch lange nicht verzichten. Für viele Einsatzzwecke ist die kleinere Falcon flexibler und schneller umrüstbar. Zudem hat das DLR über diesen Flugversuchsträger das alleinige Verfügungsrecht, hingegen gibt es bei HALO eine ganze Reihe von Finanzierungspartnern, deren Missionen in den Einsatzplänen verankert sind. Dr. Monika Krautstrunk betont denn auch: „Wir haben halt die hohe Flexibilität, mit dem DLR-eigenen Flugzeug jederzeit unterschiedliche Projekte durchzuführen. Ein weiterer Vorteil ist, dass viele der Instrumente bereits auf der Falcon zugelassen sind und nicht mehr durch den eigenen Entwicklungsbetrieb laufen müssen. Dieser erlaubt uns, Modifikationen am und im Flugzeug einzurüsten und zuzulassen, ein Prozess, der üblicherweise je nach Umfang einer Modifikation mehrere Monate Vorlauf benötigt.“

Auch technisch gibt es keine Einwände gegen eine noch längere Nutzungsdauer. Aufgrund der insgesamt relativ niedrigen Anzahl an Flugstunden ist die Einsatzfähigkeit dieses vielseitig nutzbaren Flugzeugs noch längst nicht „ausgereizt“. Dr. Krautstrunk: „Die Falcon ist bis zum vollen Einsatz von HALO noch immer das wichtigste Atmosphären-Forschungsflugzeug im DLR.“ ●

Weitere Informationen:
www.DLR.de/Forschungsflugzeuge



Am Bug hat das Messflugzeug beheizbare Einlässe, über die im Flug die Umgebungsluft zu den Sensoren für Temperatur und Feuchte geleitet wird

Temperaturen bis zu minus 40 Grad Celsius sind auf Spitzbergen keine Seltenheit – ein Härtestest für die Falcon und ihre Crew



Hier fliegt kein gewöhnliches Flugzeug: Nasenmast, Einlässe an der Flugzeugaußenhaut für diverse Messinstrumente und Sensoren unterhalb der Tragflächen machen die Falcon einzigartig



Einig im Stolz auf das über Jahrzehnte bewährte Messflugzeug: Dr. Monika Krautstrunk, Leiterin der Flugabteilung im DLR Oberpfaffenhofen, Prof. Dr. Ullrich Schumann, Leiter des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre, Oliver Brieger, technischer Leiter der DLR-Flugexperimente, Stefan Grillenbeck, heutiger Falcon-Pilot und Robert Rahn, Falcon-Pilot der im wahrsten Sinn des Wortes ersten Stunde (von links)

Glossar

- ASTAR** Arctic Study of Tropospheric Aerosol, Clouds and Radiation
- POLARCAT** Polar Study using Aircraft, Remote Sensing, Surface Measurements and Models, of Climate, Chemistry, Aerosols and Transport
- TROCCINOX** Tropical Convection, Cirrus, and Nitrogen Oxides Experiment
- SCOUT** Stratospheric-Climate Links with Emphasis on the Upper Troposphere and Lower Stratosphere
- AMMA** African Monsoon Multidisciplinary Analyses
- INCA** Interhemispheric Differences in Cirrus properties from Anthropogenic Emissions
- QUANTIFY** Quantifying the Climate Impact of Global and European Transport Systems
- LIDAR** Light Detection and Ranging
- ALEX** Aerosol LIDAR Experiment
- OLEX** Ozon LIDAR Experiment
- SAMUM** Saharan Mineral Dust Experiment
- DFG** Deutsche Forschungsgemeinschaft
- HALO** High Altitude and Long Range Research Aircraft

Weniger ist manchmal mehr

Historische Rechenmaschinen und modernste Computertechnologie befinden sich hier unter einem Dach: Das Arithmeum in Bonn schlägt einen spannungsvollen Bogen von den Anfängen des Rechnens in Kleinasien vor 6.000 Jahren über antike Rechenbretter und mechanische Rechenmaschinen bis hin zum höchstintegrierten Logikchip und zu Mikroprozessoren. Diese sind erst unter einem speziellen Polarisationsmikroskop mit dem bloßen Auge erkennbar. Dabei sind die elektronischen „Bauelemente“, die Transistoren, so unvorstellbar klein, dass 500.000 Stück unter eine Bleistiftspitze passen.

Im Arithmeum in Bonn wird Mathematik zum Erlebnis

Von Elisabeth Mittelbach

Unter dem Motto „Rechnen einst und heute“ hat Prof. Bernhard Korte, Direktor des Forschungsinstituts für Diskrete Mathematik der Universität Bonn, 1999 das „Arithmeum“ ins Leben gerufen. Kern der Ausstellung ist bis heute die weltweit einzigartige Sammlung kunstvoller mechanischer Rechenmaschinen, deren Anfänge bis ins 17. Jahrhundert zurückreichen und die Korte dem Museum gestiftet hat. Auf fünf Etagen – inklusive Untergeschoss – kann der Besucher die Logik des Rechnens in ihrer immer größer werdenden Komplexität erfahren und tatsächlich – auch ohne höhere mathematische Kenntnisse – verstehen. Dies liegt vor allem am stringenten Konzept „Weniger-ist-mehr“. Räumlich unmittelbar eingebettet in die universitäre Nachbarschaft ist das Museum selbst in dem modernen, von Licht durchfluteten Stahl-Glas-Bau des Forschungsinstituts für Diskrete Mathematik untergebracht. Immer wieder eilen Studenten, Doktoranden oder Dozenten über die Flure. Wo sich hier eine Tür schließt, öffnet sich dort eine andere. Die Botschaft, Wissenschaft transparent und als Teil des Alltags darzustellen, kommt an.

Zudem werden die Besucher selbst zu „Forschern“: Die meisten Exponate sind ohne Vitrinen aufgestellt, Objekte dürfen berührt und auch selbst bedient werden. So kann beispielsweise mit arabischen Rechenstäben, römischen „Calculi“, die später durch Rechenpfennige ersetzt worden sind, oder mit einer Loch-Speicher-Karte, die um 1890 den Beginn der „modernen Datenverarbeitung“ markierte, gerechnet werden. Der IBM-Großrechner Maestro ist ebenso zu bestaunen wie die geniale Rechenmaschine des französischen Mathematikers Blaise Pascal (1623-1662), der mit seinen geometrischen, physikalischen und mechanischen Kenntnissen die „Pascaline“ konzipierte.

Menschen haben zu allen Zeiten mit konkreten Gegenständen gerechnet – Muscheln, Kieselsteinen, Holz, Knoten, Münzen. Doch erst die Kooperation von Wissenschaftlern und Handwerkern machte aus den vielversprechenden Ideen Maschinen. Ab dem 19. Jahrhundert bauten vor allem Uhrmacher in Kleinserien Rechenmaschinen. Die algorithmischen Rechenverfahren der Astronomen im 17. Jahrhundert hatten den Grundstein dafür gelegt. Die Erfindung des Buchdrucks löste das „Rechnen auf den Linien“ mit einfachen Hilfsmitteln wie Rechenrädchen durch das „Rechnen mit der Feder“ ab. Rechenbücher wie die von Adam Ries machten der breiten Bevölkerung schriftliches Rechnen möglich.

Der Sprung von der Herstellung der Rechenmaschinen in der Manufaktur zur massenhaften Produktion in den Fabriken kam mit der Industrialisierung. „Time is money“ lautet die Devise seit Beginn des 20. Jahrhunderts. Elektronik ersetzte Mechanik, Funktionalität die reine Ästhetik. Heute heißen unsere „Rechenmaschinen“ Computer – ohne sie wäre ein Leben kaum mehr vorstellbar. ●



Mit „Robby“ (Japan 1963) kann man Kopfrechnen üben. Drückt man den Resultat-Hebel, spuckt er das Ergebnis aus.



Replik einer zylindrischen Stellsegment-Rechenmaschine von Anton Braun (Original zwischen 1727 und 1736 entstanden)

Arithmeum – rechnen einst und heute

Lennestraße 2
53113 Bonn

Öffnungszeiten

Di-So 11 – 18 Uhr
Tel. 0228 73 87 90

Weitere Informationen

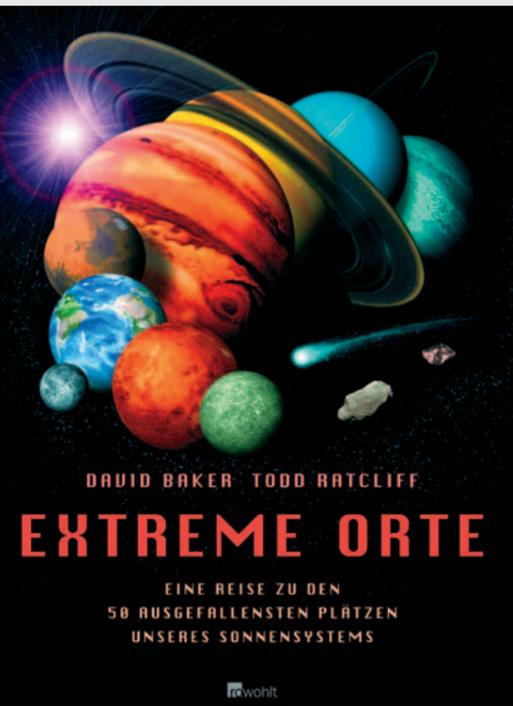
<http://www.arithmeum.uni-bonn.de>



Über fünf Etagen gelangt der Besucher des Arithmeums vom simplen Rechnen zur komplexen Mathematik

Rezensionen

Exkurs an extreme Orte



Die extremen Orte auf der Erde sind bekannt: der Gipfel des Mount Everest, der Marianengraben oder auch die Pole gehören dazu. Schwer zu bereisen, aber durchaus machbar. David Baker und Todd Ratcliff haben sich für ihr Buch andere Ziele gesucht, die oftmals noch kein Mensch erreicht hat und die wohl auch noch recht lange von menschlicher Anwesenheit verschont bleiben – Gebiete mit gigantischen Wirbelstürmen, Superblitzen oder auch kalte Vulkane: **Extreme Orte. Eine Reise zu den 50 ausgefallensten Plätzen unseres Sonnensystems (Rowohlt)** heißt ihr Buch, in dem das Duo aus Physiker und Planetologe des Jet Propulsion Laboratory das Universum nach Superlativen durchforstet. „Wir haben Phänomene herausgesucht und beschrieben, die wir für echt cool...ehm: wissenschaftlich interessant halten“, begründen die Autoren ihre Auswahl im Vorwort. Damit nehmen sie auf jeden Fall Kritikern den Wind aus den Segeln, die über die sehr subjektive Auswahl nur zu gerne diskutieren würden.

In 50 Kapiteln schaffen es Baker und Ratcliff, dem Leser zu vermitteln, dass Wissenschaft hoch interessant, witzig und spektakulär sein kann. Die lockeren Überschriften machen neugierig auf das „Turbo-Treibhaus“ Venus, den „Planeten, den es nie gab“ oder den „verdrehten Supermagneten“ Sonne. In den Kapiteln selbst jubeln die Autoren ihren Lesern geschickt fundierte Wissenschaft unter. Mit beeindruckenden Bildern von NASA und Co. sowie gut verständlichen Grafiken angereichert, bieten die Texte jede Menge Fakten, bleiben dennoch gut lesbar und zeigen vor allem eines: Das Universum ist spannend. Der Reise ins extreme Sonnensystem muss man nicht chronologisch folgen, denn die Kapitel sind unabhängig voneinander verständlich. Man sollte es also durchweg wie die Autoren selbst machen – nämlich den persönlichen Geschmack entscheiden lassen. Auf diese Art haben die beiden Wissenschaftler auch Themen wie das geheimnisvolle Gesicht auf dem Mars in ihrem Sammelsurium untergebracht; und enden bei ihrer Reise durchs Sonnensystem in Kapitel 50 schließlich bei der extremen Erde.

Manuela Braun

Reiseführer zum Roten Planeten

Der Mars ist eigentlich kein Ort für Menschen. Die monatelange Reise in einer Kapsel durch das Weltall, die Strahlung, die Temperaturen auf dem Mars selbst – Wissenschaftsjournalist Ulf von Rauchhaupt sieht das Ganze nicht so rosig. „Was also hat der Mensch auf dem Mars verloren? Realpolitisch gesehen seinen Verstand.“ Und dennoch kommt er zu dem Schluss: „Aber Menschen werden zum Mars fliegen.“ Weil es eben diese romantische Sehnsucht gibt. **Der neunte Kontinent. Die wissenschaftliche Eroberung des Mars (Fischer)** heißt das Werk, in dem Rauchhaupt den Mars – nach den sieben Erdteilen und der Tiefsee als achtem Kontinent – gleich zum neunten Kontinent erklärt, den die Menschen erforschen wollen.

In den ersten drei Kapiteln erzählt der Autor die Geschichte dieser Entdeckung, beginnt mit Kopernikus, Huygens und Schiaparelli, erklärt, warum man einige Zeit an künstlich angelegte Kanäle auf dem Roten Planeten glaubte und schlägt den Bogen zu den Rovern „Spirit“ und „Opportunity“, zur Mission Mars Express und zum Mars Reconnaissance Orbiter. Die übrigen fünf Kapitel widmet er dem Mars selbst – Klüfte und Täler, Vulkane, Roter Staub und verborgene Gletscher werden so detailliert und leicht verständlich beschrieben, dass man fast schon einen kleinen Reiseführer zum Mars in den Händen hält.

Manuela Braun



Ein Blick voraus

Geowissenschaftler Laurence C. Smith hat für sein Sachbuch **Die Welt im Jahr 2050. Die Zukunft unserer Zivilisation (DVA)** klare Regeln aufgestellt. Wer glaubt, auf den knapp 500 Seiten etwas über fliegende Autos, Roboter, die denken, oder ein Leben nach dem Atomkrieg zu lesen, ist auf dem Holzweg. „Dies ist ein Gedankenexperiment über unsere Welt im Jahr 2050“, erklärt der Autor. Und damit dieses Experiment Hand und Fuß hat, setzt er ihm enge Grenzen. Keine Wunder, kein dritter Weltkrieg, keine bösen Flaschengeister wie unheilbare Seuchen oder Meteoriteneinschläge und blindes Vertrauen in die Computermodelle, mit denen Wissenschaftler die Zukunft vorherberechnen. Das Sachbuch bietet dichtgedrängt jede Menge Fakten und Studien, die Smith dazu verwendet, ein Bild von der Welt in 40 Jahren zu entwerfen. Detailliert zeigt er, welche Länder dann führend sein werden, wie die Weltbevölkerung wo anwächst und wie sich das Klima verändern wird. „Die Welt im Jahr 2050“ ist kein einfacher Schmöker, denn die vielen Zahlen und sorgfältigen Analysen müssen erst einmal verdaut werden – doch eines wird unmittelbar klar: wie entscheidend die Gegenwart dafür ist, wie die Zukunft aussehen wird.

Manuela Braun



Mit der Sonne um die Erde

Der technisch nüchtern wirkende Buchtitel **SOLAR IMPULSE – HB-SIA (Éditions Favre)** vermag nicht auszudrücken, welche historisch bedeutsame Unternehmung mit dem gleichnamigen Projekt verbunden ist: Am 8. Juli 2010 gelang es erstmals, in einem von Solarenergie angetriebenen Flugzeug eine ganze Nacht in der Luft zu verbringen. Eine menschliche und technologische Höchstleistung.

Pioniergeist und Fortschrittsdenken haben in der Familie des Schweizer Bertrand Piccard Tradition: Vater Jacques Piccard (1922-2008) tauchte 1960 mit dem Unterseeboot „Trieste“ in den Marianengraben und erreichte eine Rekordtiefe von 10.916 Metern. Der Großvater Auguste Piccard (1884-1962) stieg 1932 mit einem Gasballon in die Stratosphäre auf und erreichte für damalige Zeit sensationelle 16.000 Meter. Und jetzt das Projekt des Bertrand Piccard: Solar Impulse fliegt ohne einen Tropfen Treibstoff und stößt keine Schadstoffe aus. Den ganzen Tag über laden die Solarzellen gleichzeitig die Batterien und treiben die Motoren an. Aufbauend auf den Erfahrungen mit dem Prototyp soll 2013 ein leistungsstärkeres Flugzeug mit dem Luftfahrzeugkennzeichen „HB-SIB“ flugreif sein – größer und zugleich leichter, mit mehr Komfort für den Piloten. Unabdingbare Voraussetzungen für das große Ziel: die Erdumrundung in fünf jeweils fünftägigen Etappen.

Solar Impulse transportiert keine Passagiere sondern Botschaften: Wenn ein Flugzeug Tag und Nacht nur mit Solarenergie und ohne einen Tropfen Treibstoff betrieben wird, dann sollte das auch bei Fahrzeugen, Heizungen, Klimaanlage oder Computern möglich sein... Der Bildband mit kurzen spannenden Texten (französisch, deutsch, englisch), zeigt in imposanten Bildern die achtjährige Entwicklungs- und Forschungsgeschichte des Solar-Flugzeugs und den 26-Stunden-Flug des Prototyps. (Bestellmöglichkeit ausschließlich im SOLAR IMPULSE-Shop: www.solarimpulse.com)

Dr. Thomas Wardenbach





Warum Vögel in V-Form fliegen

Wie kommen denn Raketen ins Weltall? Wie funktioniert ein Propeller? Was ist Luftwiderstand? Aydoğan Koc wurde von seinem Sohn so lange mit Fragen gelöchert, bis sich der Luft- und Raumfahrt-Ingenieur hinsetzte und leicht verständliche Antworten aufschrieb. Zum Beispiel auf Fragen wie diese: Fliegen Vögel in dieser seltsamen V-Formation, weil nur der vorne fliegende Vogel den Weg weiß? – Natürlich nicht. Wirbelschleppen, wie man sie auch von Flugzeugen kennt, geben den hinten fliegenden Vögeln zusätzlichen Auftrieb. Das spart Energie. Verblüffend einfach! Eine Skizze wäre hier wie an manch anderer Stelle in dem Buch **Warum fällt uns der Himmel nicht auf den Kopf?** (Kocconsulting) hilfreich gewesen. Doch auf Zeichnungen und Formeln verzichtet der Autor zugunsten rein illustrativer Bilder.

Der Aufmachung nach handelt es sich um ein Kinderbuch. Im Vorwort heißt es, dass die Fragen von einem Kind gestellt wurden. Doch sie sind clever gestellt und die Antworten geben einen guten Überblick, worum es im Prinzip in der Luft- und Raumfahrttechnik geht. Dafür sorgt auch die Gliederung in Luftfahrt, Geschichte der Luftfahrt, Raumfahrttechnik, Atmosphäre ... Allerdings kommt das Thema Raumfahrt (17 von 161 Seiten) etwas kurz, auch wenn man Vollständigkeit bei einem solchen Büchlein nicht erwarten darf. Dennoch: Eine interessante und unterhaltsame Lektüre für alle, die neugierig sind – nicht nur Kinder.

Miriam Kamin

Das Unsichtbare im Sichtbaren

Luft Raum hat Konjunktur. Auf allen Kanälen wird Deutschland von oben gezeigt, auch das DLR-Magazin lässt sich die Chance auf eine andere Sichtweise nicht entgehen. Ein Luft Raumforscher eigener Art ist Gerhard Launer. Der Pilot und Fotograf legt den Bildband **Deutschland – Entdeckung von oben** (Frederking und Thaler Verlag) vor.

Dieses Coffee Table Book kann süchtig machen. Zunächst aber Ärger: Wieso veraltete Bilder, beispielsweise von Sylt, wo der Verlag doch „neue Bilder“ ankündigt? Weshalb Berlin zu Beginn, ansonsten aber der Flug von Nord nach Süd? Ein überflüssiger Hauptstadtkotau. Weshalb so kurze, noch dazu spröde, fehlerhafte Texte (Dr. Peter Göbel)? Schließlich wieder einmal unterdurchschnittliche Druckqualität. Und weshalb werden wenig bekannte Dörfer und Städte nicht auf einer Karte verortet? Doch dann! Wir lassen uns auf Launers Flug ein. Und möchten immer wieder landen, so eine Sogwirkung entfalten seine Entdeckungen. – Vieles ist bekannt, aber oft neu gesehen. Weniges ist wirklich neu, dafür aber sensationell: Bilder für die Sinne! Hat man die sichtbaren in Ruhe betrachtet, will man die unsichtbaren sehen, genau: die, die Launer nicht zeigen konnte. Also einen Fortsetzungsband bitte. Für 50 Euro darf man allerdings verlangen, dass der Verlag die Qualität solcher Bilder liebevoll umsetzt. Dass er das kann, hat er bei anderen Publikationen gezeigt.

Peter Zarth



Flugzeuge der Welt 2011

Zum 51. Mal erscheint das handliche Nachschlage-Kompodium **Flugzeuge der Welt** aus dem Stuttgarter **Motorbuch-Verlag**. Auch in diesem Jahr stellt der Autor Claudio Müller wieder knapp 160 Luftfahrzeuge in Wort, Bild und Dreiseitenriss vor, wobei alle wesentlichen technischen Daten ebenso enthalten sind wie markante Meilensteine innerhalb der Typenentwicklung. Erfreulicherweise berücksichtigt der Autor auch zwei DLR-Forschungsflugzeuge.

Genannt werden der meteorologische Flugversuchsträger HALO sowie ANTARES, wobei der letztgenannte Erprobungsträger für Brennstoffzellen ärgerlicherweise als vermeintlich unbemannter Flugzeug präsentiert wird. In den Reigen hätte übrigens auch der DLR-Forschungshubschrauber FHS gepasst, zumal der thematische Schwerpunkt der diesjährigen Ausgabe explizit den Hubschraubern gilt. Dieser Einwände ungeachtet ist das Nachschlagewerk zum attraktiven Preis von 9,95 Euro gleichermaßen unverzichtbar für Luftfahrtfans wie -experten.

Hans-Leo Richter



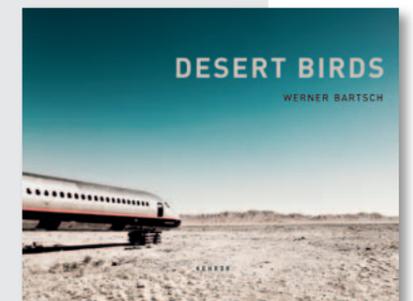
Verloren in der Wüste

Titel und erklärte Absicht machen neugierig: Für den Bildband **Desert Birds (Kehrer)** „begab sich der Fotograf Werner Bartsch auf aeronautische Spurensuche im Südwesten der USA“, so der Umschlagstext. Die Sicht des Foto-Designers auf die großflächigen Flugzeuglagerplätze, weithin despektierlich als Flugzeugfriedhöfe bezeichnet, lässt Ungewöhnliches erwarten.

Das Buchformat (30 mal 23 Zentimeter) passt zur Absicht. Erstes Staunen über die fremd wirkenden Farben: kontinuierlich wiederkehrendes gräulich schimmerndes Beige im Kontrast zu Türkisblau, selten unterbrochen von mattem Ziegelrot. Dann schon erwartet: karge Wüstenlandschaft. Darin, wie verloren, eine Flugzeugstruktur, wiederkehrend Teilansichten, eine einsame Gangway, eine Rollbahnmarkierung. Wehmut stellt sich ein. Vergeblich sucht man Trost. Auch keine Informationen zu den Bildern. Diese wurden aber auch nicht versprochen: „keine Bestandsaufnahme ausrangierter Fliegertypen, keine Dokumentation von Lagerplätzen und Flugzeugfriedhöfen“. Stattdessen seien die Bilder „eine Hommage an unzählige Stunden in den Lüften und weite Reisen, an Pioniergeist und menschliche Imagination“. – Sehen so Könige der Lüfte aus? Genauer hinschauen vielleicht, dem Bild Zeit geben, zu wirken? Sich auf das Spiel mit Schärfen und Unschärfen einlassen? – Ja, die Bilder in der Abenddämmerung mit ihren langen Schatten haben ihren eigenen Reiz. Doch dann: Flugzeug-Trümmer, Schrott, ähnlich dem in der hiesigen Altmetall-Sammelstelle. Auf der vorletzten Seite dann ein verrostetes Ölfass mit der Aufschrift „No smoking“.

Was bleibt? „No fascinating“, eher Mitleid mit den geborstenen einstigen Helden der Lüfte, um die sich keiner mehr schert ... außer einem deutschen Fotografen, der in der Wüste Stille einem mysteriösen Vierbeiner begegnet. Darüber immerhin gibt es ein Stück Text (allerdings kein Bild) ...

Cordula Tegen



Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

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

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: Jasmin Begli, Manuela Braun, Dorothee Bürkle, Martin Fleischmann, Lena Fuhrmann, Miriam Kamin, Elisabeth Mittelbach, Hans-Leo Richter

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, soweit nicht anders angegeben.

Motive Rückseite (rechts): Bilder vom Tag der offenen Tür im DLR Stuttgart, 18. Juli 2011



**Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft