



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt · DLR.de · Nr. 146 · Juni 2015

magazin

Über Höhen und Tiefen besser im Bild

Radar-Interferometrie hilft, die Topografie trockenfallender Wattbereiche zu erfassen

Leiser fliegen

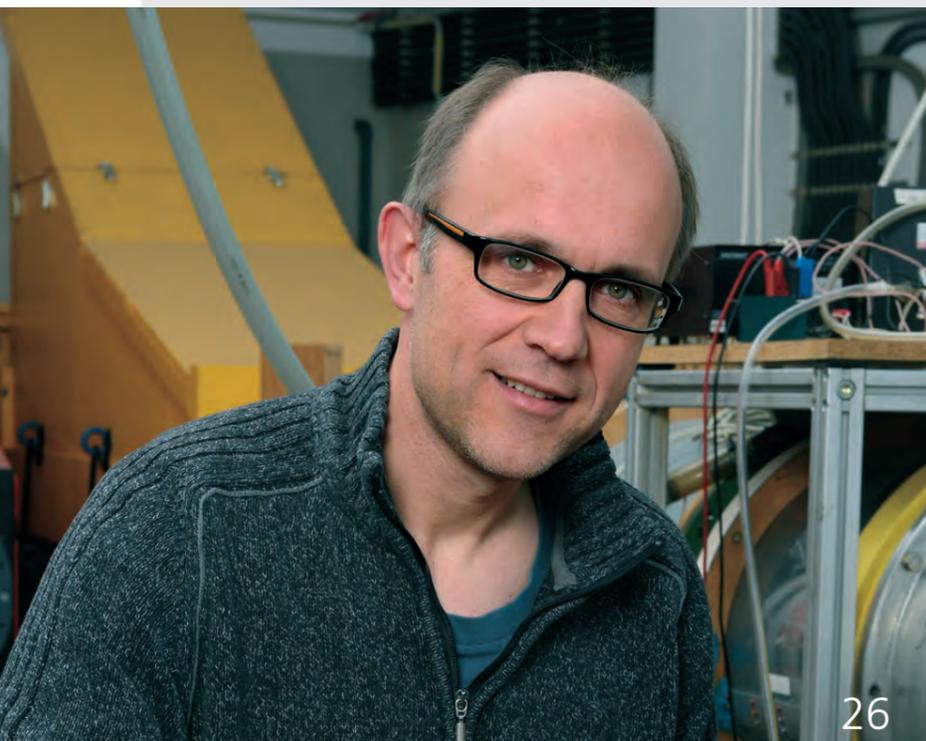
Triebwerksakustiker Lars Enhardt im Interview

Strommarkt der Zukunft

Gespräch zur Energy-Trans-Studie



DLR magazin 146



26

Interview mit DLR-Triebwerksakustiker Prof. Dr. Lars Enghardt

Die Forschung zur Triebwerksakustik im DLR ist fest mit dem Namen Lars Enghardt verbunden. Zuletzt gelang es ihm mit seinen Kollegen vom DLR-Institut für Antriebstechnik erstmals in einem Großversuch, mit einer neuen Druckluft-Technik Triebwerksgeräusche mittels Antischall deutlich zu senken. Im Interview erzählt der Wissenschaftler mit dem Faible für Turbinen, wie sich die Forschung zur aktiven Lärminderung bei Triebwerken über die Jahre entwickelt hat, wie das mit dem Antischall eigentlich funktioniert und warum der Einsatz von Druckluft dem von Lautsprechern überlegen ist.

- Editorial** 3
- EinBlick** 4
- Leitartikel**
Jan Wörner: Es bleibt spannend! 6
- Meldungen** 8
- Über Höhen und Tiefen besser im Bild**
Wattvermessung mit Radar-Interferometrie 10



Gut präpariert fürs Auf und Ab
„Kanzler-Airbus“ auf Forschungsmission 16



Maulwurf mit Tiefblick
InSight – eine NASA-Mission zur Erforschung terrestrischer Planeten 20

Die Vermessung eines Zwergplaneten
Ceres in 3-D mit DLR-Stereosoftware 22



Mit dem besonderen Knick
Lärmarmer Helikopter dank ERATO-Rotorblatt 24

Mit Druckluft wirds leiser
Lars Enghardt forscht am Antischallkonzept 26

In der Symmetrie des Kleeblatts
Hubschrauber ARTIS lernt das exakte Fliegen 30

Regionalmeldungen 32

Kontrollfahrt mit kleinem Gepäck
Ein Koffer voll Messtechnik für die Bahn 34

Neues Design für den Strommarkt
Gespräch zur Energy-Trans-Studie 36



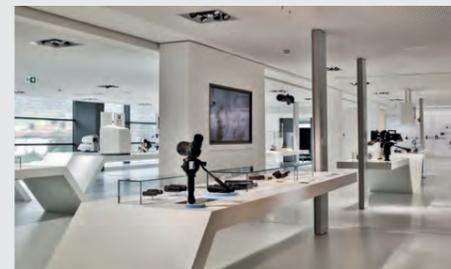
Lift-off für Senkrechtstarter
Das German Trainee Programme 40

Stets bereit für den Fall der Fälle
Ein Tag im Columbus-Kontrollraum 44



Surfen auf dem Luftstrom
Teil 6 der Serie „Die Windmaschinen“ 50

In Museen gesehen
Weitblick und Präzision im ZEISS Forum 52



Rezensionen 56



Liebe Leserinnen und Leser,

Dynamik, Tempo, Beschleunigung sind im DLR allgegenwärtig. Wer an das DLR denkt, sieht Raketen starten, Satelliten kreisen, Flugzeuge und Hubschrauber fliegen, neue Generationen von Zügen und Autos durch Stadt und Land fahren. Ein Halt ist nicht vorgesehen. Wirklich nicht? Ich plädiere für einen Zwischenstopp. Nicht nur um zu prüfen, ob man noch auf gutem Weg ist, nein auch um sich eine Ruhepause zu gönnen, Kraft zu tanken. Die Beschäftigung mit etwas ganz anderem als dem, was uns täglich treibt, vermag uns außerdem den zuweilen verstellten Blick auf wirklich Wichtiges wieder freizugeben.

Außerdem ist Sommerzeit und damit auch Ferienzeit. Urlaub vom rastlosen Tätigsein. Viele zieht es ans Meer. Wer an die Nordsee reist, trifft auf das Wattenmeer, eine Landschaft aus Sand und Schlick, durchzogen von Prielen und Rinnen. Und in stetem Wandel. Aktuelle Karten sind nicht nur für die Schifffahrt nützlich. Warum das Bundesamt für Gewässerkunde sich für Radar-Technologie aus dem DLR interessiert und was diese kann, ist Thema unserer Titelgeschichte. Falls Sie Ihren Zwischenstopp in dieser reizvollen Region einlegen, können Sie der Natur lauschen: Was für eine wohltuende Unterbrechung des Stadtlärms, vor allem in Regionen mit Flughäfen. Einen Mann, der seine Berufung darin sieht, Flugzeuge leiser zu machen, stellen wir Ihnen in diesem Magazin vor. Der Berliner Lars Enghardt weiß, wovon er redet. Mit Antischall gelang es ihm und seinem Team, in Tests den Triebwerkslärm fast zu halbieren. Ein langer Weg, denn nun muss er die Technik praxistauglich machen. Innehalten ist für die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Rund-um-die-Uhr-Betrieb eines Raumflugkontrollzentrums eher schwierig. Wir konnten Tom Uhlig aus dem Oberpfaffenhofener Kontrollzentrum für das Weltraumlabor Columbus überreden, es für das DLR-Magazin einmal zu tun. Er lässt uns seinen Arbeitsalltag in der Boden-Crew miterleben, die für die Astronauten auf der Internationalen Raumstation ISS stets bereit ist für den Fall der Fälle. Und um es vorwegzunehmen: Auch im Columbus-Kontrollzentrum gibt es Pausen ...

Eine solche, wenn auch recht knappe, legt unser Vorstandsvorsitzender Jan Wörner nun ein, bevor er am 1. Juli 2015 sein Amt als Generaldirektor der Europäischen Weltraumorganisation ESA antritt. Eine kurze Unterbrechung auf seiner beruflichen Reise – deren Wege, da bin ich sicher, die des DLR noch das eine oder andere Mal kreuzen werden.

Sabine Hoffmann
Leiterin DLR-Kommunikation

EinBlick



Versuch in Langsamkeit

Scheinbar schwerelos und wie in Zeitlupe schwebt das größte DLR-Forschungsflugzeug ATRA (Advanced Technology and Research Aircraft) am Himmel über Mecklenburg-Vorpommern. Im März 2015 führte es dort Flugversuche durch. Die Wissenschaftler untersuchten im Rahmen des Verbundprojekts HINVA (High Lift Inflight Validation) in bisher unerreichter Genauigkeit und Detailliertheit, wie sich die Strömung im Langsamflug an den Tragflächen und Landeklappen sowie im Bereich der Triebwerksgondeln verhält.

Bild: WTD61

Ein_DLR

Wissen für Morgen

Es bleibt spannend!

Von Johann-Dietrich Wörner

mein letzter Artikel als DLR-Vorstandsvorsitzender veranlasst mich zu einem Rückblick. Als ich im Jahr 2001 gefragt wurde, ob ich Vorstandsvorsitzender des DLR werden wolle, zögerte ich und sagte schweren Herzens ab, da ich meine Aufgabe an der TU Darmstadt noch nicht als erledigt sah. Erst sechs Jahre später, am 1. März 2007, trat ich das neue Amt an. Und obwohl mir das DLR durch meine Tätigkeit als Senatsmitglied schon bekannt war, zeigte es sich mir aus nächster Nähe spannender, herausfordernder und umfassender, als ich es mir erträumt hatte. Diese Tatsache und die volle Unterstützung innerhalb des DLR ermöglichte es mir, mich voll und ganz für das DLR, seine Menschen und seine Entwicklung einzusetzen. Eine bis heute wirklich befriedigende Aufgabe.

Spannende Themen griffen wir gemeinsam auf, diskutierten sie und setzten sie um. Mehr Internationalität gehört dazu, Diversity, das Graduate Program, Wissensmanagement, Kommunikation, das Programm DLR@UNI, Qualitätsmanagement, der Ausbau des Themas Maritime Sicherheit und vieles mehr. Die äußeren Randbedingungen, unter anderem der Konjunkturpakt, erlaubten viele richtungsweisende Investitionen und ein stetiges Wachstum. Die Programme Energie und Verkehr wurden einem neu etablierten Vorstandsbereich zugeordnet und der Bereich Sicherheit wurde durch die Einstellung eines Programmkoordinators aufgewertet und fokussiert.

Nicht immer begleitete uns eitel Sonnenschein. Dem stellvertretenden Vorstandsvorsitzenden Klaus Hamacher ist es zu verdanken, dass die drohenden Steuerabzüge durch die Infragestellung der Unternehmereigenschaft jetzt auf ein Maß reduziert werden konnten, die für das DLR ohne Gefahr der Insolvenz tragbar sind. Die Unsinnigkeit der Vorgehensweise seitens der Finanzpolitik ist damit zwar nicht entfallen, aber doch merklich leichter zu ertragen.

Ein Höhepunkt in meiner Zeit als Chef des DLR war die Strategiediskussion. Diese wurde im Vorstand, aber auch in großer Breite innerhalb des DLR und auch außerhalb sehr intensiv geführt. Es entstand ein Set an Dokumenten, in denen die übergeordneten Aspekte und Details in den Programmen sowie Aspekte der Organisation strategisch beschrieben wurden. Der Prozess ist noch nicht abgeschlossen. Er bedarf der permanenten Betrachtung, um den sich ändernden äußeren Bedingungen gerecht zu werden. Zudem ist das Untersetzen der strategischen Aussagen in den derzeitigen Papieren noch nicht gänzlich zufriedenstellend. „Culture eats Strategy at Breakfast“ beschreibt sehr zutreffend die Situation: Alle noch so schön formulierten und wichtigen Papiere sind allein nichts wert, wenn die Kultur der Organisation und die Strategie nicht zueinanderpassen. In diesem Verständnis wurden auch die Leitlinien formuliert. Weitere Anstrengungen im täglichen Umgang miteinander sind erforderlich. Um die Strategie mit Leben zu erfüllen, sind noch einige inhaltliche und organisatorische Überlegungen umzusetzen, die bisher an etablierten Strukturen scheiterten. Hier sehe ich vor allem ein zentrales Impulsbudget und gemeinsam getragene Einrichtungen wie ein reales Lärmkompetenzzentrum als noch zu erledigende Aufgaben.

Der in den letzten Jahren ausgeprägte Leitgedanke Ein_DLR ist keine Worthülse mehr. Er lebt und ist die Gewähr für ein starkes DLR in allen Belangen. Überlegungen, einzelne Bereiche mit nur scheinbar tragenden Argumenten abzutrennen, widerspreche ich aus tiefster Überzeugung. Denn die Stärke des DLR ist eine Stärke für Deutschland. Ein Fakt, der bereits mehrfach bewiesen wurde. Neben der Wirkung nach außen ist Ein_DLR aber auch mit Verpflichtungen im internen Bereich verbunden.

Wer eine starke Präsenz Deutschlands in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit will, der muss sich auch für Ein_DLR einsetzen. Lösungen zur Berücksichtigung besonderer Aspekte stehen dem nicht im Wege.

Wie sieht nun die Zukunft des DLR aus? Der Vorsitzende des DLR-Senats, Staatssekretär Matthias Machnig, hat die aktuelle Struktur ausdrücklich als zukunftsfähig und weiterzuführen benannt. Andererseits: Ein Wechsel an der Spitze des DLR ist auch eine Chance, neue Ziele zur formulieren, Herausforderungen anzugehen und die Zukunft eines starken DLR sicherzustellen, ganz nach dem Motto: „Das Bessere ist des Guten Feind.“

Ich bedanke mich bei allen, die mich in den letzten Jahren aktiv unterstützt und/oder kritisch begleitet haben. Nur gemeinsam konnten wir erfolgreich sein. Und ich bin mir sicher: Das DLR wird diesen Kurs weitergehen. ●



Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner

Meldungen

TEXUS-Raketenprogramm: neue Experimente in Schwerelosigkeit

Die zwei Forschungsraketen TEXUS 51 und 52 des DLR sind Ende April 2015 vom Raumfahrtzentrum Esrange in Nordschweden gestartet. Insgesamt sieben Experimente aus Materialwissenschaft und Biologie waren an Bord. Verschiedene Institute und Universitäten nutzten die Gelegenheit, um ihre Forschung mit neuen Daten aus der Schwerelosigkeit voranzutreiben. Die Tests wurden erfolgreich durchgeführt und die Daten zur Erde gebracht, wo sie über längere Zeit ausgewertet werden.

Eines der TEXUS-Experimente untersuchte die Bildung von unerwünschten Siliziumkarbid-Partikeln in Solarzellen. Solarenergie gehört zu den Hoffnungsträgern für eine Energiepolitik mit erneuerbaren Ressourcen. Leistungsstarke und effizient arbeitende Solarpaneele sind dazu unerlässlich. Andere Tests widmeten sich einem speziellen Laser zur Verbesserung der Präzisionsstereoskopie, den Erstarrungsprozessen flüssiger Metalle und dem sogenannten Live-Cell-Imaging durch ein spezielles Mikroskop, das hochaufgelöste, fluoreszenzmikroskopische 3-D-Bilder in organischen Substanzen aufnimmt.

Auch der Mensch war Gegenstand der Experimente. Die Wissenschaftler wollen herausfinden, wie sich Schwerelosigkeit auf menschliche Zellen auswirkt. Zellkulturen und ihre genetischen Aktivitäten wurden dazu mittels DNS-Chip überwacht. Mit den neuen empirischen Daten will man der Infektanfälligkeit von Astronauten im All auf die Spur kommen und kann daraus vielleicht sogar medizinische Erkenntnisse generell für die Bekämpfung von Infekten ableiten.



Vor jedem Raketenstart werden die Wetterverhältnisse geprüft. Unten am Ballon hängt ein Messgerät, das die Daten aus den verschiedenen Schichten der Atmosphäre an das Raumfahrtzentrum sendet. Vor allem starke Winde stehen dem Start zuweilen entgegen.



s.DLR.de/us1b

200. Beobachtungsflug der fliegenden Sternwarte SOFIA

Das Flugzeugobservatorium SOFIA hat im März 2015 seinen 200. Beobachtungsflug absolviert. Der Nachtflug am 12./13. März 2015 über den USA war zugleich der zweite Flug der neuen Beobachtungskampagne mit dem Wissenschaftsinstrument FIFI-LS (Far-Infrared Field Imaging Line Spectrometer) der Universität Stuttgart.



Der GREAT-Empfänger (metallisch silbern), montiert am Teleskop (blau) des Flugzeug-Observatoriums SOFIA

Die Forscher um Prof. Alfred Krabbe, Leiter des Deutschen SOFIA-Instituts der Universität Stuttgart, beobachteten auf diesem Flug unter anderem bislang unverstandene Phänomene in dichten Stern-Entstehungsgebieten und maßen die Zusammensetzung von Gas- und Staubwolken in nahe gelegenen Galaxien.

Dem Flug vorausgegangen war eine fünfmonatige Überholungsphase, der sogenannte Heavy Maintenance Visit, bei Lufthansa Technik in Hamburg. Dabei wurde das Flugzeug gründlich inspiziert, die Klima-Anlage wurde erneuert und die Kabine von SOFIA bekam eine bessere schall- und wärmeisolierende Innenverkleidung.

Anschließend wurde SOFIA für die nächste Beobachtungsreihe mit dem deutschen Instrument GREAT (German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies) vorbereitet. Im Mai 2015 flog GREAT mit einem neuen Sensor-Paket (upGREAT). Zur Unterstützung dieses neuen Sensor-Pakets musste im Flugzeug eine neue Kühlung eingebaut werden.



s.DLR.de/h2nh

Flugversuche für den langsameren und lärmarmen Anflug

Tragflächen, die für den langsameren Anflug perfekt geeignet sind, werden vom DLR gemeinsam mit Airbus erforscht. Dazu wurden im März 2015 über Mecklenburg-Vorpommern Versuchsflüge absolviert. Das Ziel: die tragende Luftströmung an den Flügeln und Klappensystemen zu vermessen. Das gelang bei den Flügen an der Grenze des Machbaren in bisher unerreichter Genauigkeit (siehe dazu auch EinBlick auf Seite 5/6).

Beim Testflug mit dem A320 ATRA (Advanced Technology Research Aircraft) des DLR führten die Piloten 30 Überziehmanöver aus. Dabei wurde die „Nase“ des ATRA bei verringertem Schub bis zum maximalen Auftrieb hochgezogen, um beim anschließenden Abkippen wieder abgefangen zu werden. Damit die Forscher später am Computer das Strömungsgeschehen detailliert nachvollziehen können, entwickelten sie eine spezielle Messtechnik, die in mehrwöchiger Vorbereitungszeit auf beiden Flügeln montiert wurde. Aus den Versuchen lernen die Wissenschaftler, die aerodynamischen Grenzen bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten besser zu verstehen und sie zugunsten künftiger lärmarmen Anflüge weiter zu verschieben.



ATRA mit ausgefahrenen Landeklappen – typisch für den extremen Langsamflug



s.DLR.de/1d4q

Günstige Energiespeicherung auf Feststoffbasis

Wärme aus Industrie- und Kraftwerksprozessen lässt sich wesentlich preiswerter und effizienter nutzen, wenn als Speichermedium Feststoffe wie Beton, Ziegelsteine oder Basalt zum Einsatz kommen. Im Gegensatz zu den derzeit verwendeten Stoffen, wie Flüssigsalze oder Thermoöle, kosten diese nur einen Bruchteil. Die gespeicherte Energie kann später wieder in den Prozess eingebracht oder anderen Abnehmern zur Verfügung gestellt werden. Dies sieht das neuartige Wärmespeicherkonzept „CellFlux“ vor.

Das Konzept basiert auf einzelnen Modulen, den sogenannten Zellen (cell), und passt sich so der erforderlichen Speicherkapazität an. Dessen Vorteil liegt in seiner großen Flexibilität hinsichtlich des Temperaturbereichs, der Skalierbarkeit des Speichers sowie der Kosteneffizienz des eingesetzten Speichermediums.



Die DLR-Energieforscher haben das CellFlux-Konzept auch in einer Pilotanlage realisiert. Mit ihr untersuchen sie das komplette System in unterschiedlichen Testzyklen.



s.DLR.de/10ma

AN DER GRENZE DES FLIEGBAREN



s.DLR.de/nlwh

An der Grenze des Machbaren flog das DLR-Forschungsflugzeug ATRA im März 2015. Ziel des extremen Langsamflugs:

Die tragende Luftströmung an den Flügeln und Klappensystemen genauestens zu vermessen, um zukünftige Tragflächen leichter zu bauen und für langsamere und damit leisere Anflüge zu optimieren. Das YouTube-Video zeigt den Flug und erläutert Hintergründe (siehe dazu auch den Magazin-EinBlick und nebenstehende Meldung).

WAYBACK MACHINE: DAS INTERNETARCHIV



archive.org/web/

Das World Wide Web ist wider seinen Ruf, es vergesse nichts, auch ein flüchtiges Medium. Aktualisiert ein Portal seinen Inhalt oder das Layout, ist die alte Version wie Schall und Rauch – zumindest für den externen Nutzer. Die Wayback Machine fungiert als Gedächtnis. Sie besucht die verschiedensten Websites regelmäßig und speichert einzelne Seiten als Screenshots ab. Über 450 Milliarden sind es mittlerweile. – Erstaunlich, wie sich beispielsweise DLR.de über die Jahre verändert hat ...

DER LEBENSZYKLUS VON KOHLENSTOFFVERBINDUNGEN



bit.ly/1HhFfWd

Das Goddard Space Flight Center der NASA demonstriert in einer Computersimulation auf visuell beeindruckende Weise die Dynamik von Treibhausgasen in der Erdatmosphäre. Der Zeitraffer zeigt, wo Kohlenstoffdioxid und Kohlenmonoxid entstehen und wie sie – durch die globale Wetterzirkulation angetrieben – rund um unseren Planeten dispergieren. Der Unterschied zwischen nördlicher und südlicher Hemisphäre wird dabei deutlich. Außerdem kann man den wichtigen Einfluss der Jahreszeiten auf Zunahme und Abbau von CO₂ und CO innerhalb eines Jahres verfolgen.

ASTRONAUTENTRAINING – FÜR DIE KLEINEN ERKLÄRT



bit.ly/1EuGgeM

Kein Geringerer als ESA-Astronaut Alexander Gerst erklärt bei der Sendung mit der Maus, wie das Training für die Arbeit auf der Internationalen Raumstation ISS aussieht. In diesem Video-Podcast des WDR von 2011 erfahren die jungen und junggebliebenen Welt-raumenthusiasten unter anderem, wie man für die Schwerelosigkeit unter Wasser trainiert, warum die Zahnpasta für Astronauten geschluckt werden darf und dass @Astro_Alex Mausfan ist.

AUSSTELLUNG STAR WARS IDENTITIES



bit.ly/18yR9hQ

Jedi-Ritter, eine magische Macht, Schurken und fremde Kreaturen – seit Jahrzehnten begeistern sich Groß und Klein für die Helden von „Krieg der Sterne“. Fans auf der ganzen Welt freuen sich auf den Kinostart des mittlerweile siebten Teils der Saga im Dezember 2015. Wer sich die Wartezeit verkürzen will, kann die Ausstellung STAR WARS IDENTITIES im Odysseum in Köln besuchen. Neben Kostümen und Requisiten aus den Archiven der Lucasfilm Ltd. bekommen die Besucher Fragen beantwortet und erfahren ihre ganz persönliche Star-Wars-Identität.

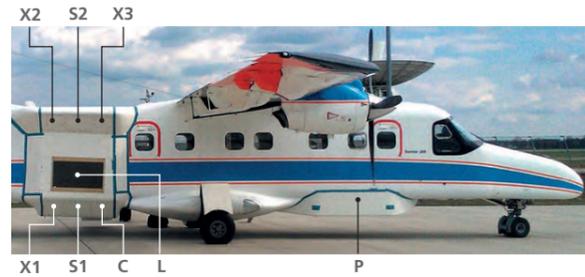
Über Höhen und Tiefen besser im Bild

Watt um die Insel Neuwerk im
südwestlichen Teil der Elbmündung
in einer optischen Luftbildaufnahme

Sand und Schlick, durchzogen von Priel und Rinnen, feine Verästelungen, die sich von der Küste landeinwärts in Salzwiesen fortsetzen. – Kaum eine Landschaft auf der Erde verändert sich so dynamisch wie das Watt. Gezeiten und raue Wetterlagen unterwerfen das Wattenmeer einem steten Wandel, von den nassen bis zu den trockenfallenden Bereichen. Nicht nur nach einer Sturmflut sind Schiffe deswegen auf aktuelle Karten des überschwemmten Gebiets angewiesen. Das Watt ist außerdem ein empfindliches Ökosystem. Veränderungen in der Pflanzen- und Tierwelt müssen regelmäßig beobachtet und dokumentiert werden. Wie lassen sich Wattflächen innerhalb kurzer Zeit dreidimensional vermessen? Am DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme in Oberpfaffenhofen werden Technologien und Verfahren zum Vermessen der Wattoberfläche entwickelt.

Radar-Interferometrie hilft, die Topografie trockenfallender Wattbereiche zu erfassen

Von Rolf Scheiber und Muriel Pinheiro



Das DLR-Forschungsflugzeug Dornier Do-228 mit weißem Antennenhalter des F-SAR-Sensors auf dem Vorfeld in Oberpfaffenhofen. Die Positionen der X- und S-Band-Antennen für die SAR-Interferometrie sind bezeichnet.

Glossar

SAR (Synthetic Aperture Radar)

Durch die Bewegung einer seitwärts blickenden Radar-Antenne wird eine lange virtuelle Antenne simuliert, die durch eine sehr schmale Antennenkeule gekennzeichnet ist. Damit wird eine sehr gute, entfernungsunabhängige räumliche Auflösung erzielt. Das seit den Fünfzigerjahren bekannte Prinzip wird heute für Radar-Systeme auf Flugzeugen und Satelliten, aber auch bei bodengebundenen Fahrzeugen genutzt.

TerraSAR-X

Erster ziviler deutscher SAR-Satellit, gestartet 2007

SAR- Interferometrie

Verfahren zur Messung von Weglängenunterschieden mit Genauigkeiten, die kleiner sind als die Wellenlänge. Dazu werden zwei SAR-Bilder aus leicht unterschiedlicher Geometrie miteinander verrechnet. Der Abstand der zwei Antennen wird als Basislinie bezeichnet. SAR-Interferometrie dient unter anderem der großflächigen Vermessung der Topografie.

TanDEM-X

Ziel der Satellitenmission TanDEM-X ist ein hochgenaues dreidimensionales Abbild der Erde. In einem einzigartigen Formationsflug vermessen die DLR-Zwillingsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X (gestartet 2010) die Erdoberfläche im Einpass-Interferometriemodus.

Einpass- Interferometrie

Die interferometrische Basislinie wird von zwei Antennen gebildet, die meistens beide auf der gleichen Plattform fliegen. Die Datenaufzeichnung erfolgt simultan und die Höhen Genauigkeit ist durch den Sensor festgelegt.

Mehrpass- Interferometrie

Die interferometrische Basislinie entsteht durch wiederholte Befliegung mit räumlichem Versatz. Damit kann die erzielbare Höhen Genauigkeit der Anwendung angepasst werden.

ALS (Airborne Laserscanning)

Methode der Geodäsie, bei der die Topografie zeilenweise quer zur Flugrichtung mit Hilfe von Entfernungs-messungen mittels Laser erfasst wird.

SNR (Signal-to- Noise-Ratio)

Signal-Rausch-Verhältnis, Verhältnis von Radar-Rückstreu-Intensität und thermischem Rauschen in einem Radar-Bild. Es hat direkten Einfluss auf die erzielbare Höhen Genauigkeit.

Bei Ebbe fällt das Watt teilweise trocken, der Untergrund tritt sichtbar hervor: der ideale Zeitpunkt, um die Bodentopografie dieser Bereiche zu erfassen. Das Zeitfenster dafür beschränkt sich auf eine Stunde. Bisher sind Messflüge per Laserscan ALS (Airborne Laser Scanning) üblich, doch die Nutzer, beispielsweise Küsten- und Naturschützer, wünschen sich eine Alternative. Mit Radar ist eine wesentlich effizientere Kartierung großer Wattbereiche möglich.

Im Rahmen eines Pilotprojekts im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) untersucht das DLR daher die Möglichkeit der Wattvermessung per Radar, speziell mittels flugzeuggestützter SAR-Interferometrie (Synthetic Aperture Radar; InSAR). Zwischen November 2012 und Juli 2013 führten Wissenschaftler vom Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme im DLR Oberpfaffenhofen dazu drei Testbefliegungen durch. Sie waren an der deutschen Nordseeküste in der Nähe von Wilhelmshaven unterwegs. Zum Einsatz kam das institutseigene flugzeuggestützte F-SAR-System. Es hat die besondere Fähigkeit, zeitgleich mehrere Frequenzen in hoher Auflösung aufzuzeichnen. Für höhere Genauigkeiten kann es außerdem die Daten von mehreren Messflügen gemeinsam verrechnen. Ziel des Pilotprojekts war es, zu ermitteln: Welche Radar-Frequenzbereiche und welche Fluggeometrie sind am besten für die Vermessung der Watt-Topografie geeignet? Und: Wie sind die Radar-Daten idealerweise zu verarbeiten?

Für den ersten Messflug wurde das DLR-Forschungsflugzeug Dornier-228 mit Radar-Sensoren im X-Band-Frequenzbereich ausgestattet. Die Messung erfolgte über dem Testgebiet in Ost-West-Richtung, quer über den gesamten Jadebusen. Nach den ersten Datenauswertungen erfolgte im April 2013 eine weitere X-Band-Befliegung mit optimierter Radar-Einstellung und Fluggeometrie. Zum Vergleich wurde von der BfG ein zusätzlicher Messflug mit der üblichen Laserscan-Methode beauftragt. In der letzten Etappe schließlich, im Juli 2013, wurde das Radar-System erstmals im Mehrfrequenz-Aufnahmemodus getestet. Dafür kam eine Kombination aus X-Band- und S-Band-Sensoren zum Einsatz. Beide Radar-Signale zeichnete das System während eines Überfluges simultan auf. Im Abstand von wenigen Minuten erfolgte dann ein zweiter, paralleler Überflug. Mit dieser Messung konnten die Höhengenaugigkeit wie auch die Unterscheidung von Wasser und trockengefallenen Gebieten verbessert werden.

Flugzeugbasierte Radar-Systeme – schneller, flexibler, exakter

Topografische Messungen per Laser, wie sie bisher vorgenommen werden, erzielen gute Höhengenaugigkeiten von rund zehn Zentimetern bei einer räumlichen Auflösung von etwa einem Meter. Der Laser kann somit Flächenelemente in der Größenordnung einer Europapalette dreidimensional darstellen. Ein Nachteil ist jedoch seine geringe Flächenleistung, also die abgebildete Fläche innerhalb einer bestimmten Zeit. Und: Es ist eine Sichtverbindung notwendig, sodass Messungen nur bei wolkenfreiem Wetter stattfinden können.

Radar zeichnet im Vergleich zum Laser eine vier- bis achtmal größere Fläche pro Überflug auf. Bei der Abbildung des drei Kilometer breiten Testgebiets erreichte das F-SAR eine vergleichbare Bildauflösung von bis zu einem halben Meter, sodass sich im Radar-Bild auch kleinste Prielen erkennen lassen. Da Radar-Sensoren außerdem unempfindlich gegenüber Wettereinflüssen sind, kann das täglich einstündige Zeitfenster zur Datenerfassung maximal genutzt werden. Das bietet auch mehr Sicherheit für die Flugplanung. In Summe erwarten die Experten mit Radar eine insgesamt zehn- bis zwanzigmal schnellere Kartierung von Wattgebieten, als sie bisher per Laser möglich war. Die größte Herausforderung für einen künftig operationellen Einsatz liegt dabei in der Verarbeitung der komplexen Daten.

Das F-SAR bietet aber auch Vorteile gegenüber satelliten-gestützten Radar-Systemen, wie etwa TanDEM-X. Ein Flugzeug macht das Radar-System flexibel einsetzbar – ein entscheidendes Kriterium für Anwendungen im Wattbereich. Außerdem bietet es – für die Anwendung sehr wichtig – eine deutlich höhere räumliche Auflösung bei zugleich wesentlich besserem Signal-Rausch-Verhältnis.

Ausgeklügelte Verfahren bringen mehr Informationen

Zur Kartierung schwieriger Wattflächen müssen die Hebungen und Senkungen der Geländeoberfläche mit einer Genauigkeit von rund zehn Zentimetern vermessen werden. Auch der Nachweis von Veränderungen ist wichtig. So lassen sich Wasserflächen etwa durch ihre Wellenbewegung von nassem Sand abgrenzen. Diese Unterscheidung gelingt den Radar-Experten durch die Mehrpass-Interferometrie: Das abzubildende Gebiet wird dazu wiederholt in räumlichen Abständen von zehn bis 100 Metern befliegen. Anschließend werden die Daten in einem ausgeklügelten Verfahren verrechnet. Hintergrund ist die Verlängerung der sogenannten interferometrischen Basislinie. Dadurch kann die Höhengenaugigkeit um eine Größenordnung verbessert werden.

Während der letzten Kartierung im Juli 2013 führten die Wissenschaftler die Mehrpass-Interferometrie mit parallelen Flugpfaden im Abstand von 30 Metern auf einer Flughöhe von 2.400 Metern durch. Dank der Kombination des kurzwelligeren X-Bandes und des S-Bandes, mit dreimal größerer Wellenlänge, ließen sich Fehlerfortpflanzungen der Datensätze vermeiden und Mehrdeutigkeiten auflösen, die sonst bei Daten einer einzigen Frequenz auftreten. Das Ergebnis: Sandbänke wie auch isolierte Inselbereiche konnten identifiziert und ihre Höhen korrekt errechnet werden. Die F-SAR-Aufnahmen vom Juli machten außerdem sichtbar, welche lokalen Änderungen sich im Bereich der Sandablagerungen und bei den Salzwiesen innerhalb der drei Monate seit den Messungen vom April ergeben haben.

Wie die abschließenden Datenauswertungen der letzten Testbefliegung zeigen, bietet das F-SAR-System im Mehrfrequenz-Betrieb eine effektive und robuste Lösung zur Kartierung von Wattgebieten. Der Erfolg des Pilotprojekts gibt Nutzern und Entwicklern somit Recht. Die Messungen sollen nun auf ein größeres Testgebiet ausgedehnt werden. Derzeit werden die Möglichkeiten eines gemeinsamen Projektantrags mit der BfG und Einrichtungen der zuständigen Bundes- und Landesbehörden erörtert: dem Bundesamt für Wasserstraßen sowie dem niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Auch weitere praktische Einsatzmöglichkeiten der SAR-Technologie sollen in den kommenden Jahren untersucht werden, etwa Rauigkeitskartierung und Klassifikation von Vegetation im Wattgrenzbereich. So entstehen mit Hilfe von Radar künftig hochgenaue Karten und Bilder – von einer Landschaft, die niemals stillsteht. ●

Autoren:

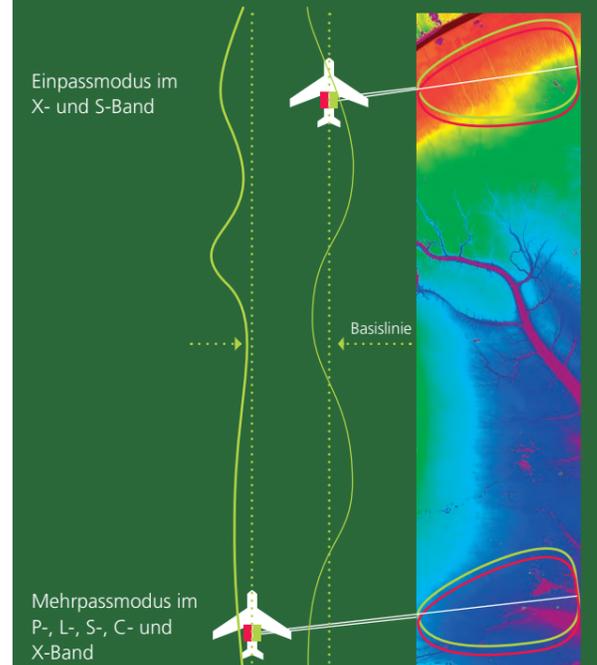
Rolf Scheiber ist Fachgruppenleiter SAR-Signalverarbeitung am DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme in Oberpfaffenhofen.

Muriel Pinheiro arbeitet am gleichen Institut und beendet gerade ihre Doktorarbeit zum Thema „Hochgenaue Geländemodelle aus SAR-Interferometrie“.



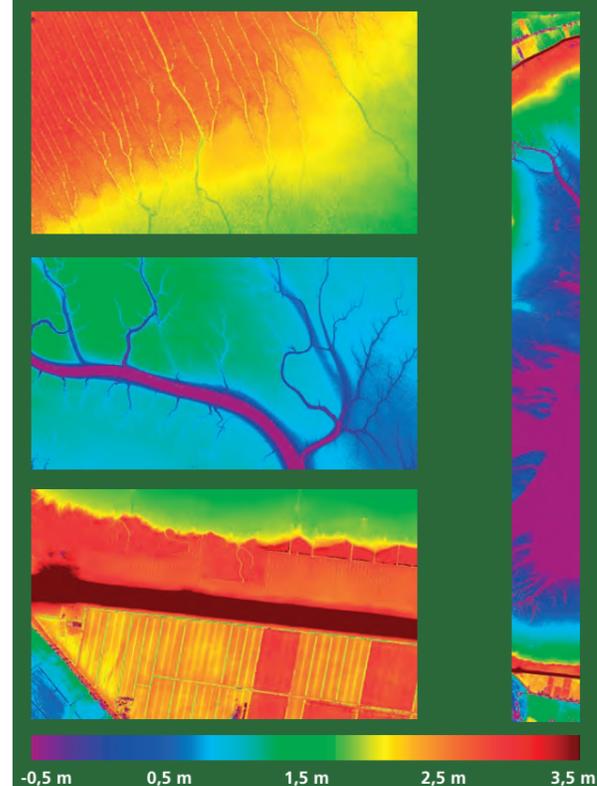
Weitere Informationen:
s.DLR.de/6o11

Flugzeuggestützte SAR-Interferometrie mit F-SAR



Geländemodell des Testgebiets am Jadebusen

(gesamter F-SAR-Flugstreifen, 18 km x 3 km, und Detailbilder)



Gefragt sind genaue Geländemodelle vor allem bei Niedrigwasser



Herbert Brockmann, Leiter des Referats Geodäsie der Bundesanstalt für Gewässerkunde, im Interview mit Bernadette Jung

Herbert Brockmann

Zu welchem Zweck lassen Sie Küstengebiete topografisch vermessen?

Wir unterstützen die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes dabei, die Zufahrten zu den Seehäfen zu gewährleisten. Genauer gesagt sollen die Fahrrinnen so angepasst werden, dass die Mindestwassertiefen für die großen Container-Schiffe gegeben sind. Topografische Daten sind die Grundlage für die entsprechenden Planungen, Anpassungen und Unterhaltsvorhaben. Dazu erstellen wir flächendeckend digitale Geländemodelle der Wattflächen, Fahrwasserbereiche und Vorländer in einer Auflösung von einem Meter. Diese Daten werden auch für hydronumerische Modelle genutzt, die wiederum der Vorhersage von Wasserständen, Strömungen oder morphologischen Veränderungen dienen. Auch ökologische Fragestellungen bearbeiten wir auf dieser Datenbasis, beispielsweise das Monitoring von ufernahen Röhrichtbeständen.

Welche Rolle spielt dabei die Radar-Technologie?

Alle fünf bis sechs Jahre müssen die topografischen Daten aktualisiert werden. Bisher ist es üblich, die trockenfallenden Wattflächen zu befliegen und mit Laserscannern an Bord diese Daten zu erfassen. Das würden wir gerne mit Radar ausführen.

Wir könnten dann wetterunabhängiger messen, also auch bei Regen und Bewölkung. Außerdem ist die Aufzeichnungsfläche pro Überflug beim Radar wesentlich größer als beim Laser. Das ist von Vorteil angesichts des engen Zeitfensters, da die Daten nur nahe dem Tideniedrigwasserstand erfasst werden können. Die neuesten Entwicklungen am DLR – das F-SAR-System und seine Fähigkeit zur Mehrfrequenz-Aufzeichnung – machen die Radar-Alternative besonders interessant. Deshalb stecken wir hier viel Energie in die Forschung und Entwicklung.

Das Pilotprojekt mit dem DLR wurde erfolgreich abgeschlossen – wie geht es weiter?

Unser Ziel ist es, mit dem DLR die Technologie so weit zu entwickeln, dass die flugzeuggestützte radarbasierte Erfassung der trockengefallenen Watt-Topografie operationell und praxistauglich erfolgen kann. Ich bin sehr zuversichtlich, dass wir das zusammen erreichen. Wir bauen auch auf weitere gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. ●



Weitere Informationen:
<http://bit.ly/1x8yZhv>

Anwendungsfelder für F-SAR-Daten

Anwendung	F-SAR-Modi
Waldhöhen und -struktur	Mehrpass-Interferometrie (polarimetrisch) im S-, L- und P-Band
Digitale Geländemodelle	Einpass-Interferometrie im X- und S-Band
Absenkungen beziehungsweise Hebungen als Bergbaufolgeerscheinungen	Mehrpass-Interferometrie (differenziell) im S- und L-Band
Bodenfeuchte	SAR-Polarimetrie im L-Band
Klassifikation und Bewuchshöhenbestimmung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen	SAR-Polarimetrie beziehungsweise Mehrpass-Interferometrie (polarimetrisch) im X- und C-Band
Gletscher- und Schneeklassifikation	SAR-Polarimetrie im X-, C-, S-, L- und P-Band
Gletscherfließgeschwindigkeit	Mehrpass-Interferometrie (differenziell) im S-, L- und P-Band
Hochauflösende Abbildung bei Katastrophen und Großereignissen	SAR-Polarimetrie im X-Band
Verkehrsbeobachtung	Einpass-Interferometrie im X-Band

Sylt, die größte der nordfriesischen Inseln, mit den „Augen“ des Radar-Satelliten TerraSAR-X gesehen: Für das Bild wurden Datensätze vom 22., 24. und 27. Oktober 2007 kombiniert. Alle Gebiete, in denen zwischen den Aufnahmezeitpunkten Veränderungen stattfanden, erscheinen in Blau und Grün – insbesondere die durch die Gezeiten beeinflussten Gebiete des Wattenmeeres. Die Landflächen erscheinen aufgrund der relativ geringen Veränderungen in Grau- und Brauntönen.



Gut präpariert fürs Auf und Ab

Er ist 16 Jahre jünger als sein Vorgänger, hat eine bewegte Geschichte und tritt ein beachtliches Erbe an: Der ehemalige „Kanzler-Airbus“ A310-304 VIP ist das neue, europaweit einzigartige Parabelflugzeug und wird – wie zuvor schon der A300 ZERO-G – vom DLR für wissenschaftliche Experimente in Schwerelosigkeit genutzt. Das ehemalige deutsche Regierungsflugzeug gehört seit einem Jahr dem Unternehmen Novespace in Bordeaux – einer Tochterfirma der französischen Raumfahrtagentur CNES. Nach umfangreichen Checks und Umbauten in Frankreich und bei der Lufthansa Technik AG in Hamburg hat der A310 ZERO-G am 5. Mai 2015 seine Feuertaufe als Parabelflugzeug bestanden.



Aus Alt mach Neu: Der ehemalige Kanzler-Airbus „Konrad Adenauer“ (links) war als VIP-Maschine für Reisen und Staatsbesuche von Bundeskanzlern und Bundesministern weltweit im Einsatz. Umgebaut zum A310 ZERO-G ist er nun für die Forschung in Schwerelosigkeit im Einsatz.

Geschichte des bisherigen Parabelflugzeugs A300 ZERO-G

Der Airbus A300 ZERO-G war von 1997 bis 2014 als Parabelflugzeug bei der französischen Firma Novespace im Einsatz und am Flughafen Bordeaux-Mérignac stationiert. Das DLR hat das Spezialflugzeug seit 1999 in 25 Kampagnen für mehr als 400 Experimente in Schwerelosigkeit genutzt. Eine Kampagne umfasst drei bis fünf Flugtage. Pro Flugtag werden 31 Parabeln geflogen – bei jeder Parabel herrscht für 22 Sekunden Schwerelosigkeit. Anfang November 2014 lief die Zulassung des 1973 gebauten A300 ZERO-G aus. Er wurde auf Vermittlung des DLR zum Flughafen Köln-Bonn überführt und kann dort besichtigt werden.

Geschichte des neuen Parabelflugzeugs A310-304 „10+21“

Der Airbus A310-304 „10+21“ wurde am 24. Juni 1989 vom Flugzeughersteller Airbus an die DDR-Fluggesellschaft „Interflug“ übergeben und bis 1991 als Linienflugzeug auch von Regierungsmitgliedern genutzt. Der A310 hat Zusatztanks im Frachtraum, kann bis zu 11.000 Kilometer weit fliegen und konnte so Langstrecken nach Kuba oder Singapur erstmals nonstop überbrücken. Am 27. August 1991 ging das Flugzeug in das Eigentum der bundesdeutschen Luftwaffe über und war als VIP-Maschine „Konrad Adenauer“ von 1993 bis 2011 für Reisen und Staatsbesuche von Bundeskanzlern und Bundesministern weltweit im Einsatz. Stationiert war der A310 „10+21“ bei der Flugbereitschaft des Bundesministeriums für Verteidigung am Flughafen Köln-Bonn. Genau 25 Jahre nach der Erstzulassung wurde die „Konrad Adenauer“ am 24. Juni 2014 an den neuen Eigner Novespace übergeben. Die Firma bietet seit 1997 wissenschaftliche Parabelflüge an, seit 2012 auch kommerziell als Erlebnisflüge für jedermann. Vom 3. September 2014 bis zum 18. März 2015 überholte die Lufthansa Technik AG in Hamburg die Maschine und baute sie zum Parabelflugzeug um.

Einstiges Kanzler-Flugzeug nun auf wissenschaftlicher Mission

Von Dr. Ulrike Friedrich und Jörg Paisen

Rückblick. Hamburg, 3. September 2014: Der Airbus A310, der an diesem Mittwoch um 10:30 Uhr auf dem Flughafen der Hansestadt landet, sieht schon sehr ungewöhnlich aus – so komplett weiß, ohne jegliche Beschriftung. Der frühere Schriftzug „Bundesrepublik Deutschland“ und das schwarz-rot-goldene Flaggenband sind verschwunden. Denn das Flugzeug befindet sich seit dem 24. Juni 2014 nicht mehr im Eigentum des Bundes, sondern gehört einem Privatunternehmen, der französischen Firma Novespace.

Von außen deutet also nichts mehr auf seine erste „Karriere“ als VIP-Flugzeug der Bundesregierung hin – innen sieht das zu diesem Zeitpunkt noch ganz anders aus. In der vorderen Kabine des 1989 zugelassenen Airbus befinden sich ein Schlafzimmer mit zwei Betten (inklusive Anschnallgurten ...), ein Bad mit Dusche und WC, ein Aufenthalts- und ein Arbeitsraum für zwölf Personen und ein kleiner Konferenzraum mit Funkabteil. Abgetrennt davon gibt es darüber hinaus 22 Business-Class- und 57 Economy-Sitze. Noch. Denn der Ausbau der VIP-Kabine steht ganz oben auf der

To-do-Liste der Lufthansa-Technik-Crew und damit unmittelbar bevor. Allein 50 Technikerinnen und Techniker sind bis zum Abflug des generalüberholten und zum Spezialflugzeug umgebauten A310 am 18. März 2015 in Hangar 5 im Einsatz. Hinzu kommen Planungingenieure, Zulassungsexperten, Controller sowie zur Unterstützung Fachleute aus verschiedenen Werkstätten.

Während der sechsmonatigen Liegezeit des Airbus in Hamburg wurden rund 1.350 Teilmodifikationen erledigt. Besondere Herausforderung: Das Flugzeug, das bislang als Militärflieger zugelassen war, musste nach den Regularien der Europäischen Agentur für Luftsicherheit EASA umgebaut werden. Dazu wurde der Airbus zunächst in seinen ursprünglichen Werkzustand zurückversetzt. Das hieß: Der A310 wurde bis auf die tragenden Strukturen auseinandergenommen, inspiziert, wenn nötig erneuert, getestet und nach den Vorschriften für zivile Flugzeuge wieder zusammengesetzt. So wurden besonders die Struktur der Außenhaut, die Fahrwerke, die Triebwerke und die Tragflächen sowie das gesamte Flugzeugsystem, die Elektronik und Elektrik



Sechseinhalb Monate dauerten Umbau und Neuzulassung der ehemaligen Regierungsmaschine. Die Mitarbeiter der Lufthansa Technik AG in Hamburg nahmen für die „Verwandlung“ vom VIP- zum Forschungsflugzeug rund 1.350 Teilmodifikationen vor.

sowie alle flüssigkeits- und gasführenden Systeme genau unter die Lupe genommen und gegebenenfalls repariert. Die Original-VIP-Kabine wurde komplett und schonend ausgebaut, weil Teile dieser Kabine als Ausstellungsstücke erhalten bleiben sollen.

Um die Flugzeugstrukturen zu kontrollieren, haben die Techniker unter anderem mit Ultraschall-, Röntgen- und dem sogenannten Magnetspulenverfahren gearbeitet. Letzteres wird auch Magnetpulverprüfung, Magnetpulverrisprüfung, Fluxprüfung oder kurz Fluxen genannt und ist ein Verfahren zum Nachweis von Rissen in oder nahe der Oberfläche ferromagnetischer Werkstoffe. Alle relevanten Anlagen und Systeme für Start, Landung und für den Flug selbst wurden ebenfalls eingehend geprüft.

Im letzten Drittel der Liegezeit – vor allem im Januar und Februar 2015 – wurden dann die spezifischen Modifikationen für den Parabelflug umgesetzt: Für die Konzeption der rund 20 Meter langen „Experimentier-Zone“ im Rumpf des Spezialflugzeugs stand ein hölzernes, vier Meter langes 1:1-Modell Pate. Weil die Fenster in diesem Bereich abgedunkelt sind, sorgt ein ausgeklügeltes Lichtsystem für den Durchblick – auch bei Schwerelosigkeit: Leuchtstreifen mit der Kraft von sechs bis acht Neonröhren, das entspricht etwa 800 Lux, erhellen die gesamte Fläche, ohne dabei zu blenden. Schließlich müssen die Wissenschaftler kleinste Bewegungen oder Verläufe ganz unterschiedlicher Experimente sowie alle technischen Details der Geräte genau erkennen können.

Auf 450 Quadratmetern sind der Flugzeugboden, die Wände und die Decke mit rund 270 Matten aus Kunstleder und Schaumstoff ausgelegt beziehungsweise aufgepolstert. Das Material ist nachgiebig und fest zugleich. Es soll die Experimentatoren während der Parabeln und den damit einhergehenden Wechseln zwischen Schwerelosigkeit und Schwerkraft vor möglichen Verletzungen schützen. Die beiden Ingenieure, die den Umbau seitens Novespace leiteten und sehr parabelflugerfahren sind, machten spontan ein paar Judo-Rollen. – Test bestanden.

In den Boden des Flugzeugs sind Schienen eingelassen, an denen zahlreiche Geräte oder Racks befestigt werden können. Der Raum kann aber auch von nur einem Experiment, also fast leer, genutzt werden – je nach Bedarf. Begrenzt wird die Experimentierfläche von zwei schwarzen Netzen. Hier können sich die Betreuer und die Experimentatoren während des Parabelfluges an Handgriffen festhalten oder mit Haltebändern sichern, damit niemand versehentlich aus dem Experimentierraum herauschwebt.

Hinter der Versuchszone werden 50 normale Sitze für Start und Landung eingebaut. Und damit das Spezialflugzeug aufgrund der Sonderausstattung nicht seinen optimalen Schwerpunkt verliert, sind als Gegengewicht zur Test-Area im vorderen Frachtraum zwei Tonnen Stahlplatten verbaut. Ein spezielles „G“-Instrument – also ein Beschleunigungsmesser – im Cockpit zeigt den Piloten an, welche Kräfte aktuell auf das Flugzeug einwirken. Denn die

gesamte Struktur des Airbus muss bei den Parabelmanövern starke Belastungen aushalten. Dies gilt ganz besonders für das Höhenruder.

Ende Februar 2015 erhielt der A310 dann auch von außen wieder ein attraktives Design: Die Logos des neuen Eigentümers Novespace sowie der drei Raumfahrtagenturen DLR, ESA und CNES, die das Flugzeug gemeinsam für wissenschaftliche Parabelflüge nutzen, wurden mit Hilfe von Schablonen auflackiert – ebenso wie die großen Lettern „ZERO-G“ und die Bilder am Leitwerk, die die Entwicklung des Menschen vom affenartigen Vorfahren bis zum Homo sapiens, der in Schwerelosigkeit schwebend ins Weltall aufbricht, zeigen. Am 18. März 2015 fand der erste Abnahmeflug mit 30 Parabeln statt, darunter auch mehrere Parabeln mit Mond- und Marsbeschleunigung. Und weil alles in Ordnung war, brach das Spezialflugzeug noch am gleichen Abend zu seinem neuen Heimatflughafen nach Bordeaux-Mérignac auf. Der Flugzeug-TÜV ist abgeschlossen, das neue Kennzeichen F-WNOV angebracht.

Die erste wissenschaftliche Kampagne hat der neue A310 ZERO-G vom 27. April bis zum 7. Mai 2015 mit Forschern absolviert, die vom DLR, der Europäischen Weltraumorganisation ESA und der französischen Raumfahrtorganisation CNES ausgewählt wurden. Denn Forschung in Schwerelosigkeit bietet die einzigartige Gelegenheit, Phänomene zu erkunden, die gewöhnlich durch die Erdschwerkraft verändert, gestört oder überdeckt werden.

Mit dem A310 ZERO-G können biologische, physikalische, technologische, medizinische oder materialwissenschaftliche Effekte und Vorgänge entdeckt und analysiert werden, die man auf der Erde so nie untersuchen könnte. Damit bieten die Parabelflüge eine einzigartige Chance, interessanten wissenschaftlichen Fragen nachzugehen, aber auch Geräte in Schwerelosigkeit zu prüfen, die später im Weltraum, beispielsweise auf der Internationalen Raumstation ISS, genutzt werden sollen. Wie bisher wird das DLR deshalb auch in Zukunft ein bis zwei Parabelflug-Kampagnen pro Jahr für deutsche Wissenschaftler und Techniker veranstalten. ●

Autoren:

Dr. Ulrike Friedrich ist seit 1999 im DLR Raumfahrtmanagement Projektleiterin für die DLR-Parabelflüge. Sie ist selbst mehr als 500 Parabeln geflogen und hat über 400 Parabelflug-Experimente von deutschen Hochschulen und Forschungseinrichtungen vor, während und nach den Kampagnen betreut.

Jörg Paisen ist seit dem Jahr 2000 für die Lufthansa Technik AG als Projektleiter des Produktbereichs „VIP & Executive Jet Solutions“ tätig. Der Luftfahrtingenieur hat den Umbau der A310-304 „10+21“ zum ZERO-G-Parabelflugzeug als Gesamtprojektleiter gemangt.



Weitere Informationen:
s.DLR.de/6zir

Das Besondere des Parabelfluges

Um eine Parabel zu fliegen, bringen die Piloten das Flugzeug zuerst steil nach oben und dann in den kontrollierten Sturzflug, sodass für 22 Sekunden Schwerelosigkeit entsteht. In den Phasen davor und danach herrscht nahezu doppelte Schwerkraft. Da die Piloten die Flugbahn einer in die Luft geworfenen Kugel, also einer Wurfparabel, nachahmen, spricht man von Parabelflügen. Die Flugzeugstruktur muss bei einer Parabel Belastungen aushalten, die bis zu 30 Mal so groß sind wie bei einem normalen Einsatz.



Auch im „Schlafzimmer“ der ehemaligen Regierungsmaschine galt Ansnallpflicht

Bild: Lufthansa Technik AG/Jan Brandes



Die VIP-Kabine wurde sehr vorsichtig ausgebaut, um sie für Ausstellungszwecke zu erhalten

Bild: Lufthansa Technik AG/Jan Brandes



Spieglein, Spieglein an der Wand: Auch das Badezimmer des ehemaligen Kanzler-Airbus ist nun Geschichte.

Bild: Lufthansa Technik AG/Jan Brandes



Künstlerischer Entwurf der Mars-Landesonde InSight mit dem vom DLR entwickelten „Maulwurf“

Maulwurf mit Tiefblick

Hinter dem Missionsnamen InSight verbirgt sich der nächste Mars-Landeroboter der NASA. Er soll 2016 ein ganzes Paket geophysikalischer Instrumente auf dem Roten Planeten installieren. Das DLR ist mit einer Art Schlagbohrer, dem sogenannten Maulwurf, beteiligt. Seine Aufgabe: Wärmeflussmessungen.

InSight: NASA-Mission zur Erforschung terrestrischer Planeten

Von Dr. Matthias Grott

Auch wenn der Mars das Ziel der InSight-Mission ist, so geht es doch im Kern nicht nur um die Erforschung des Roten Planeten. Vielmehr wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen Beitrag zur Erforschung terrestrischer Planeten im Allgemeinen leisten. Terrestrisch bedeutet in diesem Fall, dass es sich um Gesteinsplaneten handelt, die aus einem Eisenkern, einem Gesteinsmantel sowie einer chemisch differenzierten Kruste aufgebaut sind. Der Mars ist hierfür ein ideales Missionsziel, da er in seiner Geschichte genau das richtige Maß an Aktivität entwickelt hat: Einerseits ist er groß genug, um Prozesse wie Vulkanismus und Tektonik zu entwickeln, andererseits ist er klein genug, um die Spuren dieser Aktivität über Jahrmilliarden zu erhalten.

Aus diesem Grund hat sich die NASA im Rahmen ihres Discovery-Programms entschieden, InSight für einen Start zum Mars im Frühjahr 2016 auszuwählen. InSight ist die erste Mission, die den Fokus auf die geophysikalische Erkundung des Sonnensystems legt. Ihre Instrumentierung ist für die Planetenforschung ungewöhnlich: Ein Seismometer sowie eine Wärmeflusssonde. Das Seismometer, das vom Institut de Physique de Globe de Paris (IPGP) in Zusammenarbeit mit dem Imperial College London, der ETH Zürich sowie dem Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung gebaut wird, soll die innere Struktur des Planeten sowie die Größe seines Kerns bestimmen. Die Wärmeflusssonde, die unter Leitung des DLR-Instituts für Planetenforschung in Berlin mit dem DLR-Institut für Raumfahrtssysteme in Bremen und mit dem Institut für Weltraumforschung in Warschau gebaut wird, soll hingegen die Temperaturverteilung im Inneren des Planeten bestimmen, woraus Rückschlüsse auf die chemische Zusammensetzung und Aktivität des Planeten gezogen werden können. Somit werden zum ersten Mal direkte Messungen dieser fundamentalen planetaren Kenngrößen möglich, die bisher nur aus Gravitationsfeldmessungen indirekt abgeleitet werden konnten.

Um den Wärmefluss eines Planeten bestimmen zu können, muss der Temperaturgradient im Untergrund gemessen werden. Die Astronauten von Apollo 17 nutzten 1972 hierfür

Schlagbohrer, mit denen Bohrlöcher von bis zu drei Meter Tiefe in den Mond-Grund getrieben wurden. Aufgrund des störenden Einflusses der Marsatmosphäre ist diese Tiefe für InSight nicht ausreichend. Deshalb soll das vom DLR gebaute Heat Flow and Physical Properties Package – kurz HP³ – Temperatursensoren bis in eine Tiefe von fünf Metern bringen – keine leichte Aufgabe. HP³ nutzt hierfür einen sogenannten elektromechanischen „Maulwurf“, der aus einem mechanischen Schlagmechanismus besteht und die Sensoren in Millimeterschritten in den Boden treibt. Zur Unterstützung der Wärmeflussmessung besitzt HP³ des Weiteren ein Radiometer, das die Oberflächentemperatur an der Landestelle überwacht. Aus den Daten der Oberflächentemperatur sowie den Temperaturen im Untergrund werden die DLR-Wissenschaftler dann den planetaren Wärmefluss ableiten.

Die Vorbereitungen zum Start der Mission sind in vollem Gange. Die Integration des Landers, der von Lockheed Martin im Auftrag des Jet Propulsion Laboratory der NASA gebaut wurde, ist fast abgeschlossen, und die letzten Komponenten werden derzeit installiert und getestet. Im Herbst 2015 wird der Lander dann die Vandenberg Air Force Base in Kalifornien erreichen, von wo aus der Start am 4. März 2016 mit einer Atlas V-Rakete erfolgen soll – der erste Start einer interplanetaren Mission von der amerikanischen Westküste aus. Bis dahin bleibt noch viel Arbeit für die Ingenieure und Wissenschaftler des DLR, wobei sich die Aktivitäten immer mehr zum Kontrollzentrum MUSC des DLR in Köln verlagern. Von dort aus soll der Betrieb von HP³ nach der hoffentlich erfolgreichen Landung am 20. September 2016 koordiniert werden. ●

Autor:

Dr. Matthias Grott ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im DLR-Institut für Planetenforschung und Science Manager von HP³.

Die Vermessung eines Zwergplaneten

Bis vor zehn Jahren war der Mars noch nicht präzise vermessen. Bis vor fünf Jahren existierten auch keine hochgenauen Karten von Mond und Merkur. Und selbst auf der Erde gibt es heute noch Gebiete, deren Vermessung zu wünschen übrig lässt. Mit der Dawn-Mission entstanden von 2011 bis 2012 die ersten Karten des Asteroiden Vesta. Und nun beginnt mit der Kartierung von Ceres die erste Vermessung eines Zwergplaneten. Bewährte Stereo-Software des DLR verhilft den Planetenforschern zu einem dreidimensionalen Bild von Ceres.

DLR-Stereo-Software sorgt für ein 3-D-Bild von Ceres

Von Ralf Jaumann

Ceres gehört zu den ganz Großen unter den Kleinen: Der Zwergplanet im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter hat einen Durchmesser von rund 980 Kilometern und ist bei seiner Entwicklung zum Planeten sehr wahrscheinlich erst kurz vor dem Ziel stehen geblieben. Jupiters Anziehungskräfte haben schlichtweg verhindert, dass vor 4,56 Milliarden Jahren Ceres genügend Masse sammeln konnte, um ein richtiger Planet zu werden. Seitdem hat sich der größte Himmelskörper im Asteroidengürtel kaum verändert, vor allem ist er nicht wie die meisten anderen Asteroiden durch Kollisionen zerstört worden, Ceres ist intakt geblieben. Für die Planetenforschung ist der Zwergplanet gerade deshalb besonders spannend: Ceres konserviert vermutlich die Anfangsphase der Planetenentstehung – ähnlich wie eine Fliege im Bernstein die Geschichte uralter Insekten erzählt.

Mit der Dawn-Mission zu Ceres wird nun zum ersten Mal überhaupt ein Zwergplanet über eine längere Zeit hinweg aus dem Orbit beobachtet. Bereits von 2011 bis 2012 kreiste die Dawn-Sonde mit einem deutschen Kamerasystem an Bord um den Asteroiden Vesta. Mehrere Zehntausende von Bildern zeigten Vesta mit all ihren ungewöhnlichen Strukturen: Am Südpol zeugen zwei riesige Becken davon, dass Vesta in ihrer Geschichte gleich mehrfach von mächtigen Einschlägen erschüttert wurde. Am Äquator durchziehen tiefe Furchen die Asteroidenoberfläche. Dunkles Material auf der Oberfläche zeigt, dass die steinige Vesta durch Einschläge fremde Bestandteile erhalten hat, die teilweise auch wasserhaltig waren. Außerdem beeindruckt Vesta mit einem Berg, der mehr als doppelt so hoch ist wie der Mount Everest. Innerhalb eines Jahres konnte das Team am DLR-Institut für Planetenforschung die gesamte Oberfläche des Asteroiden dreidimensional vermessen und genau kartieren.

Nun soll auch der eisige Ceres vermessen werden. Die hochpräzise Vermessung des Himmelskörpers ist Grundlage für alle weiteren wissenschaftlichen Arbeiten, beispielsweise für die Untersuchung der Oberflächenzusammensetzung, wofür die exakte Positionszuweisung dieser Daten auf Ceres benötigt wird.

Das DLR steht mit dem Vermessen und Kartieren planetarer Körper in einer großen deutschen Tradition: Im 16. Jahrhundert begründete Gerhard Mercator die moderne Kartografie der Erde mit Hilfe von Projektionen der Kugel auf die Fläche und schuf damit die erste Weltkarte: Sein Atlas mit geometrisch genauen Kartenprojektionen wurde noch Jahrhunderte später in der Seefahrt genutzt. Carl Friedrich Gauß schuf um 1800 die mathematische Grundlage für eine präzise Vermessung der Erde – sie ist für alle Körper des Sonnensystems gültig.

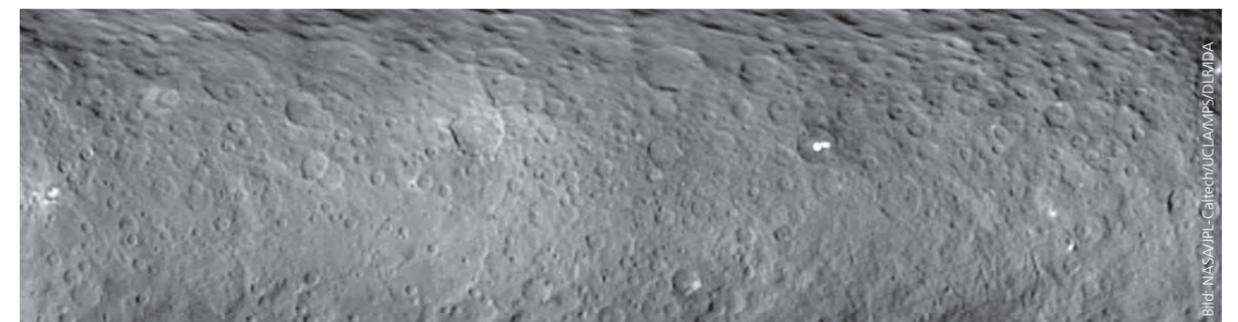
Seit dem 23. April 2015 sieht die sogenannte „Framing“-Kamera den kompletten Zwergplaneten Ceres mit einer Auflösung von etwa 1.000 Metern pro Bildpunkt. In den nächsten Monaten wird die Dawn-Sonde immer enger um Ceres kreisen. Grenzen für die Vermessung und Kartierung setzen dabei die Lichtverhältnisse: Ceres hat keine Jahreszeiten, denn seine Rotationsachse ist kaum geneigt. Daher kann es sein, dass es große Einschlagskrater an den Polen gibt, die immer im Dunkeln liegen. Die Basis für die Berechnung der dritten Dimension – der Höhe – besteht aus mindestens zwei Aufnahmen derselben Region aus unterschiedlichen Perspektiven. Die dabei verwendete am DLR entwickelte Stereo-Software ist vielfach erprobt: Sie wird bereits seit Jahren bei der dreidimensionalen Kartierung von Mond, Mars und Merkur eingesetzt. ●

Autor:

Prof. Dr. Ralf Jaumann leitet die Abteilung Planetengeologie des DLR-Instituts für Planetenforschung und ist Co-Investigator im Dawn-Wissenschaftsteam.



Weitere Informationen:
s.DLR.de/3191



Dieses globale Bild von Ceres wurde aus mehreren Aufnahmen zusammengesetzt und „abgerollt“ zu einer Kartenprojektion



Bild: NASA/JPL-Caltech/UC/LAMWIP/DLR/IDA

Diese Aufnahme von Ceres stammt vom 15. April 2015. Sie zeigt unerklärliche weiße Flecken in einem Krater nahe dem Nordpol.

Bild: NASA/JPL-Caltech/UC/LAMWIP/DLR/IDA

Mit dem besonderen Knick

Eine erwartungsvolle Stimmung herrschte auf der jüngsten Heli Expo in Orlando. Der Hubschrauberhersteller Airbus Helicopters hatte angekündigt, auf der weltgrößten Helikopter-Fachmesse sein neues Fluggerät vorzustellen. Mit Spannung erwarteten die Besucher, was sich unter dem riesigen schwarzen Seidentuch verbarg. Und als das streng gehütete Geheimnis offiziell gelüftet wurde, war das Erstaunen groß ...

Beispiel leiseres Fliegen: Das ERATO-Rotorblatt steht für den Transfer aus der Forschung in die Industrie

Von Anna Boos und Berend G. van der Wall

„H160“ heißt das neue Hubschraubermodell. Besonders auffällig: die Rotorblätter des 5,5 Tonnen schweren Fluggeräts. Wie ein großer Bumerang sehen sie aus. Die speziell geformten Blue Edge®-Blätter sollen ein leidiges Problem lösen und den Hubschrauber leiser machen. Um fünfzig Prozent soll das Außengeräusch verringert werden; das entspricht einer Reduktion um sechs Dezibel (dB).

Was sich auf der Messe als Weltneuheit präsentiert, hat eine lange Geschichte hinter sich, an der auch DLR-Wissenschaftler teilhaben. Bereits 1992 fiel mit dem Forschungsprojekt „ERATO“ (Etu de d'un Rotor Aéroacoustique Technologiquement Optimale) der Startschuss für das neue Rotorblatt. Hubschrauber erzeugen insbesondere beim üblichen Landeanflug sehr intensiven und lästigen Lärm. Deshalb suchte man nach einem Rotorblatt, das im Vergleich zu einem herkömmlichen Blatt bei ansonsten gleichbleibenden Eigenschaften deutlich leiser ist. Gemeinsam mit der französischen Luftfahrt-Forschungsanstalt ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aéropatiales) stellte sich das DLR dieser Herausforderung. Von Seiten des DLR war neben dem Institut für Flugsystemtechnik mit Prof. Dr. Berend G. van der Wall auch das Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik unter anderen mit Dr. Wolf Splettschöber an dem Projekt beteiligt.

Am Anfang der langen Reise stand die Theorie. Unter Anwendung damals verfügbarer Rechenverfahren wurde die Ver-

teilung der Profile, der Blatattiefe, der Verwindung und vor allem der Pfeilung entlang des Rotorblattes in Hinblick auf das Ziel optimiert. Von Pfeilung ist in der Luftfahrt die Rede, wenn Tragflächen nicht im 90-Grad-Winkel am Flugzeugrumpf angebracht sind, sondern wie bei einem Verkehrsflugzeug leicht nach hinten zeigen. Hunderte von Parametervariationen wurden durchgerechnet: Muss die größte Profiltiefe weiter außen oder weiter innen liegen? Wie sieht die beste Pfeilungsverteilung aus, also an welcher Stelle „knickt“ das Rotorblatt ab? Als beste Lösung stellte sich eine Doppelpfeilung des Rotorblattes heraus. Doppelpfeilung bedeutet, dass das Rotorblatt ab etwa halbem Radius leicht nach vorne und ab circa 80 Prozent des Radius stark nach hinten gefeilt ist. Eine ungewöhnliche, aber realisierbare Rotorblattform, deren Rechenergebnisse versprochen, dass sie zu einem deutlich leiseren Rotorblatt führen würde.

Nach Theorie und Patentierung (1996) folgte schließlich der Praxistest im Jahr 1998. Im nächsten Schritt mussten die theoretisch erzielten Verbesserungen experimentell nachgewiesen werden. Für die Tests im Windkanal wurde ein Modellrotor mit 4,2 Meter Durchmesser gebaut und auf dem Rotorversuchsstand des DLR-Instituts für Flugsystemtechnik in Braunschweig integriert und vorerprobt. Bei den anschließenden Lärmmessungen im großen Niedergeschwindigkeits-Windkanal der Deutsch-Niederländischen Windkanäle wurde das angestrebte Ziel der Lärmreduktion erreicht. Darüber hinaus zeigte sich bei Messungen im S1-Modane-Windkanal der ONERA bei hohen Fluggeschwindigkeiten ein deutlich geringerer Antriebsleistungsbedarf gegenüber dem Referenzrotor mit geradem Blatt.

Die Industrie hat sich diese Erkenntnisse zunutze gemacht und den Blattgrundriss weiter optimiert. Die Basisform des ERATO-Blattes wurde beibehalten, das Design in Details etwas verändert und 23 Jahre nach der zündenden Idee, ein leiseres Rotorblatt mit Knick zu entwickeln, erscheint das Blue Edge®-Rotorblatt auf dem Markt. Noch 2015 soll der H160 mit seinen doppelpfeiligen Rotorblättern zum Erstflug abheben, die Serienfertigung ist für 2018 geplant. ●

Autoren:

Anna Boos unterstützt die Wissenschaftler des Instituts für Flugsystemtechnik bei der Öffentlichkeitsarbeit.

Berend G. van der Wall ist im gleichen Institut Seniorwissenschaftler und arbeitet auf dem Gebiet der Simulation und dem Test von Hubschrauberrotoren.



Weitere Informationen:
DLR.de/FT



Das ERATO-Rotorblatt während der Lärmessungen 1998 in der offenen Messstrecke des großen Niedergeschwindigkeitswindkanals DNW-LLF

Bild: DNW, Large Low-speed Facility



Bild: Airbus

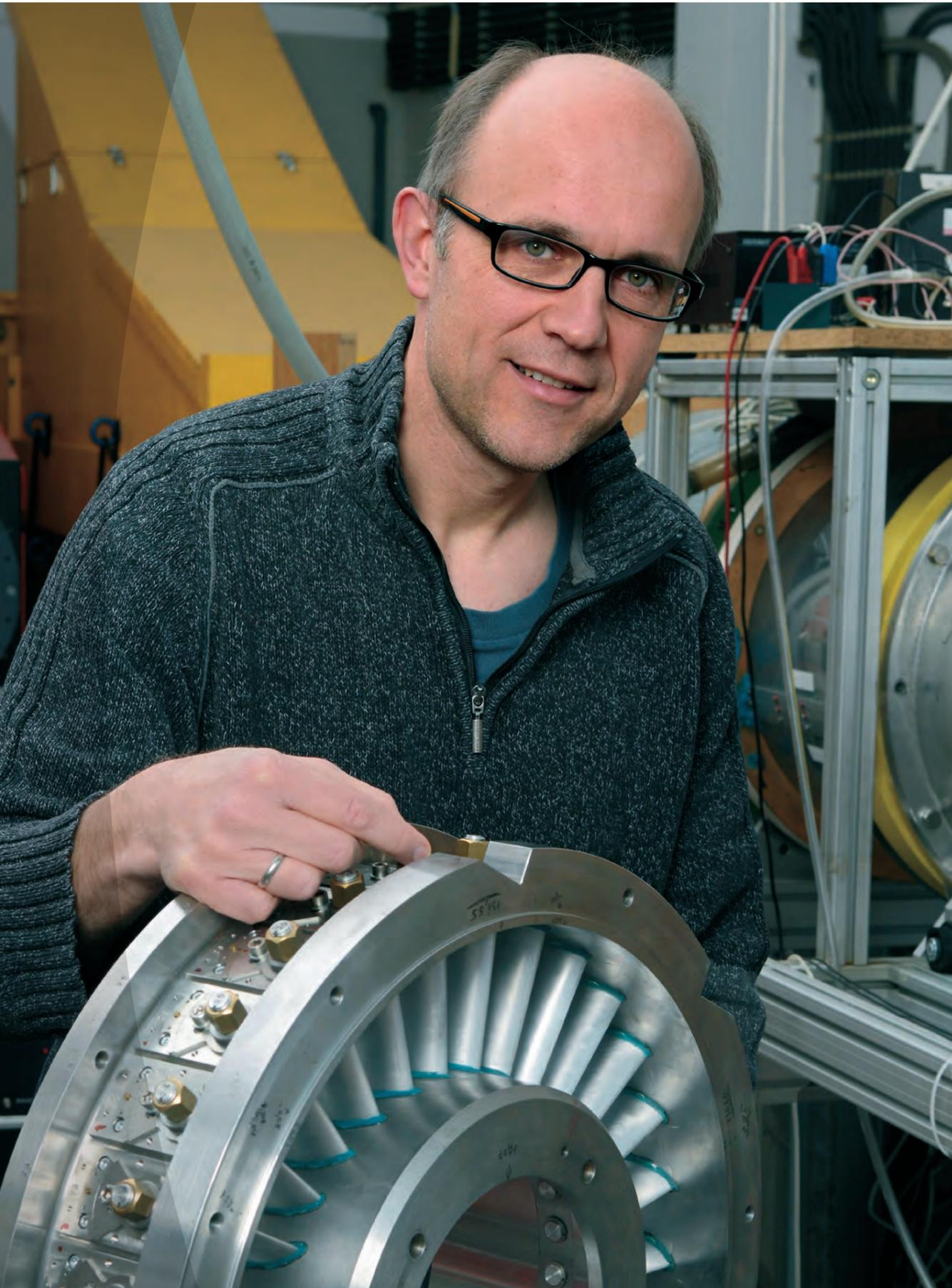
Die in den Neunzigerjahren im DLR entwickelte und 1996 patentierte Idee des geknickten Rotorblattes sorgte auf der Heli Expo 2015 für Furore

Das laute Knattern ...

... des Hubschraubers im Landeanflug wird nicht etwa durch seine Motoren, sondern durch die Rotorblätter erzeugt. An jedem Rotorblatt entstehen an der Blattspitze spiralförmige Wirbel. Jedes weitere Rotorblatt trifft auf die Luftwirbel seiner Vorgänger, was stets einen lauten Knall erzeugt – das typische maschinengewehrartige Knattern eines Hubschraubers.

wird leiser ...

... wenn – anders als beim herkömmlichen geraden Rotorblatt, das mit seiner gesamten Länge auf einmal durch den Wirbel schlägt, – die Wirbel-Kollision durch das doppelt gefeilt Rotorblatt zeitlich und räumlich „verschmiert“ wird. Das Rotorblatt kollidiert zunächst nur mit einer relativ kleinen Fläche mit dem Wirbel, gefolgt vom restlichen Blatt.



Mit Druckluft wirds leiser

Die Forschung zur Triebwerksakustik im DLR ist fest mit dem Namen Lars Enghardt verbunden. Zuletzt gelang es ihm mit seinen Kollegen vom DLR-Institut für Antriebstechnik erstmals in einem Großversuch, mit einer neuen Druckluft-Technik Triebwerksgeräusche mittels Antischall deutlich zu senken. Im Interview mit DLR-Luftfahrtredakteur Falk Dambowsky erzählt er, wie sich die Forschung zur aktiven Lärminderung bei Triebwerken über die Jahre entwickelt hat, wie das eigentlich funktioniert und warum dabei Druckluft dem Schall aus Lautsprechern überlegen ist.

Fluglärmminderung mit Antischall – Interview mit DLR-Triebwerksakustiker Prof. Dr. Lars Enghardt

Faible für Turbinen

Schon als Kind war Lars Enghardt fasziniert vom Fliegen, vom Gedanken, die Erde zu verlassen, und von der Technik, die man braucht, um die natürlichen Grenzen zu überwinden. Im Physik-Studium in Göttingen hatte es ihm die Schwingungslehre angetan und als er 1997 nach Berlin in die damalige Abteilung Turbulenzforschung des DLR-Instituts für Antriebstechnik kam, konnte er sich endlich mit den für ihn faszinierendsten Maschinen, den Flugzeugturbinen, beschäftigen.

Seit 2006 leitet Lars Enghardt die Berliner Abteilung des Instituts, die seitdem Triebwerksakustik heißt. Bereits während seiner Promotion in Göttingen beschäftigte sich Lars Enghardt mit Technologien zur aktiven Lärminderung. An der TU Berlin hat er eine Professur für Turbomaschinen- und Thermoakustik inne.

Herr Professor Enghardt, was macht Flugzeugtriebwerke eigentlich so laut?

Die wesentlichen Schallquellen in Flugzeugtriebwerken sind der große Hauptrotor, auch Fan genannt, und der Luftstrahl hinter dem Triebwerk. Bei den aktuellen Versuchen mit Druckluft haben wir uns mit dem Rotorlärm beschäftigt. Lassen Sie es mich so erklären: Wenn man sich eine mittelalterliche Brücke vorstellt und schaut hinter einen der Brückenpfeiler, dann sieht man, dass sich dort Treibgut im Wasser sammelt. Auch Enten halten sich in diesem relativ ruhigen Wasser gern auf. Denn dort ist die Strömung besonders langsam. Solche Gebiete gibt es auch im Luftstrom hinter jeder Rotorschaukel eines Triebwerks. Das heißt, man hat hinter jeder Rotorschaukel ein Gebiet mit langsamer Strömungsgeschwindigkeit, langsamer als im Rest der Strömung. An den Grenzen dieser Gebiete ergeben sich Sprünge vom höheren zum niedrigeren Druck.

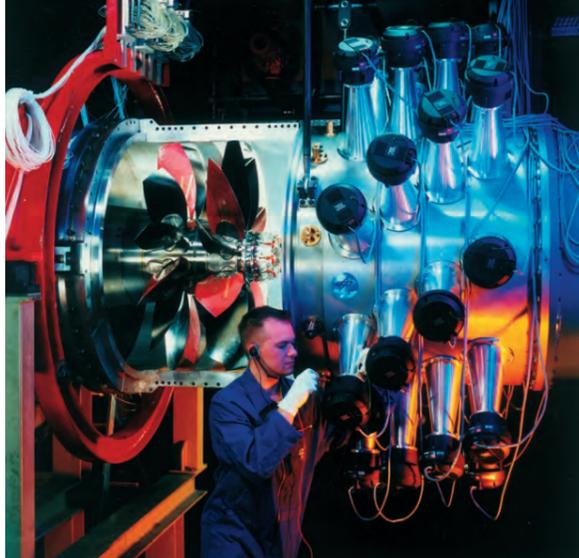
Und wo entsteht nun der Lärm genau?

Die Drucksprünge bewegen sich spiralförmig, getragen durch die Strömung, immer weiter nach hinten und treffen dann periodisch wiederkehrend auf die fest installierten Statorvorderkanten. Dabei kommen so viele Drucksprünge auf die Vorderkanten der Statoren zu, wie es Rotorblätter gibt. Die Drucksprünge erzeugen dort Wechselkräfte und fungieren somit als tonale Schallquellen. Je nachdem, wie schnell sich der Rotor dreht, ergibt sich eine höhere oder niedrigere Frequenz des erzeugten Tons.

... Rotor und Stator – zwei Begriffe, die vermutlich nicht jedem klar sind ...

... mag sein, aber der Unterschied ist schnell erklärt: Schaut man frontal auf ein Flugzeugtriebwerk, fallen die großen Blätter des Hauptrotors auf. Das hat wohl jeder schon einmal gesehen, der vor einem Passagierjet gestanden hat. Gleich dahinter, verdeckt durch den Hauptrotor, befinden sich die fest installierten und damit unbeweglichen Leitschaufeln des Stators. Sie lenken die einströmende Luft optimal geradewegs in den hinteren Teil des Triebwerks. Der Stator ist das erste Bauteil, auf das die Luft hinter dem Rotor im wahrsten Sinne des Wortes trifft.

Prof. Dr. Lars Enghardt an einem Teststand der Berliner Abteilung Triebwerksakustik des DLR-Instituts für Antriebstechnik. Im Vordergrund ein Stator mit verstellbaren Blättern. Er wird für kleinere Laborversuche zum Thema Antischall eingesetzt.



Zur Lärminderung im Triebwerk hatten die Forscher zunächst auf Antischall aus Lautsprechern gesetzt

2000

Welche Möglichkeiten der Schallminderung im Flugzeugtriebwerk gibt es denn bereits heute?

Wenn man genauer in den Einlauf eines Flugzeugtriebwerks hineinschaut, erkennt man eine lochblechartige Wandstruktur. Diese bedeckt das Schalldämpfungsmaterial, mit dem heute jedes moderne Triebwerk von innen zu weiten Teilen ausgekleidet ist. Ein weiteres Prinzip ist, den Schallentstehungsprozess direkt an der Quelle zu schwächen. Das ist eine Frage des Triebwerksdesigns. Hier hat man im Laufe der Weiterentwicklung beispielsweise bereits den Abstand zwischen Rotor und Stator vergrößert und die Ausrichtung der Statorschaufeln so optimiert, dass der Schall geschwächt wird. Zudem werden die Flächen der Rotorblätter auch im Hinblick auf die Schallquellminderung dreidimensional gestaltet sowie die Anzahl der Statorschaufeln erhöht. All das sind passive oder konstruktive Maßnahmen zur Lärminderung, die bereits ergriffen werden.

Was ist hingegen der Reiz an einer aktiven Schallminderung, an der Sie forschen?

Wir bekämpfen Schall mit Schall, das macht diese Methode so elegant und reizvoll. Dabei überlagert man zwei verschiedene Schallquellen im betreffenden Frequenzbereich, sodass sie sich idealerweise gegenseitig im Nahfeld auslöschen und man in der Ferne entsprechend wenig hört. Dafür benötigt man eine ausgefeilte Regelungstechnik, mit der sich die Antischallquelle möglichst passend auf die Ausgangsschallquelle abstimmen lässt.

Wann gab es die ersten Experimente zur aktiven Schallminderung im DLR und wie sahen diese aus?

Entsprechende Versuche gab es bereits in einem EU-Projekt in den Neunzigerjahren. Im Jahr 2000 haben wir dann Experimente in nationalen Forschungsprogrammen begonnen, beispielsweise im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms. Darin führten wir erstmals Experimente am DLR-Versuchsverdichter in Köln durch. Damals hatten wir rund um den Triebwerkseinlauf große Lautsprecher montiert, die den Antischall erzeugten.

Warum verfolgten Sie neben der Lautsprechertechnik noch weitere Konzepte?

Die Versuche mit Lautsprechern zeigten uns, dass Lärminderung mit Antischall im Triebwerkseinlauf prinzipiell funktioniert und es folgten auch Entwicklungsarbeiten für den praktischen Einsatz in Triebwerken. Doch die Lautsprechertechnik hat für diese Anwendung einige Schwächen, die sich schwer beheben lassen: In einem Triebwerk müsste ein System aus vielen

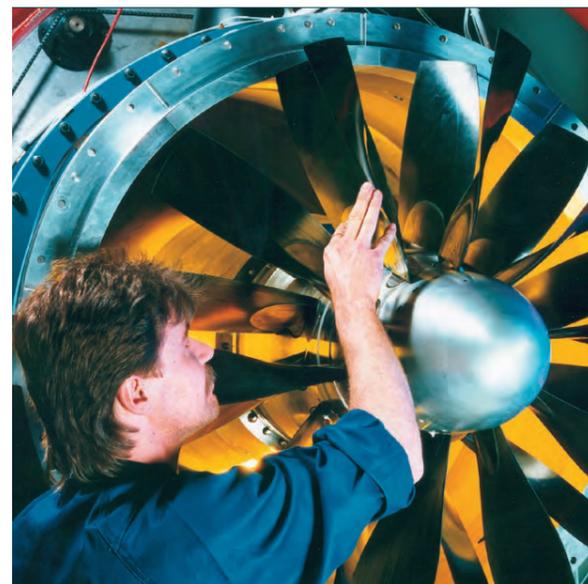
Lautsprechern extrem robust, langlebig und zuverlässig sein. Vor allem aber bringt die Verwendung von leistungsfähigen Magneten und Verstärkern eine erhebliche Gewichtszunahme des Triebwerks mit sich und das kostet zusätzlichen Treibstoff. Deshalb haben wir uns schon früh Gedanken gemacht, wie man den Antischall möglichst energieeffizient nah an der Quelle, also direkt bei den Statorn, anders erzeugen kann. Dafür experimentierten wir beispielsweise mit aktiv beweglichen Stator-Segmenten oder mit der Einblasung von Druckluft. Die Drucklufttechnik entwickelte sich mit der Zeit in Laborversuchen zu einer vielversprechenden Alternative.

Wie kam man denn auf die Idee, Druckluft als Antischallquelle zu nutzen? Das ist ja nicht so naheliegend wie der Einbau von Lautsprechern.

Die Idee wurde im Jahr 1998 geboren. Damals saßen Kollegen hier in Berlin zusammen und überlegten, wie sich aktive Schallminderung ohne Lautsprecher verwirklichen lässt. Bei Lautsprechern muss man ja elektrische Energie von außen zuführen. Die Kernfrage war, wie viel Energie brauche ich denn für den Antischall, den ich erzeugen will, und kann ich diese Energie vielleicht im Triebwerk selbst finden? Dann kommt man schnell darauf, dass die Energie der Triebwerksströmung etwa hundertmal so groß ist, wie die Energie, die schließlich im abgestrahlten Lärm steckt – und somit für den Antischall benötigt wird. Nun haben wir damals überlegt, warum man davon nicht ein bisschen Strömungsenergie für die Akustik, also für das Gegenschallfeld, abzweigt. Das war die Geburtsstunde des Konzepts, aerodynamisch erzeugte Schallquellen zu nutzen.

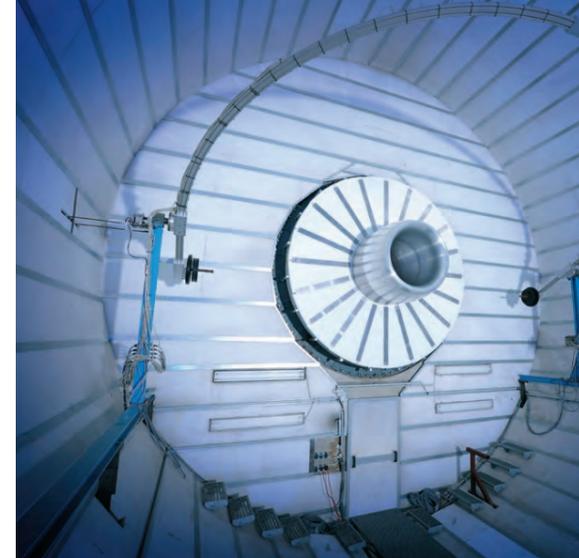
... und wie ging es weiter?

Anschließend haben wir uns darüber Gedanken gemacht, was eigentlich eine steuerbare aerodynamische Schallquelle ist, und fingen an zu experimentieren. Wir bauten kleine Tragflügel vor die Rotorscheufeln, experimentierten mit kleinen Zylindern im Triebwerkseinlauf ebenso wie mit Wandsegmenten, die sich variabel ein- und ausfahren ließen. Und wir experimentierten mit Pressluftereinblasungen, denn in Anlehnung an einen massiven Zylinder lässt sich ja auch ein Luftstrahl in die Strömung stellen, um diese bei der Erzeugung von Schall zu stören. Das war im Rahmen eines Sonderforschungsbereichs, der von 1998 bis 2010 lief. Wir haben also zwölf Jahre lang experimentiert – und bei der Verwendung von Druckluftstrahlen zeigten sich die größten Erfolge.



Inzwischen von historischem Wert: Rotor im DLR-Teststand bei den Antischallversuchen mittels Lautsprechern

2000



Luftberuhigungskammer des Kölner DLR-Triebwerkstests mit Mikrofonantenne vor dem Lufteinlass

2014

Wie kann denn einfache Druckluft überhaupt den passenden Antischall bereitstellen?

Nach den ersten Erfolgen verfeinerten wir die Technik und fragten dabei nach der günstigsten Position, Druckluft einzublasen. Zuerst versuchten wir es vor dem Rotor. Es hat sich dann herausgestellt, dass es viel besser funktioniert, wenn zwischen Rotor und Stator eingebblasen wird. Dann haben wir uns damit beschäftigt, wie am günstigsten eingebblasen wird. Schräg zur Wand, direkt nach hinten, direkt nach vorne oder eben senkrecht zur Strömung, was sich schließlich als beste Variante herausstellte. Denn durch die senkrecht eingebblasenen Druckluftstrahlen werden Wechselkräfte an den Hinterkanten des Hauptrotors angeregt, die bei passend eingestellter Luftzufuhr den benötigten Antischall erzeugen.

Welche Vorteile haben Druckluftstrahlen?

Der entscheidende Vorteil ist die Variabilität. Man hat keine echten Gegenstände im Triebwerk, die aufwändig eingebaut werden müssen, das Gewicht erhöhen und möglicherweise über die gesamte Flugdauer die Triebwerksleistung senken. Die Druckluftstrahlen lassen sich, wenn sie gebraucht werden, bei Start und Landung einstellen. Sonst bleiben sie ausgeschaltet. Zudem kann auf das in heutigen Triebwerken schon vorhandene Druckluftsystem zurückgegriffen werden, um es für akustische Anwendungen zu erweitern.

Bereits 2012 konnten Sie in einem ersten Großversuch am DLR Köln bestätigen, dass die Lärminderung mittels Druckluft nicht nur unter Laborbedingungen funktioniert. Was war die Herausforderung für den großen Maßstab?

Nach den Demonstrationsversuchen im Labor war uns klar: Wir wollten das Ganze im Großversuch wagen. Wir hatten im Laborversuch Strömungsgeschwindigkeiten, die lagen nur bei etwa 72 Kilometern pro Stunde. In einem echten Triebwerk bei der Landung ist sie etwa sechsmal so groß. Demzufolge kann man sich vorstellen, was mit so einem senkrecht eingebblasenen Pressluftstrahl geschieht. – Er wird mit der Hauptströmung regelrecht mitgerissen. Die Frage war natürlich: Was passiert mit so einem Strahl beim Betrieb eines realistischen Modells eines Teiltriebwerks, wie wir es im DLR-Versuchsverdichter in Köln genutzt haben? Zeigt dieser Strahl überhaupt noch eine akustische Wirkung? Das konnten wir 2012 mit Bravour nachweisen.

Nun ist es gelungen, im zweiten Großversuch den tonalen Triebwerkslärm fast zu halbieren. Ein Durchbruch?

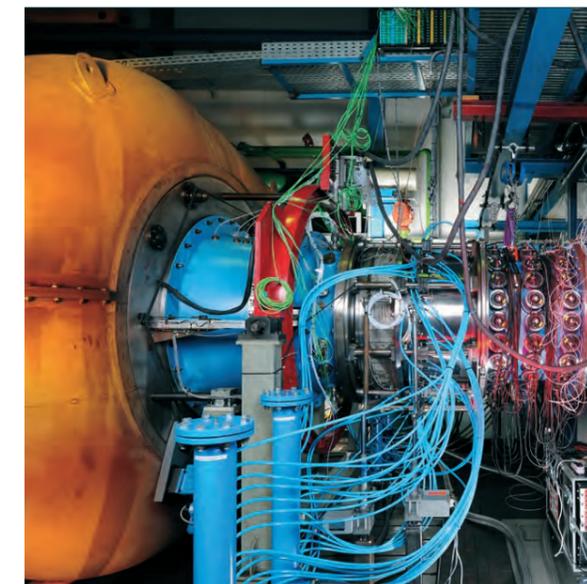
Im zweiten Großversuch, der im Herbst 2014 stattfand, konzentrierten wir uns darauf, die Einblas-Steuerung sensibler zu gestalten, um das Schallfeld besser zu beeinflussen. Wir konstruierten zwei gegeneinander verdrehbare Ringe, die mittels gleichmäßig über den Umfang verteilten Bohrungen zwischen Rotor und Stator individuell Druckluft einblasen können. Der Projektpartner Airbus Group Innovations entwickelte auf diesem Prinzip aufbauend ein computergesteuertes Regelungssystem, das automatisch sowohl die optimalen Umfangspositionen als auch die Einblas-Ströme beider Ringe einstellt. Die installierten Mikrofone vor dem Triebwerkseinlauf zeigten uns Erstaunliches: Der besonders störende Rotor-Stator-Ton konnte dank der verbesserten Drucklufttechnik um fast zehn Dezibel gesenkt werden, was in der menschlichen Wahrnehmung etwa der Halbierung der Lautstärke entspricht. Und das ringsum in allen Abstrahlrichtungen vor dem Triebwerk. Das ist in der Tat ein Meilenstein auf dem langen Weg, den wir bisher mit dieser Technologie schon beschritten haben.

Wie sehen die nächsten Entwicklungsschritte aus?

Der nächste Schritt ist ganz klar, dass wir die neue Technik robust und flexibel gestalten wollen. Wir müssen zeigen, dass unser Konzept unter den rauen Gegebenheiten in einem Flugzeug jederzeit zuverlässig funktioniert. Unter stabilen Versuchsbedingungen haben wir das bewiesen, nun müssen wir untersuchen, was passiert, wenn es etwa regnet, schneit, heiß oder kalt ist, und wie sich verschiedene Drehzahlbereiche des Triebwerks auswirken. Den nächsten Großversuch planen wir für das Jahr 2017 im Versuchsverdichter des DLR in Köln. Und unser großer Traum ist, die Drucklufttechnik in Zukunft einmal an einem großen Demonstrator möglicherweise auch im Flugversuch erproben zu können. ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/2ab2



Erprobung der Lärminderung mittels Antischall: Druckluftleitungen (blau) führen zum Gehäuse des Teiltriebwerks

2014

In der Symmetrie des Kleeblatts

Auf dem Modellflugplatz den Blick permanent gen Himmel gerichtet, immer einen kleinen Punkt verfolgend – als Außenstehende die Männer auf dem Flugfeld zu beobachten, kann zuweilen etwas irritieren. Doch wenn man weiß, dass hier gerade Versuche von Flugsystemtechnikern laufen, erklärt sich einiges. Das Team um Johann Dauer lässt den Forschungshubschrauber ARTIS („Autonomous Rotorcraft Testbed for Intelligent Systems“) durch die Luft kreisen. Hier steckt also mehr dahinter als das Spiel mit einem ferngesteuerten Helikopter. ARTIS ist ein unbemannter Hubschrauber, der am DLR entwickelt und betrieben wird, um Technologien für das automatische Fliegen zu erforschen.

Forschungshubschrauber ARTIS lernt das exakte Fliegen

Von Fiona Lenz

Die Wissenschaftler und Ingenieure vom DLR-Institut für Flugsystemtechnik lassen den Hubschrauber die Form eines Kleeblatts nachfliegen – ohne dass aktiv in den Prozess eingegriffen wird. „Die Kleeblattform ist eine sehr komplexe geometrische Form mit permanenten Richtungswechseln, sodass der Hubschrauber keinen stationären Zustand einnehmen kann“, erklärt Johann Dauer, „so können wir am besten überprüfen, ob unsere Entwicklungen funktionieren.“ Denn wer ein Kleeblatt fliegen kann, der kann auch in schwierigen Geometrien und zwischen engen Hindernissen fliegen.

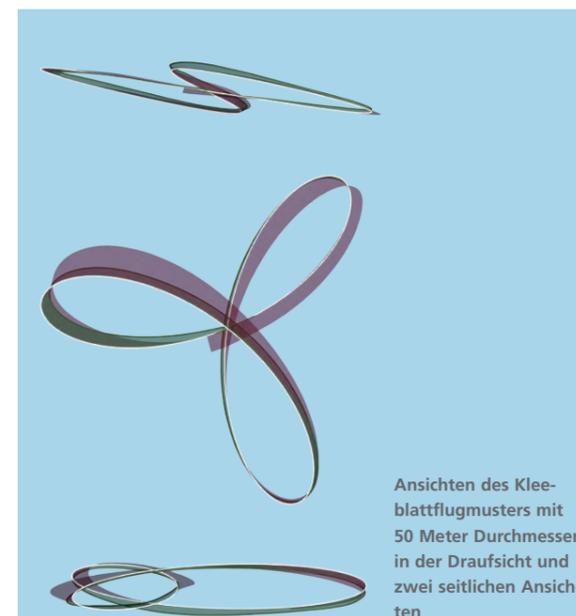
Was nach Entspannung auf einer grünen Sommerwiese klingt, ist eine hochkomplexe Aufgabe, der Johann Dauer sogar sein Promotionsthema gewidmet hat. Dabei schlägt er die Brücke zwischen lernfähigen Algorithmen und Optimierungsverfahren für die genaue Führung eines Hubschraubers und berücksichtigt

sogar die Betriebsgrenzen des Hubschraubers. Den Forschern ist es gelungen, neue Erkenntnisse zur dynamischen Optimierung auf Hubschrauberflüge zu übertragen. Berechnungen, die bisher ein Vielfaches der Flugzeit dauerten, brauchen jetzt nur noch wenige Sekunden. „Der Hubschrauber lernt während des Fluges dazu“, erläutert unser Gesprächspartner. So verbessert ARTIS Flug für Flug seine Genauigkeit.

Im September 2014 fanden Versuche statt, bei denen ARTIS nach einigen Flügen so viel gelernt hatte, dass eine Abweichung von lediglich ein bis zwei Metern erreicht wurde – eine sehr hohe Genauigkeit! Die Besonderheit an diesen Flügen ist nämlich, dass während des Kleeblattfluges kein Positionsfeedback erfolgt. Das heißt, die Positionsmessung beispielsweise von einem GPS wird für den etwa 40 Sekunden dauernden Flug nicht verwendet. Das hilft den Forschern, Ungenauigkeiten in den Algorithmen leichter zu entdecken. Das ist quasi wie ein Lauf durch ein Labyrinth mit verbundenen Augen.

Eine wichtige Rolle wird in Zukunft die Ermittlung von Kriterien für den sicheren Betrieb der automatischen Systeme spielen, besonders für die Zulassung. Mit den von Johann Dauer entwickelten Algorithmen wird der Einfluss von Wind und anderen Störungen vor dem Flug abgeschätzt und eine Kompensation berechnet. Da die Algorithmen außerdem die Betriebsgrenzen des Systems berücksichtigen, lässt sich so bereits vor dem Flug sagen, ob die Fluganforderungen unter den aktuellen Wind- und Störungsbedingungen erfüllbar sind. Diese Information kann auch genutzt werden, um bestehende Grenzen des geregelten Systems gezielt anzufliessen und mit diesen Erkenntnissen die Betriebsgrenzen schrittweise zu erweitern.

Ziel der Forschung mit ARTIS ist es, dass die Hubschrauber auch durch hindernisreiche Umgebungen, beispielsweise in einer Stadt, selbstständig ihren Weg finden und das automatisch, ohne Fernsteuerung. Faktoren wie Hindernisse oder Wind sollen selbstständig erkannt, ausgeglichen oder umflogen werden. Vorgegeben sind nur ein Start- und ein Zielpunkt sowie die zu erledigende Aufgabe. Um das zu erreichen, bricht die Software an Bord des Hubschraubers die Mission auf Einzelaufgaben herunter. Eine schwierige geometrische Form wie die eines Kleeblatts abzufliessen, ist eine solche Aufgabe und gehört dazu. ●



Der unbemannte Hubschrauber ARTIS fliegt ein Kleeblattmuster mit Höhenprofil. Der dargestellte Pfad ergibt sich durch die Kameraperspektive am Boden. Der Referenzpfad ist in Weiß, der geflogene Pfad (ohne Positionsfeedback) in Grün zu erkennen. In einer dynamischen Optimierung lassen sich Störungen kompensieren und dynamische Bewegungen vorausberechnen. So kann die hohe Genauigkeit von unter zwei Meter Abweichung erreicht werden.



Der Flug von ARTIS wird ständig von einem Sicherheitspiloten am Boden überwacht. Er hat Sichtkontakt und kann im Notfall jederzeit die Kontrolle übernehmen. Die am Flugversuch beteiligten Forscher sitzen dabei in einer Art mobilem Büro und überwachen das Fluggerät am Monitor. Mit ihren Beobachtungen und den aufgezeichneten Daten wird ARTIS wieder ein Stück „intelligenter“.

Regionalmeldungen

Interesse an Tests für Raumfahrtantriebe in Lampoldshausen

Raumfahrtkennern ist der DLR-Standort Lampoldshausen ein Begriff. Im Harthäuser Wald entwickelt und testet das DLR Raketenantriebe – für Satelliten ebenso wie für die Ariane-Trägerraketen. Bei einem Besuch im April 2015 besichtigte der Stuttgarter Bundestagsabgeordnete Dr. Stefan Kaufmann ausgewählte Prüfstände und informierte sich über die Entwicklung des Standorts Lampoldshausen mit seinen knapp 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.

Das DLR zeigte unter anderem den Höhensimulationsprüfstand P4.1, der für die Entwicklung des neuen Oberstufentriebwerks Vinci, dem leistungsstärksten und modernsten in Europa, unverzichtbar ist. Mit diesem Prüfstand simulieren die DLR-Forscherinnen und -Forscher Umgebungsbedingungen sowie Fluglasten so realistisch wie möglich. Allein das Vinci-Triebwerk wurde in der ersten Entwicklungsstufe mehr als 60 Versuchen unter Vakuumbedingungen unterzogen. Es soll in der neuen europäischen Trägerrakete Ariane 6 zum Einsatz kommen, deren Erstflug für das Jahr 2020 geplant ist. Eine Besonderheit von Vinci ist seine Wiederezündbarkeit: So können Satelliten direkt in den geostationären Orbit oder auf unterschiedlichen Umlaufbahnen ausgesetzt werden.

Der Abgeordnete informierte sich auch über die neuesten Entwicklungen im Bereich der Prüfstandstechnologie. Im September 2014 war in Lampoldshausen der Grundstein für den neuen Oberstufenprüfstand P5.2 gelegt worden. Das DLR errichtet die Anlage im Auftrag der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Mit ihr können komplette Oberstufen qualifiziert werden, was den Prüfstand europaweit einzigartig macht. Gleichzeitig leistet das DLR einen entscheidenden Beitrag zum Ariane-Programm und trägt zum Erhalt des eigenständigen Zugangs Europas zum Weltraum bei.

s.DLR.de/lrx8



Auf dem mehr als 50 Hektar großen Gelände des DLR Lampoldshausen befinden sich einzigartige Prüfstände zum Test von Raketenantrieben. Klaus Schäfer, stellvertretender Direktor des Instituts für Raumfahrtantriebe (rechts) stellte sie dem Bundestagsabgeordneten Dr. Stefan Kaufmann vor.

Solarturm Jülich: vorbildliches Klimaschutzprojekt



Die konzentrierende Solartechnologie hat das Potenzial, 2050 ein Drittel der Kohlendioxid-Emissionen in Europa einzusparen

Der Solarturm Jülich des DLR ist einer von 1.000 „Schritten“ in eine klimafreundliche Zukunft. Das befand die Umweltorganisation KlimaExpo.NRW. Sie erkennt damit die Bedeutung der Forschungsanlage für den Ausbau der solarthermischen Stromerzeugung an: Der Solarturm Jülich ist eine Testanlage für viele kommerzielle Kraftwerke – weit über Deutschland hinaus. Die in Jülich verwendeten Wärmespeicher des DLR können auch in anderen industriellen Anwendungen eingesetzt werden und Hersteller von Komponenten für konzentrierende Solarsysteme nutzen die Anlage zum Test ihrer Produkte unter realitätsnahen Bedingungen.

s.DLR.de/iled



Begegnung mit Alexander Gerst in Köln

Die Gewinner der Wettbewerbe „Aktion 42“ und „Abenteuer Weltraum“ trafen im April im DLR Köln den deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst. Aus ganz Deutschland waren die 24 Elf- bis Neunzehnjährigen angereist, um den Raumfahrer zu treffen. Im Anschluss an die Begegnung konnten sie noch die Trainingsräume der Astronauten im Europäischen Astronautenzentrum EAC bestaunen und die verschiedenen Module durchlaufen. Auf dem Gelände des DLR lernten die Jugendlichen später noch einiges mehr kennen, zum Beispiel die Rosetta-Mission und deren Kometenlander Philae.

s.DLR.de/73v4



Im Columbus-Modul des EAC konnten die Elf- bis Neunzehnjährigen erfahren, wie es auf der ISS aussieht und wie dort geforscht wird

MS Wissenschaft: Leinen los mit Energie-Exponat an Bord

Die MS Wissenschaft ist auf großer Tour und mit ihr ein DLR-Exponat zum Thema Energieversorgung in der Stadt der Zukunft. Das Ausstellungsschiff startete am 15. April 2015 in Dresden und wird in 40 Städten in Deutschland und Österreich anlegen.

Die Ausstellung „Zukunftsstadt“ im „Bauch“ des Frachtschiffs steckt voller Ideen und Erkenntnisse aus der Forschung zu diesem Thema. Vor welchen Herausforderungen stehen Städte? Wie machen wir sie zukunftsfähig? Und was tun Forscherinnen und Forscher dafür, dass die Stadt von morgen lebenswert ist? – Auf der MS Wissenschaft geht es dieses Jahr um Mobilität und Vernetzung, Energie und Klima, aber auch um Natur in der Stadt, um neue Wohnformen und um soziale und wirtschaftliche Entwicklungen. Dabei ist an vielen Ausstellungsexponaten die Kreativität der Besucherinnen und Besucher gefragt: Sie können an Modellen ihr Haus oder ihre Stadt der Zukunft selbst gestalten. Sie erfahren, wie Technik dabei helfen kann, einen Verkehrsinfarkt zu vermeiden oder warum es ökologisch sinnvoll sein kann, mitten in der Stadt neue Hochhäuser zu bauen. Und Kinder lernen auf spielerische Weise, wie sich Fuchs, Hase und Co. dem Leben in der Stadt anpassen.

Öffnungszeiten: täglich 10 bis 19 Uhr
Empfohlen für Kinder und Jugendliche ab 12 Jahren
Der Eintritt ist frei.

www.ms-wissenschaft.de



Bereits bei ihrem Stopp am Dresdner Terrassenufer vom 15. bis 19. April 2015 lockte die MS Wissenschaft mehrere tausend Besucher an Bord. Im Juni ist das Frachtschiff auf dem Rhein unterwegs.



Das DLR-Modell einer Zukunftsstadt zeigt, wie ein Energie-Mix je nach Bedarf und äußeren Bedingungen, wie Sonne oder Wind, aussehen kann

Deutsch-niederländische Forschung für den Faserverbundleichtbau

Die Forschungskoooperation im Bereich Faserverbundleichtbau ist vom DLR und dem Nationalen Luft- und Raumfahrtlabor der Niederlande (NLR) bis Ende 2016 verlängert worden. Im Rahmen der Zusammenarbeit werden Produktionstechniken für Leichtbaukomponenten weiterentwickelt. Bauteile aus faserverstärktem Kunststoff (CFK) sind zunehmend im Flugzeugbau sowie im Verkehrssektor für eine umweltfreundliche Mobilität im Einsatz. Künftig wird zu den Themen automatisierte Faserablagetechnologie, robotergestützte Fertigungsmethoden, Autoklaventechnologie, Großserienbauteile sowie virtuelle Prozessplanung und -steuerung noch stärker kooperiert.

An der wirtschaftlichen Herstellung von Leichtbaustrukturen wird am Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP) des DLR in Augsburg und Stade gearbeitet. Die Schwerpunkte der Standorte ergänzen sich technologisch und bilden den Abschluss der Prozesskette von den Werkstoffen bis zur automatisierten Produktion.

s.DLR.de/tbq6



Der neue Gebäudekomplex des DLR-Zentrums für Leichtbauproduktionstechnologie (ZLP) am Standort Augsburg wurde im Mai 2013 eröffnet. Die Architektur der Laborhalle im linken Gebäudeteil ist einem Flugzeughangar nachempfunden.



Messtechnik in handlichem Format kann einfach mit dem Zug mitfahren und erspart es, Streckenabschnitte zu Kontrollzwecken zu sperren

Kontrollfahrt mit kleinem Gepäck

Messfahrten zum Überprüfen des Schienennetzes sind sehr aufwändig und kosten die Bahnen viel Geld. Doch warum viel Aufwand betreiben, wenn es auch einfach geht? Das Institut für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig packt die Technik in einen Koffer und die Fahrt kann losgehen ...



Andreas Kluge und seine Kollegen vom DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik fanden eine kleine, aber feine Softwarelösung zur Vermessung des Schienennetzes

DLR-Verkehrsforscher packen einen Koffer der besonderen Art

Von Vera Neumann

Der Zustand des deutschen Schienennetzes muss ständig überprüft werden, um einen sicheren und zuverlässigen Transport gewährleisten zu können. Dafür verwenden die Bahnen sogenannte Messzüge. Mit diesen kontrollieren sie auf extra zu diesem Zweck gesperrten Streckenabschnitten die Gleise. Das ist mit viel Aufwand und hohen Kosten verbunden. Zuweilen werden dabei Schäden festgestellt, die dann eine kostspielige Reparatur notwendig machen. Das Institut für Verkehrssystemtechnik hat für die Zustandsanalyse der Gleise eine einfache Lösung entwickelt.

Mit dem RailDrIVE – einem sogenannten Zweibegefahrzeug – testen die Wissenschaftler schon seit vielen Jahren unter realen Bedingungen neue Ortungskomponenten, um Fehlereinflüsse zu bewerten, und messen Streckenabschnitte hochgenau ein. Doch was passiert mit all den Daten, die das RailDrIVE sammelt? Dafür hat der Braunschweiger DLR-Forscher Andreas Kluge mit seinen Kollegen eine Software entwickelt, die alle Daten aufzeichnen und in Echtzeit auswerten kann. „Wenn die Daten in unseren Server einlaufen, werten wir sie über längere Zeit aus und können schließlich genau sehen, an welcher Stelle der Zug beispielsweise seine Geschwindigkeit anpassen müsste, um energieeffizient zu fahren“, erläutert Kluge.

Der Clou bei der Sache: Die Software passt in einen simplen Koffer. Der hat es in sich. Die Braunschweiger taufen ihn deshalb „Big Boy“. Er kann mit einem Mikrofon, einer Kamera und entsprechenden Sensoren ausgestattet werden. Big Boy ist dann in der Lage, Messungen durchzuführen, ohne dass dafür eine Strecke extra gesperrt werden muss“, erklärt Andreas Kluge. „Die Messungen sind dadurch sehr kostengünstig, da Regelzüge auf ihrem ganz normalen Arbeitsweg für Big Boy quasi als Messfahrzeuge dienen.“

Big Boy sammelt hochfrequente Daten: Er misst zum Beispiel Vibrationen, anhand derer er Gleisfehler erkennen kann, oder er zeichnet mit einem kleinen integrierten Mikrofon den Lärmpegel auf. Dadurch können die Forscher genau aufzeigen, wo auf Deutschlands Bahnstrecken die meisten Lärmemissionen zu verzeichnen sind, die beispielsweise auch durch beschädigte Gleise ausgelöst worden sein können. Diese und noch viel mehr Funktionen ermöglichen ein schnelles und vor allem präventives Eingreifen bei der Fehlererkennung, noch bevor hohe Kosten entstehen.

Doch die Software kann noch mehr: Sie passt auch als App in ein Smartphone und kann von dort aktuelle Positionsdaten an den Server senden. Oder die Wissenschaftler integrieren sie als sogenannten Worker in eine Baustellenlampe, um mit ihr die Länge von Baustellen anzuzeigen. „Dadurch können wir in Echtzeit eine Gefahrenstellenwarnung ausgeben“, sagt Kluge. „Die Möglichkeiten, die wir durch diese kleine, aber feine Software haben, sind wahnsinnig vielfältig.“ ●

Autorin:

Vera Neumann unterstützt die Wissenschaftler des DLR-Instituts für Verkehrssystemtechnik bei der Öffentlichkeitsarbeit.



Weitere Informationen:
DLR.de/TS

Braucht ein neues Design: der Strommarkt der Zukunft

Die Zukunft des Strommarkts wird im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) derzeit diskutiert, im Sommer will Wirtschaftsminister Sigmar Gabriel mit der Vorlage eines Weißbuchs die Weichen für den Gesetzgebungsprozess Ende des Jahres stellen. Kann nur ein Kapazitätsmarkt Versorgungssicherheit gewährleisten oder vermag das auch ein „Energy-only-Market 2.0“ mit ergänzenden Maßnahmen? Wie können die richtigen Signale gesetzt werden, damit Deutschland seine Ziele beim Senken des Kohlendioxidausstoßes erreicht? Matthias Reeg, Energiesystemanalytiker im DLR-Institut für Technische Thermodynamik, hat das Projekt „Kapazitätsmechanismen als Rettungsschirm der Energiewende?“ im DLR geleitet und beschreibt im Interview mit DLR-Energieredakteurin Dorothee Bürkle, welche Möglichkeiten es gibt, um den Strommarkt der Zukunft zu gestalten.

Energy-Trans-Studie zur Gestaltung des Energiemarkts

Der Ausstieg aus der Kernenergienutzung und die „Energiewende“ sind schon vor einigen Jahren beschlossen worden. Warum wird jetzt über den Strommarkt diskutiert?

Die Diskussion begann vor gut drei Jahren, als durch den starken Zubau von Fotovoltaik- und auch Windenergieanlagen die Marktanteile der konventionellen Kraftwerksbetreiber zu schwinden begannen. Neu gebaute Kraftwerke, vor allem Gaskraftwerke, galten bis dahin immer als die flexiblen Kraftwerke, die bei einer Stromversorgung aus vorwiegend erneuerbaren Energien benötigt werden, um das System stabilisieren zu können. Zu diesem Zeitpunkt wurde dann klar, dass diese Kraftwerke im derzeitigen Strommarkt nicht mehr ausgelastet sind und sich damit nicht mehr wirtschaftlich betreiben lassen. Unser Strommarkt ist derzeit ein Energy-only-Market, in dem Kraftwerksbetreiber nur die Strommengen vergütet bekommen, die sie auch tatsächlich ins Netz einspeisen. Und zwar zu dem Preis, der die kurzfristigen Grenzkosten des letzten nötigen Kraftwerks deckt. In einem System mit einem hohen Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien wie Wind- und Sonnenenergie, die keine Brennstoff- und Kohlendioxid-Kosten und damit auch keine Grenzkosten haben, ist natürlich die Frage, ob ein Energy-only-Market in seiner heutigen Ausgestaltung das zukünftige Stromsystem refinanzieren kann.

Wie kommt es, dass die flexiblen Gaskraftwerke verdrängt werden?

Die Gaskraftwerke kommen aufgrund des Merit-Order-Prinzips nicht mehr zum Zuge. Demnach sollen diejenigen Kraftwerke Strom ins Netz einspeisen, die den Strom zu den geringsten kurzfristigen Grenzkosten generieren. Damit sind die Anbieter erneuerbarer Energien die ersten, die einspeisen sollten. Denn der Wind weht gratis, es muss kein Energieträger wie etwa Gas gekauft werden. Relativ niedrige Grenzkosten haben auch Braunkohle- oder Kernkraftwerke im Vergleich zu Gaskraftwerken. Außerdem sind die Großhandelspreise für Strom in den letzten Jahren aus verschiedenen Gründen stark gesunken. Gaskraftwerke sind daher unwirtschaftlich geworden, Betreiber nehmen sie vom Netz und planen keine neuen. Damit haben wir das grundsätzliche Problem: Wenn ausschließlich die gelieferte Arbeit bezahlt wird, fehlt der Anreiz zum Aufbau und zum Halten von Reservekapazitäten, für die nur eine geringe



Diplom-Wirtschaftsingenieur Matthias Reeg vom DLR-Institut für Technische Thermodynamik leitet die Studie zum Energiekapazitätsmarkt

Allianz ENERGY-TRANS

Das DLR hat in Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) und dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) sowie der Freien Universität Berlin, der Universität Münster und der Universität Stuttgart untersucht, ob die Einführung eines Kapazitätsmarkts zum jetzigen Zeitpunkt sinnvoll ist. Die unabhängige Studie wurde im Rahmen der Forschungsallianz ENERGY-TRANS der Helmholtz-Gemeinschaft erstellt.

Immer mehr Wind- und Sonnenstrom fließen ins Netz: Wie muss der Strommarkt aussehen, um uns sicher, bezahlbar und umweltfreundlich mit Energie zu versorgen?

Auslastung zu Buche schlägt, die aber bei niedriger Einspeisung erneuerbarer Energien die Versorgung sicherstellen können.

Kann ein Kapazitätsmarkt das ändern?

In einem Kapazitätsmarkt bekommen Kraftwerksbetreiber schon das Bereithalten von Kraftwerkskapazitäten vergütet, egal ob diese eingesetzt werden oder nicht.

Damit lässt sich das Problem der Versorgungssicherheit doch lösen ...

Wenn man allein die Versorgungssicherheit betrachtet, dann ja. Und das ist auch der Grund, weshalb Kapazitätsmärkte in vielen Ländern, zuletzt in England und Frankreich oder schon seit Längerem in Nord- und Südamerika, eingeführt wurden. Das Problem ist nur: Einmal gewährte zusätzliche Zahlungen für Akteure lassen sich nur schwer wieder zurücknehmen. In den Ländern mit Kapazitätsmarkt hat sich gezeigt, dass die korrekte Parametrisierung für einen gut funktionierenden Kapazitätsmarkt eine hochkomplexe Aufgabe ist und die ursprünglichen Anreize und Zahlungsströme nicht zu dem gewünschten Ergebnis geführt haben; die Regeln dafür mussten mehrfach nachgebessert werden. In Deutschland können wir noch gar nicht absehen, ob und wann es überhaupt zu Versorgungslücken kommen wird. Mit einem Kapazitätsmarkt würde sich die Politik jetzt auf Zahlungen festlegen, die unter Umständen gar nicht notwendig werden und würde so möglicherweise falsche Anreize schaffen.

Als wir mit unserer Studie begannen, ist uns aufgefallen, dass sich die öffentliche und politische Diskussion von Anfang an darum drehte, wie ein Kapazitätsmarkt am besten ausgestaltet werden kann, anstatt die Frage zu stellen, ob ein Kapazitätsmarkt überhaupt die beste Lösung ist. Bis auf wenige Ausnahmen gab es dazu nur Auftragsstudien, unter anderem für die großen Energieversorger EnBW, RWE, aber auch für das BMWi oder den World Wide Fund For Nature (WWF) und den Bundesverband Neue Energiewirtschaft (BnE).

Wir sind der Meinung, dass das vorschnell war, und sind in unserer Studie einen Schritt zurückgegangen. Wir haben untersucht, ob es nicht ganz andere Ursachen für mögliche Engpässe in der Stromversorgung gibt und haben dann Vorschläge erarbeitet, wie man diesen direkt entgegenwirken kann, statt nur die Symptome scheinbar zu niedriger Großhandelspreise zu „bekämpfen“. Zudem haben wir die Konsequenzen eines Kapazitätsmarkts mit anderen Optionen abgewogen.



Gaskraftwerk Irsching: Die effizienten Blöcke 4 und 5 des Gaskraftwerks gingen ab 2010 ans Netz, kamen aber aufgrund ihrer hohen Grenzkosten kaum zum Einsatz.

Bietet der Energy-only-Market denn eine Alternative?

Genau das haben wir untersucht: Kann man, bevor man ein so komplexes neues System wie den Kapazitätsmarkt einführt, den derzeitigen Markt anders gestalten? Nehmen wir folgenden Fall: Wenn Überkapazitäten abgebaut werden, weil Kraftwerke alters- oder betriebswirtschaftlich bedingt vom Netz gehen, sollte in einem freien Markt, bei dem sich der Preis nach Angebot und Nachfrage richtet, auch der Preis wieder steigen. Dann könnten aus 30 bis 40 Euro, mit denen die Megawattstunde an der Strombörse derzeit gehandelt wird, auch wieder 50 Euro und mehr werden. In Situationen stärkerer Knappheit richtet sich die Preisbildung außerdem nicht mehr nach den Grenzkosten der Erzeugung, sondern nach der Zahlungsbereitschaft der Kunden, sodass auch Preise von 200 oder 2.000 Euro entstehen können. Wenn solche Knappheitspreise erzielt werden, ist der Weiterbetrieb oder der Neubau von Kraftwerkskapazitäten eventuell wieder rentabel. Allerdings wird der Strommarkt nicht allein von Angebot und Nachfrage gesteuert: Damit Strom beispielsweise für die Endkunden nicht zu teuer wird, sind Preisspitzen in vielen Ländern gesetzlich gedeckelt. In Deutschland gibt es bisher aber nur eine technische Preisober- beziehungsweise -untergrenze von minus 3.000 beziehungsweise plus 3.000 Euro pro Megawattstunde, die der Börsenbetreiber selbst definiert hat. Solche extremen Preise hat es in Deutschland seit der Einführung des Stromhandels allerdings noch nicht gegeben. Unsere Studie zeigt aber auch die Gefahren des Energy-only-Markets, beispielsweise große Unsicherheiten über zukünftige Preisentwicklungen. Diese lassen sich schwer abschätzen: Investitionen im Energiesektor sind aber immer sehr langfristig, und (neue) Kraftwerke sind unter Umständen bei auftretenden Engpässen nicht rechtzeitig am Netz.

Ein Risiko, das die Politik sicherlich nicht eingehen wird?

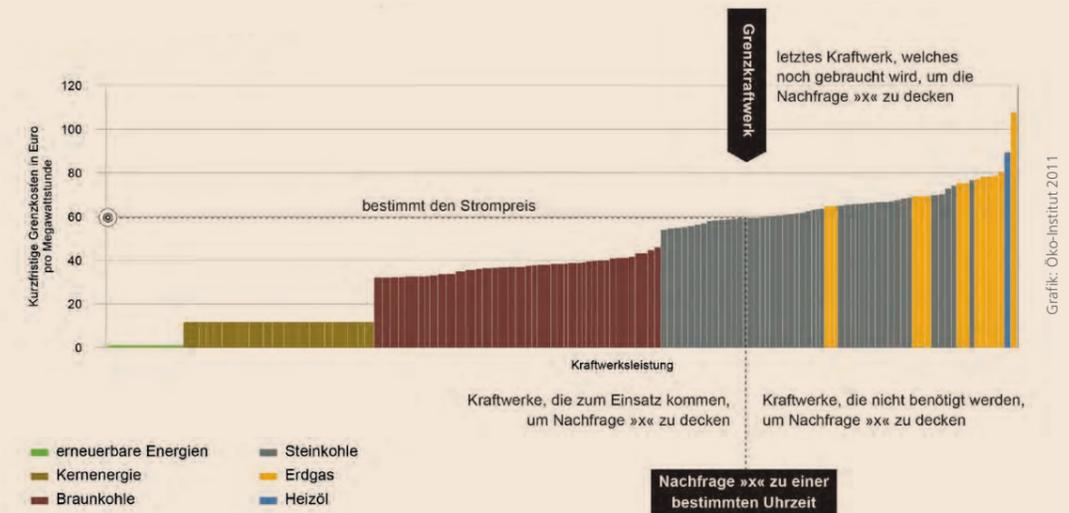
Wenn der Politik ein reiner Energy-only-Market zu riskant ist, dann gibt es noch die Möglichkeit, das System durch eine strategische Reserve abzusichern. Die Kapazitäten dieser Reserve werden ausschließlich in Erzeugungseingängen eingesetzt, die Kraftwerke sind ansonsten nicht am Strommarkt beteiligt, sodass die strategische Reserve zu keiner grundlegenden Veränderung der Preisbildung beziehungsweise des Marktdesigns führt.

Das allein würde genügen?

Nein, natürlich nicht. Es gibt noch eine ganze Reihe von Maßnahmen, den jetzigen Strommarkt weiterzuentwickeln. Regelbaren Strom können auch Biomasseanlagen liefern und



Blick in Block 4 des Kraftwerks Irsching: Die Kraftwerksbetreiber wollen die effizienten und leistungsstarken Turbinen im April 2016 mangels Auslastung vom Netz nehmen.



Merit-Order-Prinzip: Wer darf Strom wann einspeisen?

Je nach Stromnachfrage wird eine bestimmte Kraftwerksleistung zu einem bestimmten Zeitpunkt gebraucht. Zuerst speisen diejenigen Anlagen Strom ins Netz ein, die ihn zu den geringsten Grenzkosten generieren können. Als Grenzkosten gelten jene Kosten, die benötigt werden, um mit bereits vorhandenen Anlagen die nächste Kilowattstunde zu produzieren. Weitere Kosten wie Investitionen und fixe Betriebskosten spielen keine Rolle. Erneuerbare Energien haben die geringsten, gegen null gehenden Grenzkosten, da sie zur Stromerzeugung keine Rohstoffe brauchen. Als nächstes folgen Kernkraftwerke, dann Braunkohle-, Steinkohle- und zuletzt Gaskraftwerke. Letztere haben aufgrund des hohen Gaspreises relativ hohe Grenzkosten. Gaskraftwerke kommen daher nur selten zu Spitzenlastzeiten zum Einsatz. Der aktuelle Strompreis, mit dem die Kilowattstunde an der Strombörse in Leipzig gehandelt wird, leitet sich ebenfalls aus dem Merit-Order-Prinzip ab: Alle Kraftwerksbetreiber, die einspeisen, erhalten den Preis, den es kostet, um die Kilowattstunde des teuersten Kraftwerks herzustellen (dabei geht man wiederum von den Grenzkosten aus). Der Preis, den die Stromanbieter erhalten, ist damit direkt an die Stromnachfrage gebunden.

damit das Netz stabilisieren. Erst langsam erkennen die Betreiber der Anlagen, dass sie hier Chancen haben, ihren Strom gewinnbringend zu vermarkten. Nach aktuellen Untersuchungen könnten Biomasseanlagen bis zum Jahr 2020 bis zu 15 Gigawatt flexiblen Strom bereitstellen, das entspricht knapp einem Viertel der durchschnittlichen Stromnachfrage. Damit sich die Einspeisung aus Fotovoltaikanlagen besser über den Tag verteilt, kann man auch nach Osten und Westen ausgerichtete Anlagen fördern, die nicht wie nach Süden ausgerichtete Anlagen mittags ihren höchsten Ertrag haben. Möglichkeiten gibt es auch beim Lastmanagement, das heißt, man könnte den Stromverbrauch besser an das zunehmend fluktuierende Angebot anpassen. In der Zukunft werden auch Speicher eine wichtige Rolle spielen, die gegenwärtig häufig noch zu teuer sind. Hier liegen aber große Forschungs- und Entwicklungspotenziale. Wenn wir langfristig an einen Strommarkt mit 80 Prozent erneuerbaren Energien denken, brauchen wir ein System, das hochflexibel ist.

Zu welchem Ergebnis kommen Sie dazu in ihrer Studie?

Zum jetzigen Zeitpunkt spricht vieles gegen die Einführung eines Kapazitätsmarkts. Es empfiehlt sich nicht, zusätzliche Zahlungsströme einzuführen, um die identifizierten Schwächen des Energy-only-Strommarkts auszugleichen. Wir sind dafür, dass im jetzigen Strommarkt primär die Ursachen bekämpft werden, die zu Versorgungslücken führen können, also dass beispielsweise die Netzengpässe behoben werden. Eventuell ist es sinnvoll, eine strategische Reserve zur Absicherung aufzubauen. Darüber hinaus ist es schwierig, zu sagen, wie die Welt im Jahr 2030 aussieht. Niemand weiß, wie sich der Preis zum Beispiel für Kohle, Gas oder für Kohlendioxid-Zertifikate entwickeln wird oder welche Technologien dann zu welchen Preisen zur Verfügung stehen werden, um die Versorgung mit Strom zu gewährleisten. Ich will einen Kapazitätsmarkt oder zusätzliche Zahlungen in welcher Form auch immer nicht für alle Zeit ausschließen. Es kann sein,

dass das in einigen Jahren sinnvoll ist, dann muss das neu diskutiert werden. Aber zum jetzigen Zeitpunkt mit einem Überangebot an Erzeugungskapazitäten im System könnte ein neues, komplexes Marktsegment, dessen Interaktion mit den anderen Stromteilmärkten (Energy-only- und Regelenergiemarkt) noch nicht im Detail erfasst werden kann, falsche Anreize und Investitionssignale an die Marktteilnehmer senden und den nötigen Transformationsprozess im Kraftwerkssektor behindern.

Wie sind Sie in ihrer Studie vorgegangen?

Ziel der Studie ist ein transparenter und ergebnisoffener Diskussionsprozess über das „Ob“ und „Wie“ kapazitätssichernder Maßnahmen unter Einbeziehung aller betroffenen Akteure. Ausgegangen sind wir vom energiepolitischen Zieldreieck mit den Eckpunkten: Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Diese haben wir zusätzlich mit den Energiezielen – also Ausbau der erneuerbaren Energien, Kernkraftausstieg und Kohlendioxid-Reduktion – abgeglichen und ergänzt. So haben wir einen Kriterienkatalog erstellt, in dem unter anderem auch die politische Durchsetzbarkeit einer Maßnahme geprüft wird.

Was meinen Sie, wie wird sich Wirtschaftsminister Gabriel entscheiden?

Nachdem es bisher in vielen Studien nur noch um die Ausgestaltung des Kapazitätsmarkts ging, war ich überrascht, dass Gabriel im Januar neue Zahlungsströme für die konventionellen Kraftwerke sehr deutlich abgelehnt hat. Dabei hat er sich wahrscheinlich auf drei Studien im Auftrag des BMWi vom letzten Sommer berufen, die zu ähnlichen Ergebnissen kamen wie unsere unabhängige Studie. Sehr spannend finden wir nun, was im Sommer im Einzelnen verabschiedet wird und wie der Energiemarkt und seine Akteure darauf reagieren werden. ●

Der Großraum Irkutsk in Zentralsibirien mit den „Augen“ des Satelliten Sentinel-1 gesehen: Das Monitoring borealer Wälder als eine der wichtigsten globalen Kohlenstoffsenken spielt eine wesentliche Rolle bei der Modellierung von Klimafaktoren. Eine bessere Abschätzung der globalen Biomassen soll in Zukunft durch die ESA Earth Explorer Mission Biomass gewährleistet werden. Mit Strategien zur Auswertung von Fernerkundungsdaten befasst sich die Autorin des nebenstehenden Erfahrungsberichts, die den Weg zur Europäischen Weltraumorganisation ESA über das German Trainee Programme gegangen ist.

Lift-off für Senkrechtstarter

Viele Wege führen zum Ziel –
einer über das German Trainee Programme des DLR mit der ESA

Es gilt als Launchpad, als Startplatz. Berufliche Karrieren bekommen mit ihm Schub. Die Rede ist vom German Trainee Programme, kurz GTP. Vor fünf Jahren wurde es vom DLR und der ESA ins Leben gerufen. In einer ein- bis zweijährigen „On-the-Job-Qualifizierung“, versehen mit einem Stipendium des DLR, erleben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer an Standorten der Europäischen Weltraumorganisation ESA die Welt der Raumfahrt. Anica Huck und Dr. Lena Stern nahmen an dem Programm teil.

Die Erde im Blick

Von Anica Huck

„Fernerkundung I“ – die erste Vorlesung im Herbstsemester 2005 an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena. Bildgewaltig; neue Perspektiven für den Blick auf unseren Planeten. Das macht Eindruck auf die Erstsemester. Mehr noch die Dozentin, die vor Begeisterung und Hingabe zur Wissenschaft nur so sprudelt. Der Vortrag von Prof. Dr. Christiane Schmillius, Expertin in Sachen Erdfernerkundung, insbesondere mit Radar für Biomasseabschätzung, und in der Forschung erprobt unter anderem im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt, reißt das Auditorium mit. Nicht zuletzt auch mich. Damals ahnte ich noch nicht, dass das DLR noch eine wichtige Rolle in meiner beruflichen Laufbahn spielen würde.

In den folgenden fünf Studienjahren hatte ich die Möglichkeit, die vielfältigen Anwendungsgebiete der Erdbeobachtung zu erforschen – auf dem Bildschirm und in der Praxis. Seit dem „spatial turn“, der in unserer Gesellschaft immer weiter reichenden Nutzung von raumbezogenen Daten, ist die Fernerkundung mit ihren vielen alltagsrelevanten Anwendungen zum „Star“ geworden. Auch wenn die meisten Nutzer von (digitalen) Karten die Komplexität der Informationen, die durch Satellitenbilder erzeugt werden, wohl nicht im Blick haben. Mein Interesse an Satellitenbildern als Kommunikationsmedium war jedenfalls geweckt.

Die Ausschreibung des DLR für ein Training bei der ESA im Bereich Wissenschaftskommunikation, Daten-Visualisierung und Webauftritt schien der perfekte Weg zu sein, meinen beruflichen Einstieg in die Welt der Raumfahrt zu gestalten. Zu dem Vorstellungsgespräch mit Vertretern des DLR und der ESA machte ich mich von einem Forschungsaufenthalt in Sibirien, wo ich mich mit der Vorbereitung einer Feldkampagne für die Validierung von Satellitenprodukten für Forst-Inspektionen befasst hatte, auf den Weg nach Köln. Von Köln ging es alsbald weiter ins ESA-Erdbeobachtungszentrum ESRIN im italienischen Frascati. Ich begann meine Trainee-Zeit im sogenannten Bodensegment, speziell in der Abteilung für nutzerorientierte Services. Zwei Jahre lang befasste ich mich damit, ein neues Kommunikationskonzept

für ein vornehmlich technisch interessiertes Publikum und eine Demo-App zu entwickeln. Dieses Thema war deshalb spannend, weil ich den Beginn der „Sentinel-Ära“ bei der ESA miterleben durfte. Die ersten einer ganzen Reihe von Erdbeobachtungssatelliten der ESA wurden gestartet. Neben den Earth-Explorer-Missionen, welche zur Beantwortung grundlegender naturwissenschaftlicher Fragestellungen zur Erderkundung in den Orbit gebracht wurden, ist nun mit Copernicus ein operationelles System von europäischen Erdbeobachtungssatelliten am Start. Die tägliche Versorgung mit globalen Informationen soll so gewährleistet werden und es wird sich ein ganzer Wirtschaftszweig entwickeln, der den riesigen Datenfluss zu bewältigen hat und nutzen kann. Das bedeutet ein Mehr an potenziellen Anwendungen und technischen Herausforderungen. Und ein Umdenken – auch bei der ESA. Neben dem traditionellen Datenvertrieb entwickeln sich zeitgemäße Strategien für die Auswertung von Fernerkundungsprodukten: Plattformen für Datenprozessierung, offene Informationsportale, die Einbeziehung von zusätzlichen Datenquellen durch „Crowdsourcing“. Wenn wissenschaftliche Gemeinschaften für große gemeinsame Projekte formiert werden, spielen Raumfahrtorganisationen wie die ESA eine maßgebliche Rolle. Sie sind gefragt, wenn es um die Integration verschiedener Produkt-Algorithmen geht und In-situ-Komponenten voranzutreiben sind, um so die Anwendungspotenziale voll auszuschöpfen. In diesem Kontext wird sich meine Arbeit in den kommenden vier Jahren bewegen. Denn nachdem ich das German Trainee Programme erfolgreich absolviert hatte, wurde ich bei der ESA festangestellt.

Damit öffneten sich für mich viele neue Türen. Die gute Betreuung bei der ESA und von Seiten des DLR im Rahmen des GTP hat diesen Karriereschritt auf die richtige Spur gebracht. Die Besonderheit des German Trainee Programme im Vergleich zu anderen nationalen Ausbildungsprogrammen bei der ESA liegt neben der sehr engen und persönlichen Betreuung auch in den exzellenten Perspektiven, die sich nach der Traineeship fast allen Alumnis auftun. So bleibt die Mehrheit der Absolventen dem Raumfahrtsektor treu, oft im Umfeld der ESA und des DLR.



Die Welt der Raumfahrt kennenzulernen, empfinden die beiden Stipendiatinnen des „German Trainee Programme“ als große Bereicherung.

Für Dr. Lena Stern (links im Bild, mit ihren zwei Kindern) besticht das Programm unter anderem durch seine Familienfreundlichkeit.

Anica Huck (rechts) begeistert die Perspektiven, die sich durch die Fördermaßnahme auftun.

Kompetenz in puncto Recht am geistigen Eigentum

Von Dr. Lena Stern

Während meiner Ausbildung zur Volljuristin in Deutschland und Frankreich habe ich mich für ganz unterschiedliche Schwerpunkte von der Rechtsphilosophie bis zum Umweltschutzrecht interessiert. Besonders spannend war für mich aber immer das Recht der technischen Innovationen und des geistigen Eigentums. Im Rahmen des GTP hat sich mir dann eine außergewöhnliche Möglichkeit geboten, meine Qualifikation auf einem Gebiet höchster Innovation und Komplexität einzubringen.

Seit Februar 2013 arbeite ich bei der ESA im Bereich Erdbeobachtung in Frascati, Italien. Angefangen habe ich als stolze Stipendiatin im GTP. Seit Juni 2014 bin ich ESA-Mitarbeiterin im Missionsmanagement der Erdbeobachtungssatelliten. Dort gehören die Lizenzierung und Nutzung von wissenschaftlichen Daten sowie Kooperationsvereinbarungen mit internationalen Partnern und ESA-Mitgliedsstaaten zu meinen Aufgaben. Wir versorgen wissenschaftliche Projekte in ganz Europa kostenfrei mit Erdbeobachtungsdaten, auch von kommerziellen Satellitenbetreibern. Dabei ist mein Aufgabenbereich so vielfältig und abwechslungsreich, wie ich es nie erwartet hatte: Wissenschaftliche Workshops organisieren, Industrieverträge aushandeln und internationale Beziehungen pflegen – alles ist möglich und gefordert.

Das GTP bietet jährlich einer Handvoll junger Akademiker die Chance, Einblick in die Prozesse bei der ESA zu bekommen, egal ob Naturwissenschaftler, Ingenieur oder Ökonom. Für die Dauer von bis zu zwei Jahren können die Stipendiaten die

Arbeitsweise einer internationalen Organisation kennenlernen, in ihrem Fachgebiet Berufserfahrung sammeln und eigene Verantwortung übernehmen. Was man daraus macht, hängt natürlich von den Umständen sowie den eigenen Fähigkeiten und Ansprüchen ab; aber auch von der Neugier eines jeden.

Das DLR hat meine Zeit als Trainee durch ein intensives Rahmenprogramm begleitet. Die jährlichen GTP-Treffen bieten Gelegenheit zum Austausch mit anderen Trainees aus allen ESA-Standorten und mit hochrangigen Vertretern der ESA, des DLR und der Politik. Diese Treffen ermöglichen auch individuelle Kontakte zur deutschen Raumfahrtindustrie, wie man sie auf keiner Berufsmesse geboten bekommt. Für alle Stipendiaten stellt die Zeit bei der ESA eine außerordentliche Bereicherung dar – sowohl im beruflichen – meist internationalen – Umfeld als auch in den privaten zwischenmenschlichen Beziehungen.

Und aus einem weiteren Grund trägt das GTP so erfolgreich zur Ausbildung junger Ingenieure, Natur- und Rechtswissenschaftler bei: Es ist außerordentlich familienfreundlich. ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/209b

German Trainee Programme des DLR mit der ESA

Seit dem Jahr 2010 ist der berufliche Einstieg und die Qualifizierung bei der Europäischen Weltraumorganisation ESA für Stipendiaten aus Deutschland über das GTP möglich. Dazu gehört eine ein- bis zweijährige „On-the-Job-Qualifizierung“ mit einem Stipendium des DLR an ESA-Standorten in Frankreich, Deutschland, in den Niederlanden, Italien oder Spanien. Jedes Jahr werden zehn neue Trainee-Stellen eingerichtet, deren Einsatzbereiche vorrangig in der Raumfahrttechnologie, aber auch in anderen Fachbereichen liegen können. Die Arbeit erfolgt in internationalen Teams und die Betreuung durch Fachmentoren der ESA. Als Bewerbungsvoraussetzungen gelten der Masterabschluss oder ein Hochschul-Diplom beziehungsweise ein Doktor in Fachbereichen mit einer starken Raumfahrtaffinität, der maximal zwei Jahre zurückliegt. Gefragt sind auch gute englische Sprachkenntnisse, Teamfähigkeit und die deutsche Staatsbürgerschaft.

Das Programm wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

Kontakt:

Dr. Olivia Drescher-Schwenzfeier
Telefon: +49 30 67055-476
gtp@DLR.de

German Trainee Programme

Karrieren nach dem German Trainee Programme 2010–2014



Das erworbene wissenschaftlich-technische Know-how und die internationale Erfahrung der Teilnehmer an dem Förderprogramm von DLR und ESA empfehlen sie für eine Tätigkeit direkt bei der ESA oder in deren Umfeld, in der Raumfahrtindustrie oder in der internationalen Raumfahrtforschung, inklusive dem DLR.

GTP-Teilnehmer
2010–2015

Promotionen aller GTP-
Absolventen 2010–2014



Einer der Vorzüge des Trainingsprogramms ist seine Familienfreundlichkeit.

Stets bereit für den Fall der Fälle

Ein Tag im Kontrollraum für das europäische Forschungsmodul Columbus auf der Internationalen Raumstation

Von Dr. Thomas Uhlig

Wenn Astronauten auf der Raumstation experimentieren, haben sie eine Crew am Boden hinter sich. Diese überwacht alle Systeme, kennt die Pläne, verfolgt die Abläufe, dokumentiert alles akribisch. Und auf die Frage „Was wäre, wenn ...?“ ist sie vorbereitet. Eines der weltweiten Raumfahrtkontrollzentren ist das German Space Operations Center, kurz GSOC, im DLR Oberpfaffenhofen. Wie der Arbeitsalltag an diesem ganz und gar nicht alltäglichen Dienort abläuft, schildert der folgende Magazin-Beitrag von GSOC-Mitarbeiter Dr. Thomas Uhlig.



6 Uhr morgens. Heute habe ich Dienst an der Konsole des Flugdirektors im K4, einem unserer drei Kontrollräume, aus denen das Forschungsmodul Columbus an der Internationalen Raumstation ISS gesteuert und betreut wird. Für die meisten ist es eine eher ungemütliche Uhrzeit, aber ich bin ein Fan der Morgenschichten – dann komme ich üblicherweise zwischen 14 und 15 Uhr aus dem Kontrollzentrum raus und habe den Nachmittag noch frei. Generell geht unser Job rund um die Uhr, wir arbeiten im Schichtbetrieb. An der Konsole treffe ich auf Albert Schencking, der letzte Nacht als Columbus-Flugdirektor im Dienst war. Er hat bereits an der D2-Mission mitgewirkt, mit der 1993 die deutschen Astronauten Ulrich Walter und Hans Schlegel im All waren, und ist somit ein echtes „Urgestein“ in unserem German Space Operations Center, kurz GSOC. Kurze Übergabe – ich werde informiert über das, was die Nacht über passiert ist: Es war ruhig, wie meistens, denn die Astronauten arbeiten und schlafen fast zeitgleich mit uns Mitteleuropäern. Auf der Raumstation gilt die Greenwich Mean Time, GMT; der Unterschied zu unserer Uhrzeit beträgt nur eine Stunde.



Das German Space Operations Center (GSOC) im DLR Oberpfaffenhofen – im Zentrum der europäischen Raumfahrt



Das Resümee der Nachtschicht von Flugdirektor Albert Schencking: Alles unter Kontrolle!

Die Nachtschicht ist bei uns daher zumeist der Planung gewidmet: Wir bereiten die kommenden Astronautentage vor, sehen uns besonders die Timeline, also den „Stundenplan“ der ISS, an – es ist eben auch viel Papierarbeit, die erledigt werden muss ...

Mit Albert auf Nachtschicht war außerdem noch Johan Blomqvist, er saß an der STRATOS-Konsole. STRATOS steht für Safeguarding, Thermal Resources, Avionics, Telecommunication Operations, Systems. Während der Flugdirektor vor allem koordinative Aufgaben hat, Entscheidungen trifft und die letzte Instanz in allen „Real-Time“-Punkten ist, hat der STRATOS eher technische Aufgaben: Er überwacht die Telemetrie, die aus Europas Modul heruntergefunkt wird, schickt Kommandos, um auf der Raumstation beispielsweise Pumpen einzuschalten, Ventile zu öffnen oder Ventilatoren auf andere Drehzahlen zu bringen.

Ebenfalls mit auf Nachtschicht war unser „Ground Controller“, der das komplexe Columbus-Netzwerk überwacht. Dieses erstreckt sich mit „Knotenpunkten“ in Houston, Moskau und mehreren anderen Centern in Europa schließlich über mehrere Kontinente. Weltweit sitzen nämlich zeitgleich mit uns Kollegen in ihren Kontrollräumen und arbeiten über eine Art Sprechfunk und über das Netzwerk international zusammen. Der „Ground Controller“ muss dafür unsere Konsolencomputer ebenso am Laufen halten wie etwa die Videoübertragungen aus dem All. Bevor Albert sich in seinen Feierabend verabschiedet, bringt er mich noch auf den neuesten Stand. Dann führe ich mit meinem gesamten Team eine Übergabe, das sogenannte Handover, durch. Das Team sitzt nicht nur bei uns hier im Kontrollraum des DLR in Oberpfaffenhofen, sondern ist auch von den Engineering-Centers, den kleinen Payload-Centers und dem European Astronaut Center „zugeschaltet“. Über Voice-Loop und verschiedene Software-Programme arbeiten wir zusammen, um das Columbus-Labor für die Astronauten und die Experimente in Betrieb zu halten. Von jeder Position bekomme ich einen Statusreport – und auch einen Ausblick auf unsere gemeinsame Frühschicht: Was steht alles an?

Was müssen wir berücksichtigen? Was sollten wir im Auge behalten oder gemeinsam dringend bearbeiten?

Schließlich gibt es auch noch ein großes internationales Handover über unsere Sprachkanäle, das von dem diensthabenden Flugdirektor der NASA im Kontrollzentrum in Houston geleitet wird. Hier ist es nun an mir, über den Zustand des europäischen Bodensegments und von Columbus zu berichten. Im Gegenzug hören wir als Team in Oberpfaffenhofen aufmerksam zu, wenn die Kollegen rund um die Erde berichten, was bei ihnen anliegt – schließlich ist die ISS eine internationale Kollaboration, wie ihr Name Internationale Raumstation schon sagt: Ein Fehler beispielsweise im amerikanischen Teil der Raumstation kann sich schnell auch zu einem Problem für uns entwickeln.

Noch schnell ein gemeinsamer Blick auf unseren kompletten Handover-Report, der von einer Schicht an die nächste weitergereicht wird – dann fühle ich mich in der Lage, die Verantwortung zu übernehmen. Albert entlässt als Flugdirektor seine Schicht. Heute Abend um 22 Uhr wird er wieder übernehmen. Der 64-Jährige zieht die größtmögliche Anzahl von sieben aufeinanderfolgenden Nachtschichten vor: „Dann habe ich nur einmal einen Jetlag und für zwei Monate meine Ruhe“.

Die ersten Stunden der Morgenschicht sind üblicherweise ruhig: Noch sind von all den Teams, die mich und meine Schichtkollegen während der „normalen“ Bürozeiten unterstützen, noch nicht alle an ihren Konsolen. Und auch die Astronauten schlafen noch – ihr Wecker klingelt erst etwa zwei Stunden später. Zeit für mich, mich noch mal detailliert mit dem Zustand von Columbus, den letzten Komplikationen und Fehlern, den neuesten Entwicklungen, Entscheidungen und Planungen vertraut zu machen, die in unser „Flight Note“ genanntes elektronisches Dokumentationssystem eingestellt wurden. Genauso schaue ich mir lieber gleich die drei Timelines an, die wir in dieser Schicht standardmäßig überprüfen: Die Zeitplanung für morgen, die Planung

dessen, was in drei Tagen und was in einer Woche vorgesehen ist. Auch wenn diese Stundenpläne fast ein Jahr „in der Mache“ waren – man hat trotzdem fast immer noch Kommentare und Verbesserungsvorschläge: Hier fehlt eine Information an die Astronauten, da ist eine Videoübertragung nicht genau mit der zugehörigen Aktivität an Bord „in sync“: Wir sammeln solche notwendigen Korrekturen in einer Flight Note, bevor wir bei den Amerikanern dann einen offiziellen „Change Request“, eine Aktualisierungsbitte, einreichen.

Mein Vorgänger Albert hat mir auch die Prozeduren ausgedrückt, die während meiner Schicht von den Astronauten durchgeführt werden sollen. Alles an Bord der ISS geschieht mittels Prozeduren: Für die Astronauten ist hier bis ins Detail zusammengeschrieben, was sie Schritt für Schritt zu tun haben. Heute steht das Experiment Triplelux-B auf dem Plan, bei dem das Immunsystem von Muschelzellen unter Schwerelosigkeit untersucht werden soll. Für mich ist es wichtig, mich schon im Voraus mit den bevorstehenden Aktivitäten der Crew vertraut zu machen. Die italienische Astronautin Samantha Cristoforetti wird die Proben, die in kleinen Containern enthalten sind, aus dem Wärmeschrank des BIOLAB-Labors nehmen und auf den Rotor bauen, der sich im BIOLAB-Inkubator befindet. Wie genau die Proben beschaffen sind, was exakt der wissenschaftliche Hintergrund ist: Das interessiert mich eher privat – für meinen Job ist das nicht wirklich wichtig. Wir hier im Kontrollzentrum machen keine Forschung, wir machen die „Operations“, wir sorgen also dafür, dass der Betrieb des Columbus-Forschungsmoduls glatt läuft.

Was für uns viel wichtiger ist: Welche Toxizität ist eventuell vorhanden? Freilich ist im Normalfall sichergestellt, dass die Crew der Internationalen Raumstation keinerlei Gefahr ausgesetzt ist. Trotzdem müssen wir als Flight Control Team darauf vorbereitet sein, dass auch mal etwas „off-nominal“ verläuft, dass nicht alles immer reibungslos nach Plan geht: Was wäre, wenn ...? – In der Prozedur für das Experiment Triplelux-B steht auch, dass

die Astronautin vor dem Öffnen des Inkubators zunächst durch ein kleines Fenster hineinschauen und verifizieren soll, dass keinerlei Splitter darin zu sehen sind. Diese umständliche Prozedur wundert mich gerade. Das sieht Samantha doch auch, wenn sie die Inkubatortüre öffnet? Nach ein wenig Recherche bin ich schlauer: Diese Kontrolle vor dem eigentlichen Öffnen wurde in den Prozedurablauf aufgenommen, um die Crew vor „exposure to shatterable material“ zu schützen. Wenn plötzlich kleine Materialteilchen in der ISS freigesetzt werden würden, könnten diese die Astronautin verletzen – eine wichtige Information für mich! Die Sicherheit der Astronauten liegt auch in meiner Verantwortung – und deshalb muss ich darauf bestehen, dass dieser Prozedurschritt auch genauso durchgeführt wird. Mein spezielles Interesse gilt auch allen Abläufen, bei denen die Astronauten uns rufen und auf ein „Go“ warten: Ich möchte verstehen, was die Kriterien für dieses „Go“ unsererseits sind, und was wir vielleicht im Vorfeld schon unternehmen können, um dieses „Go“ möglichst zügig geben zu können – Crew-Zeit ist teuer!

In der Zwischenzeit sind auch die anderen Konsolen besetzt – mit Kollegen, die mit uns während des „crew awake“, der Aufwachzeit, zusammenarbeiten. Größtenteils sitzen diese Kollegen irgendwo anders in Europa. Die kleinen Kontrollzentren, die die eigentlichen Experimentexperten heute sein werden, haben „eingescheckt“ – genauso wie die Logistikexperten, die sich mit dem Werkzeug an Bord auskennen und wissen, was sich wo auf der Raumstation befindet. Auch der EUROCOM ist an seiner Konsole im Astronautenzentrum in Köln – er ist unser Sprachrohr zu der Crew auf der ISS. Um ein Stimmengewirr zu vermeiden, sind die Rollen exakt festgelegt: Nur der EUROCOM spricht direkt mit den Astronauten. Auch unsere Engineering Support- und unsere Safety-Position sind jetzt besetzt, unser medizinischer Experte ist mit von der Partie, genauso wie Marius Bach, der an meiner Nachbarkonsole sitzt und als COMET, als Columbus Operation & Mission Execution Timeline Engineer, unser Planungsexperte ist.

Mittlerweile ist es 10 Uhr. Auch die Astronauten sind in ihren Tag gestartet: Die Daily Planning Conference (DPC), die wir morgens und abends mit ihnen durchführen, ist kurz und knapp. Nachdem die Astronauten mit den Kontrollzentren in Houston und Huntsville gesprochen haben, sind wir an der Reihe – die ISS ruft „Munich“ – der Funkrufname „Oberpfaffenhofen“ wäre für viele Astronauten wohl kaum auszusprechen. „Samantha, kannst du uns noch eine Seriennummer für den Container durchgeben, den du gestern ausgebaut hast?“, fragt der EUROCOM für uns. Diese Angabe für den Experimentcontainer fehlt uns noch. Dann ist das Moskauer Kontrollzentrum an der Reihe, der EUROCOM verweist die Astronauten direkt an die Russen – und dann geht es auf Russisch weiter. Unsere japanischen Kollegen haben heute keine Frage an die Crew im Weltall.

Nach der morgendlichen Planungskonferenz ist auf Samanthas Timeline dann gleich eine einstündige Aktivität verzeichnet, für die wir verantwortlich sind: die Probenentnahme aus dem BIOLAB-Experimentierschrank. Sinje Caldwell-Steffen aus unserem STRATOS-Team aktiviert unsere Kamera an Bord von Columbus, damit wir Samantha über die Schulter schauen können. Kurz darauf flimmert das Innere des europäischen Labors über unseren „Big screen“, unsere große Leinwand im Kontrollraum. Im Columbus-Forschungsmodul ist bereits das Licht eingeschaltet, und Samantha sucht geschäftig die verschiedenen Gegenstände zusammen, die sie für ihren Einsatz im BIOLAB benötigt. Zusammen mit der Kamera haben wir auch den kleinen Bildschirm im Columbus-Modul eingeschaltet – damit Samantha sich bewusst ist, dass wir – und damit die Weltöffentlichkeit – „an Bord sind“.

Besonders aufmerksam verfolgen heute auch die DLR-Kollegen am Kölner Nutzerzentrum für Weltraumexperimente die Arbeit im Columbus-Modul. Sie sind das verantwortliche Payload-Center für das BIOLAB und kontrollieren die Durchführung des Triplelux-B-Experiments. Wir werden heute viel miteinander über unser Voice Communication System reden.

Bevor Samantha mit dem ersten Schritt der Prozedur beginnt, versuche ich zusammen mit dem Team, schon potenzielle Fragen der Astronautin, Probleme oder notwendige Diskussionen vorwegzunehmen. Manchmal ist das ein bisschen wie Kristallkugel-Lesen, aber ein wichtiger Bestandteil unseres Jobs: alle Möglichkeiten schon im Voraus zu durchdenken, um dann „im Fall des Falles“ gewappnet zu sein. Und so geht es dann auch rasch, als Samantha darum bittet, dass wir an ihrer Stelle schnell den Inkubator im BIOLAB einschalten könnten. Freilich können wir – alles war bereits vorbereitet und keine Minute später geben wir ihr das „Go“ für die nächsten Schritte.

Immer wenn die Besatzung direkt für uns arbeitet, bleiben alle anderen Routinarbeiten an der Konsole liegen. Dann gilt unsere volle Aufmerksamkeit den Astronauten: Wir verfolgen alles auf dem Videobildschirm. Die Prozeduren, die sie abarbeiten, liegen ausgedruckt vor uns und jeder „Crew Call“, jede Entscheidung, die gefällt wird, jede Information, die wir empfangen oder weitergeben, tragen wir akribisch in unsere elektronischen Schichttagebücher, die Console Logs, ein. Alles muss für die nächste Schicht, für spätere Analysen dokumentiert werden. Und, wie Albert zu sagen pflegt: „Cover your ass“ – nur mit genauer Niederschrift kann ich später stichhaltig erklären, warum ich eine bestimmte Entscheidung so getroffen habe und gegebenenfalls nachweisen, dass sich die Situation zum Entscheidungszeitpunkt anders dargestellt hat, als nach drei Tagen Expertendiskussion.

Und es taucht auch tatsächlich ein kleines Problem auf: Samantha findet die Gummi-Expander nicht, mit denen sie die Experimentcontainer im BIOLAB befestigen soll. Während sie in der Schwerelosigkeit auf eine Lösung wartet, diskutieren wir das schnell im Kontrollraum. Wir entscheiden: Sie kann auch Klebeband benutzen. Über unser Sprachrohr, den EUROCOM, geht die Information an die italienische Astronautin, und weiter gehts.

Jetzt steht die nächste besondere Situation an: Wir laufen auf eine geplante Unterbrechung der Funkverbindung mit der Raumstation zu – gerade jetzt stehen 20 Minuten „Loss of Signal“ (LOS) bevor. Normalerweise schätzen wir solche Zeiten. Für uns ist das die einzige Gelegenheit, kurz einmal die Konsole zu verlassen und frische Luft zu schnappen. Aber jetzt kommt das LOS äußerst ungelegen: Sinje muss gleich eine der Komponenten im BIOLAB-Modul ausschalten, damit Samantha weitermachen kann. Wenn wir das nicht in den nächsten drei Minuten durchführen können, dann haben wir 20 Minuten Crew-Zeit leichtfertig verspielt: Samantha könnte erst weitermachen, wenn die Relais-Satelliten der NASA (kurz TDRS für Tracking and Data Relay Satellites) die ISS wieder im Visier haben, die Verbindung wieder steht und wir die notwendigen Kommandos senden können. Also: Wieder hektisches Durchlesen der Prozedur, kurze Analyse der Situation – und Sinje findet tatsächlich eine Möglichkeit, das entsprechende Kommando schon drei Prozedurschritte früher zu schicken. Jetzt können wir nur hoffen, dass die Astronautin vor dem Verbindungsabbruch diesen kritischen Schritt erreicht. Wir alle starren auf das Video aus der Raumstation – und auf den Countdown, der unbarmherzig den Beginn des Signalverlusts anzeigt. Ich realisiere, dass ich inzwischen nicht mehr an meiner Konsole sitze, sondern stehe. Als wir so weit sind, das Kommando schicken zu können, ist einer der beiden Funk-Kanäle schon unterbrochen. Aber unser STRATOS signalisiert mir, dass die S-Band-Verbindung ausreichend ist. Schnell läuft das Kommando über Houston, die NASA-Bodenstation in White Sands (New Mexico) und das geostationäre TDRS-System zur ISS hoch. Der EUROCOM kann gerade noch Samantha informieren, ihre Antwort verliert sich schon im Rauschen – aber unser Ziel ist erreicht: Sie kann während der zwanzigminütigen Unterbrechung weiterarbeiten.

Auch wenn nun für 20 Minuten keine Möglichkeit besteht, mit der Raumstation zu kommunizieren, – mit Füße vertreten wirds nichts bei mir: In der letzten halben Stunde war so viel los, dass ich mir nur ein paar wirre Notizen auf Papier gemacht habe – die muss ich nun noch strukturieren und in mein „Console Log“ übernehmen. Außerdem muss auch unser täglicher Report an die ESA noch um eine Zusammenfassung ergänzt werden. Vor mir liegen jetzt noch drei Stunden Schicht an der Konsole. In dieser Zeit wird die italienische Astronautin mit dem Experiment fortfahren und es beenden, ich werde unser Flight-Note-System noch einmal durchgehen und sehen, woran das Team dringend arbeiten muss, um für die kommenden Tage gewappnet zu sein. Und wahrscheinlich wird es nach Samanthas heutiger Arbeit für uns an Bord noch einiges nachzuverfolgen geben: Den fehlenden Expander habe ich mir bereits notiert – sollten meine Logistikexperten keine schlüssige Geschichte dazu für mich haben, so gilt das Ganze als unerwartete Anomalie, die formal dokumentiert und entsprechend offline aufgeklärt werden muss. Und ganz nebenbei werde ich immer wieder mit den Kollegen vom MUSC die nächsten Schritte für das Experiment abstimmen müssen: Sie werden nach Samanthas Intervention das Experiment jetzt wieder ferngesteuert weiterlaufen lassen können – und jedes Kommando, das sie an die ISS schicken, muss von mir genehmigt werden, weil es letztendlich unter meine Verantwortlichkeit fällt. Um 14 Uhr wird mich dann meine Kollegin Katja Leuoht ablösen. Dann beginnt im Kontrollraum wieder alles von vorne: Ich übergebe die wichtigsten Informationen an sie und während ihre Spätschicht beginnt, heißt es für mich Feierabend.

Morgen werde ich wieder in der Frühschicht an der Konsole sitzen, vielleicht auch mal wieder kurzzeitig stehen ... der Wecker ist schon gestellt! ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/my6w



Am Boden sind die Rollen genau verteilt ... im Hintergrund steht die ISS-Crew Kopf



Natürlich ein Höhepunkt für das Kontrollzentrum in Deutschland: Die Mission von ESA-Astronaut Alexander Gerst vom 28. Mai bis 10. November 2014.



Sinje Caldwell-Steffen an der STRATOS-Konsole bekommt alle relevanten Informationen von der Nachtschicht übermittelt



Der Kontakt mit den internationalen Partnern und der Raumstation wird mit dem Voice Communication System gehalten: Dutzende von Sprachkanälen und dennoch keine babylonische Verwirrung!



Morgenschicht vorbei: „Mission accomplished“ für den Autor des Magazin-Beitrags Dr. Thomas Uhlig.



Bodyflying-Anlagen, hier eine auf der EXPO in Shanghai, basieren auf der Technik von Windkanälen

Surfen auf dem Luftstrom

Seit ihrer Erfindung sind Windkanäle in erster Linie für die Forschung im Einsatz. Seit einigen Jahren werden aber auch Exemplare gebaut, die einen alten Menschheitstraum wahr werden lassen: den Flug ohne Hilfsmittel.

Teil 6 der Serie „Die Windmaschinen“

Von Jens Wucherpennig

Bodyflying – wörtlich „Körper-Fliegen“ – heißt die relativ neue Freizeitsportart, bei der Menschen in einem speziellen Windkanal schweben können. Im sogenannten Vertikalwindtunnel wird ein aufsteigender (vertikaler) Luftstrom erzeugt. Die Luft wird mit einer Geschwindigkeit von 180 bis 200 Kilometern pro Stunde nach oben geblasen. Das entspricht der durchschnittlichen Geschwindigkeit eines menschlichen Körpers im freien Fall in Bauchlage. Wenn sich ein Mensch in diesen Luftstrom legt, fliegt er quasi auf der Stelle. Durch den Einsatz von Händen und Füßen kann der „Bodyflyer“ seinen Körper in unterschiedliche Richtungen bewegen – auf- und abschweben, Seitwärtsbewegungen oder Drehungen ausführen.

Der Vertikalwindtunnel ist im Prinzip ein normaler Windkanal, der lediglich aufgerichtet ist. Wie andere Windkanäle auch, verfügt er über Gebläse zur Erzeugung des Luftstroms und eine Düse zu dessen Beschleunigung, Diffusoren, die die Strömung gleichmäßig machen, und eine Messstrecke oder Flugkammer. Wie bei herkömmlichen Windkanälen gibt es bei Vertikalwindtunneln zwei verschiedene Arten der Luftführung: geschlossen und offen. In Ersterem zirkuliert die Luft in einem geschlossenen Ringsystem – dieses System wird Göttinger Bauart genannt, da es auf den Göttinger Vater der Aerodynamik Ludwig Prandtl zurückgeht. Beim offenen Vertikalwindtunnel wird die Luft aus der Umgebung angesaugt und oben wieder aus dem Kanal ins Freie ausgestoßen. Die Göttinger Bauart ist nicht nur wetterunabhängig, sondern auch leiser, energieeffizienter und turbulenzärmer. Oft werden auch Freifallsimulatoren, die gar keine Windkanäle sind, als Vertikalwindtunnel bezeichnet. Diese bestehen nur aus einem netzüberspannten Propeller, sind somit simpler, bieten aber auch schlechtere Flugbedingungen.

Ursprünglich wurden Vertikalwindtunnel für die Luftfahrtforschung entwickelt und eingesetzt – als sogenannte Trudeltürme. Darin sollte der gefährliche Flugzustand des Trudelns simuliert werden, um ihn verstehen und vermeiden zu können. Anstelle von Menschen flogen damals Flugzeugmodelle im vertikalen Luftstrom und wurden dabei von Kameras

beobachtet. Der erste Trudelturm ist heute noch erhalten und steht als technisches Denkmal in Berlin-Adlershof.

Dass Menschen oder menschliche Puppen in Windkanälen untersucht wurden, ist nichts Ungewöhnliches (in Folge 3 unserer Windkanalserie vom September 2014 berichteten wir darüber). Vor allem Wintersportler wie Skispringer, Skifahrer oder Bobfahrer haben die Möglichkeiten des Windkanals genutzt, um ihre Haltung aerodynamisch zu optimieren. Auf einem ähnlichen Motiv basiert auch das Bodyflying. Es war ein Fallschirmspringer und Mitarbeiter des Apollo-Programms, der 1964 erstmals einen Flug in einem Vertikalwindtunnel in der Wright Patterson Air Force Base absolvierte. Wenige Jahre später begann das Präzisionsfreifallteam „The Golden Knights“ der amerikanischen Streitkräfte, regelmäßig dort zu trainieren. Der erste rein kommerzielle Freifallsimulator eröffnete 1982 in Las Vegas.

In den späten Neunzigerjahren setzte ein regelrechter Boom im Bau vertikaler Windkanäle für den Freizeitbereich ein. Seit 1998 wurden weltweit etwa 20 klassische Vertikalwindtunnel eröffnet. Die höchste Flugkammer in Europa ist 17 Meter hoch und wurde 2008/9 in Bottrop eröffnet. Der Vertikalwindtunnel ist nach Göttinger Bauart konstruiert. Ein Flugerlebnis gibt es dort ab einem Preis von 50 Euro und ab einem Alter von vier Jahren. ●

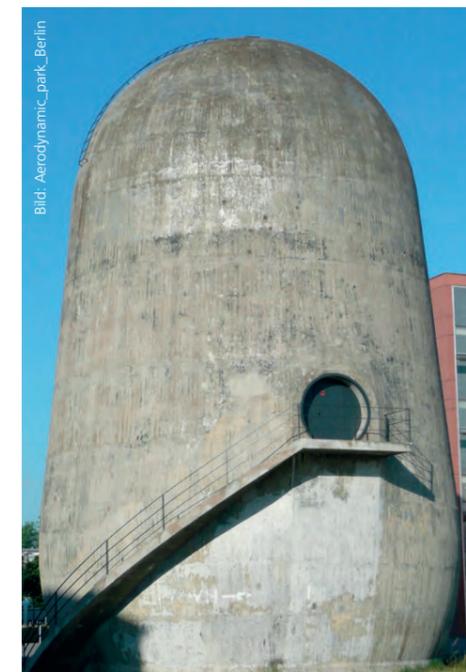


Bild: Aerodynamic_park_Berlin

Historisches Vorbild: der Trudelturm in Berlin-Adlershof

Weitblick und Präzision

Der Name Carl Zeiss genießt einen einzigartigen Ruf. Er steht für außerordentliche Qualität bei optischen Geräten und Hilfsmitteln aller Art. In der Astronomie gelang manch große Entdeckung mit Teleskopspiegeln und Linsen aus diesem Haus. Auch die DLR-Marskamera HRSC auf der Raumsonde Mars Express fotografiert seit über elf Jahren den Roten Planeten mit einem Zeiss-Objektiv. Das neue ZEISS Museum der Optik in Oberkochen zeigt die vielfältigen Entwicklungsstränge dieses Weltmarktführers auf vielen Gebieten: in einer außergewöhnlich attraktiven kleinen, topmodernen Museumswelt.

Innovation als Lebenselixier: Zeiss – ein Visionär, eine Firma, ein Museum

Von Ulrich Köhler

Licht ist das Medium der Optik. Betritt man das ZEISS Museum der Optik im baden-württembergischen Oberkochen, spürt man sofort, dass es hier, auf etwa tausend großzügig bestückten, vorwiegend in Weiß gehaltenen Quadratmetern um dieses eine Thema geht – Licht. Wie muss Licht geleitet oder manipuliert werden, damit es mehr Informationen liefert, als wenn ich einen Gegenstand nur mit dem Auge betrachte? Denn das lernen wir von klein auf (und spüren es im Alter oft voller Wehmut), dass die Fähigkeiten unserer Augen begrenzt sind; und wir uns deshalb gelegentlich wünschen, über „Adleraugen“ zu verfügen, die mehr über das verraten, was uns verborgen bleibt.

Als die Menschen gelernt hatten, klares, reines Glas herzustellen, hatten sie auch bald die Mittel an der Hand, das Glas so zu formen, dass es das Licht streut oder bündelt – Letzteres ist der Schlüssel zu optischen Gerätschaften, die uns mehr zeigen, als wir mit dem Auge zu sehen in der Lage sind. Das ist tatsächlich noch gar nicht so lange Zeit der Fall. Erst vor etwa tausend Jahren entdeckten arabische Gelehrte, dass durch Schleifen bearbeitete, gekrümmte Flächen des lichtdurchlässigen Minerals Beryll – von dem sich übrigens das Wort Brille ableitet – eine vergrößernde Wirkung haben.

Bis zum ersten Fernrohr, das sich Galileo Galilei aus ein paar geschliffenen Linsen zusammenbaute, die ihm der holländische Brillenmacher Hans Lipperhey zugeschickt hatte, vergingen freilich noch sechshundert Jahre. Doch half dieses einfache optische Instrument Galileo, den Beweis zu führen, dass das neue astronomische Weltbild des Nikolaus Kopernikus richtig sein musste: mit

der Sonne im Zentrum unseres Planetensystems. Die sich bald anschließenden Entdeckungen der Cassinis, Huygens', Herschels, Flamsteeds und vieler anderer sind Legende. Und alte Ölgemälde zeigen uns, dass das wohl wichtigste optische Hilfsmittel in den Alltag mancher, zunächst nur privilegierter, Menschen einzog: die Brille.

Wenns scharf werden soll

Doch es war nicht die Unendlichkeit des Kosmos oder die von manchem Zeitgenossen verschwommen wahrgenommene Umgebung, die den Universitätsmechaniker Carl Zeiss, geboren 1816 in Weimar, dazu bewogen, nach Jahren der Wanderschaft 1846 im benachbarten Jena eine Feinmechanische Optische Werkstätte zu gründen, die seinen Namen trug. – Startkapital: von der Familie geborgte 100 Taler. Zeiss war mehr am Mikrokosmos denn am Makroskopischen interessiert, stellte zunächst Lupen und Brillen her, auch alle möglichen anderen mechanischen Instrumente. Aufgrund seines Studiums, das er an der Jenenser Universität absolviert hatte, galt sein Interesse jedoch einem ganz anderen Gerät: dem Mikroskop.

Bei seiner Idee kam Zeiss ein wenig der Zufall zu Hilfe. Mit dem Eisenacher Physiker und Optiker Ernst Abbe gesellte sich 1866 ein kongenialer Partner zu ihm, der sich dem Problem der Schärfe der Abbildung von kleinen, für das Auge kaum oder nicht sichtbaren Objekten wissenschaftlich annäherte und Zeiss mit der von ihm entwickelten „Brechungsformel“ das Werkzeug für die technische Umsetzung an die Hand gab. Mit der Gleichung lässt





sich der kleinste Abstand ermitteln, den zwei Objektpunkte oder Linien haben dürfen, um im Mikroskop noch getrennt wahrgenommen werden zu können: abhängig von der Wellenlänge des einfallenden Lichts, Lambda, dem Öffnungswinkel Alpha der Optik und dem Brechungsindex n des Mediums, in dem das untersuchte Objekt eingebettet ist. Diese Formel gilt universell für alle Beobachtungssysteme.

Allerdings sollte auch das akademische Fundament zur serienmäßigen Herstellung von richtig guten Mikroskopen noch nicht ausreichen. Das Material musste auch stimmen, gutes optisches Glas mit gleichbleibender Qualität. Doch daran biss sich Zeiss die Zähne aus. Wieder betrat ein wichtiger Darsteller die Bühne der Optik: Nach seinem Studium experimentierte der junge, erst 1851 geborene Otto Schott aus Witten im Elternhaus mit Glassorten und entwickelte in seinem Labor schließlich ein sehr homogenes Glas, indem er dem Quarzsand Lithium beimischte. Abbe ist von Schotts Studienergebnissen begeistert und holt den Glasexperten nach Jena. Hier mündet die Zusammenarbeit 1884 in die Gründung eines zweiten Unternehmens, des Glastechnischen Laboratoriums Schott & Genossen. Otto Schotts „Genossen“, sprich Miteigentümer, sind Abbe, Zeiss und dessen Sohn Roderich. Zeiss' Qualitätsansprüche sind im Oberkochener Museum in einem ungewöhnlichen Exponat dargestellt: War er mit einer Linse unzufrieden, zerschlug er sie mit einem Hammer, damit ja keiner auf die Idee kam, daraus noch ein nicht vollkommenes Mikroskop zu bauen.

Präzise Mechanik, korrekte Physik, perfektes Glas. Das Ergebnis der fruchtbarsten Kooperation dieser drei Pioniere war 1884 das „Stativ 1“, nicht das erste Mikroskop auf Erden – aber zu jener Zeit das beste. Im ZEISS Museum hat es in einem kleinen lichten Pavillon einen Ehrenplatz bekommen. Die frühen Mikroskope aus Jena waren wichtige Hilfsmittel in den sich am Ende des 19. Jahrhunderts rasant entwickelnden Lebenswissenschaften – Biologie, Medizin, Pharmazie: Mit Mikroskopen wurde der wissenschaftliche Horizont rasch erweitert. Robert Koch entdeckte den Erreger der Tuberkulose mit solch einem Instrument; dafür erhielt er 1905 den Nobelpreis.

Bald gehörten Stereomikroskope zum Angebot der Firma, Objektive, Ferngläser, Teleskope und natürlich nach wie vor Brillen, die nun erschwänglich wurden und deren Qualität sich durch die verbesserte und vor allem standardisierte Glasherstellung steigern ließ. Eine „Schatzkammer“ mit 800 historischen Brillen, einigen herrlichen Exemplaren astronomischer Fernrohre und anderen optischen Geräten erzählt anschaulich einen Teil dieser Geschichte – und Geschichten – von Zeiss. 1889 wurde die Firma von Ernst Abbe (der Firmengründer war im Jahr zuvor verstorben) in die für damalige Verhältnisse außergewöhnlich sozial ausgerichtete Carl-Zeiss-Stiftung überführt, der sich später auch Schott anschloss.

Zur Optik gesellte sich die Elektronik

Neben zehn dezidierten Themenfeldern mit vielen Exponaten, die man auch in die Hand nehmen und ihre Funktion testen kann, zeigt eine Art Stammbaum, ein sich verästelnder Erzählstrang entlang einer langen Wand, wie die Firma Zeiss immer wieder bedeutende Innovationen hervorgebracht hat. Meist konnten diese sich auch am Markt etablieren. Denn schließlich muss sich ein technisches Wunderwerk auch verkaufen lassen, damit Firma und Stiftung dauerhaft existieren können. Für den großen deutschen Satelliten ROSAT, der das Universum im Röntgenlicht durchmusterte, stellte Zeiss den „glattesten“ Spiegel der Welt her. Millionen von Menschen wurde der Sternenhimmel durch die berühmten Planetariumsprojektoren von Zeiss näher gebracht, jenen zwei, drei Meter großen Ungetümen mit unzähligen Linsen und Öffnungen zur Projektion der bis zu achttausend Sterne an eine dunkle Kuppel. Sicher nicht die kaufmännisch bedeutendste Entwicklung, aber eine der bekanntesten. Das erste Exemplar wurde für das Deutsche Museum in München gebaut – in Oberkochen kann man ein Original einmal von ganz nahe betrachten. Heute werfen die Planetarien den Sternpunkt mit Glasfasern an die Decke, viel schärfer, noch präziser. Teil des Museums ist das kleinste „Full-Dome“-Planetarium auf Erden.

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Optik gemäß der aktuellen technischen Entwicklung mit der Elektronik und schließlich der Mikroelektronik „verheiratet“, was völlig neue Aufgabenfelder entstehen ließ. Fotonik zur Speicherung und Übertragung von Daten. Optoelektronik. Messtechnik. Halbleitertechnik – hier werden riesige Projektionsoptiken für die optische Lithografie eingesetzt, um Schaltungen und Strom leitende Bahnen in Siliziumchips zu ätzen. Die Informationsdichte für diese winzigen Bauelemente wurde über die Jahre exponentiell gesteigert. Zeiss war und ist hier mit führend. Dasselbe gilt für bestimmte Aspekte der Medizintechnik. Und wenn wir heute mit dem Mobiltelefon – oder sollte man sagen: mit einer Kamera inklusive Telefonfunktion – gestochen scharfe Bilder machen können, dann werden diese oft mit einer Zeiss-Optik aufgenommen; mit einem Objektiv, das auf dem vierlinsigen Zeiss Tessar aus dem Jahre 1902 basiert ...

Auch davon erzählen zahlreiche, oft auch ungewöhnliche Exponate, wahrhaft historische wie auch solche aus der jüngsten Vergangenheit: Foto- und Filmkameraobjektive der Spitzenklasse, Optiken für die Luftbildfotografie und natürlich für die berühmten Hasselblad-Kameras aus Schweden, die mit den Apollo-Astronauten zum Mond geflogen sind, spezialbeschichtet. Heute sind sie dort im Mondstaub der kosmischen Strahlung ausgesetzt und werden im Laufe der nächsten Jahrtausende langsam, sehr langsam zerfallen. Aus Gewichtsgründen mussten sie zurückgelassen werden; schließlich wollten 400 Kilogramm Mondgestein zur Erde gebracht werden. Die Aufnahmen auf den Rollfilmen jedoch haben unser Bild von der Mondoberfläche geprägt. Auch für die Erdfernerkundung aus dem All entwickelte Zeiss Kameras,

wie die MKF-6, eine Multispektralkamera, die auf den sowjetischen Saljut-Raumstationen und auf dem russischen Weltraumaußenposten MIR zum Einsatz kam.

Trennung und Wiedervereinigung

Die letzten Zeilen deuten es schon an: ZEISS steht wie nur wenige andere Firmennamen auch für eine wechselvolle Geschichte und einschneidende Veränderungen durch die deutsche Teilung. Nachdem im Februar 1945 Jena der sowjetischen Besatzungszone zugeschlagen wurde, mussten sich die Amerikaner wieder aus der Region zurückziehen. Mit Hochdruck durchforsteten sie deshalb die beiden Stiftungsbetriebe, beschlagnahmten Pläne, Patente, Unterlagen und Maschinen und transportierten diese im Zuge des „brain drain“ ab in die USA, um das Know-how für ihre eigenen Zwecke zu sichern. Damit nicht genug: Um im Westen einen Neuaufbau der Produktion zu ermöglichen, nahmen die Befreier die Geschäftsleiter sowie ausgewählte Wissenschaftler und Fachkräfte mit in den Südwesten Deutschlands. Vorläufige Endstation für die 77 betroffenen Zeissianer und 41 Schottianer war das württembergische Heidenheim an der Brenz in der amerikanischen Besatzungszone. Dort lebten sie in der Hoffnung auf eine baldige Rückkehr, blieben aber nicht untätig und gründeten in den Werkhallen einer alten Fabrik eine Art „ZEISS-Parallelunternehmen“. SCHOTT produzierte zunächst an seinen süddeutschen Standorten Zwiesel, Mitterteich und Landshut.

In der „SBZ“ demontierten zur gleichen Zeit die sowjetischen Besatzer in großem Umfang das 1946 hundert Jahre alte Stammwerk des Gründers Carl Zeiss für Reparationsleistungen. Wenig später wurden die Stiftungsbetriebe enteignet und das Sachvermögen in den Volkseigenen Betrieb Carl Zeiss Jena überführt. Die kleine Mannschaft in dem von den amerikanischen Besatzern verwalteten Württemberg landete schließlich 20 Kilometer weiter nordöstlich von Heidenheim im Ostalbdorf Oberkochen und baute dort einen neuen Produktionsstandort auf. Als „Carl Zeiss“ etablierte er sich bald am Markt, ja, am Weltmarkt.

Nach der Wende und der Wiedervereinigung fanden die Zeiss-Betriebe Ost und West schnell wieder zueinander und schreiben unter dem Dach der Carl-Zeiss-Stiftung als Carl Zeiss AG mit Sitz in Oberkochen und als Schott AG in Mainz weiterhin „optische Weltgeschichte“. Die bisherigen Meilensteine, und deren gibt es viele, können im großartigen ZEISS Museum der Optik bei freiem Eintritt betrachtet werden. Es ist auch eine deutsch-deutsche Erfolgsgeschichte. ●

Autor:

Ulrich Köhler ist Wissenschaftler am DLR-Institut für Planetenforschung. Neben seinen beruflichen Berührungspunkten mit den Themen der Ausstellung gibt es auch persönliche: Der gebürtige Schwabe ist in der Nähe von Oberkochen aufgewachsen.

www.zeiss.de/museum

ZEISS Museum der Optik

Öffnungszeiten:
Montag bis Freitag von 8 bis 18 Uhr

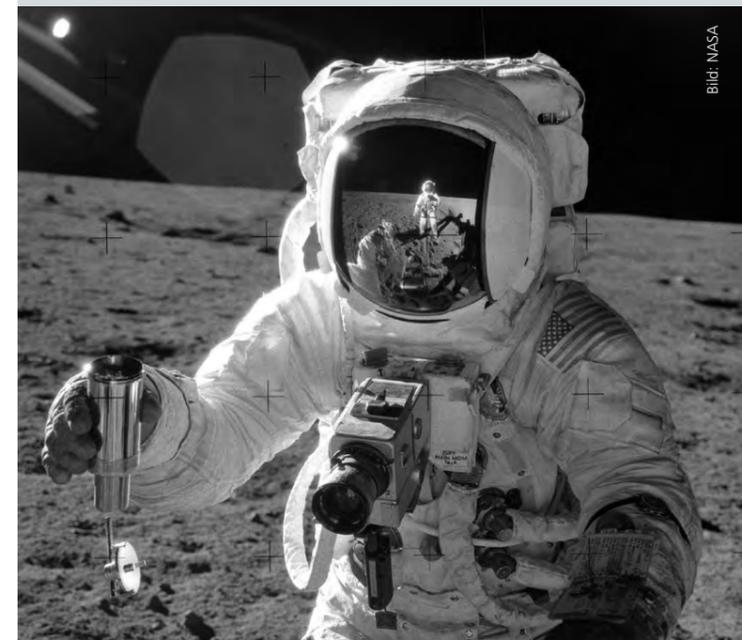
Eintritt: kostenfrei

Anschrift: Carl-Zeiss-Straße 22, 73447 Oberkochen

museum@zeiss.com



Die Faszination des Sternenhimmels vermittelt sich Millionen von Betrachtern mit den weltberühmten Planetariumsprojektoren von Zeiss. Der erste seiner Art stand zuvor im Deutschen Museum.



Schwäbische Optik in denkwürdigem Einsatz: 1970 fotografierte Apollo-12-Astronaut Alan Bean auf dem Mond mit einer schwedischen Hasselblad-Kamera, die ein ZEISS-Objektiv trug. Damit er beide Hände frei behielt – wie hier für das Sammeln von Mondgestein –, wurde die Kamera vor die Brust geschnallt.



Eine der Aufnahmen mit einer Zeiss-Optik aus dem Apollo-Mondlandeprogramm: die Erde über dem Mondhorizont. Sie wurde zu einer Bild-Ikone des Raumfahrtzeitalters.

Rezensionen

Magie von Weite und Schönheit

Das erste Weltraumteleskop bringt uns seit einem Vierteljahrhundert das Fernste der Ferne nah. Vor 25 Jahren starteten Pilot Charles F. Bolden Jr. und vier Astronautenkollegen mit dem Spaceshuttle „Discovery“ in den höchsten Orbit, der bis dahin geflogen wurde: 611 Kilometer über der Erde setzten sie „Hubble“ aus. Seit dieser Zeit (und nach fünf Service-Missions) verändert sich unser Bild von der Welt: „Am 24. April (scil. 1990 – d. Red.) geschah etwas Magisches. Als die Weltraumfähre (...) abhob, war dies auch der Beginn einer neuen Ära der beobachtenden Astronomie. (...) Wir hatten keine Vorstellung davon, in welchem Maße das erste im Weltraum stationierte Teleskop uns

den Blick auf die unvorstellbare Weite und Schönheit des Universums eröffnen würde.“ Dies sagt der damalige Pilot der Discovery.

Heute ist Charles F. Bolden NASA-Administrator. Seine Worte leiten ein vergleichsweise winziges, aber großartiges Universum aus Schönheit, Licht und Information ein: **Expanding Universe (Taschen-Verlag;** dreisprachig amerikanisch/deutsch/französisch). Der Band ist nahezu perfekt. Neben Bolden schreiben John Mace Grunsfeld, Associated Administrator for the Science Mission Directorate (der bei drei Hubble-Service-Missions mitflog), Owen Edwards (der unter anderem für American Photographer, New York Times Magazine, The Smithsonian Magazine und viele andere arbeitet) sowie Zoltan Levay (interviewt von Edwards), Leiter des Imaging Teams am Space Telescope Science Institute. Sie alle treten bescheiden zurück hinter das, was diesen Band schier unbeschreiblich macht: das neue Bild des Universums. Eines schöner und beeindruckender als das andere.

Im Aufbau folgt der Band dem Blick Hubbles: vom Sonnensystem über die Milchstraße zu Nachbargalaxien über lokale Supercluster hinaus in die fernsten Weiten des sichtbaren Universums. Dabei sind Text wie Glossar und Indices ebenso informativ wie vielfältig: Edwards stellt die Bezüge zur modernen Kunst her. Paul Klee, der eines seiner Werke „Fernendes Nah, nahendes Fern“, nannte, könnte Titelgeber sein. Im technischen Teil werden alle Hubble-Instrumente erklärt und sämtliche Missionspartner vorgestellt. Der Rezensent hätte sich nur ein „Mehr“ an Wissenschaft, bisweilen eine bessere grafische Trennung der drei Sprachen sowie, bei den Bild-zuschriften, weitere Informationen gewünscht. Fast ein Wunderwerk ist die Herstellung: Geripptes Naturpapier für die Textteile; beim Schutzumschlag ist der Titel mit einer irisierenden Folie silbern hochgeprägt; im Bildteil wurden die glänzenden Tafeln mit einem speziellen Lackverfahren vom matten Hintergrund abgehoben. Der Bucheinband, eine Sternenwelt, ist tiefgeprägt, was enorm gut zum Aufbau des gesamten Werkes, also zum Blick in die Tiefen des „expanding universe“ passt. – Manchmal besitzt eben auch ein Buch Magie.

Peter Zarth



Fortschritte und Irrwege

Der Schweizer Wissenschaftsjournalist Marcel Hänggi nimmt in seinem Buch **Fortschrittsgeschichten (S. Fischer Verlag)** ausgewählte technische Errungenschaften der Menschheit kritisch unter die Lupe. Darunter sind das Rad, das Überschallflugzeug und die Waschmaschine. Der Autor untersucht, wie sich bestimmte Techniken ausgebreitet haben und andere vergessen wurden. Ob sich eine Neuerung durchsetzt, hängt nicht von der Technik allein, sondern immer auch von der jeweiligen kulturellen Situation ab. Fortschritt ist in erster Linie ein sozialer Prozess, der nicht nur Gutes für uns bereithält.

Hänggi ist weit davon entfernt, in seinem broschierten 300-Seiten-Buch die Technik zu verteufeln. Jedoch plädiert er für einen verantwortungsvolleren Umgang mit dem Fetisch „Innovation“. Denn Innovationen suggerieren, dass jede neue Technik per se besser ist als die bestehende. Durch Megatrends bleibe außerdem die Diversität und Wahlfreiheit auf der Strecke, weil einige wenige Techniken die Welt dominieren. Die zwölf Kapitel über technische Meilensteine sind äußerst fundiert geschrieben und spannend zu lesen. Hänggi wagt im letzten Kapitel einen Ausblick in die Zukunft. Dieser ist jedoch wie der sprichwörtliche Blick in die Glaskugel eher eine Glaubensfrage. Technikbegeisterten ist dieses Buch zu empfehlen, nicht zuletzt, weil es den Blick auf die gesellschaftlichen Folgen von Neuerungen weitet.

Dr. Thomas Wardenbach



Ein Stück Luftfahrtgeschichte in Bildern

Das Schaffen des Luftfahrtfotografen Hans Schaller wird vom **Aviatic Verlag** ans Tageslicht gebracht, passenderweise in Form einer Fotobiografie. Die Autoren Jörg Schmalfuß und Holger Steinle bieten dem Betrachter und Leser nicht weniger als ein Stück Luftfahrtgeschichte zum Staunen. Im Querformat und in schlichten Grautönen sieht man Bilder, die der Berliner Fotograf vor allem in den Dreißigerjahren mit seiner Kamera festhielt. Hans Schallers Lichtbilder zeigen Raritäten wie die Horten II L, eines der ersten Nurflügelflugzeuge der Welt, das „schwanzlose“ Deltaflugzeug DFS „Delta 1“ des Flugzeugkonstruktors Alexander Lippisch oder den „Autogiro C 30“, einen der weltweit ersten Hubschrauber. Auch ein Ausflug in die Geschichte der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) und damit des DLR wird unternommen, dokumentiert mit Bildern von Motorenprüfständen und Windkanälen der damaligen Zeit in Berlin-Adlershof.

Eingangs erzählt das Buch die nicht ohne Tragik verlaufene Lebensgeschichte des zunächst gefeierten Luftfahrtfotografen, dem nach 1945 kein Neuanfang gelingen sollte. Seine Rolle in der Propagandamaschinerie des Nationalsozialismus ist umstritten. Das wird von den Autoren ebenso differenziert angesprochen wie die Bedeutung seines Schaffens für die Dokumentation damaliger Luftfahrtereignisse. Gemeinsam mit der Witwe Bona Schaller zeichnen Schmalfuß und Steinle ein vielschichtiges Bild des Fotografen, das sich mit passend gewählten Bildern auf rund 100 Seiten visuell verdichtet. Schade nur, dass die Seiten durchgängig auf sehr einfachem mattem Papier gedruckt sind und die Bilder darauf nicht ihre ganze Wirkkraft entfalten.

Dennoch: Das Buch **Hans Schaller Luftfahrtbiograf** ist ein Gewinn für alle, die sich für Luftfahrtgeschichte interessieren.

Falk Dambowsky



Denken mit dem ganzen Körper

Schon eine simple Tasse Tee oder Kaffee kann das Gehirn lässig austricksen. Und zwar, ohne dass wir es merken. Unterhält man sich nämlich mit einer anderen Person und hält dabei die wärmende Tasse in den Händen, wird es dem Körper angenehm wohl. – Warm und kuschelig, das kennt man schon aus der Kindheit als positives Gefühl. Und ratzfatz signalisiert das Gehirn, dass das Gegenüber schon recht sympathisch sei. Beim Eiskaffee könnte das dann schon wieder anders aussehen. Auch ein harter Holzstuhl unter dem Hintern veranlasst das Gehirn, etwas strenger über Gesprächspartner zu urteilen. Oder schnell mal beim Lernen die Faust ballen oder eine Runde im Raum herumgehen – schon funktioniert das Gehirn eine Spur effektiver. Autor Christian Ankwitsch hat für sein Buch **Warum Einstein niemals Socken trug. Wie scheinbar Nebensächliches unser Denken beeinflusst (Rowohlt)** jede Menge Studien zusammengesucht, die eines deutlich machen: So richtig rational und unabhängig, beispielsweise von den Körperempfindungen, ist das Gehirn überhaupt nicht.

Ab und zu gibt Ankwitsch auch kleine Alltagshilfen: Wer unzufrieden und unglücklich ist, kann mit einem Lächeln die Stimmung ein wenig heben – selbst wenn es für das Lächeln überhaupt keinen Anlass gibt. Alternativ lege man sich einen Bleistift quer zwischen die Zähne, beiße zu und versuche dabei, den Bleistift nicht mit den Lippen zu berühren. Auch dabei werden alle Gesichtsmuskeln bemüht, die beim Lächeln in Aktion treten. In diesem Fall lässt sich das Gehirn die gute Laune von ein paar Muskeln diktieren. Ein aufgerichteter Körper und gerade Schultern machen zumindest für den entscheidenden Moment selbstbewusster und vertreiben die Angst. Es sind also oft die Körperempfindungen, auf die sich das Gehirn verlässt. Schweres Gepäck auf dem Rücken lässt einen an sich harmlosen Hang deutlich steiler wirken als in Realität, ein nach links geneigter Kopf beeinflusst unser Denken, wenn wir beispielsweise die Höhe des Eiffelturms abschätzen.

Doch auch wenn das Buch auf der Rückseite als „das ultimative Handbuch für alle, die sich nicht nur auf ihren Kopf verlassen wollen“ beworben wird – das ist es gerade nicht. Der bewusst flapsige Titel und die etwas reißerischen Kapitelüberschriften erwecken einen falschen Eindruck: Nicht Einsteins fehlende Socken stehen im Mittelpunkt, sondern tatsächlich Forschungsergebnisse und Studien. Ankwitsch liefert Quellenangaben und schreibt gut verständlich, aber hält auch dicht an der Wissenschaft. Die Auswirkungen, die der Körper auf das Gehirn hat, werden dabei verständlich (wenn auch manchmal etwas zu betulich) erläutert. Erstaunlich ist dabei, was alles in Studien untersucht wurde, was Wissenschaftler sich fragen und wie sie ihre Antworten finden. Versammelt ist dies auf 300 unterhaltsamen Seiten. Zum Schluss weiß man sogar, warum Menschen mit Botox im Gesicht keine idealen Gesprächspartner sind: Bei der Unterhaltung spiegelt man unwillkürlich die Mimik seines Gegenübers und übernimmt so dessen Emotionen. Wer sich mit Botox allerdings die Gesichtsmuskeln lahmgelegt hat, kann leider die Mimik seines Gesprächspartners nicht mehr imitieren und sich so auch nur schlecht ausdrücken.

Manuela Braun

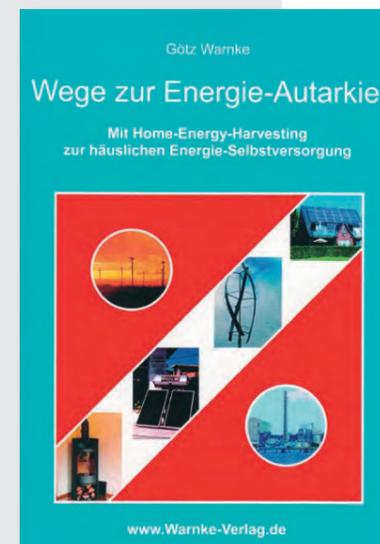


Kleiner Text und große Bilder

Der Bildband **Universum. Die große Bild-Enzyklopädie (Dorling Kindersley)** ist ein Schwergewicht: Auf 530 Seiten und im großen Format zeigt das Buch auf 2.500 Fotografien und Illustrationen, wie faszinierend schön das Weltall ist. Doch darin liegt auch die „Gefahr“: Der Bildband verführt dazu, vom Leser zum bloßen Betrachter und Genießer zu werden. Auf jeder Doppelseite sind Unmengen Informationen in teilweise winzig kleine Texte gepresst, garniert von detaillierten Illustrationen und Fotos. Das führt dann dazu, dass man schnell ins Blättern verfällt und die Augen letztendlich vor allem auf den großformatigen Bildern Halt machen. Nicht immer sind die kurzen Texte nämlich einfach zu verstehen und Fachbegriffe werden teilweise ganz selbstverständlich (und wie selbsterklärend) verwendet. Nachschlagen kann man diese zwar im Glossar am Ende des Buches, doch unterbricht das auch das ruhige Lesen. Die Relativitätstheorie oder die Entstehung der Materie lassen sich halt nur schwer auf einer Doppelseite erklären – selbst wenn die Illustrationen wirklich ansprechend und detailliert gestaltet sind.

Nichtsdestotrotz macht das Buch Spaß, weil es einer ganz eigenen Ästhetik folgt. Beim Blättern entdeckt man viele spannende Themen, gerade die Vorstellung von Planeten, Kometen und Meteoriten ist gelungen – vielleicht auch, weil der Laie gerade in diesem Bereich das meiste Vorwissen mitbringt und es mehr um handfeste Fakten als um anspruchsvolle Theorien geht. Seitenweise zeigt das Buch die bekanntesten Asteroiden, versammelt die schönsten Einschlagskrater auf mehreren Doppelseiten oder schweigt in den tektonischen Strukturen des Roten Planeten. Auch die Milchstraße und das Reich der Galaxien werden ausführlich dargestellt. Zum Schluss widmet sich der Bildband den Sternbildern und den monatlichen Sternkarten. Ein kleines Manko des Bildbands: Die deutsche Ausgabe basiert auf einer bereits erschienenen englischen Ausgabe – und an manchen Stellen hätte eine kleine Aktualisierung der Informationen gutgetan.

Manuela Braun



Kraftwerk in der Westentasche

Die klassischen Ressourcen wie Öl und Gas neigen sich in absehbarer Zeit dem Ende zu und es stellt sich die Frage, wie wir uns künftig mit Energie versorgen. In seinem Buch **Wege zur Energie-Autarkie (Warnke-Verlag)** zeigt Dr. Götz Warnke einige Wege und gibt Tipps für die unabhängige Stromversorgung für und mit dem Eigenheim. Er stellt erst die bekannten erneuerbaren Energien genau vor, etwa die Funktionsweise und die Nutzung von Parabolspiegeln, unterschiedliche Rotorblätter von Windkraftanlagen und Kleinwasserkraftwerke. Doch daneben gibt es noch weitere, nicht so populäre Arten, Energie zu gewinnen. Durch Bewegungsenergie von Autos oder sogar Menschen, durch Biogas oder Schall kann Strom generiert werden. Der Technik-Historiker erklärt all das anschaulich und ausführlich.

Im zwölften Kapitel dann zeigt Warnke konkrete Anwendungsbereiche des „Home-Energy-Harvesting“ bei Haus, Auto oder auch Handy. Anhand unkonventioneller Lösungen beschreibt er zum Beispiel, wie aus der Abwärme des Autos Energie gewonnen oder per Minisolarpanel das Handy unterwegs aufgeladen werden kann. Wer sich bereits gut mit den erneuerbaren Energien auskennt, kann direkt zum letzten Kapitel vorblättern, für alle anderen ist das 272-seitige Sachbuch ein guter Einstieg ins Energiethema für zu Hause und ein guter Ideengeber für den Bau eines eigenen Kleinkraftwerks.

Fiona Lenz

Das DLR im Überblick

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

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

Impressum

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

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

Redaktion: Sabine Hoffmann (ViSdP)
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)
An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:
Manuela Braun, Dorothee Bürkle, Falk Dambowsky,
Bernadette Jung, Fiona Lenz, Elisabeth Mittelbach,
Jens Wucherpfennig sowie Peter Zarth

Redaktionsschluss: 20. Mai 2015

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



Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH,
87437 Kempten

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

ISSN 2190-0094



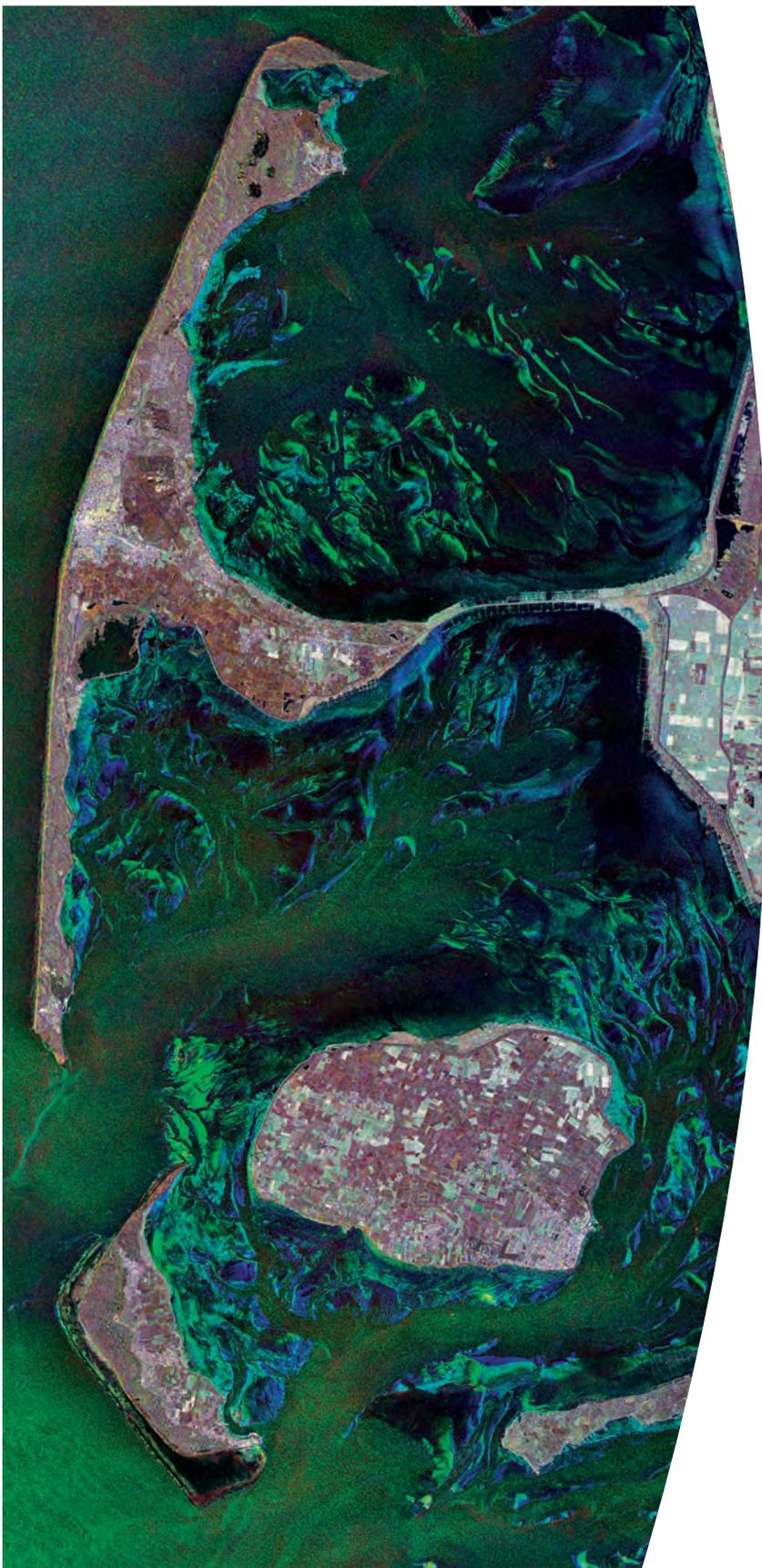
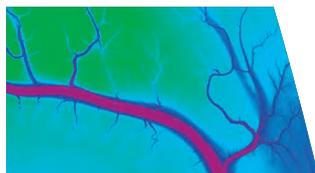
Onlinebestellung:
DLR.de/magazin-abo

Die in den Texten verwendeten weiblichen oder männlichen Bezeichnungen für Personengruppen gelten für alle Geschlechter.

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Die fachliche Richtigkeit der Namensbeiträge verantworten die Autoren.

Hinweis gemäß § 33 Bundesdatenschutzgesetz:
Die Anschriften der Postbezieher des DLR-Magazins sind in einer Adressdatei gespeichert, die mit Hilfe der automatischen Datenverarbeitung geführt wird. Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.

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



Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt