

Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt · DLR.de · Nr. 143 · September 2014

magazin

Auf Tuchfühlung

Die Rosetta-Mission nah am Ziel

Auf Mückenfang in Cochstedt

Wie viele Insekten landen auf dem Flugzeugflügel?

Auf Nummer sicher an der Schleuse

Fahrassistenzsysteme für Binnenschiffsführer

DLR magazin 143



48

Sicher durch Schleusen und Brücken

Der Wasserweg ist eine gute Alternative zu Straße und Schiene, wenn der Güterverkehr zunimmt. Und das tut er: Das Statistische Bundesamt rechnet bis 2050 mit einem Wachstum um 30 Prozent. Allerdings hat auch die Binnenschifffahrt ihre neuralgischen Punkte: Schleusen, Brücken, Kurven. Um auch dort sicher navigieren zu können, entwickelte ein Team aus Forschern des DLR und der Technischen Universität Dresden ein Assistenzsystem für Schiffsführer. Basis dafür ist eine hochgenaue und verlässliche Ortung der Schiffe. Im Mai 2014 verlegten die Forscher ihren Arbeitsplatz dann für ein paar Tage an die Mosel, um das neue Binnenschifffahrtsassistenzsystem bei Brückendurchfahrten, Ausweichmanövern mit Gegenverkehr und an der Schleuse Koblenz zu testen – erfolgreich.

- Editorial 3
- EinBlick 4
- Kommentar
Impulse für die Wirtschaft 6
- Meldungen 8
- Auf Tuchfühlung
Die Rosetta-Mission ist nah am Ziel 10



- Auf Mückenfang in Cochstedt
Insekten auf Flugzeugflügeln und die Folgen 16

- Power aus dem Gleisbett
Energiebereitstellung für den Zug der Zukunft 20

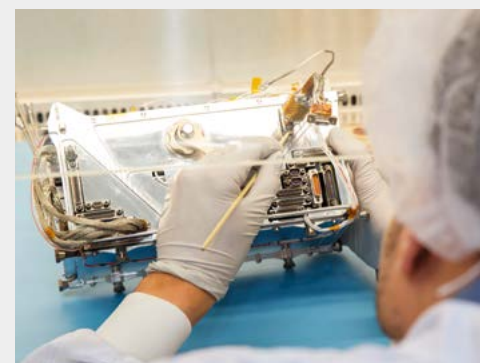
- Mit dem Lenkrad in die dritte Dimension
Der Hubschrauber wird alltagstauglich 22



- Helix mit feinem Hörvermögen
AISat: Schiffsdetektion aus dem Orbit 26



- Fliegengewicht mit Bewegungsdrang
Asteroidenlander Mascot vor dem Start 28



- Widerstehen, wenn es heiß hergeht
Raumgleiter SHEFEX III demonstriert Stärke 32

- Blue Dot: Streiflichter einer Mission 34

- Regionalmeldungen 38

- Was macht der Saharastaub in der Luft?
Die Klimawirkung von Mineralstaub 40

- Telemedizin für jedermann
Mehr Klarheit über die eigene Gesundheit 44



- Sicher durch Schleusen und Brücken
Fahrassistenzsysteme für Binnenschiffsführer 48

- Motten, Menschen, Monumente
Magazinserie Windkanäle, Teil 3 52

- In Museen gesehen
Wo Englands Luftfahrtlegende noch lebt 56

- Gastkommentar
Was das Astronautenkorps uns zu sagen hat 60

- Rezensionen 62



Liebe Leserinnen und Leser,

ein Bildangebot, das gleichermaßen phantastisch wie üppig ist, hatten wir für unser Magazin noch nie. Alexander Gerst teilt Fotos vom Leben auf der Internationalen Raumstation ISS und seine Bilder von unserem Planeten mit allen, die ihm über soziale Medien wie Facebook oder Twitter folgen. Und so können auch wir uns berauschen an diesem Wunder Erde. Doch so schön sie sind, so irritierend sind sie auch. Wenn ein Bild mit nächtlichen Leuchtpunkten den schlichten Text „Mein traurigstes Bild“ trägt, hält man unvermittelt die Luft an: Raketen über Gaza und Israel – auch das ist unser Blauer Planet.

Dabei gab es Zeichen von Hoffnung. Als sich die drei Astronauten aus Russland, den USA und Europa unmittelbar vor dem Start zur jüngsten Weltraummission stumm umarmten, schien es, als führten sie mit dieser Geste die allzu präsenten irdischen Konflikte ad absurdum. Für einen Moment mochte man meinen: Der vertrauensvolle Geist der Zusammenarbeit und des Zusammenlebens muss doch siegen können.

Die Aufgaben der Menschheit und die ungelösten Rätsel sind so komplex, dass wir die Anstrengungen aller brauchen. In der Wissenschaft wird uns das deutlich vor Augen geführt: Aufgaben wie umweltfreundliche und sichere Mobilität fordern Kooperationen. Deshalb machen beispielsweise DLR-Navigationsexperten den Schiffsverkehr zusammen mit Universitätsforschern und Behörden sicherer. Deshalb arbeiten DLR-Flugsystemtechniker im Projekt myCopter, das die Vision individuellen Hubschrauberverkehrs verfolgt, europaweit zusammen. Planetenforscher dringen mit der Mission Rosetta in Ländergrenzen überschreitender Gemeinschaftsarbeit zu einem 400 Millionen Kilometer entfernten Kometen vor, um mehr über die Entstehung unserer Erde zu erfahren. Sie verlassen sich dabei darauf, dass alle Beteiligten hundertprozentig zuverlässig ihre Aufgabe für das große Ganze erfüllen, damit die jahrzehntelangen Mühen nicht umsonst waren.

In jeder der Geschichten, die das DLR-Magazin erzählt, steckt partnerschaftliches Miteinander, sei es innerhalb eines Instituts, zwischen Instituten und DLR-Standorten oder mit Universitäten, mit anderen Wissenschaftseinrichtungen oder mit Industrieunternehmen, sei es deutschlandweit, europä- oder weltweit. Niemand sagt, dass es einfach ist, unterschiedliche Interessen für ein gemeinsames Ziel zusammenzuführen. Meist führt der Weg über einen Kompromiss, oft genug auch über einen schmerzhaften. Doch aufzuhören, diesen Kompromiss zu suchen und stattdessen den Weg allein zu gehen, ist keine Option. Zu groß und ineinander verzahnt sind die Aufgaben. Wir leben alle auf dieser einen Erde, diesem Blue Dot, dem winzigen blauen Punkt in den Weiten des Kosmos. Und wir überleben nur, wenn wir das Leben darauf gemeinsam gestalten.

Auch wenn unserem Plädoyer für Zusammenarbeit angesichts des aktuellen Weltgeschehens Traumtänzerie attestiert werden mag – wir dürfen nicht aufhören, den Traum friedlicher, vertrauensvoller und fairer Zusammenarbeit zu träumen. Und zu unserem großen Glück können wir, auch im Kleinen, etwas dafür tun. In diesem Sinne, genießen Sie die wunderschönen Bilder. Vielleicht können Sie daraus ja auch Kraft für Ihre ganz persönliche Aufgabe im Sinne eines friedlichen Miteinanders schöpfen ...

Sabine Hoffmann
Leiterin DLR-Kommunikation

EinBlick

Zum Greifen nah

In geringer Höhe schwebt das DLR-Forschungsflugzeug ATRA über die Wiese des Flughafens Magdeburg/Cochstedt. Kein Fahrwerk ist zu sehen, denn ATRA ist weder beim Start noch im Landeanflug. Gleichmäßig zieht er seine Runden, vielfach hinab bis auf 15 Meter Höhe. Seine Aufgabe: Insekten sammeln für die aerodynamische Forschung. Mehr dazu im Beitrag „Auf Mückenfang in Cochstedt“.

Bild: Michael Häußer





Elektromobilität fürs Flugzeug – DLR-Forscher haben einen Treibstoff sparenden Elektroantrieb für das Flugzeug-Bugrad entwickelt. Der Antrieb mit zwei hoch-effizienten Elektromotoren, die in die beiden Felgen des Flugzeugbugrads eines Airbus A320 eingebaut sind, wurde im Labor bereits erfolgreich getestet.

Impulse für die Wirtschaft

Von Dr. Gerardo Walle

Das DLR hat im Juli 2014 unter dem Titel „Next Generation“ seine strategische, strukturelle und kulturelle Ausrichtung aktualisiert und verabschiedet. Dies ist Anlass genug, um das Thema auch aus Sicht der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie zu kommentieren.

Schon seit Langem ist das DLR ein führender Player im weltweiten Konzert der Forschungsinstitutionen auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrt. Inzwischen sind weitere Geschäftsfelder hinzugekommen, insbesondere solche, die Mobilität im weiteren Sinne und einen effizienten Energieeinsatz hierbei adressieren.

Unsere Branche ist durch eine besonders hohe Forschungsintensität gekennzeichnet. Das gilt sowohl für die Grundlagenforschung in Hochschulen und Institutionen wie dem DLR als auch für die Entwicklungsarbeit, die seriennah in den Unternehmen geleistet wird. Ohne Spitzenleistungen in Forschung und Entwicklung ist in unserem Industriezweig niemand auf Dauer wettbewerbsfähig. Deutschland gehörte seit dem Beginn der modernen Luftfahrt ab Ende des 19. Jahrhunderts zu den Pionieren weltweit. Doch auf diesen Lorbeeren kann man sich nicht ausruhen. Vielmehr sind die Leistungen unserer Vorgänger frühe Errungenschaften, die uns zu weiteren Forschungs- und Entwicklungsleistungen anspornen müssen. Dafür ist das Zusammenspiel von Forschung in Institutionen und Entwicklung in Unternehmen erforderlich. Und genau dort wird die neue DLR-Strategie ansetzen.

Die Luftfahrt ist eine langfristig und nachhaltig wachsende Branche, weil die Welt auch in Zukunft mehr Luftverkehr nachfragen wird. Mit dem zunehmenden Verkehr stoßen wir aber immer mehr an Grenzen bei der zumutbaren Umweltbelastung und dem erforderlichen Sicherheitsniveau. Auch die Raumfahrt muss sich ständig neuen Herausforderungen stellen – mit denen sich das DLR befasst.

Mit Blick auf die Luftfahrt stellt das DLR deshalb die Umweltverträglichkeit und die Sicherheit des Fliegens in den Mittelpunkt seiner Strategie. Als weltweit führende Forschungseinrichtung wird es – wie schon in der Vergangenheit – grundlegende Impulse in die Branche geben, auf deren Basis die Unternehmen ihre Position auf dem Weltmarkt stärken können.

Für eine Institution, die maßgeblich von deutschen Steuergeldern mitgetragen wird, geht es hier vor allem darum, die eigenen Entwicklungsarbeiten mit denen in den Unternehmen der Luft- und Raumfahrtindustrie in Deutschland zu verzahnen und komplementär zu gestalten. Ganz wichtig ist daher, dass die Luft- und Raumfahrtindustrie an der Konkretisierung von Leitkonzepten partizipiert.

Unsere Branche hat schon vor Jahrzehnten begonnen, große Projekte und neue Technologien grenzüberschreitend anzugehen. Das wird in Zukunft von noch größerer Bedeutung sein, weshalb das DLR seine Strategie national, europäisch und international ausrichtet. Aus Unternehmenssicht ist wichtig, dass das deutsche Forschungszentrum mindestens genauso weltweit vernetzt ist, wie es in unserem Arbeitsalltag mit unseren Zulieferern, Partnern und Kunden von Amerika bis Asien der Fall ist.

Die vorgestellte DLR-Strategie basiert auf einer jahrzehntelangen Tradition. Ich freue mich darauf, als Industrievertreter das Forschungsgeschehen begleiten zu können, wo es möglich und sinnvoll ist, mitzugestalten und an der Umsetzung der Ergebnisse partizipieren zu können. ●



Bild: Diehl Aerosystems

Autor:

Dr. Gerardo Walle ist Chief Executive Officer (CEO) bei Diehl Aerospace sowie Mitglied im Bereichsvorstand von Diehl Aerosystems und im Senat des DLR. Diehl Aerosystems bündelt als Teilkonzern der Diehl Stiftung & Co. KG alle Luftfahrt-Aktivitäten der Diehl-Gruppe und ist ein weltweit führender Systemanbieter von Avionik- und Kabinenlösungen für Flugzeuge. Zu den Kunden zählen namhafte Flugzeughersteller wie Airbus, Boeing, Bombardier und Embraer sowie Fluggesellschaften und andere Betreiber von Verkehrs- und Geschäftsflugzeugen.

Meldungen

Verformung eines Propellers im Flug

Die Verformung eines Propellers im Flug konnte von DLR-Wissenschaftlern erstmals sichtbar gemacht werden. Dazu entwickelten sie eine Kamera, die den enormen Kräften bei der Rotation standhält. Mit den Erkenntnissen lassen sich künftige Flugzeugpropeller, aber auch Hubschrauberrotoren und Windkraftanlagen verbessern.

Die Wissenschaftler vom DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik bauten die stereoskopische Hochgeschwindigkeitskamera in die Nabe des Propellers ein. Die Kamera wurde auf ein Propellerblatt ausgerichtet und drehte sich im Flug synchron mit dem Propeller. Dabei wirken Zentrifugalkräfte bis zum Zwanzigfachen der Erdbeschleunigung und starke Vibrationen auf die Kamera ein. Deshalb galt eine Beobachtung der Verformung im Flug bisher als nicht beherrschbar: Die empfindliche Messtechnik würde bei solchen Beanspruchungen normalerweise zerstört werden.

Die Göttinger Forscher zwängten die Kamera deshalb samt Miniaturcomputer und anderer Elektronik quasi in ein metallisches Korsett, das sie vor Beschädigung schützte. So konnten sie tausende Bilder von einem speziellen Punktemuster machen, das die Forscher auf dem Propellerblatt angebracht hatten. Dies erlaubte es, kleinste Verformungen sichtbar zu machen und zu messen. Bisher stellen Piloten die Drehzahl und den Anstellwinkel des Propellers nach Gefühl ein. Da jetzt die Auswirkungen messbar sind, kann dem Piloten künftig das Wissen darüber zur Verfügung gestellt werden, welche Einstellung zum geringsten Spritverbrauch oder zur höchsten Geschwindigkeit führt, ohne den Propeller unnötig stark zu belasten. Damit wird auch die Flugsicherheit erhöht.



s.DLR.de/o3n1



Zwei Kameras nehmen den Propellerflügel aus verschiedenen Blickwinkeln auf. Per Computer werden auf den Bildern die identischen Punkte ermittelt, wobei das aufgebrachte Punktemuster hilft. Mit der Kenntnis von Position und Lage der Kameras lässt sich dann die gesamte betrachtete Oberfläche dreidimensional darstellen.

Check-up für die fliegende Sternwarte SOFIA in Hamburg

Die gemeinsam von der NASA und dem DLR betriebene fliegende Sternwarte SOFIA wird von Juli bis Anfang November in Hamburg einem Check-up unterzogen. Die als Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie genutzte modifizierte Boeing 747SP ist normalerweise am Armstrong Flight Research Center der NASA in Kalifornien stationiert. Die größte Erfahrung in der Wartung dieses Flugzeugtyps hat allerdings Lufthansa Technik.

SOFIA hat seit 2010 in 90 Flügen unter anderem untersucht, wie sich Milchstraßensysteme entwickeln oder wie Sterne und Planetensysteme aus interstellaren Molekül- und Staubwolken entstanden sind. In seinen Rumpf ist ein 17 Tonnen schweres Teleskop mit einem Spiegeldurchmesser von 2,70 Metern eingebaut. Es wurde in Deutschland entwickelt und vom DLR Raumfahrtmanagement beauftragt. Insgesamt sechs wissenschaftliche Instrumente sind derzeit im Einsatz, darunter die von deutschen Wissenschaftlern betriebenen Spektrometer GREAT und FIFI-LS. Weil SOFIA in der Stratosphäre oberhalb des irdischen Wasserdampfs fliegt, kann es die Infrarotstrahlung nahezu verlustfrei beobachten.

„SOFIA ist für eine Einsatzzeit von 20 Jahren ausgelegt“, sagte Eddie Zavala, SOFIA-Programmleiter der NASA. Nach dem Ende der Generalüberholung in Hamburg, so Zavala, werde SOFIA ab 2015 mit rund 100 geplanten Beobachtungsflügen pro Jahr für viele Jahre das wesentliche Werkzeug der Infrarot-Astronomie sein.



s.DLR.de/wjt3



SOFIAs Ankunft bei der Lufthansa Technik in Hamburg

Ideen für Experimente auf Raketen und Ballonen gefragt

Der Countdown für den 8. Wettbewerb des deutsch-schwedischen Studentenprogramms REXUS/BEXUS läuft: Bis zum 13. Oktober 2014 können Studierende deutscher Universitäten und Hochschulen ihre Vorschläge für Experimente auf Stratosphärenballonen oder Forschungsraketen beim DLR einreichen. Die endgültige Experimentauswahl findet für die Teams aus Deutschland im Dezember 2014 beim DLR in Bonn und für die anderen europäischen Teilnehmer bei der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) im niederländischen Noordwijk statt. Die Studierenden werden dann noch vor Weihnachten benachrichtigt, ob ihr Experiment auf einem der beiden BEXUS-Ballone im Herbst 2015 beziehungsweise auf einer der beiden REXUS-Raketen im Frühjahr 2016 mitfliegen wird.



s.DLR.de/88xh

Neuartiger Wasserstofftank

Einen Kombi-Tank, in dem Wasserstoff bei moderatem Druck und normaler Umgebungstemperatur kompakt gespeichert werden kann, haben DLR-Forscherinnen und -Forscher gemeinsam mit Partnern in einem EU-Projekt entwickelt. An eine Brennstoffzelle gekoppelt wurde der Tank als Gesamtsystem erstmals in ein Fahrzeug eingebaut. Er kann Klimaanlage, Standheizung und Beleuchtung mit elektrischer Energie versorgen.

Der modulare Wasserstofftank besteht aus nebeneinander angebrachten Rohren. Er ist mit zwei verschiedenen Feststoffen, schwarzen metallischen Legierungen, deren Konsistenz mit der von Mehl vergleichbar ist, gefüllt. Diese Speichermaterialien saugen den gasförmigen Wasserstoff auf wie ein Schwamm, wobei sich der Wasserstoff an das Speichermaterial bindet. Durch diese Eigenschaft kann das flüchtige Gas bei einem Druck von 70 bar und gewöhnlicher Außentemperatur in einem kleinen Volumen gelagert werden. Das ist deutlich weniger als bei einem konventionellen Tank, in dem der Wasserstoff mit 700 bar im Tank gehalten wird, und vereinfacht die Speicherung.



s.DLR.de/21om



Der Wasserstofftank ist mit Feststoffen gefüllt, die das Gas wie ein Schwamm aufsaugen und so besser im Tank halten

ÜBER FLUGLÄRM IM BILDE



www.fluglaerm-portal.de

Viele Menschen profitieren vom Luftverkehr, er macht aber auch Lärm und stellt für viele Bürger eine hohe Belastung dar. Das optisch ansprechend und verständlich gestaltete Informationsportal der deutschen Fluggesellschaften, Flughäfen und der Deutschen Flugsicherung soll Interessierten als erste Anlaufstelle dienen und beantwortet Fragen rund um das Thema Fluglärm.

ROSETTA: BASTELANLEITUNG ZUM AUSDRUCKEN



bit.ly/1s6eNqa

Die ESA hat zwei witzige Modell-Bastelbögen der Raumsonde Rosetta und ihrer Lande-Einheit Philae ins Netz gestellt. Die Mission Rosetta soll die Entstehungsgeschichte unseres Sonnensystems erforschen und erreicht im November 2014 ihren Höhepunkt. Dann wird zum ersten Mal ein Landegerät auf der Oberfläche eines Kometen eingesetzt werden, um ihn näher zu untersuchen. Das PDF der Modelle gibt es nun als Download.

KUCK' MAL, WER DA SCHWEBT

www.howmanypeopleareinspace.com



Wie viele Menschen befinden sich eigentlich gerade im Weltraum? Die Antwort liefert eine Website, die für eine kurze und knappe Antwort programmiert wurde. Sie bietet aber auch Links mit Infos zu den Astronauten an. Interessierte können ein Widget nutzen, das sich in Blogs oder Websites integrieren lässt. Und – wie viele Astronauten sind derzeit im All?

MIT DEM SMARTPHONE PARKEN?



bit.ly/1s5Xo1Y

Das geht mit der kostenlosen App, mit der man die Parkgebühren via Mobiltelefon bezahlt. Einfach parken und mit der App den nächstgelegenen Automaten auswählen. Die Parkgebühren werden via Lastschriftverfahren eingezogen. Die App informiert auch über abgelaufene Parkvorgänge, enthält eine „Wo habe ich mein Auto geparkt?“-Funktion und ist für mehrere Fahrzeuge gültig.

SEIFENBLASEN LEBEN LÄNGER!

bit.ly/1rmhptT

Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst hat im Zuge eines Schülerwettbewerbstests mit Seifenblasen in der Schwerelosigkeit durchgeführt. Kaum zieht die Schwerkraft nicht mehr an ihnen, beweisen Seifenblasen erstaunliche Stabilität: In der Schwerelosigkeit leben sie deutlich länger, ein Nadelstich macht ihnen nichts aus, und auch zusätzliche farbige Flüssigkeit haftet ohne Probleme an der stabilen Seifenblase. Den Film dazu gibt es unter dem angegebenen Link.

VIDEO ÜBER DAS SOJUS-RAUMSCHIFF

bit.ly/1wDp524

Das Sojus-Raumerschiff ist seit 1967 im Einsatz und gilt als eines der sichersten Transportsysteme für Menschen im All. Johannes Weppler vom DLR erklärt in einem experimentellen Video anhand eines Modells die Funktion der Sojus und, was vor und nach dem Docking an die ISS genau passiert.

Auf Tuchfühlung

Seit August 2014 fliegt die Raumsonde Rosetta in einer ausgeklügelten Umlaufbahn um den Kometen Churyumov-Gerasimenko, im November 2014 wird ihre Landeeinheit Philae auf der Kometenoberfläche aufsetzen. Die Mission führt in jeder Hinsicht in Neuland: Noch nie wurde ein Komet aus einem Orbit untersucht, noch nie wurden Messungen auf einer Kometenoberfläche durchgeführt. Elf Instrumente fliegen auf dem Orbiter mit, zehn Instrumente auf dem Lander Philae – weltweit erwarten die Wissenschaftler gespannt die Daten. Das DLR-Institut für Planetenforschung ist bei vier Instrumenten der Mission in einer führenden Rolle und bei drei weiteren Experimenten wissenschaftlich beteiligt.

Mission Rosetta: Mit Sonden, Kameras und Spektrometern dem Kometen Churyumov-Gerasimenko ganz nahe

Von Manuela Braun

Als in den Achtzigerjahren nach dem erfolgreichen Vorbeiflug der Vega- und Giotto-Sonden die ersten Überlegungen für eine weitere europäische Kometenmission als eine von vier Cornerstone-Missionen der Europäischen Weltraumorganisation ESA aufkommen, ist Helmut Kohl gerade erst zum Bundeskanzler gewählt worden, der „Stern“ fällt auf die gefälschten Hitler-Tagebücher herein, und die ersten Heimcomputer wie der Commodore 64 oder der Apple Macintosh werden hergestellt. Der CD-Spieler geht in Serie und macht den Schallplatten und Kassetten Konkurrenz. Als in den Neunzigern die Pläne für einen Lander genehmigt werden und die Entwicklung beginnt, führt Deutschland gerade die fünfstelligen Postleitzahlen ein, DDR und BRD sind wiedervereinigt, und es gibt Mobiltelefone, E-Mails und SMS. Auf den Gruppenbildern des Lander-Teams sind bunte, breite Krawatten ein weitverbreitetes Accessoire. 2004 startet die Rosetta-Sonde schließlich mit Lander Philae an Bord ins All – auf eine zehnjährige Reise zum Kometen Churyumov-Gerasimenko. Mittlerweile ersetzen digitale Kameras die analogen Modelle, Wikipedia wird gegründet, und die erste Staffel von „Big Brother“ sorgt für Diskussionen.

Auge in Auge mit Churyumov-Gerasimenko

Im November 2014 wird es nun so weit sein: 30 Jahre nach der ersten Idee wird Philae auf einer Terra Incognita aufsetzen und zum ersten Mal überhaupt Messungen auf der Oberfläche eines Kometen durchführen. Ganz vorne mit dabei: die Kamera ROLIS, das Rosetta Lander Imaging System, das an der Unterseite von Philae in Richtung Komet blickt. ROLIS wird bereits während des Abstiegs auf Churyumov-Gerasimenko Aufnahmen machen. „Das ist schon deshalb wichtig, weil wir die genaue Landestelle identifizieren müssen“, sagt Stefano Mottola, der verantwortliche Wissenschaftler für ROLIS.

Sobald ein digitales Höhenmodell aus Aufnahmen der OSIRIS-Kamera auf dem Orbiter vorliegt, fällt zwar die Entscheidung für eine Landestelle – doch die Lande-Ellipse wird viele hunderte Meter groß sein. Zu viele Unbekannte, wie das Ausmaß der Kometenaktivität, lassen eine exaktere Planung nicht zu. Philae wird aus mehreren Kilometern Entfernung von der Muttersonde Rosetta ausgeworfen und schwebt dann langsam in Richtung Komet. Dies alles wird autonom – nach einer vorprogrammierten Landesequenz – geschehen, ohne dass das Team im Lander Control Center des DLR noch eingreifen kann. ROLIS wird daher die ersten hochauflösenden Bilder der

tatsächlichen Landestelle aufnehmen, zur Erde senden und den Vergleich mit den bereits vorhandenen OSIRIS-Aufnahmen ermöglichen.

Die ersten Aufnahmen wird ROLIS bereits unverzüglich nach der Abkopplung vom Orbiter machen – „diese Bilder werden direkt an die Muttersonde gesendet“, erklärt Mottola. Anschließend nimmt das Kamerasystem alle fünf Sekunden den Kometen auf. Allerdings: Die Kamera und ihre Technologie wurden vor 20 Jahren entwickelt. „Für heutige Verhältnisse haben wir natürlich nur einen begrenzten Speicherplatz.“ Und so werden die ersten Bilder auch gleich wieder mit den neueren überschrieben. Das erste Foto für die Ewigkeit wird aus rund 35 Metern Entfernung von Churyumov-Gerasimenko entstehen, das letzte Bild wird aus höchstens fünf Metern Abstand aufgenommen.

Anschließend beginnt für das Team um Stefano Mottola die eigentliche wissenschaftliche Arbeit: Die Kometenforscher wollen mit ROLIS die kleinskalige Morphologie von Churyumov-Gerasimenko analysieren und seine Zusammensetzung untersuchen. „Wir haben nach der Landung ein Blickfeld von 30 mal 30 Zentimetern auf den Kometen und können seine Textur in hoher Auflösung sehen.“ Mit multispektralen Aufnahmen sollen außerdem die verschiedenen Materialien der Kometenoberfläche identifiziert werden.

Ein Hammer mit Gefühl

Zwei weitere Instrumente, die von DLR-Wissenschaftlern betreut werden, müssen in der „First Science“-Phase, bei der jedes Instrument zum ersten Mal eingesetzt wird, ein wenig warten, denn sie sorgen für Erschütterungen und Lärm auf dem Kometen: MUPUS (Multi-Purpose Sensors for Surface and Subsurface Science) und SESAME (Surface Electric Sounding and Acoustic Monitoring Experiment). „MUPUS funktioniert so ähnlich wie eine Rammsonde auf einer Baustelle“, erläutert Professor Tilman Spohn. Damit meint er eine Rammsonde in Anführungsstrichen. „Unsere Thermalsonde ist natürlich viel filigraner.“ Ein Hammermechanismus treibt eine mit 16 Wärmemessungssensoren versehene Stange von oben immer weiter in den Boden, um dort bis in 40 Zentimeter Tiefe die Temperatur sowie die Wärmeleitfähigkeit zu messen. Thermalsensoren in den Ankern und ein Radiometer ergänzen die Messungen. Dabei misst das Radiometer die Oberflächentemperatur und die Anker die Temperatur in ein bis zwei Meter Tiefe.

Nur ein Punkt im Sternenmeer: Dieses Bild des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko wurde am 20. März 2014 von der OSIRIS-Kamera aus einer Entfernung von etwa fünf Millionen Kilometern vom Kometen aufgenommen.



Die Sonde MUPUS hämmert sich bis zu 40 Zentimeter tief in den Kometen, um die Temperatur zu messen

Bevor MUPUS ausgesetzt werden kann, müssen die Wissenschaftler zunächst noch festlegen, wo genau MUPUS in die Tiefe hämmern soll. Dazu wird das Panoramabild der französischen CIVA-Kamera benötigt, sie gibt einen Überblick über die Landschaft. „Am liebsten wäre uns eine Stelle mit einem absolut unspektakulären Boden.“ Kein Hang, kein Loch und auch kein Eisbrocken, der MUPUS nur Schwierigkeiten bereiten würde. Die Entscheidung muss dabei im genau festgelegten Zeitrahmen fallen, denn die Abfolge der ersten wissenschaftlichen Untersuchungen ist minutiös geplant. „Das ist ein schwieriges Unterfangen: Wenn wir das verpassen, wäre es zunächst vorbei mit dem ersten Einsatz von MUPUS.“

Schließlich muss sich Lander Philae für die Lieblingsstelle der Wissenschaftler eventuell heben oder senken und sich vielleicht auch um die eigene Achse drehen, bevor die Thermalsonde bis zu anderthalb Meter ausgefahren und in den Boden getrieben wird. Dabei regelt eine Software, mit welcher Kraft der Hammer auf die Sonde einwirkt. – „Wir können ja entweder sehr festen oder sehr weichen Boden vorfinden.“ Im kleinteiligen Bereich, so wünscht es sich Tilman Spohn, könnte die Landestelle von Philae also ruhig langweilig sein. „Ansonsten hätten wir gerne eine Gegend mit Eis“, sagt er. „Und wir würden eine Aktivität des Kometen bis zu einem gewissen Maß durchaus schätzen.“

Lauschen auf das Echo

Wenn MUPUS hämmert, werden aber nicht nur die Wissenschaftler am Boden gespannt hinhören: Vor Ort lauschen auch die Instrumente des Experiments SESAME, die unter anderem in den Füßen des Landers sitzen. Zu dem Experiment gehören drei Messinstrumente: Der Dust Impact Monitor (DIM) sitzt auf der Oberseite der Landeeinheit und zeichnet auf, wenn Kometare Staub- und Eisteilchen auf ihn prallen. Das Instrument Permittivity Probe (PP) bestimmt die elektrische Leitfähigkeit und den Wassergehalt im Boden. In den Füßen des Landers selbst sitzt CASSE (Cometary Acoustic Surface Sounding Experiment) und lauscht. „Jeder Fuß kann entweder selbst akustische und elektrische Signale wie ein aktives Echolot senden oder wie ein passives Seismometer empfangen“, sagt der wissenschaftliche Leiter, Dr. Klaus Seidensticker. So soll die Laufzeit und die Form des Signals von Fuß zu Fuß gemessen und die Beschaffenheit des Bodens untersucht werden. Die seismischen Wellen, die MUPUS bei seiner Arbeit auslöst, werden von CASSE zusätzlich genutzt. Mit den Daten können die Wissenschaftler am Boden dann unter anderem Rückschlüsse auf die Porosität und die Schichten des Kometenmaterials ziehen.

Der Komet in drei Dimensionen

Aber auch auf dem Rosetta-Orbiter selbst fliegen Instrumente mit, an denen DLR-Forscher wissenschaftlich beteiligt sind. Aus den Daten der OSIRIS-Kamera erstellen die Planetenforscher des DLR gemeinsam mit französischen Kollegen ein digitales Höhenmodell von Churyumov-Gerasimenko, das den Kometen mit seinen Geländestrukturen in 3-D zeigt. „Wir werden aus dem Orbit eine Auflösung im Meterbereich erreichen – das ist ein ganz neuer Standard“, sagt Ekkehard Kürt, wissenschaftlicher Leiter für die Rosetta-Mission im DLR, der als Co-Investor, also als beteiligter Wissenschaftler, mit den Daten von OSIRIS arbeitet. Mit dem Höhenmodell können die Wissenschaftler der Mission anschließend unter anderem die Morphologie des Kometen untersuchen, um beispielsweise die Natur von Kratern zu verstehen. „Letztendlich ist die Topografie der Kometenoberfläche für fast alle Analysen – von der Sonneneinstrahlung bis zu Veränderungen wie Hangrutschungen auf der Oberfläche – wichtig“, betont Kürt.

Für Stefano Mottola sind die OSIRIS-Daten ebenfalls wichtig: Nach neuesten Auswertungen der Daten geht der Wissenschaftler davon aus, dass sich die Rotationszeit des Kometen um

seine eigene Achse von 12,6 Stunden auf 12,4 Stunden verringert hat. „Dieser Unterschied könnte natürlich auch daran liegen, dass die festgestellte Rotationsrate durch ungenaue Messungen von der Erde aus verfälscht war – wir glauben aber, dass sich der Komet mittlerweile schneller um seine eigene Achse dreht“, erläutert Mottola. „Und diesen Mechanismus möchte ich genauer untersuchen.“

Forschung im Kometenanflug

Erste Daten haben die Kometenforscher bereits von den fünf Instrumenten des Rosetta Plasma Consortium (RPC) erhalten. Das Instrument, an dem Ekkehard Kürt beteiligt ist, arbeitet bereits im Anflug auf den Kometen und untersucht die geladenen Teilchen und das Magnetfeld um Churyumov-Gerasimenko. Verdampft Eis auf der Kometenoberfläche, wird Gas freigesetzt, das wiederum durch die Sonnenstrahlung ionisiert wird. „Das Plasma, das den Kometen umgibt, ist sehr weiträumig, und wir sind ja nicht mehr weit entfernt von unserem Ziel“, betont Ekkehard Kürt. So erhoffen sich die Kometenforscher neue Erkenntnisse über die Struktur der Koma und die Bildung des Kometenschweifs.

Auch das Infrarotspektrometer VIRTIS für den sichtbaren und infraroten Spektralbereich kann aus der Entfernung bereits wissenschaftliche Untersuchungen durchführen. Ein Forscherteam um Gabriele Arnold untersucht, wie sich Eis, Staub und organische Materialien zusammensetzen. „Kometen repräsentieren mehr als andere Objekte den Zustand der Materie in den frühen Phasen der Entwicklung unseres Sonnensystems“, erläutert DLR-Wissenschaftlerin Arnold. „Mit der stofflichen Analyse gelingt uns deshalb ein Blick in die Kinderstube unseres Planetensystems.“ VIRTIS wird über die gesamte Lebensdauer der Mission die verschiedenen Materialien auf der Oberfläche und in der Koma identifizieren und analysieren.

Gleichzeitig erlaubt es das Experiment, die Kometenoberfläche thermal zu kartieren. „In Verbindung mit den topografischen Modellen aus den OSIRIS-Daten hoffen wir auch, Zusammenhänge zwischen der Oberflächenzusammensetzung, deren Rauigkeit, der Temperatur und den Prozessen beginnender Aktivität aufzudecken und studieren zu können“, ergänzt Arnold. Diese Daten sind bei der Landeplatzsuche für Philae wichtig. Ebenso wie OSIRIS werden die Untersuchungen von VIRTIS deshalb in der frühen Phase der Annäherung an den Kometen verwendet, um einen möglichst sicheren Landeplatz zu identifizieren.

4,5 Milliarden Jahre alte Zeitzeugen

Fast 30 Jahre hat es gedauert, bis aus einer Idee die ersten Daten und Untersuchungsergebnisse geworden sind. Letztendlich ist das aber eine verschwindend geringe Zeit, wenn man diese Entwicklungszeit mit dem Alter von Churyumov-Gerasimenko vergleicht: „Kometen sind Zeitzeugen aus der Entstehung unseres Sonnensystems vor 4,5 Milliarden Jahren und haben sich seitdem durch ihren tiefgefrorenen Zustand kaum verändert.“ Kometenforscher Kürt ist sich sicher: „Alle Daten, die wir während der Mission von den Instrumenten erhalten, werden eine ganz neue Qualität haben. Sie werden uns Hinweise auf die Natur dieser besonderen Himmelskörper geben und uns zu den Anfängen der Entwicklung unseres Planetensystems führen.“ ●



Weitere Informationen:

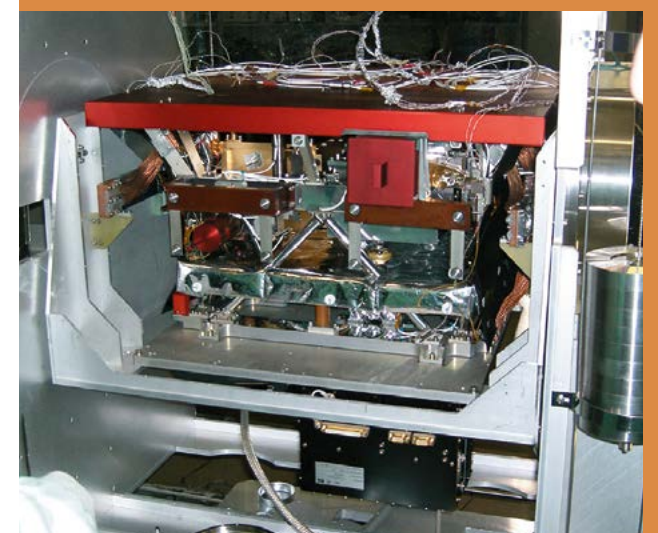
DLR.de/Rosetta
Film zur Kometen-Form: s.DLR.de/3y1s



Das Instrument SESAME sitzt unter anderem in den Füßen des Landers Philae und misst mit akustischen Methoden die Beschaffenheit des Kometenbodens



Die Kamera ROLIS an der Unterseite von Philae nimmt während der Landung auf Churyumov-Gerasimenko erste Bilder auf



Das Spektrometer VIRTIS auf der Raumsonde Rosetta lieferte bereits während des Fluges zum Kometen erste Daten

Warten auf den Blick zum Horizont

Mit Philae wird zum ersten Mal ein Landegerät auf einer Kometenoberfläche aufsetzen und vor Ort unter anderem Fotos der Oberfläche aufnehmen, Bodenproben untersuchen und organische Substanzen analysieren. Gesteuert und betrieben wird das Landegerät aus dem Lander Control Center des DLR in Köln. Im Interview erläutert Dr. Stephan Ulamec, Projektleiter für Philae, was auf den Lander zukommt – und wo die Risiken liegen bei einer Mission, die so noch niemand gewagt hat.

Interview mit Dr. Stephan Ulamec, Projektleiter für den Lander Philae

Das Interview führte Manuela Braun

Die erste Landung überhaupt auf einem Kometen nach einer zehnjährigen Reise durchs All – was erwartet den Lander, wenn er im November auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko aufsetzt?

Im Oktober fällt zunächst die endgültige Entscheidung über den Landeplatz für Philae. Bis dahin haben wir aus den Daten der Navigationskamera und der OSIRIS-Kamera auf der Rosetta-Sonde ein gut aufgelöstes dreidimensionales Höhenmodell des Kometen und noch besser aufgelöste Karten erstellt. Darauf sehen wir in erster Linie die Form und die Rotationsachse des Kometen. Aber was man nicht sieht, ist, wie die Oberfläche des Kometen auf kleiner Skala aussieht, also: Gibt es viele Steine? Sind da Löcher wie in einem Schwamm oder vielleicht sogar Eiszapfen? Ist da ein Geröllfeld? – Das alles wird man erst relativ spät abschätzen können, also Ende September oder Oktober, umso besser, je niedriger der Orbit von Rosetta ist. Was wir wahrscheinlich vor der Landung gar nicht herausfinden werden, ist die Härte der Oberfläche. Knapp vor der Landung können wir vielleicht auf den Kameraaufnahmen anhand von Schüttwinkeln oder Kraterändern abschätzen, ob der Boden eher pulverig ist oder eisig. Richtig wissen werden wir das erst bei der Landung selbst, wenn wir merken, ob Philae beispielsweise einsinkt.

Mit welchen Oberflächen kommt Philae überhaupt zurecht?

Ausgelegt ist der Lander für ein breites Spektrum. In der Design-Phase haben wir eher befürchtet, die Oberfläche wäre hart, so hart wie poröses Eis mit Staub. Jetzt, mit den Bildern von den Missionen Deep Impact und Star Dust, geht man eher von losem Regolith aus, einer staubigen und weicheren Oberfläche.

Aus welcher Höhe wird Philae für die Landung angeklickt, und wie wird die Landung ablaufen?

Genau entschieden wird das, wenn der Landeplatz feststeht, wahrscheinlich wird die Landung in etwa drei Kilometer Höhe ausgelöst. Philae wird vom Orbiter nach hinten „geschubst“, und dadurch fällt er auf den Kometen hinunter. Je nach Masse und Szenario wird es zwei, drei bis fünf, sechs Stunden dauern, bis er aufsetzt. Beim Aufsetzen werden direkt, fast zeitgleich zwei Harpunen in den Boden geschossen. In den Lander-Füßen sind außerdem Eisschrauben, die sich in die Oberfläche drehen. Eine Kaltgasdüse feuert bei der Landung nach oben und drückt Philae dadurch auf den Kometen. Im zentralen Rohr des Landegestells ist auch noch ein Dämpfungsmechanismus, damit die Energie dissipiert, also in andere Energieformen umgewandelt wird und nicht als Federkraft in den Beinen gespeichert wird – so verhindern wir ein Abprallen.

Was sind die Herausforderungen für eine sichere Landung von Philae?

Wir wissen nicht exakt, wo wir landen. Die Lande-Ellipse ist relativ groß, und dennoch sollte das gesamte Terrain in diesem Bereich relativ flach sein. Und selbst wenn Philae mit geringer Geschwindigkeit – ich spreche hier von wenigen Zentimetern pro Sekunde – abprallt, macht er einen Riesensatz. Dann ist es schwierig, ihn wieder vernünftig auf die Beine zu bekommen. Eine Hangneigung bis zu 45 Grad verträgt er aber schon.

Was ist die Aufgabe des Teams im Lander Control Center im DLR?

Zunächst einmal muss es die Landung vorbereiten, das heißt, die Sequenz muss programmiert werden. Wie hoch ist die Abstoßgeschwindigkeit vom Orbiter? Wann wird welches Experiment während des Abstiegs eingeschaltet? Wann werden die Harpunen „scharfgestellt“? Unmittelbar – also mit einer Signalverzögerung von einer halben Stunde – bekommen wir im Kontrollraum auch die Telemetrie-Daten und die ersten Bilder von den ROLIS- und CIVA-Kameras. Dann beginnt der erste Teil der „First Science“-Phase mit den Experimenten, die keine Aktivierung von Mechanismen verlangen. Selbst wenn man wackelig gelandet ist, kann dabei nichts passieren. Im Laufe der nächsten Stunden und Tage kann man dann noch Parameter ändern, wir können zum Beispiel den Lander so drehen, dass er mehr zur Sonne steht. Man ändert die Belichtungszeit der Kamera, man entscheidet, wo MUPUS ausfährt, der Penetrator, der sich in den Boden hämmert. Das alles wird über unser Lander Control Center kommandiert.

Wenn die Landung bevorsteht, wird der Komet auf der Reise in Richtung Sonne bereits aktiv sein und ausgasen. Welche Konsequenzen hat das für die Landung?



Dr. Stephan Ulamec – hier im Lander Control Center des DLR in Köln – ist der Projektleiter für Lander Philae und begleitet die Mission von Beginn an

Unsere Unwissenheit über die exakte Koma, die Gashülle, bewirkt, dass man die Flugbahn schlechter vorausberechnen kann. Wenn der Orbiter auf der Umlaufbahn ist, aus der Philae abgestoßen werden soll, können wir nicht exakt sagen, wo genau er sich im Moment des Abstoßens befindet. Weil wir einfach nicht den Gaswiderstand vorhersagen können, den das Ausgasen verursacht.

Was könnte bei der Landung schiefgehen?

Es gibt zwei Gruppen von Fehlern. Zum einen die technischen Fehler: Ein Motor funktioniert nicht. Oder etwas klemmt. Aber fast alles bei Philae ist redundant, das heißt zweifach vorhanden. Dann kann es aber auch sein, dass der Komet nicht mitspielt. Dass der Lander beispielsweise genau dort aufsetzt, wo eine Gletscherspalte ist. Oder ein großer Stein – dann könnte er umkippen. Auch ein Jet, also eine Gasausströmung, könnte ihn während des Abstiegs von seinem ursprünglichen Landeplatz ablenken. Bei einigen dieser möglichen Fehler können wir nicht viel ausrichten. Die meisten aber haben wir in Tests immer wieder durchgespielt und den Lander möglichst gut darauf vorbereitet.

Wie schnell wird im Kontrollraum klar sein, wie es Philae bei der Landung ergangen ist?

Der letzte Moment vor der Landung, in dem wir vom Boden aus noch eingreifen könnten, liegt 7 Stunden und 15 Minuten vor der Trennung vom Orbiter. Ab dann läuft alles vollständig automatisch über die Sequenz, die wir programmiert und zu Philae geschickt haben. Wir bekommen aber schon während des Abstiegs erste Telemetrie-Daten, die vom Lander über den Orbiter zu uns gesendet werden. Wenn wir dann mit der Kamera einen schönen Horizont um Philae sehen, der Solargenerator Strom liefert, die Harpunen ge- feuert haben – dann wissen wir: Es läuft.

Wie lange wird Philae mit seinen Instrumenten auf Churyumov-Gerasimenko arbeiten?

Hoffentlich einige Monate! Philae ist so ausgelegt, dass er bei der Annäherung an die Sonne noch bis Ende März 2015 ohne Probleme arbeiten kann und die steigende Temperatur bis dahin gut übersteht. Was wir aber nicht wissen, ist, wie viel Staub sich auf den Solarzellen ablagern wird und ab wann er keine Energie mehr bekommt. Irgendwann im Laufe der Mission, auf der Reise in Richtung Sonne, wird Philae aber dann definitiv so heiß, dass zum Beispiel die Batterie und die Elektronik nicht mehr funktionieren. Ab dann reist er noch ein wenig als „historical site“ auf dem Kometen mit. ●



Klebefolien unter den Tragflächen dienen als Insektenfänger: Die Folien werden hinter der Vorderkantenklappe angebracht. Die DLR-Forscher wollen damit herausfinden, wie viele Insektenreste sich dort trotz der vorgelagerten Klappen noch ansammeln.

Bild: DLR/Marek Krusewski

Auf Mückenfang in Cochstedt

Mücken plagen im Sommer nicht nur Menschen, auch Technik hat zuweilen ihr Problem mit ihnen, Flugzeugflügel der Zukunft beispielsweise. Wenn sich Insekten auf den hochglatten Oberflächen ablagern, stören sie die optimierte Luftströmung und mindern letztlich den angestrebten Kerosineinspareffekt. DLR-Forscher wollten deshalb herausfinden, wie viele Insekten sich auf den Tragflächen ablagern und wo sie sich bevorzugt ansammeln. Ihr Ziel: eine Art Insektenschutz für Flugzeugflügel zu entwickeln. Doch vor der ersten technischen Zeichnung steht die Bestandsaufnahme: Dazu flogen sie mit dem DLR-Forschungsflugzeug ATRA in die Wiesenidylle des Flughafens Magdeburg/Cochstedt. Ihre Aufgabe: Insekten sammeln für die aerodynamische Forschung.

ATRA-Flugversuche für eine optimale Aerodynamik künftiger Flugzeugflügel

Von Falk Dambowsky

Ein leichter Sommerwind weht über die Grashalme. Am Horizont die bergige Silhouette des Harz. Über das Gelände des Airport Magdeburg/Cochstedt International fliegen DLR-Testpilot Jens Heider und Dominic Gloß vom DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik. Entlang der Landebahn gleiten sie mit der kleinen einmotorigen DLR-Propellermaschine LFU 205 über die Flughafenwiese, die seit einigen Wochen vom Rasenmäher verschont worden war. Nach der Landung zeigt ein Blick auf die Verunreinigungen an den Tragflächen: Die Insekten gedeihen hier, am südlich von Magdeburg gelegenen Flughafen, prächtig. Und diese werden von Dominic Gloß für seine Versuche benötigt. Denn Insektenreste, die auf sommerlichen Autofahrten die klare Sicht auf unschöne Weise trüben, werden auf der Flughaut zu einer aerodynamischen Größe. Sie beeinträchtigen den Nutzeffekt neuartiger glatter Tragflächen. Aerodynamiker Gloß will zunächst herausfinden, wie sich Insektenreste über die Tragflächen eines Verkehrsflugzeugs verteilen. Erst einmal ist Gloß nur mit dem kleinen Propellerflugzeug vom DLR in Braunschweig zum Flughafen CSO nach Cochstedt gekommen. Er sondiert das Terrain. – Anschließend weiß er: Die Voraussetzungen für komplexere Flugversuche sind gut. Der Erkundungsflug hat sich gelohnt.

Wenig später, es ist Mitte Juli 2014, kommt Gloß mit dem nötigen trocken-warmen Sommerwetter im Gepäck wieder nach Cochstedt, diesmal aber mit dem Airbus A320 ATRA (Advanced Technology Research Aircraft), dem größten Forschungsflugzeug des DLR. Gemeinsam mit ihm kommt eine ganze Mannschaft, bestehend aus Flugversuchsingenieuren, Testpiloten, Technikern und wissenschaftlichen Mitarbeitern. Für knapp eine Woche bringt das DLR-Team Leben an den sonst eher ruhigen Verkehrsflughafen in Sachsen-Anhalt. Bis zu dreißig Tiefflüge pro Tag stehen auf dem Programm. Damit simulieren die Luftfahrtforscher die Start- und Landephase, in der Insekten vorzugsweise mit den Maschinen kollidieren.

Vor jedem Flugversuch klettert Dominic Gloß auf eine Leiter, um unter den Tragflächen Klebefolien exakt ausgerichtet in jeweils drei nebeneinander liegenden Streifen anzubringen. Die Folien platziert er gemeinsam mit Kollegen hinter der vorderen

Landeklappe. Aerodynamiker Gloß folgt der Idee, die Tragflächen mit einer Art Schutzschild vor Insektenresten abzuschildern: Die bereits vorhandenen vorderen Landeklappen sollen so modifiziert werden, dass keine Mücke, Fliege oder sonstiges Flügeltier an ihnen vorbeigelangt und auf den Hauptflügel trifft.

Warum zukünftige Flugzeuge solch einen Insektenschutz an den Vorderklappen benötigen, erklärt Heiko Geyr von Schweppenburg, DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik und Abteilungsleiter von Dominic Gloß. „Weltweit arbeiten Ingenieure und Forscher daran, besonders glatte Tragflächen, sogenannte Laminarflügel, mit geringerem Strömungswiderstand und damit niedrigerem Treibstoffverbrauch zu entwickeln. Allerdings müssen die neuartigen Tragflächen für die volle Treibstoffersparnis sauber bleiben.“ Bei modernen



Bild: DLR/Marek Krusewski

Insektenidylle auf dem Gelände des Flughafens Magdeburg/Cochstedt



Die Flugzeugnase des A320 ATRA nach der Landung: Auf der beim Start noch blitzblanken Oberfläche haben unzählige Insekten ihre Spuren hinterlassen.

Bild: DLR/Marek Krusewski



Die Basismessanlage in der ATRA-Kabine. Hier laufen die Flugversuchsdaten zusammen.

Bild: DLR/Marek Krusewski

Segelflugzeugen, die bereits mit sehr glatten Kohlefasertragflächen unterwegs sind, werden schon heute sogenannte Mückenputzer eingesetzt, um die Flugleistung zu erhöhen. Dabei handelt es sich um eine Vorrichtung, die die Tragflächen im Flug von Mückenresten reinigt. Für große Verkehrsmaschinen ist solch eine Vorrichtung wegen der hohen Fluggeschwindigkeiten wenig praktikabel, weshalb Dominic Gloß die Idee der Insektenschutzklappen für Airliner verfolgt.

Vor jedem der knapp einstündigen Testflüge sind die Folien unter den Tragflächen des ATRA strahlend weiß und sauber. Dominic Gloß prüft ein letztes Mal das Kamerasystem, das seitlich am Rumpf montiert und auf die Folien ausgerichtet ist. „Mit Hilfe der Kameras können wir während des Fluges schon erkennen, wie groß die Menge der Insekten ist, die bereits auf den Folien kleben. Je mehr Insekten in der Luft sind, umso schneller haben wir ein auswertbares Ergebnis.“ Es folgt noch eine Prozedur, die an den regulären Linienverkehr eines Airliners erinnert: Das Verladepersonal fährt drei Luftfracht-Container vor. Darin befinden sich allerdings Sandsäcke als Fracht, pro Container etwa eine Tonne. Adrian Müller, der verantwortliche Flugversuchingenieur für die Cochstedter Testflüge, sagt dazu: „Wir beladen den ATRA schrittweise mit definierten Gewichten, um verschiedene Flugzustände zu untersuchen. Wird die Maschine auf diese Weise schwerer, so verändert sich der Anstellwinkel. Das heißt, der ATRA verändert mit zunehmendem Gewicht seine Fluglage und die Tragflächen werden unterschiedlich mit Insekten kontaminiert.“

Nach den letzten Vorbereitungen steigen Dominic Gloß und Flugversuchingenieur Adrian Müller hinauf in den A320 und setzen sich an die Basismessanlage in der Kabine. Von hier aus können sie alle wichtigen Messwerte während des Fluges verfolgen und über Headset den Kontakt zum Cockpit halten. Dort machen sich gerade die Testpiloten Hans-Jürgen Berns und Stefan Seydel bereit für den Start. Die Kabinentür wird geschlossen, die Treppe weggefahren und dann lassen die Piloten die Triebwerke an.

ATRA rollt. Erst langsam mit einer Neunzig-Grad-Kurve Richtung Startbahn, dann schneller. Es geht zum östlichen Ende der Bahn für einen Start gen Westen. Schub, immer schnelleres Rollen und Abheben ..., dann ist das größte DLR-Forschungsflugzeug in der Luft über Sachsen-Anhalt. Testpilot Berns dreht nach Süden ab und steigt auf lediglich 300 Meter. Unter ihm Felder und kleine Dörfer. Der Flughafen bleibt in Sichtweite.



ATRA startet am Flughafen Magdeburg/Cochstedt. Bei den nachfolgenden tiefen Überflügen in 15 Meter Höhe bleibt das Fahrwerk eingefahren.

Bild: DLR/Marek Krusewski

Nach einigen Minuten dreht Berns ein und beginnt den Anflug auf Cochstedt. Vom Boden aus ist allerdings ein entscheidender Unterschied zu einem gewöhnlichen Anflug zu erkennen: Unter dem ATRA ist kein Fahrwerk zu sehen. Das bleibt im Tiefflug für die simulierten An- und Abflüge eingefahren.

Im Cockpit hat dieser ungewöhnliche Anflug allerlei Konsequenzen. Zahlreiche Warnmeldungen ertönen und Warnleuchten blinken auf. Testpilot Berns führt den ATRA mit ruhiger Hand im manuellen Modus und Stefan Seydel schaltet nacheinander die verschiedenen Meldungen wieder aus. „Eigentlich ist unser Airbus dafür gebaut, mit automatischer Unterstützung zu landen. Bei den Forschungstiefflügen zum Insektensammeln fliegen wir ein Manöver, was den von der Automatik vorgezeichneten Abläufen eines regulären Passagierfluges entgegensteht.“

Vor dem Überflug erfragt Seydel beim Tower Cochstedt die Freigabe. Dann sinkt er mit dem ATRA auf nur 15 Meter über dem Boden – das ist etwa eine halbe Spannweite des Flugzeugs. Der Airbus fliegt parallel zur Start- und Landebahn über die hoch gewachsene Wiese des Flughafengeländes. So langsam und leise, wie er sich bewegt, hat man das Gefühl, ATRA würde knapp über dem Boden schweben. Mehr als drei Kilometer bis zum Ende der Bahn geht es so im Tiefflug über den Flughafen. Dominic Gloß sieht derweil auf dem Bildschirm seines Laptops, wie die Insekten ihre Spuren auf den Folien unter den Tragflächen hinterlassen. Dann zieht Testpilot Berns die Maschine wieder hoch, schwenkt Richtung Süden und setzt zur nächsten Runde an. Insgesamt 14 Runden werden es bei diesem Testflug sein, dann kündigt das ausgefahrene Fahrwerk die bevorstehende Landung an.

Zurück am Boden machen sich Gloß und seine Kollegen sofort daran, die deutlich von Insekten gezeichneten Folien von den Tragflächen zu ziehen. „Der Bereich direkt hinter den Vorderkantenklappen wird durch die Klappen schon jetzt recht gut vor Insekten geschützt“, sagt Gloß und zeigt eine der gerade vom ATRA abgelösten Folien, bevor er sie in einem schmalen Schubfach in einem Rollcontainer verstaut. „Aber weiter hinten sind die Tragflächen deutlich verschmutzt.“ Insgesamt 132 Folien sammeln sich bei den elf Messflügen in Cochstedt an.

Sind die Insektenmuster erst einmal auf den Folien von Gloß verwertet, erfasst er sie an seinem DLR-Heimatstandort in Braunschweig auf einem überdimensionalen Scanner mit einer Fläche von zwei mal einem Meter und überträgt die Muster dann in ein Strömungsmodell. „Unser Ziel ist es, am Computer ein

Modell zu entwickeln, das exakt vorhersagen kann, wie groß die Landeklappen an der Vorderkante ausfallen müssen, um die Tragflächen ausreichend vor Insekten zu schützen.“ So groß wie nötig, aber so klein wie möglich, lautet die Devise. Denn die Klappen sollen dabei nicht zu schwer werden, was den Treibstoffverbrauch unnötig erhöhen würde. Außerdem sollen die Klappen wie bisher genügend Auftrieb für den Start und den Landeanflug geben.

Für das Klappensystem haben die Ingenieure eine Variation des bisher am ATRA verwendeten Systems vorgesehen. Es soll nicht wie bisher nur nach vorne aus- und nach hinten eingefahren werden, sondern die Forscher wollen ein sogenanntes Krüger-Klappensystem einsetzen. Dessen Einklapp-Prinzip wurde bereits in den Vierzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts entwickelt und könnte jetzt zum Schutz vor Insekten zu neuen Ehren kommen. „Der Kniff der Technik ist das Umklappen“, so Gloß, „die Vorderkante der Krügerklappe wird bei Start und Landung zwar verschmutzt, dahinter ist die Tragfläche aber vor Insekten geschützt.“ Während der aerodynamisch besonders sensiblen Reiseflughöhe bei hohen Geschwindigkeiten in großen Höhen sind die insektenverschmutzten Bereiche unter die Tragfläche geklappt. Im Flug wird die Strömung nicht durch die Insekten gestört.

Mit den jetzt durchgeführten Überflügen in Cochstedt ist Dominic Gloß hochzufrieden. „Wir haben in diesem Jahr sehr viele Mücken, das ist günstig für unsere Flugversuche.“ Zudem wurde das DLR-Team durch das Flughafenpersonal rundum betreut. Rangieren, Tanken, Beladen – alles lief reibungslos. Ein Glück, denn das sommerliche Wetter ließ zu Beginn der Flugkampagne auf sich warten. Bis zum letzten möglichen Tag flog Gloß mit seinem engagierten Forscherteam, das so manches technische Detail zwischendurch verändern musste. Dann ist es geschafft: Alle geplanten Insektenflüge sind im Kasten und die Klebefolien mit den Insektenresten von den Tragflächen abgezogen und gut verstaut. Bis 2015 plant Gloß, die Auswertung der Insektendaten abgeschlossen zu haben. Im nächsten Schritt wird sich dann zeigen, wie ein Klappensystem für saubere Laminarflügel aussehen kann.



Weitere Informationen:
s.DLR.de/104i

Power aus dem Gleisbett

Pfingstmontag 2014: Ein Unwetter zieht über den Westen Deutschlands hinweg. Umstürzende Bäume beschädigen die Oberleitungen. Noch mehrere Wochen lang bleibt der Bahnverkehr beeinträchtigt. Oberleitungen müssen aufwändig wieder instand gesetzt werden. In einer Studie haben Forscher des DLR und der Universität Stuttgart gezeigt, dass Hochgeschwindigkeitszüge auch anders als auf herkömmliche Weise angetrieben und mit Energie versorgt werden können – durch eine berührungslose Energieübertragung über Induktionsschleifen.

Berührungsloses Bereitstellen von Energie für den Zug der Zukunft

Von Dorothee Bürkle

Induktionsspulen, so das Ergebnis der Studie, können einen Hochgeschwindigkeitszug mit ausreichend elektrischer Energie versorgen. Dafür liegen Spulen von zwanzig Meter Länge in der Mitte des Gleisbetts. Im Unterboden des Zugs werden, je nach benötigter Energiemenge, mehrere Spulen von fünf Meter Länge in die Außenhülle des Fahrzeugs integriert. Diese nehmen, wenn sich der Zug über die Induktionsspulen bewegt, durch das entstandene Magnetfeld elektrische Energie auf. „Die Spulen auf beiden Seiten müssen relativ lang sein, damit sich auch bei hohen Geschwindigkeiten die Spulen im Gleis und im Fahrzeug lange genug übereinander befinden, um die Energie zu übertragen“, erläutert Dr.-Ing. Joachim Winter vom DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte und Projektleiter der Studie. Zwischen der Spule im Gleis und der aufnehmenden Spule im Fahrzeug befindet sich lediglich ein schmaler Luftspalt. „Dieser Luftspalt muss möglichst klein sein, damit die Energie effizient übertragen werden kann, er darf nur wenige Zentimeter betragen“, so Winter. Durch Induktion kann Energie mit einem hohen Wirkungsgrad von bis zu 95 Prozent übertragen werden.

Bereits 2011 verkehrte für einige Monate eine Straßenbahn in Augsburg auf einer Strecke von achthundert Metern, die berührungslos mit einer elektrischen Leistung von 200 Kilowatt versorgt wurde. In ihrer Studie haben die DLR-Forscher nun untersucht, wie die berührungslose Energieübertragung für sogenannte „Vollzüge“, von der Zubringerbahn bis zum Hochgeschwindigkeitszug, der mit 800 Personen und einer Höchstgeschwindigkeit von 460 Kilometern pro Stunde fährt, funktionieren kann. Die Leistung, die übertragen werden muss, liegt zwischen etwa vier Megawatt bei den kleineren Zubringern und bis zu 25 Megawatt bei der maximalen Geschwindigkeit eines Hochgeschwindigkeitszugs. Technisch, so das Ergebnis der Studie, wäre der fahrdrachtlose Bahnverkehr in allen Bereichen bereits heute möglich.

Für Hochgeschwindigkeitszüge gehen die Forscher von Neubaustrecken aus, die komplett mit der Induktionstechnologie ausgestattet sind. Ein wesentliches Ziel der Machbarkeitsstudie bestand auch darin, zu klären, ob Schienenfahrzeuge, die mit einer hybriden Energieversorgung ausgestattet sind, im bereits vorhandenen Streckennetz ohne Induktionstechnologie fahren



Im Projekt Next Generation Train (NGT) untersuchen DLR-Wissenschaftler von neun Forschungsinstituten die Rahmenbedingungen für Hochgeschwindigkeitszüge der Zukunft

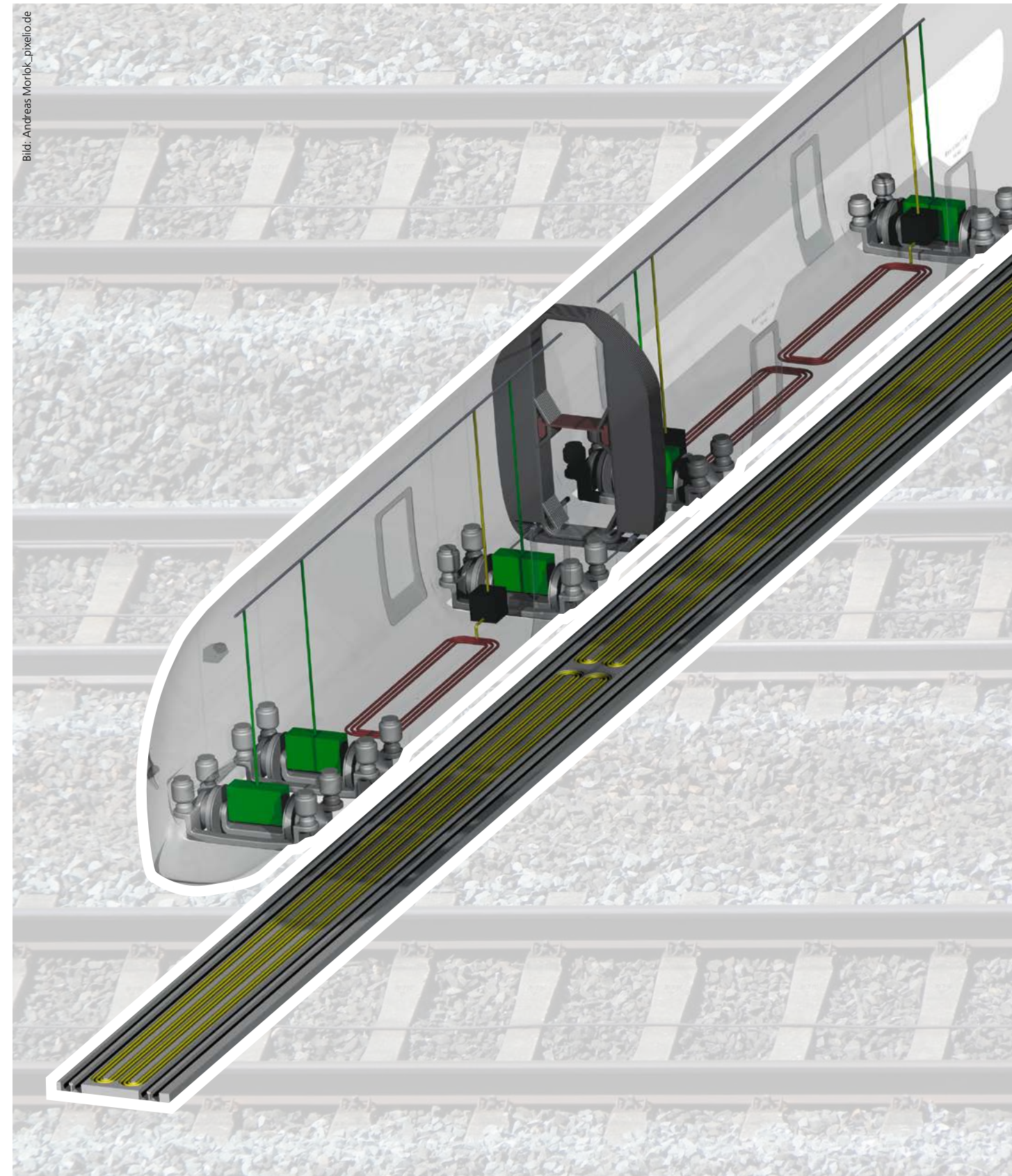
können. Für den Zubringerzug NGT (Next Generation Train) LINK sehen die Forscher eine Batterie vor, mit der der Zug zum Beispiel von Ulm nach Oberstdorf und wieder zurück, also über 240 Kilometer fahren kann.

Ein wesentlicher Vorteil der induktiven Energieversorgung eines Zugs liegt in der Unabhängigkeit von Witterungseinflüssen. „In Wüstenländern sorgen zum Beispiel Sand und Salz, die sich an der Oberleitung festsetzen und zwischen Leitung und Stromabnehmer wie ein Schmirgelpapier wirken, für Probleme im Bahnverkehr“, sagt Winter. Saudi-Arabien und Oman haben bereits Interesse an der Technologie bekundet. Nachfrage besteht auch in europäischen Ländern, wo Eisansatz die Oberleitungen oft beschädigt. „Dass Bäume auf Gleise fallen, wird sich nicht verhindern lassen, fahrdrachtlose Verbindungen haben aber den Vorteil, dass die Infrastruktur nach einem Windbruch rasch wieder freigeräumt werden kann und die Strecken, oft ohne Reparatur, kurzfristig wieder befahrbar sind.“ ●



Weitere Informationen:
DLR.de/NGT

Bild: Andreas Morlok, pixelio.de



INDUKTIVES LADEN

Spulen (im hier beschriebenen Projekt aus dickem Kupferdraht), in denen Strom fließt, erzeugen – wie alle stromführenden Leiter – ein elektromagnetisches Feld. Durch das Feld wird elektrische Energie berührungslos auf die Aufnahme-Spule (in diesem Fall eines darüber hinwegfahrenden Zugs) übertragen. Der Strom kann direkt für den Antrieb der Elektromotoren oder auch zum Laden von Batterien genutzt werden. Das Induktionsprinzip wurde bereits vor mehr als einhundert Jahren von dem serbischen Physiker Nikola Tesla entdeckt.



Bianca Gursky und Testpilot Uwe Göhmann besprechen im Cockpit des Forschungshubschraubers ACT/FHS den ersten Flugversuch mit dem myCopter-Lenkrad. Seine Feuertaufe im Simulator hat es bereits bestanden. Nun soll Uwe Göhmann den Hubschrauber mit dem Lenkrad durch die Luft fliegen.

Mit dem Lenkrad in die dritte Dimension

Schleppender Berufsverkehr, Staus auf der Autobahn und Baustellen im Innenstadtbereich. – Unsere Straßen sind vielerorts überlastet. Diplom-Ingenieurin Bianca Gursky vom DLR-Institut für Flugsystemtechnik sieht einen Ausweg: Die dritte Dimension. Das EU-Projekt myCopter will den Individualverkehr in die Luft bringen.

Das Projekt myCopter erforscht Technologien, die den Hubschrauber alltagstauglich machen

Von Anna Boos

Bianca Gursky ist auf dem Weg zur Arbeit. Das kleine schwarze Lenkrad hat sie sicher im Griff. In Höhe des Braunschweiger Flughafens nimmt sie den Fuß vom Gaspedal, lenkt sanft nach links und fliegt eine geschmeidige Kurve Richtung Landebahn. Denn die 28-Jährige sitzt nicht etwa in einem Auto – sie sitzt im Cockpit einer EC 135 und steuert den Hubschrauber mit einem Lenkrad.

Noch sitzt Bianca Gursky in einem Hubschrauber-Simulator und fliegt durch eine virtuelle Landschaft. Aber das beschriebene Szenario ist für die junge Diplom-Ingenieurin auch in der Realität durchaus vorstellbar – wenn auch in ferner Zukunft. Das Hubschrauber-Lenkrad ist Teil ihrer Doktorarbeit, die sie im Rahmen des EU-Forschungsprojekts myCopter schreibt. Ziel dieses Projekts ist es, grundlegende Technologien und Konzepte für den individualisierten Luftverkehr zu entwickeln, um den vielerorts überlasteten und durch Stau geprägten bodengebundenen Verkehr zu entlasten. Mit sogenannten „Personal Aerial Vehicles“ (PAV) soll dann quasi jedermann seine täglichen Wege zur Arbeit oder zum Einkaufen einfach und schnell durch die Luft zurücklegen können. So zumindest die Vision.

Die Kunst liegt in der Vereinfachung

Eine interessante Idee, die einige Herausforderungen in sich birgt: Denn einen Hubschrauber zu fliegen, ist eine hochkomplexe Aufgabe. Im Flug steuert der Pilot mit der rechten Hand das zyklische Steuer und damit die Roll- und Nickbewegung, also die Lage des Hubschraubers im Raum. Mit der linken Hand bedient er den sogenannten Kollektivhebel, der für den nötigen Schub sorgt. Gleichzeitig bedient der Pilot mit den beiden Pedalen im Fußraum des Cockpits den Heckrotor und damit die Gierbewegung des Hubschraubers. Besonders im Schwebeflug muss der Pilot beide Hände ständig an den Steuerelementen haben und gleichzeitig die Fußpedale bedienen, um den Hubschrauber stabil in der Luft zu halten. „Alle vier Steuerachsen gleichzeitig im Blick zu behalten und zu steuern, erfordert hohe Konzentration und viel Übung“, erklärt Bianca Gursky.

Um den Hubschrauber als alltägliches Fortbewegungsmittel einsetzen zu können, muss Fliegen auf jeden Fall einfacher werden. Und genau hier kommt das Lenkrad der Ingenieurin ins Spiel. „Ich möchte das Hubschrauber-Cockpit nach dem Vorbild des Autos umgestalten und zukünftigen Pilotinnen und Piloten eine intuitivere Steuerung ermöglichen“, sagt Gursky. Sie will intuitives Wissen aus dem Bodenverkehr für zukünftige Piloten nutzbar machen.

„Aus vier mach drei“ lautet die Idee der Luft- und Raumfahrt-Ingenieurin: Das zyklische Steuer, das die Bewegung um die Längsachse (Rollen) und die Bewegung um die Querachse (Nicken) steuert, fällt mit dem Einbau des Lenkrads als Bedienelement vollständig weg. Stattdessen kann der Pilot mit der entsprechenden Drehbewegung des Lenkrads den Hubschrauber in die gewünschte Richtung fliegen. Geschwindigkeitsabhängig wird nun eine Kombination aus Gier- und Rollbewegung eingesteuert. Der Kollektivhebel kontrolliert bei der vereinfachten Steuerung ausschließlich die Flughöhe des Hubschraubers. Wie schnell oder langsam das Fluggerät fliegt, soll im „Hubschrauber für jedermann“ analog zum Autofahren über die Pedale im Fußraum gesteuert werden. „Mit dem rechten Pedal beschleunigt der Pilot, mit dem linken Pedal kann er verzögern und in den Schwebeflug gelangen“, erklärt Gursky. Zudem ermöglicht ein Acht-Wege-Schalter am myCopter-Lenkrad den Rückwärtsflug sowie den Seitwärtsflug. Auch Flug-Laien sollen so einen Hubschrauber intuitiv durch die Luft „fahren“ können.

Die Bedienbarkeit der Steuerungselemente intuitiver zu gestalten, reicht aber noch nicht aus, um das Fliegen einfacher zu machen. „Das Flugverhalten des Hubschraubers muss insgesamt den Fähigkeiten der zukünftigen Piloten angepasst und sicherlich auch um einiges gutmütiger werden“, erläutert Gursky. „Für professionelle Piloten wäre das eine große Umstellung, weil sie den Hubschrauber nicht mehr so fliegen können, wie sie es gewohnt sind. Aber für flugunerfahrene Menschen, die bisher nur Auto gefahren sind, wird das Fliegen auf diese Art einfacher möglich.“

Profi-Pilot zwischen Skepsis und Erstaunen

DLR-Testpilot Uwe Göhmann konnte das Lenkrad bereits bei einem Probeflug im Simulator ausprobieren. Im Zentrum für Flugsimulation AVES (Air Vehicle Simulator) des Instituts für Flugsystemtechnik im DLR Braunschweig hat er die ersten Runden mit dem myCopter-Lenkrad gedreht. „Für einen ausgebildeten Piloten ist es erst einmal ziemlich gewöhnungsbedürftig, den Hubschrauber mit einem Lenkrad zu fliegen“, bestätigt Göhmann, der seit 18 Jahren Testpilot beim DLR ist und über mehr als 36 Jahre Flugerfahrung verfügt. „Aber man gewöhnt sich ziemlich schnell an die neue Steuerung.“ Uwe Göhmann stand dem Hubschrauber-Lenkrad zunächst ziemlich skeptisch gegenüber und war erstaunt, wie leicht es sich damit fliegen lässt. „Die Steuerung mit einem Lenkrad ist jedem Autofahrer vertraut und der Hubschrauber reagiert tatsächlich so, wie man es erwartet“, erklärt Göhmann. „Ich kann mir vorstellen, dass die Steuerung für Flug-Laien dadurch um einiges leichter wird – solange es einen intelligenten Autopiloten im Hintergrund gibt, der den Piloten beim Flug unterstützt.“ Während für die Hubschrauber-Privatpilotenlizenz (PPL-H) 45 Stunden Flugtraining sowie theoretische Kenntnisse in Luftrecht, Funksprechverkehr, Luftraumstruktur und Meteorologie sowie der Nachweis einer medizinischen Prüfung auf Flugtauglichkeit notwendig sind, könnte sich der PAV-Pilot der Zukunft vielleicht bereits nach wenigen Trainingsstunden in sein Fluggerät setzen und abheben.

Die technische Umsetzbarkeit des Hubschrauber-Lenkrads ist mit dem Probeflug im Simulator bereits erfolgreich getestet worden. Nun stehen noch Studien mit Probanden an, mit denen überprüft werden soll, wie gut verschiedene Teilnehmer mit der

neuen Hubschrauber-Lenkung zurecht kommen. Ausgebildete Piloten, Flug-Laien mit und ohne Pkw-Führerschein sollen im Hubschrauber-Simulator, dem detailgetreu nachgebildeten Cockpit einer EC 135, mit dem Lenkrad fliegen.

Die Feuerprobe im Simulator hat das Hubschrauber-Lenkrad bereits bestanden. Im nächsten Schritt soll es im realen Testflug auf Herz und Nieren geprüft werden. Mit dem ACT/FHS (Active Control Technology/Flying Helicopter Simulator) hat das DLR die entsprechende Versuchsplattform dafür. Durch eine modellbasierte Regelung, die vom Institut für Flugsystemtechnik für den DLR-Forschungshubschrauber entwickelt wurde, kann der FHS das Flugverhalten anderer Hubschraubermodelle unter realen Umgebungsbedingungen simulieren. Geplant ist, noch in diesem Jahr einen Erstflug mit dem myCopter-Lenkrad im fliegenden Hubschrauber-Simulator FHS – ein modifizierter Eurocopter EC 135 – zu unternehmen. Dabei soll dann auch die PAV-Flugdynamik erprobt werden. Der Testpilot wird dafür spezielle Manöver fliegen, um die Flugeigenschaften des Hubschraubers mit eingebautem Lenkrad und Regelungssystem zu testen.

Für Bianca Gursky, die seit drei Jahren am Institut für Flugsystemtechnik arbeitet, liegen die Vorteile dieser Art des Fliegens auf der Hand: „Mit einem Hubschrauber ist man einfach flexibler. Will man mit dem Auto von A nach B fahren, ist man gezwungen, dem Straßenverlauf zu folgen. Baustellen behindern unter Umständen den direkten Weg zum Ziel. Man muss dann auf eine andere Strecke ausweichen, vielleicht einen Umweg über die Autobahn fahren und gerät dort letzten Endes auch noch in einen Stau.“ Probleme des bodengebundenen Verkehrs, die in der Luft so nicht mehr existieren würden. „Die dritte Dimension

bietet so viel mehr Platz und Möglichkeiten. Mit einem Hubschrauber komme ich auf dem kürzesten Weg an mein Ziel. Das spart unglaublich viel Zeit.“

Europaweit Partner aus diversen Forschungsgebieten

Natürlich bringt der individualisierte Luftverkehr auch einige Herausforderungen mit sich: Wie können die zahlreichen Privatflieger in den normalen Luftverkehr eingebunden werden? Welche Ausbildung müssen die zukünftigen PAV-Piloten erhalten? Mit diesen Fragen beschäftigen sich die Projektpartner in myCopter. Das Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, das die Leitung des Projekts myCopter innehat, untersucht die Mensch-Maschine-Schnittstelle. Das flugdynamische Modell der PAVs und die Struktur des Trainings für die zukünftigen Privatpiloten ist Sache der University of Liverpool. Wissenschaftler der École Polytechnique Fédérale de Lausanne indessen erforschen mit Hilfe unbemannter Fluggeräte die Themen Kollisionsvermeidung, Schwarmflug sowie automatische Starts und Landungen, während sich die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich mit Kontrollstrategien für einzelne Fluggeräte und ebenfalls mit Starts, Landungen und der Navigation bei unbemannten Fluggeräten befasst. Das Karlsruher Institut für Technologie beschäftigt sich mit den soziotechnologischen Aspekten des Projekts und damit, welchen Einfluss die Einführung von PAVs auf unsere Gesellschaft hätte. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt führt Demonstrationen von ausgewählten im Projekt entwickelten Technologien auf dem Forschungshubschrauber durch. „Wir unterstützen die Entwicklung von flugdynamischen Modellen und entwickeln ein Highway-in-the-Sky-Display für PAVs, eine Art intuitive Navigationshilfe für PAV-Piloten,“ erklärt Bianca Gursky. In einem

Tunneldisplay werden dem Piloten visuelle Wegelinien eingeblendet, die den optimalen Flugweg vorgeben.

„Einen Hubschrauber mit einem Lenkrad zu fliegen, ist ja eigentlich eine ziemlich spinnerte Idee“, sagt Gursky. Zumal der Prototyp des kleinen schwarzen Lenkrads eher an ein Zubehör für eine Spielekonsole erinnert, als an ein Bedienelement für einen echten Helikopter. Aber schnell hat sie der Ehrgeiz gepackt. Und für die junge Wissenschaftlerin war es in jedem Fall ein unglaubliches Gefühl, den ersten Probeflug mit ihrem Hubschrauber-Lenkrad im Simulator zu absolvieren. „Ich war überrascht, wie einfach es ist, mit dem Lenkrad zu fliegen“, erzählt sie, während sie ihre Runde über den virtuellen Braunschweiger Flughafen dreht. „Da wusste ich, es geht aufwärts,“ – im wahrsten Sinne des Wortes. ●

Autorin:

Anna Boos ist am DLR-Institut für Flugsystemtechnik in Braunschweig für Öffentlichkeitsarbeit zuständig.



Weitere Informationen:

DLR.de/FT
www.mycopter.eu

DAS PROJEKT MYCOPTER

Das Projekt „myCopter – Enabling Technologies for Personal Aerial Transportation Systems“ hat im Januar 2011 begonnen und soll im Dezember 2014 abgeschlossen werden. Es wird von der Europäischen Kommission im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms zu Flugtechnik und Luftverkehr gefördert. Zu den Partnern gehören das Max-Planck-Institut für biologische Kybernetik, die University of Liverpool, die École Polytechnique Fédérale de Lausanne, die Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, das Karlsruher Institut für Technologie und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt.



Mit dem myCopter-Lenkrad sollen auch Flug-Laien einen Hubschrauber wie ein Auto durch die Luft steuern können

Der Skyrider, eine Designstudie für den Individualverkehr der Zukunft





Die Helix-Antenne von AISat ist vier Meter lang – und soll die Schiffsdetektion aus dem All genauer machen. Der Name des Satelliten ist abgeleitet von Automatic Identification System.

Helix mit feinem Hörvermögen

Eine Helix-Antenne, die sich auf eine Länge von vier Metern entfaltet, drei Empfänger und ein Kontrollraum im DLR Bremen – seit dem 30. Juni 2014 kreist Satellit AISat in 660 Kilometer Entfernung um die Erde und wird dabei von Bremen aus überwacht und gesteuert. Seine Mission: die Signale der Schiffe zu empfangen und zur Erde zu senden. Damit steht er in Konkurrenz zu vielen kommerziellen Satelliten, die den Schiffsverkehr aus dem All überwachen. Doch AISat hat einen großen Vorteil: Er hört ganz genau hin.

Satellit AISat: Schiffsdetektion aus dem Orbit

Von Manuela Braun

Deutsche Bucht, Mittelmeer, nordamerikanische Atlantikküste oder große Häfen wie Singapur oder Tokio – hier wimmelt es von Schiffen. Für die bisherigen kommerziellen Satelliten ist das ein einziges Stimmengewirr, sagt Projektleiter Jörg Behrens vom DLR-Institut für Raumfahrtssysteme. Wie 100 Radiosender gleichzeitig. Denn jedes dieser Schiffe sendet – wie seit dem Jahr 2000 von der International Maritime Organization weltweit gesetzlich vorgeschrieben – AIS-Signale (Automatic Identification System), funkt Informationen zu seiner Kennung, seiner Lage, Richtung, Geschwindigkeit, Ladung, Länge und Breite mit. „Die bisherigen Satelliten nutzen einfache Stab-Antennen.“ Sie blicken dadurch auf ein riesiges Gebiet mit einem Durchmesser von 5.000 bis 6.000 Kilometern. Dabei gehen die Feinheiten über Bord: Bei hohem Verkehrsaufkommen werden die einzelnen Schiffe nicht mehr exakt erkannt, weil sich die Signale überlagern. Könnte man besser machen, hat sich Behrens mit seinem Team gedacht.

Gemeinsam mit dem DLR-Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik entwickelten die Bremer eine Antenne, die gestaut auf wenige Zentimeter Größe ins All reist, sich dort zu einer vier Meter langen Helix entfaltet und zielsicher zur Erde blickt. Statt auf Menge zu setzen und mehrere tausend Kilometer abzudecken, konzentriert sich diese Helix-Antenne auf ein Gebiet mit einem Durchmesser von nur 750 Kilometer Größe und somit auf deutlich weniger Schiffe. Filter und verschiedene Dämpfstufen optimieren das Signal, das so ausgeklügelt verarbeitet wird, dass AISat selbst einzelne Schiffe heraushört. So könnten in Zukunft Schiffsrouten optimiert und Seefahrtsstraßen sicherer werden.

Bei einem Testflug mit einem Flugzeug haben die Wissenschaftler in der deutschen Bucht von den Niederlanden bis hinauf nach Sylt immerhin rund 1.000 Schiffe gezählt. Diese sollte AISat auch aus dem All erkennen. „Wir werden unseren Satelliten und seine Leistungsfähigkeit sehr genau auf die Probe stellen“, betont Behrens. Speziell dafür hat das DLR zehn Bodenstationen entlang der Küste eingerichtet, die bis in eine Entfernung von 40 bis 60 Kilometern vom Land die Schiffssignale an der dicht befahrenen Nordseeküste empfangen. Nur wenn AISat deutlich mehr Schiffe wahrnimmt als mit den bislang üblichen Satelliten- und bodengebundenen Informationen, ist er eine Alternative zu bisherigen, noch ungenauen Satelliten.

Derzeit können die Forscher allerdings nur zwei- bis dreimal am Tag in ihrem Kontrollraum Kontakt zu AISat aufnehmen, wenn der Satellit Norddeutschland überfliegt. Doch gleich neben dem Institutsgebäude steht bereits die Zukunft: ein Container mit Antennen, die im kanadischen Inuvik neben der dortigen DLR-Bodenstation aufgestellt werden sollen. „Dann können wir deutlich mehr Überflüge von AISat beobachten und Daten aus dem All empfangen.“ Auch ungerichtete Stabantennen fliegen auf dem Satelliten mit und dienen als Referenz zur Helix-Antenne. „Damit die Helix-Antenne ein Erfolg ist, muss sie auch besser als die herkömmlichen Antennen sein“, betont Jörg Behrens. Die Wissenschaftler werden daher ganz genau hinhorchen, was AISat aus dem Orbit empfängt und sendet. ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/dgmm



Anspannung im Bremer Kontrollraum: Das Team wartet nach dem Start auf die ersten Signale seines Satelliten.



Detailarbeit für den Flug zum Asteroiden 1999 JU 3: Die am Zusammenbau des Landers Mascot Beteiligten brauchen Fingerspitzengefühl.

Fliegengewicht mit Bewegungsdrang

Gerade einmal zehn Kilogramm schwer und mit seinen 30 mal 30 mal 20 Zentimetern kaum größer als ein Schuhkarton – der Asteroidenlander Mascot des DLR ist ein kleines Kraftpaket: Auf kleinstem Raum haben die Ingenieure und Wissenschaftler vier Instrumente untergebracht. Ein Schwungarm im Inneren sorgt zudem dafür, dass Mascot (Mobile Asteroid Surface Scout) von Messung zu Messung hüpfet, sobald er 2018 auf der Oberfläche des Asteroiden 1999 JU 3 abgesetzt wurde. Von der Landung und Messung auf dem Asteroiden und den von der Muttersonde Hayabusa-2 zur Erde gebrachten Proben erhoffen sich die Forscher Aufschluss über die Beschaffenheit des seit 4,5 Milliarden Jahren fast unveränderten Himmelskörpers – und sind gespannt darauf, was er uns über Entstehung und Entwicklung unserer Erde verrät.

Ende November 2014 startet Asteroidenlander Mascot mit der japanischen Sonde Hayabusa-2 ins All

Von **Manuela Braun**

Mascot-Projektleiterin Dr. Tra-Mi Ho erinnert sich gut an die Momente in den vergangenen drei Jahren, „in denen man feststellt, dass die Anforderungen sehr ambitioniert sind.“ Eine Lösung habe das Team dann aber doch immer wieder gefunden. Kompakt, leicht, stabil, passend für die japanische Raumsonde Hayabusa-2 und trotzdem vollgepackt mit wissenschaftlichen Instrumenten, die von der Mission zum Asteroiden 1999 JU 3 wertvolle Daten liefern: Alle diese Anforderungen sollte Asteroidenlander Mascot erfüllen. Entstanden war die Idee für den Mitflug auf der Sonde der japanischen Raumfahrtagentur JAXA über Umwege – Umwege, bei denen zunächst noch von einem hundert Kilogramm schweren und dementsprechend großen Lander die Rede war, für den das DLR eine Studie durchführte. Damals ging es noch um ein Landegerät für die Marco-Polo-Mission der europäischen Raumfahrtorganisation ESA. Als sich diese Mission zum Asteroiden 1999 JU 3 jedoch im ESA-Wettbewerb um eine Verwirklichung nicht durchsetzen konnte, schien auch die Lander-Studie beendet.

Planänderung im Schnellverfahren

„Doch dann wurde das DLR von der JAXA für eine andere Mission ins Boot geholt“, erzählt die Projektleiterin. Und die Anforderungen wechselten: zehn Kilogramm statt hundert, passgenau für den Transport mit der japanischen Raumsonde Hayabusa-2, also nicht mehr so groß wie einst angedacht. Die Japaner hatten bereits 2003 eine Sonde zum Asteroiden Itokawa geschickt, die von dort Bodenproben aufnahm und im Jahr 2010 zur Erde zurückbrachte. Der mitgeführte japanische Lander

Minerva, ausgestattet mit Kameras und Temperaturfühlern, konnte damals jedoch nicht auf dem Asteroiden abgesetzt werden und ging im All verloren. Daraufhin plante die JAXA eine zeitnahe Nachfolgemission – und hatte auch die Idee einer Landung auf der Asteroidenoberfläche nicht aufzugeben. Auf die Ingenieure des DLR kam eine herausfordernde Aufgabe zu: „Die Schwierigkeit lag für uns darin, dass wir für den Lander und seine Instrumente enorm wenig Platz hatten und nur eine geringe Masse erlaubt war.“

Was dann folgte, nennt die Projektleiterin vorsichtig einen „Prozess stetiger Optimierung“: Bei den ersten Planungen gab es noch keine Hardware, viele Einzelteile waren in der Entwicklung noch nicht so weit, immer wieder änderten sich technische Bedingungen für die Mascot-Designer. Während des Fluges durch das Weltall muss der kleine Lander lange Phasen der Kälte überstehen. Die Bedingungen, unter denen er vor Ort auf dem Asteroiden arbeiten wird, sind noch nicht bekannt – man weiß allerdings, dass es dort deutlich wärmer wird als während der Reise. Aushalten muss er beide Temperaturextreme. „Das endgültige Modell von Mascot kristallisierte sich erst im Laufe der Entwicklungsphase heraus.“ Schließlich stand auch fest: In das Gerüst aus leichtem Kohlefaserverbundstoff werden vier Instrumente mit Vorsicht und Bedacht auf kleinstem Raum eingebaut – ein Magnetometer der TU Braunschweig, ein Nah-Infrarot-Spektrometer der französischen Raumfahrtagentur CNES sowie eine Kamera und ein Radiometer des DLR-Instituts für Planetenforschung. 16 Stunden lang – zwei Asteroidentage und -nächte – wird die wissenschaftliche Untersuchung andauern.

Lander mit Sprungkraft

Der Zeitrahmen für die Mission war dabei äußerst sportlich: In gerade einmal drei Jahren entwickelte, baute und testete das Institut für Raumfahrtssysteme gemeinsam mit dem Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptionik, dem Robotik- und Mechatronikzentrum sowie dem Institut für Planetenforschung des DLR in Kooperation mit der französischen Raumfahrtagentur CNES das kompakte Landegerät mit dem besonderen Hüpfvermögen: Mit Mascot wird erstmals ein Lander auf einer Asteroidenoberfläche aufsetzen, der an mehreren Orten Messungen durchführen soll. Die erste Landung auf einem Asteroiden geschah im Jahr 2001 im Laufe der NASA-Mission NEAR. Damals kreiste eine Sonde um den Asteroiden Eros, landete anschließend auf Eros, obwohl sie dafür nicht ausgelegt war, und sendete Daten zur Erde. Doch NEAR konnte seine Position auf der Asteroidenoberfläche nicht verändern. Mascot kann das: Ein Schwungarm im Inneren überträgt Kräfte auf das Landegerät und bewirkt so eine Drehung oder einen bis zu 200 Meter weiten Sprung. „So können wir erstmals untersuchen, wie unterschiedlich oder auch einheitlich ein Asteroid aufgebaut ist“, sagt Prof. Ralf Jaumann vom DLR-Institut für Planetenforschung.

Scharfer Blick auf nah und fern

Der Planetenforscher schickt eine Weitwinkel-Kamera mit zum Asteroiden 1999 JU 3: „Unsere Kamera sitzt zwischen den Streben von Mascot und schaut von dort aus auf den Asteroiden.“ Dabei vollbringt das gerade einmal 407 Gramm leichte Gerät noch etwas Besonderes: Es kann direkt am Lander auf den Untergrund in 30 Zentimeter Entfernung blicken – „also sozusagen auf die Zehenspitzen von Mascot“. Es sieht aber auch zum Horizont von Asteroid 1999 JU 3 scharf. Die Sicht aufs Nahe und in die Ferne gleichermaßen verdankt die Kamera einer ausgeklügelten Optik.

Aber auch während des Abstiegs, wenn Mascot über einen Federmechanismus in rund hundert Meter Höhe in Richtung Asteroidenoberfläche geschubst wird, ist die Kamera bereits aktiv. „Vielleicht sehen wir beim Herumtrudeln nur in Richtung Sterne; aber die Chancen stehen gut, auch den Asteroiden von oben zu sehen.“ Spätestens nach der Landung wird dann aber die Optik zunächst auf den Boden in der direkten Umgebung von Mascot scharfgestellt. Schon Körnchen mit einem Durchmesser von gerade einmal 0,2 Millimetern kann die Kamera aufnehmen und so Rückschlüsse auf die Rauigkeit und die Porosität der Asteroidenoberfläche ermöglichen. Mit der Bewegung des Sonnenlichts über 1999 JU 3 und somit der Veränderung des Schattenfalls können mit den Aufnahmen außerdem Entfernungen abgeschätzt werden. Selbst im Dunkeln der Asteroidennacht können die Wissenschaftler ihre Kamera weiter betreiben: Vier farbige LED-Leuchten sorgen für Licht. „So untersuchen wir das Oberflächenmaterial – und das in Farbe.“

Spannend ist Asteroid 1999 JU 3, weil er aus ursprünglichem Material besteht und so den Blick in die Entstehungszeit unseres Sonnensystems erlaubt. Außerdem haben Messungen von der Erde aus bereits gezeigt, dass das Material des Asteroiden eventuell einmal mit Wasser in Berührung gekommen ist. „Bei diesem Zusammenspiel von Staubpartikeln und Wasser könnten sich auch organische Substanzen gebildet haben“, sagt Professor Ralf Jaumann. 1999 JU 3 ist ein Asteroid der sogenannten C-Klasse, jener Klasse von Gesteinsasteroiden, die in unserem Sonnensystem am häufigsten vorkommen. „Als erdnaher Asteroid gehört er zu denen, die unserer Erde auch mal gefährlich nahe kommen können ...“

Gespür für die Wärme

Ein weiteres Instrument des DLR-Instituts für Planetenforschung an Bord von Mascot wird mit der Kamera zusammen-

arbeiten: das Radiometer MARA. Der fünf mal fünf Zentimeter kleine Sensorkopf wiegt mitsamt der Elektronik gerade einmal 195 Gramm. Während die Kamera auf die Struktur der Asteroidenoberfläche blickt, wird MARA an genau derselben Stelle die Temperatur messen. „Wir erhalten also mit der Kamera ein optisches Bild von der Bodenstruktur und mit dem Radiometer die mittlere Temperatur im Gesichtsfeld“, erläutert Planetenforscher Dr. Matthias Grott. So können die Wissenschaftler die verschiedenen Bodenstrukturen – von feinkörnigen Krümeln bis hin zu großen Brocken – mit deren thermophysikalischen Eigenschaften in Verbindung bringen.

Das Radiometer misst dabei nicht nur am Tag, sondern auch in der Nacht die Temperaturen an der Asteroidenoberfläche. „Manche Materialien haben eine lange Reaktionszeit, um Wärme aufzunehmen und wieder abzugeben, bei anderen geht das schneller.“ Die regelmäßigen Messungen im Tag- und Nachtwechsel liefern die Daten, um dies zu erfassen. Mit MARA werden außerdem die spektralen Eigenschaften des Asteroidenmaterials bestimmt. Im Vergleich mit Messungen an bekanntem Material in irdischen Laboren ist es so möglich, Hinweise auf die Zusammensetzung des Asteroiden zu erhalten. Für die Wissenschaftler ist dabei vor allem der Blick in die Entstehungszeit des Asteroiden wichtig: Ist 1999 JU 3 ein eher kompakter Körper, der aus konsolidiertem, verfestigtem Material besteht, oder ist er ein lose zusammengefügt, „Schutthaufen“? Aber auch die Bahn eines Asteroiden kann durch die Wärmeabstrahlung im Laufe seiner Lebenszeit beeinflusst werden: „Sie gehört auf jeden Fall zu den Effekten, die man bei der Berechnung seiner zukünftigen Flugbahn berücksichtigen muss“, betont Dr. Matthias Grott.

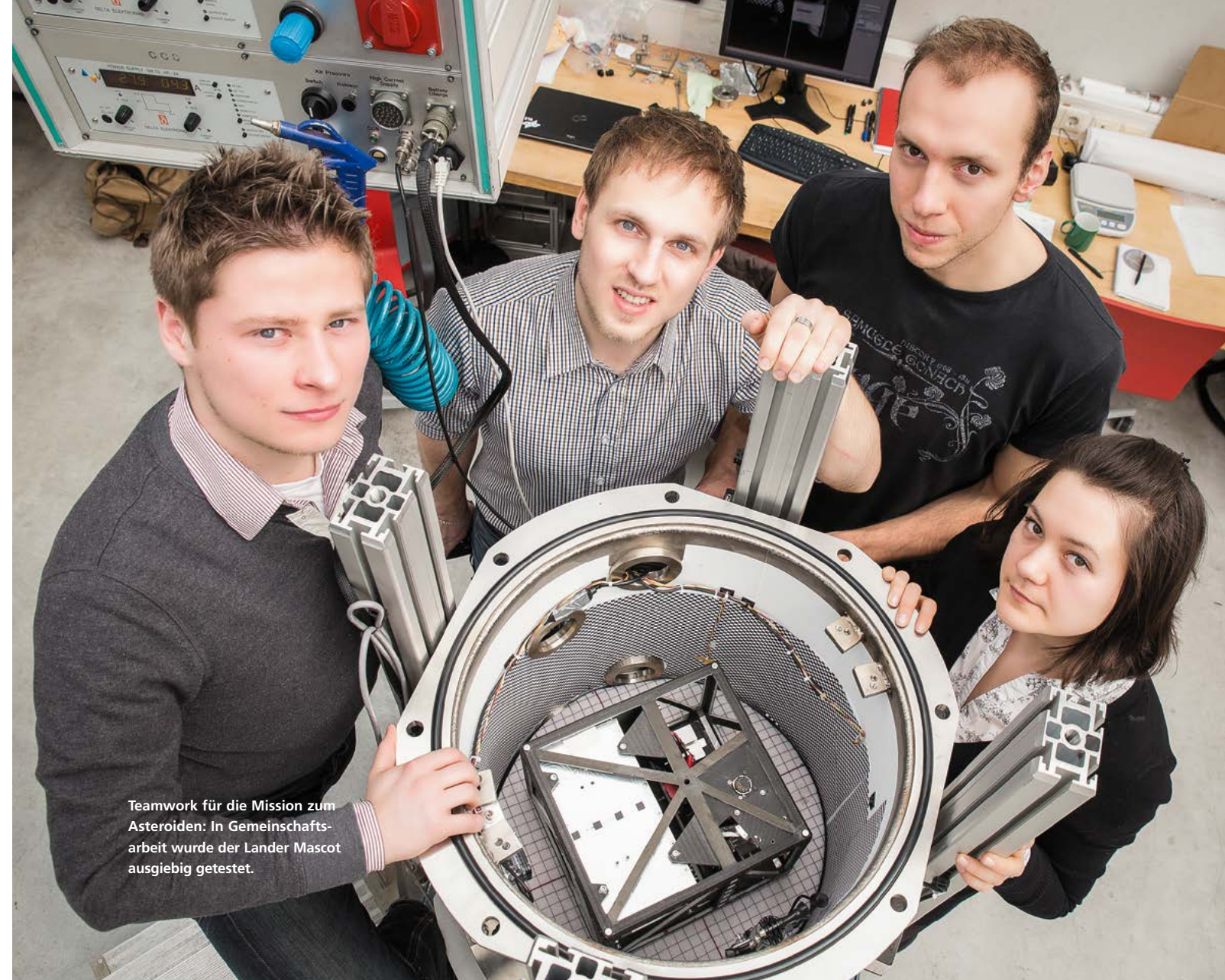
Testmarathon vor dem Start

Bevor es so weit ist, dass Mascot hüpfend die Instrumente von Messstelle zu Messstelle bringt, stehen dem Lander noch die Belastungen des Starts im November 2014, die mehrjährige Reise durch das Weltall und eine schwierige Landung bevor. Gerade einmal ein Sechzigtausendstel der Erdanziehungskraft herrscht auf 1999 JU 3 – nähert sich Mascot der Oberfläche zu schnell, könnte er einfach abprallen und wieder im Weltall verschwinden. Dies könnte auch geschehen, wenn der kleine Lander auf der Asteroidenoberfläche mit zu viel Schwung hüpfte. In zahlreichen Tests unter anderem in einem Fallturm, auf der Vibrationsplatte oder in der Thermalvakuum-Kammer haben die Ingenieure des DLR ihren Lander und seinen Separationsmechanismus deshalb ausgiebig auf die Probe gestellt. Seit August 2014 ist Mascot nun an der Raumsonde Hayabusa-2 eingebaut und durchläuft in Japan die letzten Tests für die Kommunikation zwischen Sonde und Lander. „Unser Testkalender in Deutschland und in Japan ist seit Monaten beinahe jeden Tag voll“, sagt DLR-Projektleiterin Dr. Tra-Mi Ho.

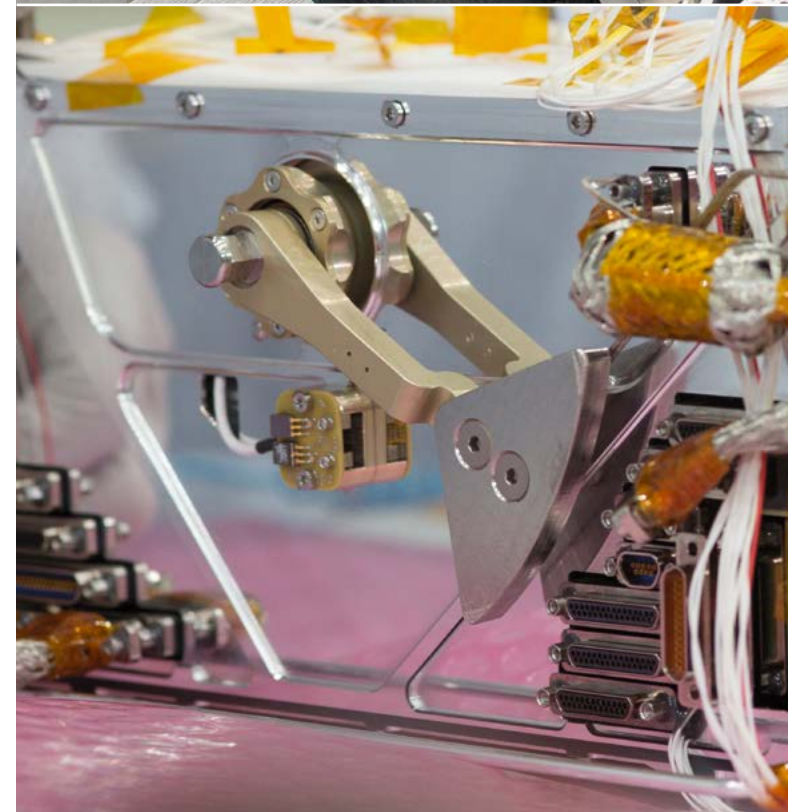
Bis 2018 wird es dann noch dauern, bis die Raumsonde Hayabusa-2 den Asteroiden erreicht, Mascot sanft in Richtung 1999 JU 3 schubst und die Wissenschaftler ihre ersten Daten über das DLR-Nutzerzentrum für Weltraumexperimente erhalten. „Wir sind auf alles gespannt“, fasst Planetenforscher Ralf Jaumann zusammen. „Wir werden mit Mascot die bis dahin unberührte Asteroidenoberfläche untersuchen, Hayabusa-2 wird den Asteroiden aus dem Orbit vermessen und hoffentlich erfolgreich Bodenproben zur Erde zurückbringen – das ist ein sehr gutes Gesamtpaket.“ Schließlich ist das, was die Wissenschaftler bisher von ihrem Ziel-Asteroiden wissen, sehr überschaubar: „Das Ding ist mit einem Durchmesser von einem knappen Kilometer verdammt klein“, sagt Jaumann, „und verdammt dunkel.“ •



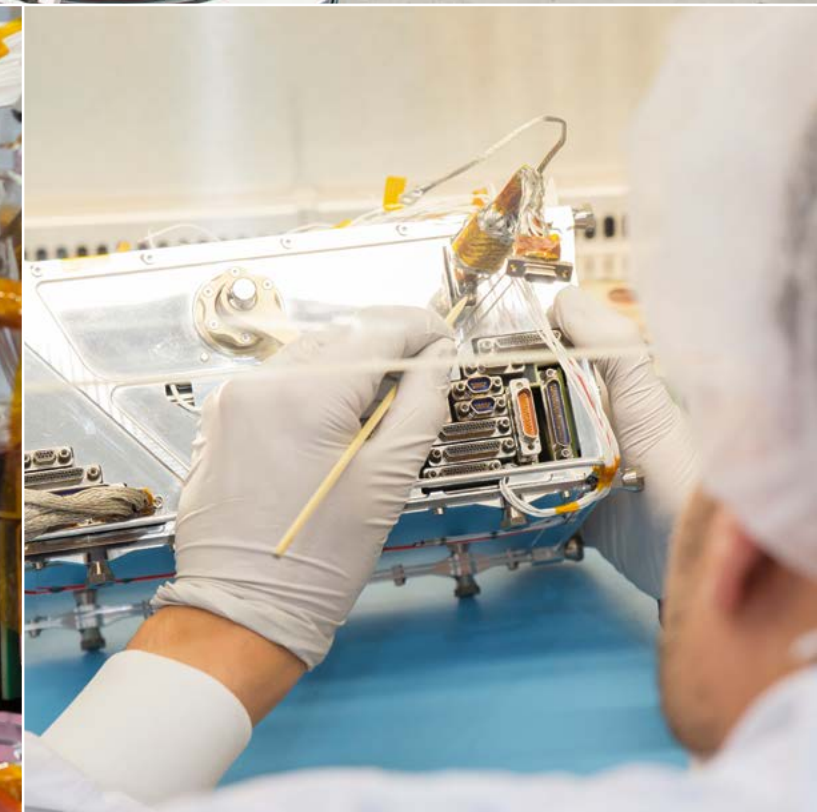
Weitere Informationen:
s.DLR.de/33gg



Teamwork für die Mission zum Asteroiden: In Gemeinschaftsarbeit wurde der Lander Mascot ausgiebig getestet.



Eine Art Schwungarm wird Mascot in die Lage versetzt, sich auf dem Asteroiden hüpfend fortzubewegen



Akribisch wurde jede einzelne Steckverbindung fixiert, damit Lander Mascot die Belastungen beim Start auch schadlos übersteht

Widerstehen, wenn es heiß hergeht

Volle Kompetenz in Sachen Raumfahrt erlangt nur, wer alle drei Phasen einer Weltraummission beherrscht. Neben dem Transport ins All und der Betriebsphase im Orbit gehört der Transport zurück zur Erde dazu, und somit die Wiedereintrittstechnologie. Entwicklung, Bau und Flugtest dieses Technologiebereichs laufen im DLR unter dem Namen SHEFEX – Sharp Edge Flight Experiment. Derzeit bereiten sich die DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler auf den dritten Teil des SHEFEX-Flugtestprogramms vor. Eine so komplexe Flugmission bei überschaubaren Kosten ist in Europa einzigartig.

Autonomer Raumgleiter SHEFEX III demonstriert Effekte beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre

Von Hendrik Weihs

Die technologische Herausforderung beim Eintritt in die Atmosphäre und beim folgenden Flug bis zur Landung sind die sich stark ändernden aerodynamischen Flugbedingungen: Zwischen den ersten spürbaren Gaseffekten in circa 100 Kilometer Höhe bei einer Geschwindigkeit von fast 28.000 Kilometern pro Stunde und der Landung mit wenigen hundert Kilometern pro Stunde (bei der Verwendung von Fallschirmen noch deutlich weniger) liegen starke Unterschiede. In dieser Bandbreite ändern sich die Geschwindigkeit und die Luftdichte ständig. Der Schlüssel, um den Wiedereintritt zu beherrschen, liegt im Verständnis und der Vorhersage der aerodynamischen Bedingungen im gesamten Geschwindigkeitsbereich und in optimierten Strukturen, die den auftretenden thermischen und mechanischen Belastungen widerstehen können.

Bei kapselartigen ballistischen Raumfahrzeugen ist dies weitgehend klar. Will man jedoch Systeme entwickeln, die auch in dieser Endphase des Raumfluges eine hohe Flexibilität und Steuerbarkeit zum Anflug auf einen bestimmten Landeort haben, müssen die Raumfahrzeuge zwei Eigenschaften aufweisen: eine hohe aerodynamische Güte im Hyperschall (Geschwindigkeiten deutlich oberhalb eintausend Stundenkilometern) und eine intelligente Flugsteuerung. Hierzu liefert das SHEFEX-Programm mit im Flug gewonnenen Messdaten die wichtigsten Antworten, um Simulationen und Vorhersagen zu verbessern und zu überprüfen.

Konnte mit SHEFEX I der Bereich bis Mach 6, also sechsfache Schallgeschwindigkeit, erschlossen werden, wurde mit SHEFEX II dieser Bereich auf Mach 11 erweitert. So konnten Basiserfahrungen zu den komplexen Effekten bei einer aerodynamischen Flugsteuerung gewonnen werden. Innerhalb der nun begonnenen dritten Flugmission, SHEFEX III, wird ein nächster bedeutender Schritt vollzogen. Gegenüber den beiden Vorgängermissionen, die alle Höhenbereiche mit annähernd konstanter Geschwindigkeit durchflogen, soll SHEFEX III als autonomer Raumgleiter kontinuierliches Abbremsen vom Beginn des Eintritts in einhundert Kilometer Höhe (bei circa Mach 17) bis zum Ende des Experimentfensters in zwanzig Kilometer Höhe (bei Mach 2) demonstrieren.

Die Flugbedingungen kommen somit einem realen Wiedereintritt aus dem Erdorbit sehr nahe und decken die Zonen kritischer atmosphärischer Effekte ab. Dabei liefert die scharfkantige Form des Raumgleiters bei geringem Widerstand einen signifikanten Auftrieb. Dieser erlaubt im Zusammenspiel mit einem komplexen Steuerungssystem, das neben Klappen auch Reaktionsdüsen und ein Laufgewicht aufweist, das Durchfliegen einer vorgegebenen Flugbahn. Was die Struktur betrifft, so führt SHEFEX III das Konzept der facettierten und damit kostengünstigen Form des Thermal-schutzes sowie der namensgebenden scharfen Anlaufkante mit speziellen Keramiken und Kühlverfahren fort.

In das SHEFEX-Programm sind alle relevanten Fachdisziplinen und Institute des DLR eingebunden. Als industrieller Partner für den Bereich der Flugsteuerung wurde für SHEFEX III AIRBUS Space and Defence gewonnen. ●

Autor:

Hendrik Weihs arbeitet seit 27 Jahren im DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie in Stuttgart. Er leitet das Projekt SHEFEX.



Weitere Informationen:
DLR.de/shefex

PROJEKTINFO

Innerhalb des SHEFEX-Flugtestprogramms entwickelt das DLR Technologien für den atmosphärischen Wiedereintritt von Raumfahrzeugen. Die Forschung umfasst die Entwicklung der grundlegenden Technologien, wie Werkstoffsysteme und Strukturkonzepte, numerische Auslegungstools, die aerothermodynamische Auslegung des Fahrzeugs sowie die Entwicklung der entsprechenden Flugführungs- und Steuerungssysteme.

Schematischer Aufbau von SHEFEX III mit den Bordsystemen zur Flugsteuerung und der Instrumentierung



Kein Raum für Fehler – startklare Raumanzüge haben oberste Priorität auf einer Raumstation



Das BASS Experiment: Das Verbrennen von Materialien im Weltall dient letztlich der Feuersicherheit auf der Erde.



Nach hunderten Simulationen auf der Erde endlich den Roboterarm auf der ISS steuern



Gratulation vom ISS-Team an das DFB-Team zum Fußballweltmeistertitel

Blue Dot: Streiflichter einer Mission

Seitdem der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst am 28. Mai 2014 zur Internationalen Raumstation ISS gestartet ist, führt er nicht nur wissenschaftliche Experimente durch, er schickt auch Bilder und Videos zur Erde. Der 38-jährige Geophysiker und Vulkanologe lässt damit viele Menschen an seiner einzigartigen Mission teilhaben, nicht nur, was das Leben und Arbeiten im Raumschiff betrifft. Die Bilder, die er in sozialen Medien wie Facebook und Twitter öffentlich macht, zeigen auch Ansichten unseres Blauen Planeten. Sie sind atemberaubend schön, machen aber auch sehr nachdenklich ...



Weitere Informationen:
s.DLR.de/y04i
www.flickr.com/photos/astro_alex



Bild: ESA/NASA

Banks Peninsula in Neuseeland, der Geophysiker Gerst war dort schon wandern ...

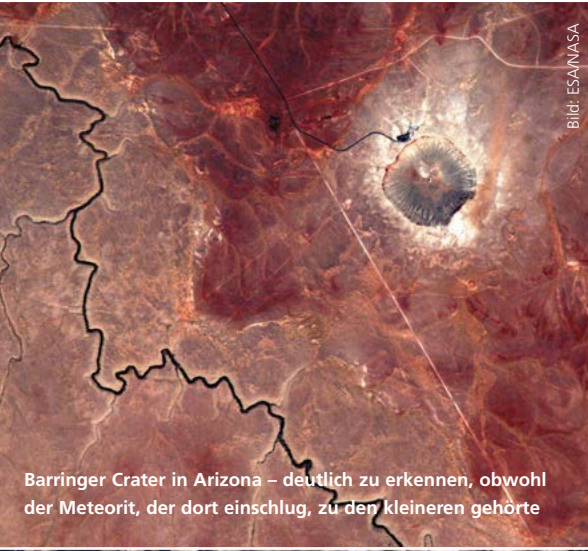


Bild: ESA/NASA

Barringer Crater in Arizona – deutlich zu erkennen, obwohl der Meteorit, der dort einschlug, zu den kleineren gehörte



Bild: ESA/NASA

Der 10. Juni 2014 in Kapstadt war ein schöner Tag



Bild: ESA/NASA

Gersts traurigstes Foto: Von der ISS aus sind Explosionen und Raketen über Gaza und Israel zu sehen.



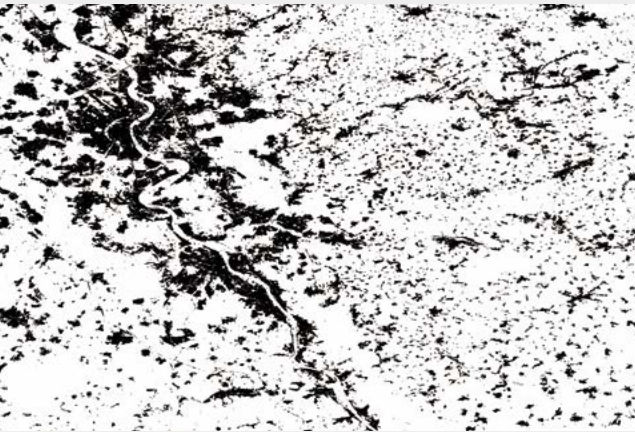
Bild: ESA/NASA

Dünen in der Sahara

Regionalmeldungen

Oberpfaffenhofen: Siedlungsmuster aus dem All

Die besiedelte Fläche ist weltweit größer als bisher geschätzt. Davon gehen Experten des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums aus. Die Oberpfaffenhofener DLR-Wissenschaftler haben 180.000 Einzelaufnahmen und eine Datenmenge von 308 Terabyte für die exakten „Global Urban Footprints“ verarbeitet und ausgewertet.



Von rechtwinkligen Strukturen auf der Erde werden die Radarsignale der Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X besonders gut zurückgestreut. Im Raum Köln/Bonn zeigt sich, wie die Siedlungen gewachsen sind.

Innerhalb von zwei Jahren erfassten die beiden Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X bei ihren Überflügen die gesamte Landoberfläche der Erde. Dies war nur möglich, da das Satellitengespinn auch durch Wolken hindurch und selbst nachts aussagekräftige Daten aufzeichnen kann.

Bisher gibt es keine andere globale Erfassung von Siedlungsstrukturen in dieser räumlichen Genauigkeit. Kleinere Dörfer sind bislang bei weltumspannenden Auswertungen nie erfasst worden, denn die eingesetzten Satelliten boten eine Auflösung von maximal 300 Metern. Die deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X lassen eine Auflösung von drei Metern zu, was selbst einzelne Gebäude aus dem All erkennen lässt.

Bereits ab Ende 2014 sollen die „Global Urban Footprints“ Wissenschaftlern zur Verfügung stehen, beispielsweise als Basis für exaktere Modellierungen des Klimas, genauere Risikoanalysen in Erdbeben- oder Tsunami-gebieten und für die verbesserte Beobachtung des menschlichen Einflusses auf Ökosysteme.

s.DLR.de/ee2k



Mond-Kamera und mehr im neuen ZEISS Museum der Optik

Als am 20. Juli 1969 mit Neil Armstrong und Edwin „Buzz“ Aldrin erstmals Menschen den Mond betraten, dokumentierten sie dies mit Fotos. Sie nahmen diese mit Hasselblad-Kameras durch Objektive der Firma ZEISS auf. 45 Jahre danach eröffnete ZEISS in Oberkochen ein Museum der Optik. Es ist Teil des neuen ZEISS-Forums und präsentiert auf 1.000 Quadratmetern mehr als 1.000 Exponate, unter ihnen nicht wenige, die einzigartig sind.

Die Optiken und Spiegel des schwäbischen Weltkonzerns (dessen Wurzeln in Jena liegen) verkörpern allerhöchste Präzision für Teleskope und Weltraumkameras, sie genießen in der Forschung einen legendären Ruf. Zur Eröffnung des Museums am 11. Juli 2014 war der 84-jährige Buzz Aldrin als Ehrengast gekommen. Er ließ sich vom Zeiss-Vorstandsvorsitzenden Dr. Michael Kaschke das Modell der Mondkamera zeigen.



Astronaut Buzz Aldrin zusammen mit dem ZEISS-Vorstandsvorsitzenden Dr. Michael Kaschke

zeiss.de/museum



Stuttgart: Bessere Brennkammer für Biomasse

Um das Potenzial von Biomasse für die nachhaltige Energieversorgung besser zu erschließen, haben Forscher vom Stuttgarter DLR-Institut für Verbrennungstechnik ein neues Brennkammersystem entwickelt. Es ermöglicht die hocheffiziente und schadstoffarme Verbrennung in Blockheizkraftwerken, die auf Mikrogasturbinen basieren.

Um mit Biomasse Energie zu erzeugen, muss diese zunächst in einem Vergaser in ein brennbares Gas umgewandelt werden. Da das entstehende Gasgemisch aber nur ein Zehntel des Brennwertes von Erdgas hat, sind spezielle Brennkammern gefragt, in denen aus Biomasse gewonnenes Gas effizient verbrennt, ohne dass weitere Brennstoffe beigemischt werden müssen. Die Brennkammer der Stuttgarter DLR-Wissenschaftler basiert auf dem Prinzip der flammenlosen Oxidation (FLOX). Bei diesem Verfahren werden Brenngas, rückgeführtes Abgas und Luft so durchmischt, dass eine sehr gleichmäßige Verbrennung stattfindet. Zudem entstehen keine sehr heißen Stellen, die Material und Bauteile schädigen und wartungsanfällig machen.

s.DLR.de/3ypp



DLR-Wissenschaftler bauen den neu entwickelten Brenner in eine Versuchsanlage ein

Neustrelitz: Neue Verfahren für sichere Navigation auf See

Um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit nautischer Informationen zu verbessern, arbeiten DLR-Forscher an neuen Systemen für eine sichere Navigation und Verkehrslagebestimmung. Wissenschaftler der Abteilung Nautische Systeme des Instituts für Kommunikation und Navigation demonstrieren den bisher erreichten Entwicklungsstand auf einer Testfahrt in Rostock.

Um ein Schiff auch unter schwierigen Umgebungsbedingungen sicher manövrieren zu können, sind Daten zur exakten Position und Lage erforderlich. Hierfür liefert eine ganze Reihe von Schiffssensoren Informationen. Bevor diese Daten auf die Anzeigesysteme von Schiffen gelangen, werden sie in einer vom DLR entwickelten Prozessierungseinheit für Positions-, Navigations- und Zeitdaten (im maritimen Bereich als PNT-Unit bezeichnet) verarbeitet. Das System ermöglicht es, Aussagen über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Positions- und Navigationsparametern abzuleiten.

s.DLR.de/g05h



Im Forschungshafen Rostock wurde das Verarbeitungssystem für die Navigationssensoren an Bord erstmals getestet

Schüler entwarfen Lego-Marsrover

Das schuhkartongroße NASA-Marsfahrzeug Pathfinder stand Pate, als elf Oberstufenschüler dreier Gymnasien aus dem brandenburgischen Eichwalde und Königs Wusterhausen im Rahmen einer Schüler-Ingenieur-Akademie (SIA) vier komplexe kleine Marsrover entwickelten und im DLR Berlin demonstrieren.

Die Schüler setzten sich zum Ziel, mit dem Baukasten-System Lego Mindstorms einen ferngesteuerten, robotischen und zur Erfüllung verschiedener Aufgaben fähigen Marsrover zu konzipieren. Bei der Demonstration steuerten sie ihre Roboter von einem „Kontrollzentrum“ ohne Sichtkontakt. Lediglich die Bilder einer Live-Cam aus der „Marsumlaufbahn“ und die Aufnahmen der Rover-Kamera standen den Teams auf dem Laptop als Manövrierhilfe zur Verfügung.

s.DLR.de/0f58



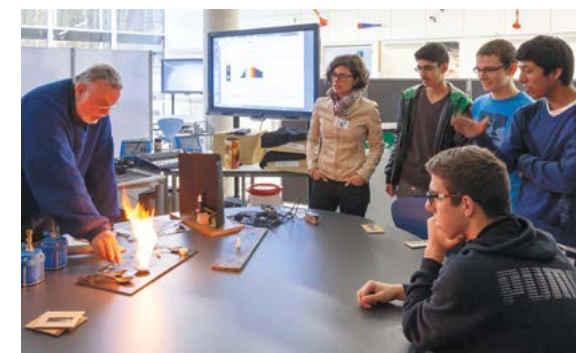
Die Rover hatten unter anderem eine Gesteinsprobe in der Marslandschaft mit einem Greifarm aufzunehmen und an die Basisstation zu transportieren

Lampoldshausen: Hochbegabte blickten ins Herz der Flamme

Acht Schüler des Landesgymnasiums für Hochbegabte Schwäbisch Gmünd waren im Juni 2014 für drei Tage im DLR_School_Lab in Lampoldshausen zu Gast. Nachdem sie in Vorträgen und Experimenten die Grundlagen der Raketenantriebstechnik kennengelernt hatten, waren sie gerüstet, um selbst Wasserraketen zu fertigen und zu starten.

Wissen aus der Raketenantriebstechnik lässt sich auch im täglichen Leben nutzen. So ist die Entwicklung schadstoffarmer Verbrennungsmaschinen und effizienterer Verbrennungssysteme zum sparsamen Verbrauch der immer knapper werden Ressourcen längst auch am Standort Lampoldshausen ein Thema. Tutor Zoltán Faragó zeigte den Schülerinnen und Schülern, wie Verbrennungsprozesse ablaufen und wie man die Flammentemperatur messen kann. Die Gäste analysierten, welche Schadstoffe bei Brennvorgängen entstehen, was Ruß genau ist und wie sich Brennstoffe effizienter nutzen lassen.

s.DLR.de/ma63



Tutor Zoltán Faragó gewährt Einblick ins „Herz der Flamme“



Das DLR-Forschungsflugzeug Falcon beim Start vom Grantly-Adams International Airport in Barbados am 20. Juni 2013. Beim ersten lokalen Staubmessflug in der Karibik erschien der Himmel wegen der hohen Staubbilastung in der Barbados-Region nicht blau, sondern grau.

Was macht der Saharastaub in der Luft?

Tausende von Kilometern kann Wüstenstaub transportiert werden und nicht selten erstrecken sich vier bis fünf Kilometer dicke Wüstenstaubschichten von Afrika bis in die Karibik. Wie sich der Wüstenstaub auf seinem langen Weg durch die Atmosphäre verändert, wie er die Wolkenbildung beeinflusst und wie sich absorbierende Aerosole wie Wüstenstaub auf Wetter und Klima auswirken, ist bislang unklar. Zur Rolle von Wüstenstaub im Klimasystem startete im Frühsommer 2013 das Projekt SALTRACE (Saharan Aerosol Long-range Transport and Aerosol-Cloud-Interaction Experiment).

Das SALTRACE-Projekt untersucht, wie Mineralstaub auf Atmosphäre und Klima wirkt

Von Professor Dr. Bernadett Weinzierl

Fünf Milliarden Tonnen Aerosolpartikel – so schätzen Atmosphärenwissenschaftler – gelangen jährlich durch natürliche oder vom Menschen verursachte Prozesse in die Atmosphäre. Die Hälfte davon ist Wüstenstaub. Mit neun Millionen Quadratkilometern – das entspricht etwa vier Fünfteln der Fläche Europas – ist die Sahara weltweit die mit Abstand größte Quelle für Wüstenstaub. Staub aus der Sahara wird regelmäßig aus Afrika nach Westen über den Atlantik in die Karibik oder nach Norden in die Mittelmeerregion und im Durchschnitt einmal pro Monat nach Deutschland transportiert.

Staubpartikel sind ein wichtiger Faktor im globalen Wettersystem. Sie beeinflussen den Energiehaushalt der Erde direkt durch Absorption, Streuung und Emission von Strahlung und indirekt, da sie die Bildung, Eigenschaften und Lebensdauer von Wolken verändern können. Staubpartikel streuen einerseits einen Teil des Sonnenlichts in den Weltraum zurück, was am Boden eine Abkühlung bewirkt, andererseits absorbieren Staubpartikel das Sonnenlicht und erwärmen dabei höhere Luftschichten, was auch Konsequenzen für das Wetter haben kann. Saharastaub wirkt als Dünger für den Lebensraum Ozean und beeinflusst die Aufnahme von Kohlendioxid in den Ozean. Wissenschaftliche Daten deuten darauf hin, dass Saharastaub die Bildung und Entwicklung von Hurrikans dämpft. Doch die verantwortlichen Prozesse sind noch unklar. Wichtig zum Verständnis der Wechselwirkung von Mineralstaub mit anderen Komponenten der Atmosphäre und dem Strahlungstransport sind die Größenverteilung der Staubpartikel und deren Veränderung während des Transports.

Der im September 2013 veröffentlichte Bericht des Weltklimarates (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) zeigt, dass der durch Aerosole und Wolken hervorgerufene Strahlungsantrieb immer noch die größte Unsicherheit bei den derzeitigen Klimaprognosen darstellt. Der Klimawandel kann die Emission und Konzentration von Aerosolpartikeln in der Atmosphäre signifikant beeinflussen. Derzeit ist allerdings unklar, ob in einem wärmeren Klima die Emissionen von Mineralstaub zu- oder abnehmen würden.

SALTRACE baut auf den Ergebnissen des Projekts SAMUM (Saharan Mineral Dust Experiment) auf. Eine von der Deutschen

Forschungsgemeinschaft finanzierte Wissenschaftlergruppe hatte sich von 2004 bis 2011 mit den Eigenschaften von frischem Saharastaub sowie der Mischung von Saharastaub mit Verbrennungsaerosol aus natürlichen und anthropogenen, also vom Menschen verursachten, Quellen beschäftigt. Dazu führte sie zwei Feldexperimente in Marokko und auf den Kapverdischen Inseln durch. Im Projekt SALTRACE werden nun als neue Aspekte Staub-Wolken-Wechselwirkungen und die Deposition von Saharastaub im Ozean in die Untersuchungen einbezogen.

Für SALTRACE war das Forschungsflugzeug Falcon nach einem Zwischenstopp in Portugal zwischen dem 10. und 17. Juni 2013 auf den Kapverden stationiert, um die Eigenschaften von Saharastaub vor dem Ferntransport auf der Ostseite des Atlantiks, nahe der Quellregion, zu vermessen. Nach einem Transfer über Brasilien wechselte ab dem 19. Juni 2013 der Einsatzort der Falcon für knapp vier Wochen nach Barbados, um von dort aus die Eigenschaften des gealterten Saharastaubs in der Karibik zu untersuchen.

Zur Messung von Saharastaub statten die Wissenschaftler des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre die Falcon umfangreich mit Instrumenten aus: Aerosol-Messinstrumente konnten Partikelgrößen von vier Nanometern (10^{-9} m) bis 100 Mikrometern (10^{-6} m) in-situ, also direkt in der Staubschicht, messen. Für

SALTRACE

Gegenstand des Projekts ist die Untersuchung des Ferntransports von Saharastaub über den Atlantik in die Karibik, die Erforschung von Prozessen, die den Staub während seiner Lebenszeit verändern und die Analyse von Wechselwirkungen zwischen gealtertem Staub, Wolkenprozessen und der Strahlungsenergiebilanz der Erde. SALTRACE erlaubt es nicht nur, die Wirkungen von Mineralstaub auf die Atmosphäre und das Klima besser zu verstehen. Mit den Daten aus dem Projekt werden auch neue Methoden zur satellitenbasierten Erkennung von Vulkanasche in der Atmosphäre getestet.

SALTRACE: Eine deutsche Initiative, weltweit vernetzt

SALTRACE ist eine Initiative des DLR und des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung (TROPOS) in Leipzig, die außerdem Wissenschaftler folgender Einrichtungen zusammenbringt: Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München, Technische Universität Darmstadt (TU-D), Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M) in Hamburg, University of Valladolid in Spanien, Caribbean Institute for Meteorology and Hydrology Barbados, University of Miami, University of Puerto Rico, Laboratoire Inter-universitaire Atmosphériques (LISA) Paris. Auch die NASA ist als Kooperationspartner beteiligt und stellte innerhalb von drei Stunden nach dem Überflug des Erdbeobachtungssatelliten CALIPSO dessen Daten zur Verfügung.



Saharastaub, der mit dem Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen wurde, am 19. Februar 2014 auf einem Auto in München



Messcontainer des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung an der Bodenlidarstation in Barbados



Das DLR-Forschungsflugzeug Falcon war für die Messungen im Projekt SALTRACE mit umfangreicher Messtechnik ausgestattet worden

die Erfassung der Supermikrometerpartikel wurde das neu für Flugzeugmessungen zugelassene Aerosol- und Wolkenspektrometer CAS-DPOL eingesetzt. Außerdem konnten die Wissenschaftler die chemische Zusammensetzung, Form und Flüchtigkeit, die Absorptionseigenschaften der Partikel sowie die Anzahl der Wolkenkondensationskeime bestimmen. Darüber hinaus war ein 2-Mikrometer-Doppler-Windlidar zur Messung der vertikalen und horizontalen Windgeschwindigkeit sowie der vertikalen Ausdehnung der Staubschichten an Bord der Falcon installiert. Zudem wurde eine Reihe meteorologischer Parameter erhoben. Neben den Flugzeugmessungen führten verschiedene Gruppen und Projektpartner bodengebundene Lidar- und In-situ-Messungen auf Barbados, auf den Kapverden und in Puerto Rico durch.

Während der insgesamt 31 Messflüge hat die Falcon, ergänzt durch Boden- und Satellitenmessungen, fünf großräumige Staubausrüche vom Senegal über die Kapverden in die Karibik bis nach Florida vermessen. Weltweit war es erstmals möglich, eine Staubschicht zwischen den Kapverden und der Karibik mit dem Flugzeug in einem sogenannten Lagrange-Experiment zu verfolgen. Bei einem solchen Experiment beobachten Forscher eine Luftmasse über einen Zeitraum von mehreren Tagen. So können sie den Lebenszyklus und die Alterungsprozesse von Aerosolschichten einschließlich Wolkenbildung und Veränderung von Aerosolpartikeln durch Wolkenprozessierung in Abhängigkeit vom großräumigen meteorologischen Geschehen studieren. Neben Experimenten, bei denen die Wüstenstaubeigenschaften untersucht wurden, haben die Forscher auch Emissionen des Soufriere Hills Vulkans in der Karibik und ihre Vermischung mit Saharastaub vermessen. Gegen Ende der Kampagne entwickelte sich ein tropischer Sturm über dem Atlantik und beeinflusste die

zu diesem Zeitpunkt vorhandene Staubschicht deutlich. Das ermöglichte die modellbasierte Untersuchung von Staub-Hurrikan-Wechselwirkungen, zu denen die gemessenen Daten wichtige Informationen lieferten. Auf dem Rückflug von Barbados über Nordamerika, Grönland, Island und Schottland konnten außerdem noch Aerosolschichten aus zahlreichen Waldbränden in Nordamerika beobachtet werden.

Auf der Ostseite des Atlantiks war in der Kapverden-Region der Staub in Höhen von sechs bis sieben Kilometern als homogene Schicht zu erkennen. Im Gegensatz dazu war in der Karibik eine Dreischichtstruktur sichtbar: Der gealterte Staub in einer Höhe von 2,5 bis 4,5 Kilometern zeigte ähnliche Eigenschaften wie der Staub in der Kapverden-Region. Im Höhenbereich zwischen einem und 2,5 Kilometern fanden die Wissenschaftler Staub, der durch Wolkenprozessierung verändert war. So waren die Staubpartikel „runder“ und ließen sich leichter zu Wolkentröpfchen aktivieren. Diese Veränderungen des Mineralstaubs beeinflussen seine Strahlungswirkung. Unterhalb von einem Kilometer war der Staub mit Grenzschicht- und marinem Aerosol vermischt. In der Karibik konnten die Wissenschaftler immer noch zehn bis zwanzig Mikrometer große Partikel nachweisen. Nach der gängigen Theorie hätten diese Partikel nach dem mehrtägigen Transport über den Atlantik eigentlich schon längst sedimentiert sein müssen und somit nicht mehr in der Atmosphäre vorhanden sein dürfen. Im Rahmen von SALTRACE werden jetzt verschiedene Mechanismen untersucht, die das Vorhandensein dieser für die Strahlungsbilanz wichtigen großen Staubpartikel erklären. Die genaue Kenntnis der Verweildauer von großen Partikeln in der Atmosphäre und das Verständnis von Prozessen, die zu längeren Lebenszeiten dieser Partikel führen, ist auch für die Flugzeugindustrie von

Interesse: Rund achtzig bis neunzig Prozent der nach einem Vulkanausbruch in der Atmosphäre vorhandenen Vulkanaschemassenkonzentration wird durch Partikel verursacht, die größer als ein Mikrometer sind. Will man die potenzielle Gefährdung des Luftverkehrs durch Vulkanasche mit Modellen korrekt vorher-sagen, ist es unter anderem wichtig, die Verweildauer dieser großen Partikel in der Atmosphäre genau zu kennen.

Im Ergebnis von SALTRACE liegt nun ein umfassender Datensatz vor, mit dem der Transport und die Modifikation von Saharastaub während seines atmosphärischen Lebenszyklus sowie seine Klimawirkung genauer als bisher berechnet werden können. SALTRACE war ganz gezielt auf die offenen Fragen zur Staub-Wolken-Strahlungswchselwirkung und Aerosolalterung ausgerichtet worden. Die Daten können nun für zahlreiche Untersuchungen herangezogen werden und sind Grundlage für neue Erkenntnisse zu Staub-Wolken-Strahlungswchselwirkungen. Außerdem erlauben die SALTRACE-Daten Rückschlüsse darauf, was ein Weltraumlidar – wie es auf dem europäisch-japanischen Satelliten EarthCARE geplant ist – „sehen“ würde, und sie helfen bei Entwicklung und Test von Auswerteverfahren. ●

Autorin

Prof. Dr. Bernadett Weinzierl ist am DLR-Institut für Physik der Atmosphäre in Oberpfaffenhofen tätig. Sie leitete die internationale Flugzeugmesskampagne SALTRACE.



Weitere Informationen:
<http://www.pa.op.DLR.de/saltrace/>

Strahlungshaushalt und Strahlungsantrieb

Die Differenz zwischen den Strahlungsflüssen, die das System Erde-Atmosphäre in Form von kurzwelliger Strahlung von der Sonne empfängt und in Form von langwelliger Strahlung wieder in den Weltraum abgibt, wird als Strahlungshaushalt bezeichnet. Wird genauso viel Energie in den Weltraum abgestrahlt wie von der Sonne empfangen wird, ist die Strahlungsbilanz null und der Strahlungshaushalt ausgeglichen. Der Strahlungsantrieb ist ein Maß für die Veränderung der Strahlungsbilanz der Erde durch sich ändernde Faktoren wie Aerosolpartikel oder Treibhausgasen. Der Strahlungsantrieb wird in Watt pro Quadratmeter angegeben.



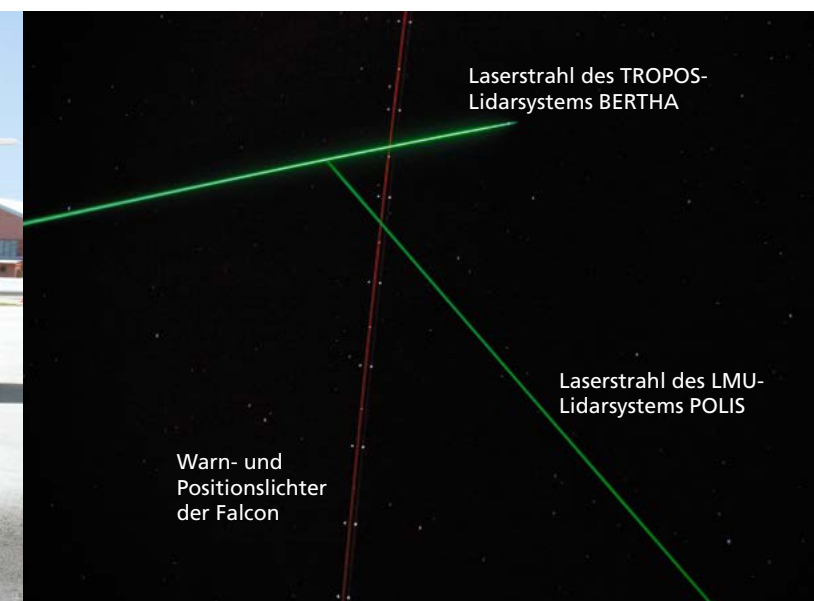
Zur Messung der Staubpartikel von mehr als einem Mikrometer Größe wurde das Aerosol- und Wolkenspektrometer CAS-DPOL für Flugzeugmessungen zugelassen und nach erfolgreichen Flugversuchen im April 2013 bei SALTRACE erstmals auf einem DLR-Forschungsflugzeug für wissenschaftliche Messungen eingesetzt. Im Bild: der Aufbau des Spektrometers für die Flugversuche.

Aerosole – was ist das?

Aerosolpartikel sind winzige feste oder flüssige Teilchen in der Größe von einem Zehntel bis einem Tausendstel der Dicke eines menschlichen Haars. Sie sind in der Atmosphäre allgegenwärtig. Oft als leicht graue oder bräunliche Schichten in der Atmosphäre sichtbar, beeinflussen sie nicht nur das Klima, sondern auch die Luftqualität und damit die menschliche Gesundheit. In den seltensten Fällen bemerken wir den Transport von Aerosolschichten so deutlich wie am 19. Februar 2014, als in Süddeutschland auf Autos und Fenstersimsen eine feine gelbliche Schicht aus Saharastaub lag, der mit dem Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen worden war.



Das SALTRACE-Team am 5. Juli 2013 am Internationalen Flughafen in Barbados



Warn- und
Positionslichter
der Falcon

Strahlen der Lidarinstrumente von TROPOS Leipzig und der LMU München während der Messungen am 26. Juni 2013. Die rote Linie zeigt das Zusammenstoß-Warnlicht der Falcon bei Langzeitbelichtung.

Mit Hilfe altersgerechter Telemedizin-Anwendungen können sich viele Menschen den regelmäßigen Weg zum Arzt sparen. Messwerte, wie der Blutdruck, werden automatisch zum behandelnden Arzt übertragen.

Telemedizin für jedermann

Gesundheitsmanagement aus der Ferne ist längst nicht mehr Astronauten oder Schiffsbesatzungen vorbehalten. Inzwischen kommunizieren Ärzte mit Patienten, Ärzte mit Ärzten, Ärzte mit Betreuungseinrichtungen, ohne dass sie sich von Angesicht zu Angesicht gegenüberstehen. Befunde und Bilddaten werden drahtlos übermittelt. Wir sprechen von Telemedizin. Mehr und mehr machen die Möglichkeiten des Self Tracking – des Überwachens bestimmter eigener Körperfunktionen – von sich reden. An Software, die das ermöglicht, arbeitet auch das DLR.

Von personenbezogener Medizin zur Selbstvermessung

Von **Andreas Schreiber** und **Dr. Markus Lindlar**

Im Grunde begann die Entwicklung der Electronic Health, kurz eHealth, mit der Erfindung des Telefons. eHealth steht für den Einsatz elektronischer Kommunikations- und Informationstechnologie im medizinischen Bereich. Sie soll helfen, medizinische oder administrative Informationen über beliebig weite Strecken zu übertragen, damit zum Beispiel Mediziner sich innerhalb kürzester Zeit über einen medizinischen Fall austauschen können, ohne sich gegenseitig aufsuchen zu müssen. Das erste Telefonat zwischen zwei Ärzten war vermutlich auch der erste durch eHealth unterstützte Fall. Das Fax erweiterte die Möglichkeiten, Befunde miteinander auszutauschen.

Inzwischen haben medizinische Informationssysteme Einzug in die Praxen und Krankenhäuser unseres Gesundheitssystems gehalten und Befunde werden nicht mehr in Papierform, sondern digital abgespeichert und sind somit jederzeit verfügbar. Mit der Einführung der elektronischen Kommunikation zum Beispiel mittels E-Mail oder direkt zwischen den medizinischen Informationssystemen ist es nunmehr möglich, alle digital vorliegenden Daten miteinander auszutauschen. Im medizinischen Bereich führte das in einem ersten Schritt zur Entwicklung telemedizinischer Verfahren.

Telemedizin kommt vor allem dort zum Einsatz, wo eine Expertenmeinung sehr schnell benötigt wird, wie zum Beispiel im Rettungseinsatz, oder wo große Distanzen den Besuch beim Experten erschweren oder verhindern. Beispiele sind die Datenübertragungen in Gebieten mit geringer Verfügbarkeit von Fachärzten wie in den großen Flächenstaaten in Europa (skandinavische Länder) oder weltweit (Kanada, USA, Russland oder Australien), aber auch in dünn besiedelten Gegenden Deutschlands, wie Mecklenburg-Vorpommern. Extrembeispiele finden sich in der Luft- und Schifffahrt. Auch die Besatzung der Internationalen Raumstation ISS wird telemedizinisch betreut.

Durch die Zunahme chronischer Erkrankungen in der Bevölkerung ist inzwischen der Bedarf entstanden, Patienteninformationen zeitnah dem behandelnden Arzt zur Verfügung zu stellen. Durch die regelmäßige Überwachung zum Beispiel von Blutzuckerwerten bei Diabetikern, des Elektrokardiogramms (EKG) bei Herzkranken oder der Lungenfunktionswerte bei Asthmatikern beziehungsweise Menschen mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung ist es möglich, die Behandlung der Patienten anzupassen, sobald sich kritische Werte zeigen. Krankenhausaufenthalte lassen sich so vermeiden, was Kosten senkt. Zudem kann die Lebensqualität des Patienten verbessert werden. Denn diese Überwachung kann zu Hause und unterwegs erfolgen. Beim Telemonitoring übertragen Patienten zum Beispiel per Smartphone regelmäßig ihre Messwerte von daheim zum behandelnden Arzt oder zu einem medizinischen Expertenzentrum. Das Smartphone bietet darüber hinaus auch die Möglichkeit, die eigenen Messwerte in kleinen Programmen, sogenannten „Medical Apps“, selbst zu verwalten. Ähnlich machen es auch Sportler, die Puls und Atmung auch während der sportlichen Aktivitäten aufzeichnen, in einer Trainings-App verwalten und gegebenenfalls untereinander oder mit dem Trainer austauschen.

Moderne Smartphones sind bereits mit verschiedensten Sensoren bestückt. Aktuelle Geräte haben zum Beispiel Kameras,

TELEMEDIZIN

steht für den Austausch medizinischer Daten zwischen den Leistungserbringern in Krankenhaus und Praxis und gibt Ärzten oder Laien die Möglichkeit, eine Zweitmeinung zu einer medizinischen Fragestellung bei einem Experten einzuholen, wobei dieser Zugriff auf medizinische Daten des betroffenen Patienten erhält.

Beschleunigungssensoren, GPS, Fingerabdrucksensoren, Gyroskop und Helligkeitssensoren. Insbesondere für telemedizinische Anwendungen ist aber Bluetooth wichtig. Darüber können eine Vielzahl medizinischer Sensoren mit dem Smartphone gekoppelt werden. Verbreitet sind Blutdruck- und Pulsmesser, Waagen, Blutzuckermesser, EKG oder Sauerstoffmesser (Oximeter). Daneben gibt es unzählige weitere tragbare Sensoren (englisch: Wearable Devices) für die Bereiche Bewegung und Verhalten, zum Beispiel Fitnessarmbänder.

Selbstvermessung: ein Schritt in Richtung ganzheitliche Betrachtung

Weit über die telemedizinischen Anwendungen hinaus geht die sogenannte Selbstvermessung (englisch: Quantified Self). Deren Ziel ist das Sammeln aller möglichen Daten über Aktivitäten, Angewohnheiten oder Beziehungen, welche helfen, das eigene Verhalten, die eigene Gesundheit oder das eigene Wohlbefinden zu verstehen und zu verbessern. Insgesamt ist hier ein Sinneswandel im Vergleich zur klassischen Telemedizin erkennbar. Denn nun steht der Mensch als Ganzes beziehungsweise das eigene Ich im Mittelpunkt. Und immer mehr Menschen möchten mehr über sich erfahren. In der Telemedizin stehen dagegen die Fragestellungen der behandelnden Mediziner im Vordergrund.

Dieses Vermessen des eigenen Körpers liegt im Trend. Die Motivationen sind sehr unterschiedlich. Viele Menschen wollen ihre Leistungsfähigkeit optimieren, insbesondere Sportler. Andere haben medizinische Gründe und möchten gesund bleiben oder es wieder werden. Schließlich gibt es noch Technik-Interessierte, welche die modernsten tragbaren Sensoren und die neuesten Smartphones und Apps ausprobieren wollen.

Selbstvermessung hat eine ganze Reihe positiver Effekte. Aus dem Blickwinkel der Medizin wird die Akzeptanz gefördert, sich regelmäßig zu kontrollieren. Patienten bekommen auch immer mehr Möglichkeiten, Messungen selbst durchzuführen, was so manchen Gang zum Arzt erspart. So entsteht auch ein Stück Unabhängigkeit. Direkte Selbsterkenntnisse, die ohne Umweg über Mediziner zustande kommen, erhöhen bei vielen Menschen die Motivation, sich mit dem eigenen Körper zu beschäftigen. Aber auch für die Mediziner ergeben sich Vorteile. Die kontinuierliche Aufzeichnung von Daten, welche die Menschen bereits in die Praxis mitbringen, kann zu besseren Entscheidungen und höherem Therapieerfolg führen.

Moderne Methoden zur Analyse großer Datenmengen aus unterschiedlichen Quellen ermöglichen es, dass die Software automatisch erkennt, was mit dem Menschen los ist. Diese sogenannten Big-Data-Methoden erlauben es bereits, komplexe Fragen zu beantworten und Zusammenhänge aufzuzeigen. Dabei geht es nicht nur um das Gesundbleiben oder Gesundwerden. In unserer heutigen Leistungsgesellschaft kann Selbstvermessung mit dem Ziel der Selbstoptimierung helfen, höhere Leistungen zu erreichen. Dies kann durchaus zu Produktivitätssteigerungen im Beruf oder zu besseren sportlichen Leistungen führen. Ebenso hilft hier schon der Austausch mit gleichgesinnten Selbstvermessern, die Motivation und damit die Leistung zu steigern.

Wo Licht ist, ist auch Schatten

Kritische Punkte bei der Selbstvermessung bestehen vor allem im Umgang mit den persönlichen Daten. Soweit die selbst gemessenen Daten lediglich auf dem eigenen Rechner oder Smartphone gespeichert werden, besteht hier noch kein Problem. Firmen oder Organisationen haben in diesem Fall keinen Zugriff auf die Daten. Leider ist es jedoch so, dass die meisten Hersteller von Selbstvermessungsgeräten die Daten in der Cloud speichern. Die Daten entziehen sich damit der Kontrolle der einzelnen Menschen, während die Hersteller vollen Zugriff auf die Daten aller Benutzer haben. Diese Datensammlungen bieten viele

Möglichkeiten für Erkenntnisse und auch für Missbrauch. Die Hersteller analysieren die Daten, um den einzelnen Nutzern Informationen zur Verfügung zu stellen. Aber genauso können sie die Analyseergebnisse auch an Dritte weitergeben. Diese Problematik machen einige Hersteller transparent, zum Beispiel durch offen kommunizierte Kooperationen mit Krankenkassen. Bei den meisten Herstellern besteht jedoch keinerlei Transparenz über den Umgang mit den Daten. Besonders kritisch wird dies jedoch bei Anbietern von Datenanalyse-Anwendungen, welche die Daten automatisch von den einzelnen Herstellern holen. Hier entsteht durch die Auswertung sämtlicher gemessener Daten der Menschen ein ungleich höheres Risiko für Missbrauch. Eine weitere Gefahr ist, dass die Selbstvermessung zur Sucht werden kann. Dies ist in der Praxis jedoch noch selten zu beobachten.

Die Perspektiven und Forschungsgebiete

Methoden und Geräte zur Selbstvermessung haben ein hohes Potenzial für Anwendungen in vielen Forschungsgebieten des DLR. Dies betrifft natürlich, aber nicht ausschließlich, telemedizinische Anwendungen und den Einsatz in medizinischen Studien. Im Bereich der Medizin bieten vor allem die zahlreichen günstigen kommerziellen Geräte vielfältige Möglichkeiten. Geräte waren früher deutlich teurer oder mussten speziell entwickelt werden. Zum Beispiel lässt sich durch moderne Armbänder kontinuierlich die Herzfrequenzvariabilität messen. Ebenso gibt es sehr günstige EKG-Geräte mit Verbindung zum Smartphone, die ständig getragen werden können.

Selbstvermessung ist auch eine Grundlage in Crowd-Anwendungen in der Forschung, bei der zum Beispiel persönliche Daten der einzelnen Menschen für globale Fragestellungen genutzt werden. Anwendungen bestehen hier zum Beispiel im Verkehr. Die Aufenthaltsorte und Bewegungen von Personen im Straßenverkehr oder von Passagieren in Bahnhöfen und Flughäfen können helfen, Erkenntnisse über das Verkehrssystem zu bekommen und es zu optimieren. Durch das Messen des Stresses, unter dem Passagiere beispielsweise während ihres Aufenthalts auf Flughäfen stehen, kann man kritische Bereiche identifizieren.

Auch aus Sicht der Informatik bestehen zahlreiche Forschungs Herausforderungen. Vor allem beim Entwickeln von Smartphone-Apps stehen das Design und die Benutzbarkeit im Vordergrund. Die Apps müssen einfach zu bedienen sein und es muss Spaß machen, sie zu benutzen. Durch die Entwicklung ausgereifter Big-Data-Verfahren und deren effiziente Implementierung müssen die Benutzer sinnvolle Analysen ihrer Daten bekommen. Und für den Austausch der Daten zwischen Geräten und dem Smartphone beziehungsweise zwischen Smartphone und Drittnutzern müssen geeignete, sichere Schnittstellen entworfen werden. Die DLR-Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik bearbeitet diese Themen seit einigen Jahren. Das erworbene Know-how bei der Entwicklung von Apps, bei der Analyse von (großen) Datenmengen und bei der Integration verschiedener Systeme durch robuste, sichere Schnittstellen wurde und wird in Projekten in den Bereichen Telemedizin, Ambient Assisted Living (AAL) und Bestimmung des Fitnesszustands eingesetzt. ●

Autoren

Andreas Schreiber ist aktiver „Selbstvermesser“. Er leitet die Abteilung Verteilte Systeme und Komponentensoftware, die unter anderem mobile, verteilte Anwendungen sowie Software zur effizienten Datenanalyse entwickelt und diese auch integriert. Dr. Markus Lindlar ist Arzt im Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin und befasst sich im DLR seit mehr als zehn Jahren als Wissenschaftler mit Forschung und Entwicklung zu „Electronic Health“ und Telemedizin.



Weitere Informationen:
DLR.de/SC



Als aktiver „Selbstvermesser“ nutzt Andreas Schreiber (rechts) die Möglichkeiten des Quantified Self nicht nur für sich, er arbeitet auch an der Entwicklung entsprechender Apps. Der Software-Ingenieur konsultiert dazu Dr. Markus Lindlar, der als Arzt im DLR auf dem Gebiet Electronic Health, der Nutzung elektronischer Geräte im Gesundheitswesen, forscht.



Mit modernen tragbaren Geräten (Wearable Devices) zur Selbstvermessung lassen sich viele Werte des eigenen Körpers messen und per Bluetooth versenden

Selbstvermessung

Dass dieser Trend gerade zurzeit einsetzt und immer mehr Menschen ihre Leistungen aufzeichnen oder chronische Krankheiten beobachten und in den Griff bekommen wollen, liegt an den folgenden technischen Entwicklungen der letzten Jahre:

- Die Verbreitung von Smartphones steigt sehr schnell an. Besonders auch unter älteren Menschen.
- Moderne Sensoren werden immer kleiner und preisgünstiger. Dies ermöglicht die Integration in immer mehr Geräte.
- Immer mehr Geräte zur Selbstvermessung kommen auf den Markt. Zum Beispiel Armbänder mit Schrittzähler oder Pulsmesser, elektronische Waagen oder Geräte zum Aufzeichnen der Schlafqualität.
- Durch Speicherung der Daten in der Cloud kann man jederzeit von überall auf seine Daten zugreifen.
- Es entstehen ständig neue Web-Anwendungen zur Auswertung der eigenen Daten. Diese Web-Dienste können sich die aktuellen Daten aus der Cloud (zum Beispiel über die Server der Gerätehersteller) holen und erlauben die umfangreiche Analyse und Visualisierung der eigenen Daten.

Vermarktung

Die DLR-Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik vermarktet ihre Entwicklungen in Kooperation mit dem Technologiemarketing des DLR. So wurde zum Beispiel zur Vermarktung der App „Plug & Care Connector“ ein Kooperationsvertrag mit der Firma Medando geschlossen. Der Plug & Care Connector ist eine Schnittstelle zwischen medizinischen Geräten und medizinischen Diensten und Dienstleistern. Er entstand in dem EU-Projekt EmotionAAL und dient zur Betreuung älterer und chronisch kranker Menschen in ländlichen Gebieten. Medando ist ein Start-up, das von DLR-Mitarbeitern gegründet wurde. Medando entwickelt und vermarktet Apps für Smartphones, die die Gesundheitserhaltung, medizinische Diagnostik und Therapie verbessern und unterstützen. Die Zielgruppe der Apps sind Privatpersonen wie Patienten, Gesundheitsinteressierte oder auch Selbstvermesser.

Weitere Informationen:
medando.de

Sicher durch Schleusen und Brücken

Der Wasserweg ist eine gute Alternative zu Straße und Schiene, wenn der Güterverkehr zunimmt. Und das tut er: Das Statistische Bundesamt rechnet bis 2050 mit einem Wachstum um 30 Prozent. Allerdings hat auch die Binnenschifffahrt ihre neuralgischen Punkte: Schleusen, Brücken, Kurven. Um auch dort sicher navigieren zu können, entwickelte ein Team aus Forschern des DLR und der Technischen Universität Dresden in Kooperation mit Anwendungspartnern und Behörden neue Fahrerassistenzsysteme auf Basis hochgenauer und verlässlicher Ortung. Auf einer Forschungsfahrt im Mai 2014 in Koblenz testeten die Forscher diese neuen Systeme erfolgreich.

Neue Fahrerassistenzsysteme unterstützen Schiffsführer in der Binnenschifffahrt

Von Melanie-Konstanze Wiese

Drei Kilometer lang ist die Teststrecke, die Alexander Born, Projektleiter im DLR-Institut für Kommunikation und Navigation, mit seinem Team am 23. Mai 2014 an Bord des Arbeitsschiffes „BINGEN“ und des ehemaligen Bereisungsschiffes der Bundesregierung „MAINZ“ auf der Mosel zurücklegt. Die „BINGEN“ ist für die Testfahrt mit Sensoren und Assistenzsystemen ausgestattet, die während der Fahrt zum Einsatz kommen sollen. Besondere Aufmerksamkeit liegt an diesem Tag auf Brückendurchfahrten und Schleusungen. Brücken und Schleusenanlagen bilden neuralgische Punkte; wenn es zu einem Unfall kommt, dann häufig dort. In Deutschland gibt es auf dem 6.550 Kilometer langen System von Binnenwasserstraßen mehr als 3.100 Brücken und über 300 Schleusenanlagen, die von Binnenschiffen sicher zu passieren sind. „Auf der Testfahrt konnte gezeigt werden, wie diese neuen Assistenzsysteme den Schiffsführer dabei sicher unterstützen können“, sagt Alexander Born.

Nicht selten haben die Schiffe eine Länge von 200 Metern und fassen bis zu 6.000 Tonnen Güter. Dies entspricht einer Transportleistung von 100 bis 150 Lastkraftwagen. „Größe und Gewicht beeinträchtigen da die Manövrierfähigkeit erheblich“, so beschreibt Born die Herausforderung an das neue Assistenz-

system. „Manche Schubverbände füllen eine Schleuse komplett aus und es bedarf viel Geschick und Erfahrung, um die Anlage sicher zu passieren.“ Beispielsweise hat die Staustufe Koblenz eine Nutzlänge von 172,40 Metern und eine Nutzbreite von 11,60 Metern bei einer Gesamtgröße von 175,40 mal 12 Metern. Damit bleiben für ein größtmögliches Schiff an den Seiten jeweils nur 20 Zentimeter und in der Länge jeweils 1,5 Meter Raum zum Manövrieren.

Dabei muss der Schiffsführer bisher auf technische Unterstützung weitestgehend verzichten. Hinsichtlich der Schiffsausstattung gibt es nur geringe Vorgaben, die von der Flusskategorie und auch der jeweiligen Größe des Schiffes abhängig sind. Als Mindeststandard in der Grundausstattung gilt bislang in der Europäischen Union: eine Flusskarte und eine Funkanlage. Für die Navigation bei unsichtigem Wetter, also bei Nebel, Starkregen oder Fahrten bei Nacht, sind zusätzlich ein Wendeanzeiger, der die Drehgeschwindigkeit anzeigt, sowie ein Radar erforderlich. Das Mitführen eines Kompasses hingegen ist nicht vorgeschrieben und auch die Geschwindigkeit muss nicht gemessen werden. Viele Schiffsführer orientieren sich per Augenmaß an einer sogenannten Peilstange am Bug des Schiffes sowie am Ufer.



Einfahrt in die Schleuse Koblenz. Zur Lagekontrolle des Schiffes auf dem engen Raum dient bis dato das Augenmaß des Matrosen am Bug. Ein Assistenzsystem könnte hier für mehr Sicherheit sorgen.

Das Projekt PiLoNav

Schiffahrtsassistenz ist ein Teilthema im Projekt „Precise and Integer Localisation and Navigation in Rail and Inlandwater Traffic“ (PiLoNav). PiLoNav wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und als interdisziplinäres Verbundprojekt realisiert. Dabei arbeiten Forscher, Behörden und Anwender zusammen: Zu ihnen zählen die Institute für Kommunikation und Navigation sowie für Verkehrssystemtechnik des DLR, das Institut für Verkehrstelematik und das Geodätische Institut der Technischen Universität Dresden, die Fachstelle für Verkehrstechniken (FVT) der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) sowie Anwendungspartner aus dem Bereich Schienenverkehr (INTERAUTOMATION GmbH und Bijur Delimon GmbH). Neben der Anwendung im Bereich der Binnenschifffahrt entwickelte das Projektteam auch Fahrerassistenzsysteme für den schienengebundenen Verkehr.



Die AMESHA II in der Schleuse Koblenz. Das 172 Meter lange und elf Meter breite Schiff hat nur wenig Raum zum Manövrieren

Getestet wurden nun Systeme, die die wichtigen Navigationsparameter wie Position, Lage und Zeit (PNT-Position, Navigation & Time) zuverlässig und so genau wie nötig ermitteln. Hierfür hat das Team um Alexander Born eine spezielle Navigationseinheit für die Binnenschifffahrt entwickelt. „Diese Navigationseinheit, wir nennen sie kurz PNT-Unit, ist in der Lage, PNT-Daten zu liefern, die außerordentlich zuverlässig sind“, erklärt der Forscher vom DLR-Standort Neustrelitz.

Sensortechnik unterstützt Schleusenfahrten

Die neu entwickelte Navigationseinheit bildet die Grundlage der Assistenzsysteme. Dabei kommen satellitenbasierte Navigationssysteme, bekannt als GNSS (Global Navigation Satellite Systems), zum Einsatz. In einfacherer Form sind sie unter anderem bereits als Navigationssysteme in Kraftfahrzeugen im Einsatz. In der Binnenschifffahrt ist aber – anders als im Auto – neben der Position und der Geschwindigkeit vor allem auch die Lage des Schiffes von Interesse. Um diese eindeutig zu bestimmen, werden daher insgesamt drei GNSS-Empfänger genutzt. Eine Referenzstation an Land erhöht die Genauigkeit.

Äußere Einflüsse wie Abschattungen können die Signale der Navigationssatelliten verfälschen, ablenken oder blockieren. So sind bei Schleusungen die vergleichsweise geringe Größe und die hohen Wände der Schleusenammern problematisch. Um dem entgegenzuwirken, wurde die PNT-Unit durch eine sogenannte inertielle Messeinrichtung (IMU) ergänzt – eine Kombination aus Beschleunigungsmessern und Drehratensensoren. Aufgrund seiner hohen Kurzzeitstabilität ist das System perfekt geeignet, um kurzzeitige GNSS-Ausfälle zu kompensieren. Bei sicherheitskritischen Anwendungen muss zudem gewährleistet werden, dass die Daten zuverlässig sind, das heißt in sich konsistent. Das System muss also in der Lage sein, den Schiffsführer über seine Funktionsfähigkeit zu informieren. Diese Anforderung wird als Integrität bezeichnet und ist ein wesentlicher Fortschritt der neuen Navigationseinheit.

Kursinformationen und Kollisionswarnungen

Nicht nur die Schleusenfahrten sind sicherheitskritische Situationen in der Binnenschifffahrt. Aufgrund der Größe und des Gewichts sind Schiffe träge und benötigen dadurch einen größeren Manövrierraum. Vorschriften besagen, dass ein Schiff maximal 15 bis 20 Schiffslängen benötigen darf, um aus voller Fahrt zum Stillstand zu kommen. Bei einer Schiffslänge von 200 Metern sind das bis zu vier Kilometer Bremsweg – und eine Herausforderung, dabei mit Hindernissen oder anderen Verkehrsteilnehmern nicht in Konflikt zu geraten.

Frühzeitige Kollisionswarnungen sind daher wichtig, denn Unfälle können verheerende Folgen haben. Ganze Streckenabschnitte mussten schon gesperrt werden und im Falle einer Havarie stehen Umfahrungsmöglichkeiten nur sehr eingeschränkt zur Verfügung. Dass die wirtschaftlichen Schäden von Relevanz sind, zeigt ein Beispiel einer Havarie eines Tankers im Jahr 2011. Aufgrund des Unfalls der TMS „Waldhof“ war der Rhein für fast zwei Wochen gesperrt. Insgesamt waren 400 Schiffe davon betroffen. Der finanzielle Schaden betrug pro Tag und Schiff zwischen 4.500 und 5.000 Euro. Im Folgejahr war dadurch ein Rückgang der Binnenschifffahrt von 1,5 Prozent zu verzeichnen. Einige Transportunternehmen mussten sogar den Betrieb aufgeben, weil sie den finanziellen Schaden nicht ausgleichen konnten.

Bislang verlässt sich der Schiffsführer auf das Radar in Kombination mit der elektronischen Flusskarte sowie auf den Wendeanzeiger zur Bestimmung der Lage des eigenen Schiffes in Bezug zu seiner Umgebung. Mit zunehmendem Verkehr oder bei schlechtem Wetter wird die Übersicht über die aktuelle Verkehrslage für den Schiffsführer jedoch schwieriger.

Das neue Fahrerassistenzsystem hilft auch in diesen Situationen, indem es dem Schiffsführer neben Kollisionswarnungen vor allem hilfreiche Kursinformationen liefert. Um dabei auch andere Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen, nutzt die Fahrerassistenz ein zusätzliches System – das Automatische Identifikationssystem, kurz AIS. Die Mehrzahl der Binnenschiffe ist bereits damit ausgestattet, da es ab 1. September 2014 zur Pflichtausrüstung gehört. „Neben anderen Daten sendet dieses System kontinuierlich Angaben zu Position, Kurs, Geschwindigkeit und Größe des Schiffes, auf dem es installiert ist. Diese Informationen nutzen wir, um andere Verkehrsteilnehmer zu identifizieren und ihren Kurs zu präzisieren“, erläutert Born.

Auf Grundlage dieser Informationen berechnet das System eine ideale Fahrlinie für das Schiff und zeigt sie dem Schiffsführer auf seinem Navigationssystem an. „Entlang der berechneten Ideallinie bewegten wir uns auch auf unserer Testfahrt auf der Mosel. Befanden sich nun Hindernisse im Bereich dieser Ideallinie, berechnete das Fahrerassistenzsystem rechtzeitig Ausweich- oder Überholmanöver und stellte uns diese Fahrempfehlungen auf der elektronischen Binnenwasserkarte dar“, erklärt Born die Funktionsweise.

Auch für Schiffe mit längerem Bremsweg bleibt so genügend Zeit, ihre Fahrweise der neuen Situation anzupassen. Da solche Manöver jedoch für Schiffe sehr energieaufwändig sind, optimiert das System die notwendigen Beschleunigungen und Ruderbewegungen auf das Nötigste, erhöht aber gleichzeitig den Sicherheitsabstand zum vorausliegenden Hindernis auf ein sicheres Maß.

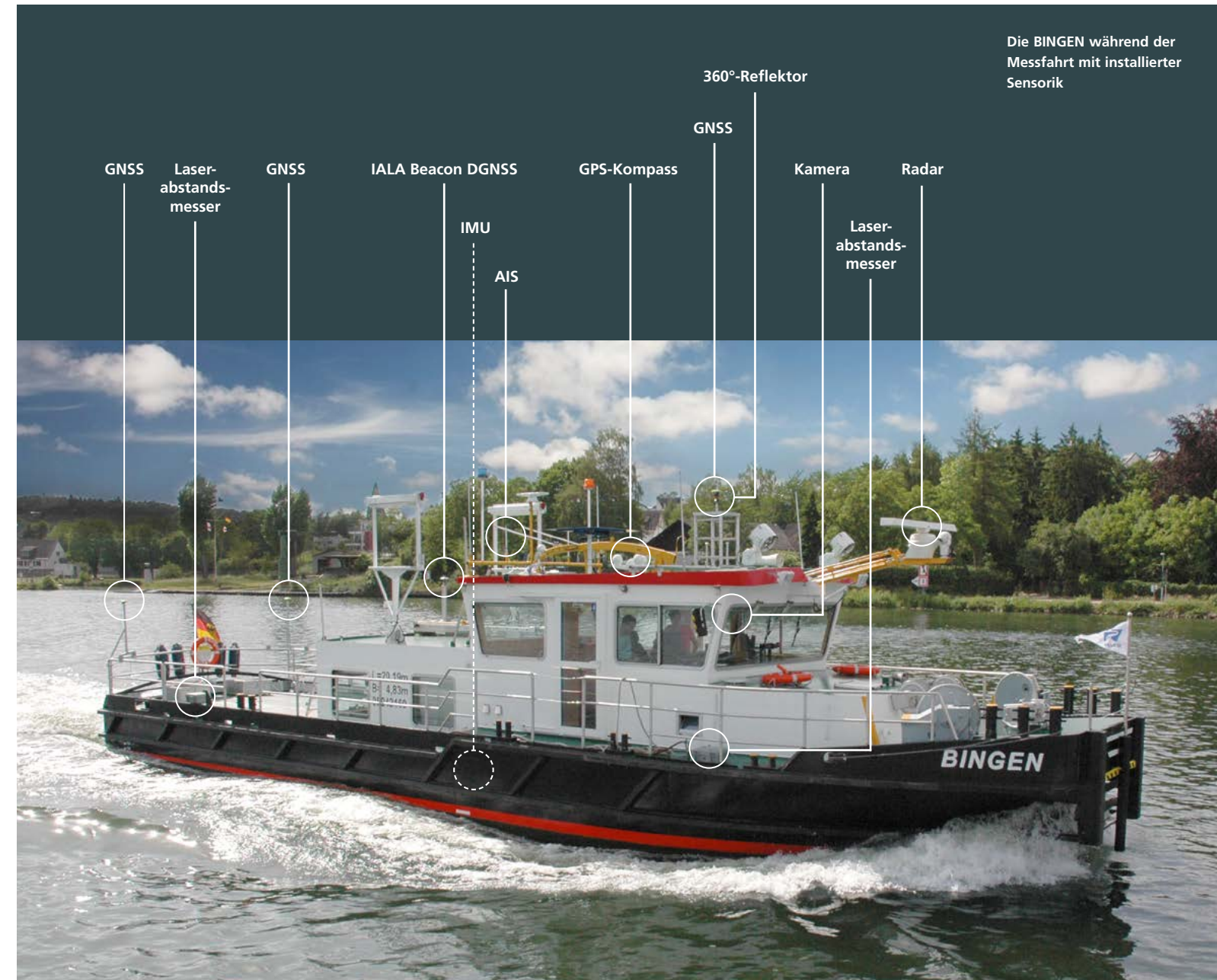
Unfallrisiko: Schiffsstoß an Brücken

Eine häufige Unfallursache in der Binnenschifffahrt ist der sogenannte Schiffsstoß an Brücken, die Kollision mit einem Brückenbauteil. Gründe dafür sind unter anderem wechselnde Wasserpegel oder langwellige Schwankungen des Wasserstandes in Kanälen, hervorgerufen durch den Schleusenbetrieb. Darüber hinaus können hochgefahrte Steuerstände oder andere Aufbauten zu Kollisionen führen. Die Folgen können weitreichend sein, ökonomisch wie personell. „Daher wurde in das Assistenzsystem auch ein Höhenwarnsystem integriert“, sagt Born. „Mit den hochgenauen Positions- und Lageinformationen wird die komplette dreidimensionale Bewegungsänderung des Schiffes überwacht. Die Höheninformation der Brücke wird aus der elektronischen Binnenwasserkarte abgegriffen.“ Neu dabei ist, dass auch der aktuelle Pegelstand in einer AIS-Nachricht durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung ausgesendet wird. Daher kann der zur Verfügung stehende Durchfahrtsraum weit vor der Brücke ermittelt und überwacht werden. Akustische und auch optische Meldungen warnen dann in einem solchen Fall den Schiffsführer rechtzeitig.

Durch Schleusen und Brücken hindurch hat das Assistenzsystem auf der Fahrt mit der BS „MAINZ“ und der MS „BINGEN“ seinen Test erfolgreich bestanden. Es konnte zeigen, dass es vor allem in kritischen Bereichen mehr Sicherheit schafft. Zudem könnte es zukünftig auch dazu beitragen, eine effizientere Nutzung der Binnenwasserstraßen als Gütertransportweg zu ermöglichen. Alexander Born und sein Team werden das System nunmehr Nutzern und Behörden vorstellen und hoffen, „dass sich solche Fahrerassistenzsysteme künftig auch als Standard auf Binnenwasserstraßen durchsetzen werden.“ ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/m7z0



Die BINGEN während der Messfahrt mit installierter Sensorik



Zu der umfangreichen Messtechnik, die für den Test des Assistenzsystems auf dem Schiff installiert wurde, gehören auch diese Empfänger für die Daten des Global Navigation Satellite Systems (GNSS)



Jörg Zimmermann von der Technischen Universität Dresden (links) und Alexander Born vom DLR-Institut für Kommunikation und Navigation in Neustrelitz bauen eine GNSS-Referenzstation an Land auf

Motten, Menschen, Monumente

Teil 3 der Serie „Die Windmaschinen“

Motten, Menschen und Monumente – es gibt fast nichts, was nicht schon im Windkanal untersucht worden ist. Was haben wir dabei von Heuschrecken gelernt? Wie veränderten Windkanalversuche das Skispringen? Und warum sollten Fische, Panzer und weibliche Brüste in einen Windkanal? Dies und mehr im dritten Teil der Serie „Die Windmaschinen“.

Tests im Windkanal sind nicht nur für Flugzeugkonstrukteure interessant

Von Jens Wucherpfennig

Wer im April 2012 den Kontrollraum des 1-Meter-Windkanals im DLR Göttingen betrat, hörte ein vielstimmiges Zirpen und ungewöhnliches Flattern. Überall waren seltsame Kartons aufgestellt. Aufgeregte Wissenschaftler wiesen darauf hin, die Tür zu schließen, „damit keine entwischt“. Ein Blick in die Kartons verriet, wer gemeint war: Heuschrecken und Motten. Forscher der Universität Oxford hatten sie mitgebracht, um sie mit modernster Messtechnik im Windkanal zu untersuchen. Dafür hatten sie den Kontrollraum kurzerhand in einen überdimensionalen Brutkasten für die Insekten verwandelt. Die Wissenschaftler wollten von den außergewöhnlichen Flugeigenschaften der kleinen Tiere lernen. Die Erkenntnisse bringen Ingenieure dem Bau von Mikro-Flugzeugen näher, die eines Tages ähnlich wie Insekten fliegen sollen.

Tiere haben eine lange Tradition als wissenschaftliche Untersuchungsobjekte – ihre Leistungen zu verstehen und nachzuahmen, war immer schon Ziel von Forschern. So lag es nahe, dass bereits in den Anfängen der Aerodynamik Vögel als Vorbild für Flugzeuge im Windkanal untersucht wurden. So wurden zu Beginn des 20. Jahrhunderts tote Tauben präpariert und auf einer Stange oder an Fäden hängend einer Luftströmung ausgesetzt – mit mäßigem Erfolg. Immer wieder stellten die Wissenschaftler damals fest, dass tote Tiere nicht mehr dieselben aerodynamischen Eigenschaften besitzen wie lebende. Darum gibt es heute Versuche mit lebenden Tauben, Falken oder Eulen, die auf verschiedenste Art und Weise dazu gebracht werden, an den Messgeräten der Forscher vorbeizufliegen – allerdings ohne dass die Tiere dabei Schaden nehmen.

Reise in die Urzeit

Neben den Vögeln haben es auch die anderen großen Flieger der Natur in den Windkanal geschafft: Flugsaurier – natürlich nur als Modelle. So untersuchte der Paläontologe Prof. Eberhard Frey vom Naturkundemuseum Karlsruhe einen der agilsten Flugsaurier: den Pterosaurier *Ramphorhynchus*. Dabei wurde er vom DLR Göttingen unterstützt. Die Forscher untersuchten vor allem die Aerodynamik und Gleitperformance der Flugsaurier. Auch diese Ergebnisse sollen der Entwicklung neuartiger Klein-Flugzeuge dienen.

Vögel, Flugsaurier und fliegende Insekten im Windkanal – das ist nachvollziehbar. Doch vor einigen Jahren steckten Forscher aus Südkorea Fische in einen Windkanal. Das seltsame Experiment wird verständlicher, wenn man weiß: Es handelte sich erstens um fliegende Fische und zweitens nur um ausgestopfte Exemplare. Diese Tiere zeigen erstaunliche Leistungen. Bis zu 40 Sekunden können sie in der Luft bleiben und dabei eine Geschwindigkeit

von bis zu 70 Kilometern pro Stunde erreichen. Dabei nutzen sie einen besonderen aerodynamischen Trick: den sogenannten Bodeneffekt. In der Nähe der Erd- oder Wasseroberfläche kann sich unter dem Flügel ein Luftpolster bilden, das für zusätzlichen Auftrieb sorgt. Dieses Prinzip wird seit Langem von speziellen Flugzeugen, den Bodeneffektfahrzeugen, genutzt. Doch vielleicht bergen fliegende Fische noch einiges mehr an nützlichen Phänomenen ...

Wie weiter fliegen mit dem Ski?

Werden Menschen in einem Windkanal Luftströmen ausgesetzt, so geht es dabei allerdings nicht um Erkenntnisse, die zu besseren Flugmaschinen führen sollen. Bei den ersten Versuchen mit Menschenpuppen sollte herausgefunden werden, wie der Mensch selbst möglichst weit fliegen kann. Der Schweizer Flugzeugingenieur Reinhard Straumann erkannte als erster bereits 1924 den entscheidenden Einfluss der Luft als tragenden Faktor beim Skispringen. Ab 1926 beschäftigte er sich wissenschaftlich mit dem Wintersport und untersuchte die Beziehung von Geschwindigkeit, Technik, Körperhaltung und Schanzprofilen. Er führte hierzu Messungen bei Sprungveranstaltungen durch und experimentierte mit Springerpuppen im Göttinger Windkanal des DLR-Vorgängers AVA (in der Literatur übrigens stets falsch als Windkanal der Uni Göttingen angegeben). Er veröffentlichte 1926/27 seine Theorie über die aerodynamisch günstigste Körperhaltung.

Straumann kam zu der Erkenntnis, dass der Springer die besten Weiten erzielen kann, wenn er eine Flughaltung annimmt, die dem aerodynamischen Prinzip von Flugzeugtragflächen nachempfunden ist. Dabei segeln die Springer in weiter Körpervorlage parallel zu ihren 2,60 Meter langen und bis zu sechs Kilogramm schweren Sprung-Ski mit angelegten Armen. Nur die Hände sollen wie Fischflossen im Wasser die Richtung korrigieren: daher die Bezeichnung Fisch-Stil. Straumanns Theorie wurde jedoch erst zwanzig Jahre später praktisch umgesetzt. Ab 1953 etablierte sich dieser Stil bei der ersten Vierschanzentronee. Bis in die Achtzigerjahre hinein dominierte, mit leichten Variationen, die nach vorne gestreckte Flughaltung mit paralleler Skiführung. Im Zusammenhang mit dem Ende der Achtzigerjahre etablierten V-Stil wird der Fisch-Stil heute meistens wegen der parallelen Skihaltung als Parallel-Stil bezeichnet. Einer der erfolgreichsten deutschen Skispringer, Jens Weißflog, erzielte seine Siege mit diesem Stil.

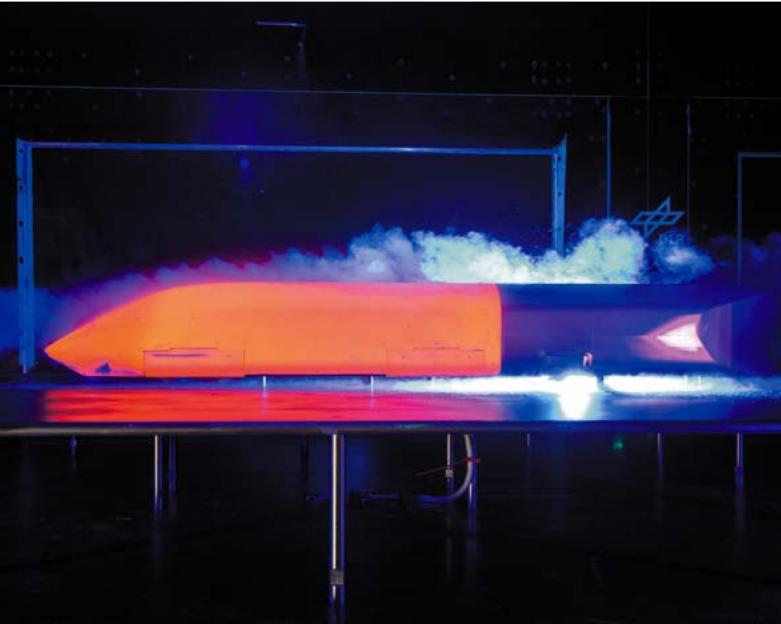
Meistens, wenn Menschen in einem Windkanal untersucht werden, geht es um Sport. Sowohl die Rennrodler als auch die Bob- und Skifahrer des deutschen Teams sind 1974 in

Sportler im Windkanal: Der querschnittsgelähmte Skifahrer Georg Kreiter fährt seine Wettbewerbe auf einem sogenannten Monoski. Welche Körperhaltung dabei optimal ist, wurde von Forschern des DLR Göttingen im Windkanal der TU Hamburg-Harburg untersucht.



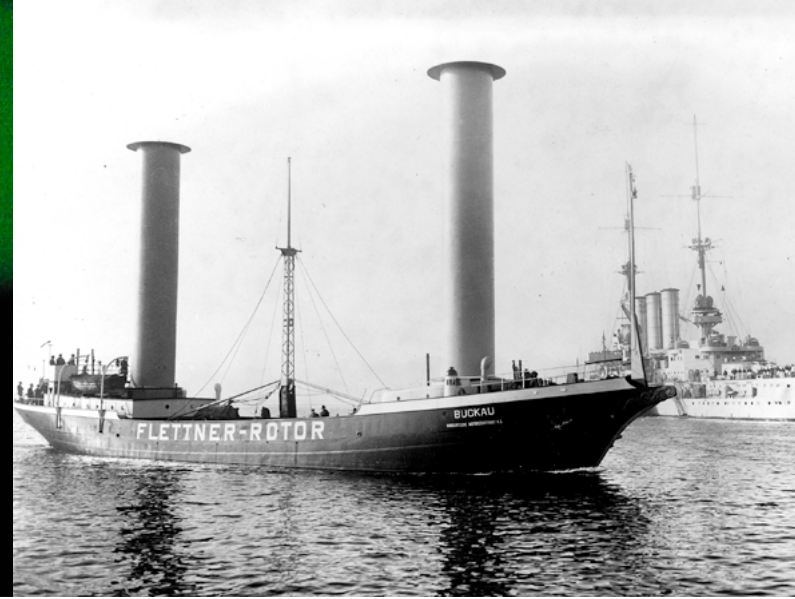
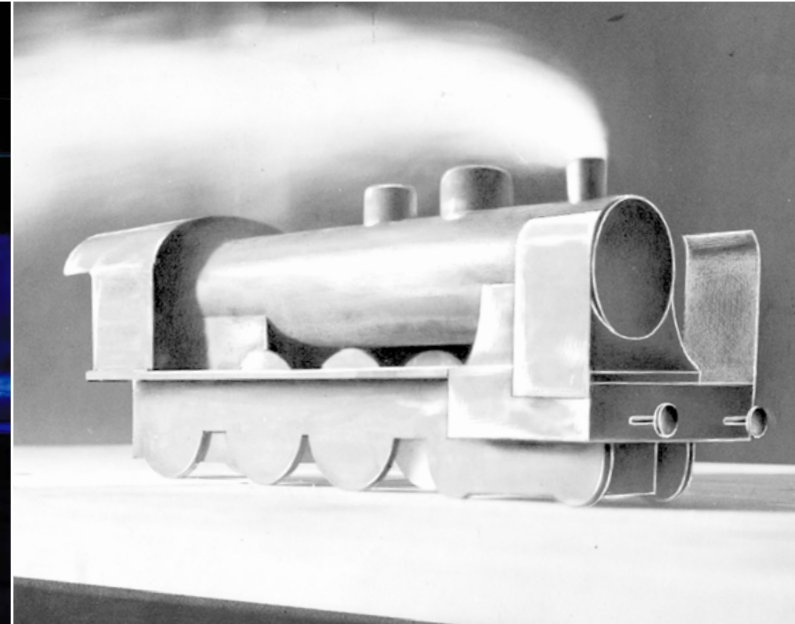
Oben: Die Aerodynamik eines Kraftfahrzeugs wird am Modell untersucht. Rauch macht die Luftströmung sichtbar (1921).

Unten: Auch für Hochgeschwindigkeitszüge bringen Untersuchungen im Windkanal wichtige Erkenntnisse. Hier ein Modell aus dem DLR-Projekt Next Generation Train (NGT).



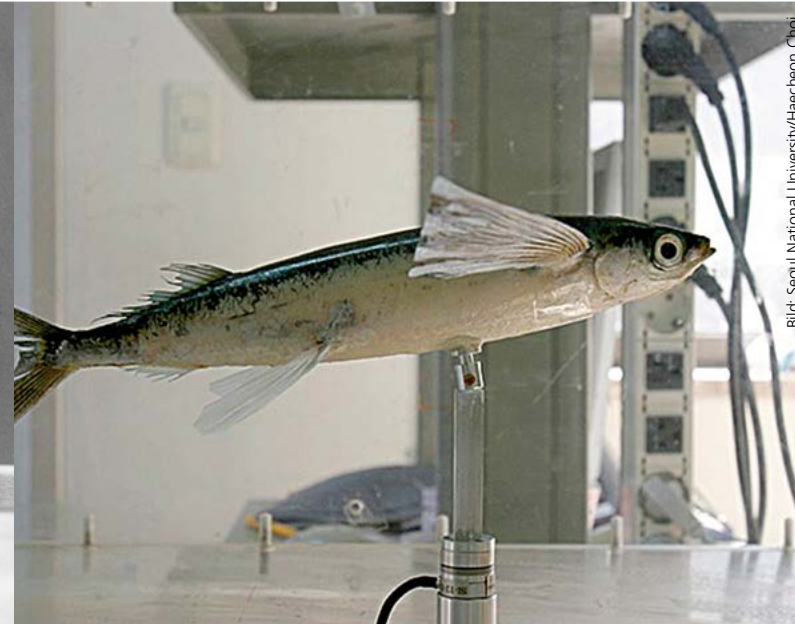
Oben: Heuschrecken sind hervorragende Flieger und können als Vorbild für Mini-Flugzeuge dienen. Sie wurden deshalb im DLR Göttingen im Luftstrom untersucht.

Unten: Lokomotiven-Modelle in Windkanalversuchen führten zu den seitlich angebrachten Betz-Blechen, die den Rauch am Führerhaus vorbeileiten (1922)



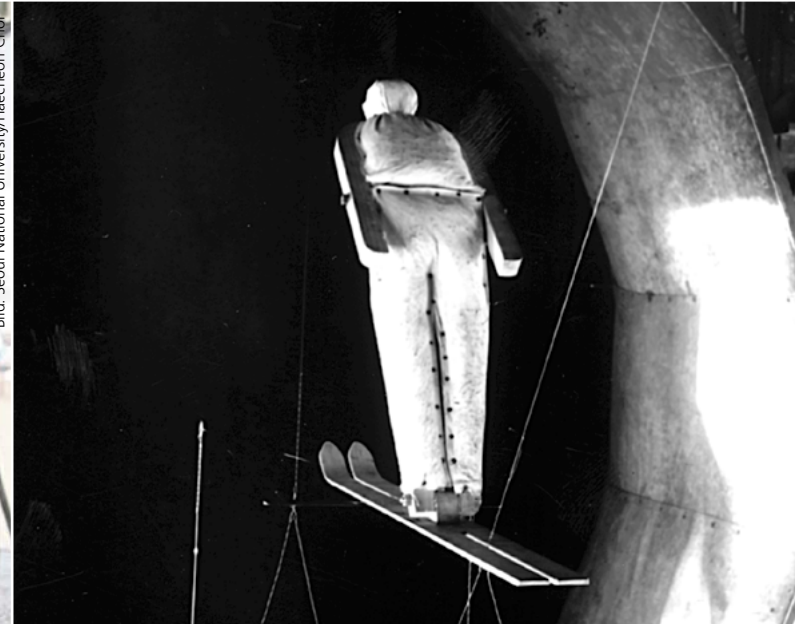
Oben: Das Flettner-Rotorschiff Buckau auf seiner ersten Versuchsfahrt im Kieler Hafen 1924. Untersuchungen zur besseren Nutzung des Windes für seinen Antrieb fanden auch in Windkanälen statt.

Unten: Ein ausgestopfter fliegender Fisch im Windkanal an der Seoul National University in Korea



Oben: Der sogenannte Schlör-Wagen wurde 1939 wie ein Flügel auf Rädern gebaut. Seine ausgefeilte Aerodynamik ist im Windkanal sichtbar.

Unten: Tests mit einem Skispringer-Modell im Parallel-Stil in einem Windkanal des DLR-Vorgängers AVA Göttingen (1927)



Vorbereitung auf die Olympischen Winterspiele in einem Göttinger Windkanal untersucht worden – darunter Christa Kinshofer und Rosi Mittermaier. Das Wissen um die aerodynamisch günstigste Körperhaltung versprach, einige Zehntel-Sekunden schneller zu sein als die Konkurrenz. Heutzutage sind solche Windkanaltests für viele Sportler nichts Ungewöhnliches mehr. Doch es waren wieder einmal Göttinger Forscher beteiligt, als sich zum ersten Mal Sportler mit körperlichen Behinderungen in einem Windkanal auf ihre Wettkämpfe vorbereiteten. 2010 waren bei den Wissenschaftlern Mitglieder der deutschen Paralympics-Nationalmannschaft im Ski Alpin zu Gast. Dabei ging es darum, den Luftwiderstand, den Auftrieb der Ski und die Kippmomente – also Kräfte, die einen Fahrer nach hinten oder vorne drehen können – zu messen.

Dass Flugzeuge und Autos in Windkanälen erforscht werden, ist nachzuvollziehen. Auch Raumschiffe und Hochgeschwindigkeitszüge auf ihre aerodynamischen Fähigkeiten zu untersuchen, ist verständlich. – Warum also nicht auch Schiffe in Windkanälen vermessen? Naheliegender ist dies vor allem bei einem Flugzeugträger. Denn Start und Landung auf einem schwimmenden Flugplatz stellen besondere Ansprüche

an die Aerodynamik. An einem Modell des geplanten deutschen Flugzeugträgers Graf Zeppelin wurden 1937 im Göttinger Windkanal Fädchen-Messungen der Aerodynamik landender Flugzeuge durchgeführt. Der Flugzeugträger Graf Zeppelin wurde allerdings nie in Dienst gestellt – der Kriegsverlauf verhinderte seinen Einsatz, 1947 versenkten ihn die Sowjets bei Zielversuchen.

Das Rotorschiff des Anton Flettner

Eine äußerst ungewöhnliche Schiffskonstruktion verdankt sogar ihren Antrieb einer speziellen aerodynamischen Lösung und wurde deshalb im Windkanal untersucht: Das Rotorschiff. Dabei handelt es sich um ein Schiff, das mit sogenannten Flettner-Rotoren anstelle von Segeln zusätzlich zu einem herkömmlichen Hauptantrieb bewegt wird. Flettner-Rotoren sind rotierende Zylinder, an denen der Seitenwind so vorbeiströmt, dass an der Vorderseite ein Unterdruck entsteht. Dieser wiederum zieht das Schiff vorwärts. Der Erfinder Anton Flettner baute 1924 das erste Rotorschiff, die Buckau, die 1926 den Atlantik überquerte und für viel Aufsehen sorgte. Flettner kam auf die Idee durch Vorarbeiten des Göttinger „Vaters der Aerodynamik“ und Gründers der ersten Vorgängerinstitution des DLR, Ludwig Prandtl.

Prandtl wollte die drehenden Zylinder ursprünglich als Ersatz für Flugzeugflügel einsetzen – was sich aber als nicht praktikabel erwies. Flettner griff diese Idee dann für seinen Schiffsantrieb auf. Viele Tests der Rotoren und des Schiffsmodells in Göttinger Windkanälen gingen der Jungfernfahrt der Buckau voraus.

Brücken? – Auch Brücken!

Auch Objekte, die sich gar nicht bewegen sollen, werden in Windkanälen untersucht: Bauwerke. Wie wichtig dies ist, zeigt das Beispiel der Tacoma-Narrows-Brücke. Das monumentale Bauwerk im US-Staat Washington galt bei ihrer Fertigstellung im Juli 1940 als eine der größten der Welt. Bereits im November desselben Jahres stürzte sie auf dramatische Weise ein, ein-drucksvoll in Foto und Film festgehalten. Die Ursache lag in der Aeroelastik, der Wechselwirkung zwischen Aerodynamik und Struktur. In Göttingen wurde die Aeroelastik maßgeblich zur Wissenschaft entwickelt. Immer wieder halfen DLR-Forscher, Brücken und andere Bauwerke auf ihre aeroelastische Sicherheit zu untersuchen. Ostseebrücken wurden ebenso wie Windkraftanlagen oder die Kuppel des Münchener Hauptbahnhofs als Modelle im Windkanal getestet.

Seit mehr als 100 Jahren sind immer wieder die unterschiedlichsten Lebewesen, Menschen und Objekte Gegenstand von Untersuchungen im Windkanal gewesen. Die eingangs erwähnten Panzer sollten übrigens nicht aerodynamisch optimiert werden. Es ging um die Frage, wie die Klimaanlage der Fahrzeuge möglichst nicht die eigenen Abgase ansaugt. Manchmal allerdings lehnen die Forscher eine Anfrage auf Windkanalnutzung ab. Als vor einigen Jahren für ein Kunstprojekt eine Form der weiblichen Brust in einem Göttinger Windkanal inszeniert werden sollte, lautete die Antwort: Negativ, im Windkanal wird geforscht – an einem besseren Verständnis der Welt und was wir daraus lernen können. ●

Weitere Informationen:

DLR.de/100jahre/
s.DLR.de/2vj2
s.DLR.de/3s18
s.DLR.de/176e



The power and glory – die Legende lebt

Das Interesse an alter Technik, an historischen Aeroplanen und Flugzeugen, an Motoren und selbst an alten Flugplätzen scheint ungebrochen. Mehr als tausend Luftfahrtmuseen gibt es weltweit. Wenn so ein historischer Platz auch noch von sich behaupten kann, Wiege des englischen Motorsports zu sein, sind das Gründe genug, das große Luftfahrt- und Motorsportmuseum in Brooklands in der südenglischen Grafschaft Surrey einmal in Augenschein zu nehmen. Last, but not least bietet es sich an, die paar Meilen hinüber nach Cambridge zu fahren und südlich der alten Universitätsstadt das nicht minder vielversprechende Luftfahrtmuseum von Duxford zu besichtigen.

Zu Besuch in den britischen Luftfahrtmuseen Brooklands und Duxford

Von Hans-Leo Richter

Kleine Flugsimulation mit der Concorde

Das Brooklands Museum im Süden Londons bei Weybridge ist leicht gefunden. Gleich nebenan befindet sich ein großes Präsentations- und Testzentrum der Daimler AG, der riesige, sich drehende Stern ist nicht zu übersehen. Bereits 1907 entstand hier – als erstes automobiles Testfeld Großbritanniens – eine annähernd ovale Rennstrecke mit stark überhöhten Kurven. Bis in die Dreißigerjahre des vergangenen Jahrhunderts fanden hier hochkarätige Rennen und sogar Weltrekordfahrten statt. Doch von Beginn an hat an diesem geschichtsträchtigen Platz vor allem die Luftfahrt ein Zuhause. Noch vor 1910 ließen sich die ersten Aviatiker mit ihren fragilen Wright-Flyern, Blériot-Eindeckern und anderen Flugapparaten hier blicken. Bereits während des Ersten Weltkriegs, im Jahr 1915, eröffnete die neu entstandene Flugzeugfabrik Vickers in Brooklands ihre Produktionsstätten. Weitere Unternehmen siedelten sich an, wie Sopwith (später Hawker), Bristol und die British Aircraft Corporation (BAC). Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden hier die über England hinaus bekannt gewordenen Vickers Valient und die Vickers VC 10, ein vierstrahliges Langstrecken-Verkehrsflugzeug, gebaut. Schließlich entstanden hier auch Rumpfteile, Bug-Sektionen mit dem Flight Deck und die Kabelbäume für die Concorde. Die Länge der Kabelbäume betrug für jedes Exemplar dieses berühmten Überschall-Verkehrsflugzeugs rund 140 Kilometer. So blickt Brooklands heute mit großem Stolz auf eine lange und erfolgreiche Tradition britischen Flugzeugbaus zurück.

Die Concorde ist folglich auch eine der Hauptattraktionen des Museums. Das Exemplar mit der Kennung G-BBDG (Call-sign „Delta Golf“) absolvierte im Februar 1974 seinen Erstflug, der letzte Flug fand am Heiligabend 1981 statt. Erstmals überhaupt wurden mit ihm einhundert Passagiere bei doppelter Schallgeschwindigkeit in rund drei Stunden über den Nordatlantik „geschossen“ – bei einer Geschwindigkeit von knapp 600 Metern pro Sekunde mutet das Verb „transportiert“ hier vielleicht etwas altväterlich an. So schrumpfte die Zeit zum Überwinden der Distanz zwischen „Alter“ und „Neuer“ Welt auf die Dauer eines guten Dinners ...

Im Innern der schmalen Kabine informieren Infotafeln, Grafiken und Fotos über die große Zeit dieses einzigartigen Überschall-Verkehrsflugzeugs. Als Bonbon gibt es für die Besucher sogar so etwas wie einen simulierten Kurzflug. Auf einem Bildschirm erläutert der Flugkapitän die einzelnen Schritte und

Procedures des Fluges, zugleich verspürt der Zuschauer in seinem engen Sitz ein leichtes Rumpeln und Vibrieren, untermalt von dezentem Triebwerkslärm. Vor allem aber suggeriert die große Digitalanzeige an der vorderen Stirnwand der Kabine nach einigen Minuten eine Reisegeschwindigkeit von Mach 2,02 in einer Höhe von 53.500 feet, also in rund 16.500 Meter Höhe. Na also, geht doch noch. Allerdings sollte man sich die schöne Illusion keinesfalls durch einen Blick aus dem winzigen Fenster verderben – denn dann fällt der Blick ja doch nur auf die gleich nebenan geparkte Vickers Viscount – von wegen Mach 2,02 ...

Der große Flugzeughangar beherbergt eine Vielzahl vor allem britischer Luftfahrzeuge. Die Palette reicht von dem zierlichen Jagdeinsitzer Sopwith Camel über die wichtigsten Vertreter aus der Zeit des Zweiten Weltkriegs bis in die – für die englische Luftfahrtindustrie sehr gute – Phase der Fünfziger- und Sechzigerjahre. Hier wie auch im Freigelände kann man sie noch bestaunen, die Zubringer- und Verkehrsflugzeuge von Vickers, de Havilland, Hawker – Namen, die heute kaum jemand mehr kennt, die aber in Luftfahrtkreisen immer noch den besten Klang haben.

Sehenswert ist beispielsweise eine Vickers Varsity, ein zweimotoriges Schulflugzeug aus den späten Vierzigerjahren. Aus dem Rahmen fällt eine BAC 1-11 aus dem Jahr 1965, einer der bis in die Achtzigerjahre populären zweistrahligen Kurzstrecken-Jets, der zu einem Flugversuchsträger umgerüstet worden war. Die Rumpfaufschrift „Fly by Light Control Technology“ zeigt, dass sich – neben dem DLR – auch andernorts Wissenschaftler mit den Möglichkeiten lichtfasergestützter Flugsteuerung beschäftigten. Zahlreiche Control-Panels mit einer großen Anzahl an Analog-Rundinstrumenten in der engen Kabine weisen auf die frühere Nutzung dieses Airliners als Forschungsflugzeug hin – das ehemalige DLR-Forschungsflugzeug ATTAS mit seinem vergleichbaren Einsatzspektrum lässt grüßen ...

Nicht minder interessant sind die historischen Rennfahrzeuge. Da stehen sie fein aufgereiht, die alten Weltrekordwagen von Campbell, wunderschöne hochbeinige Rennwagen aus den Zwanzigern und Dreißigern, Bentleys, Napiers, die herrlichen Morgan-Threewheeler mit ihren freiliegenden, leistungsstarken JAP-Motoren. Dazu auch viele Motorräder aus jenen Pionierzeiten. Selbst ein paar Formel-1-Fahrzeuge aus unseren Tagen fehlen nicht. Ein dunkelroter Cooper Climax, ein Vanwall mit der nicht



Die Concorde ist der unumstrittene Star der Brooklands-Sammlung. Das von 1976 bis 2003 betriebene Überschall-Verkehrsflugzeug führte Form und Funktion zu einer im Flugzeugbau nie wieder erreichten eleganten Symbiose zusammen. Symbolhaft auch der Name der britisch-französischen Gemeinschaftsproduktion: Er bedeutet Eintracht.

enden wollenden langen Frontmotorhaube aus den späten Fünfzigerjahren, aus den Neunzigern dann auch ein McLaren MP4 des legendären Ayrton Senna, ein Jordan und weitere Raritäten.

Den krönenden Abschluss des Museumsrundgangs bietet das London Bus Museum. Hier dominiert das typische Rot der berühmten Londoner Doppeldeckerbusse. Großformatige Wandtafeln, Fotos und Zeichnungen informieren über Geschichte und Technik dieser bis heute vor allem in England so beliebten Transportmittel.

Und bei Duxford dreht die Catalina ein paar Runden

Nördlich an London vorbei erreicht man auf der Autobahn M 11 dann das Luftfahrtmuseum bei Duxford. Diese ebenfalls sehr sehenswerte Einrichtung ist Teil des bekannten Londoner Imperial War Museum und präsentiert hauptsächlich unterschiedlichste Luftfahrzeuge und zahllose Exponate zur Geschichte der britischen Luftfahrt sowie zur Luftschlacht um England aus dem Zweiten Weltkrieg.

Eyecatcher ist auch hier die Concorde. Sie ist nun mal das Paradebeispiel britischer (und französischer) Flugzeugbaukunst, auch nach dem Ende ihrer aktiven Zeit. Das hier gezeigte Exemplar mit der Kennung G – AXDN befand sich nicht im Liniendienst, sondern gehörte zur kleinen Vorserie. In der Kabine sind die Racks mit den zahlreichen Testgeräten und -instrumenten noch vorhanden und dokumentieren etliche flugwissenschaftliche Testmissionen dieses bemerkenswerten Überschall-Flugzeugs.

Von einer Galerie aus hat man einen prächtigen Blick auf die unzähligen, teilweise allerdings auch sehr eng geparkten Flugzeuge. Buchstäblich breiten Raum nehmen die großen strategischen Bomber ein, eine Avro Vulcan (aus der berühmten V-Familie: Avro Vulcan, Vickers Valiant, Handley Page Victor) und die schon deutlich älteren Shackleton und Lancaster. Sowohl militärisch als auch später zivil genutzt wurden die beiden großen viermotorigen Transportflugzeuge Avro York und Handley Page Hastings, die beide aufgrund ihres großen Platzangebots auch eine wichtige Rolle in der Zeit der Berliner Luftbrücke 1948/49 spielten.

Fast ein wenig verloren steht in einer Ecke des Hangars die eindrucksvolle de Havilland Comet aus den Fünfzigerjahren, immerhin das erste westeuropäische Düsenverkehrsflugzeug. Dieses Muster versprach, ein kommerzieller Erfolg zu werden, bevor eine zunächst unerklärliche Unfallserie diese Entwicklung stoppte. Zwar konnten die Unfallursachen in überaus aufwändigen Rekonstruktionen ermittelt werden, und der Hersteller de Havilland überarbeitete diesen großartigen Airliner nochmals,

inzwischen hatten die Amerikaner mit ihrem Langstrecken-Erfolgsmodell Boeing 707 aber entscheidend Boden gutgemacht. Diesen Vorsprung konnte die Comet nicht mehr aufholen. In späteren Jahren wurde sie schließlich zum Langstrecken-Aufklärungsflugzeug Nimrod weiterentwickelt und flog bei der Royal Air Force noch bis 2011.

Die eine oder andere flughistorische Rarität erwartet den Besucher auch in den weiteren Hallen. So parken im nächsten Hangar zahlreiche Flugzeuge aus Kriegszeiten. Allerdings finden hier primär die Restaurierungsarbeiten statt. Für Technik-Freaks ist es schon ungemein spannend, die alten War Birds in mehr oder weniger entblättertem Zustand zu sehen. Da finden sich alte Grumman Wildcat-Trägerflugzeuge, Spitfires, eine atemberaubende Beech Staggerwing – und dort steht doch tatsächlich ein größerer Flieger im hellbeigen Wüsten-Layout, mit deutschem Balkenkreuz. Erstaunlich, dass Flugzeuge wie diese Heinkel He 111, die im Zweiten Weltkrieg unrühmliche Karriere als Standardbomber der deutschen Luftwaffe machte, hier restauriert und ausgestellt werden.

Draußen geht der Blick der Besucher heute immer wieder hinüber zur runway des Flugplatzes, wo eine wunderschöne alte Consolidated Catalina offensichtlich Einweisungs- oder auch Werkstattflüge macht. Immer wieder dreht das große Flugboot eine Platzrunde und kommt dann wieder mit dem herrlichen Donnern der beiden Wasp-Sternmotoren herein. Nicht nur die Catalina, auch eine Reihe weiterer Flugveteranen befinden sich noch in einwandfreiem flugfähigen Zustand und werden bei Flugtagen gern präsentiert.

Interesse weckt schließlich ein von Star-Architekt Sir Norman Foster modern gestalteter Hangar, das American Air Museum. Hier kann der Besucher die größte Sammlung amerikanischer Militärflugzeuge außerhalb der USA aus der Nähe studieren. Bemerkenswert: die riesige, achtstrahlige Boeing B 52 „Stratofortress“, seit Jahrzehnten Rückgrat des strategischen Bomberkommandos der USA, sowie der auch viele Jahre nach seiner Außerdienststellung immer noch futuristisch wirkende, pechschwarze Mehrfach-Überschall-Aufklärer Lockheed SR 71 „Blackbird“.

Einen erfreulich zivilen Eindruck hingegen vermitteln die früheren englischen Verkehrsflugzeuge aus den Fünfziger- und Sechzigerjahren, die sehr plakativ im Freigelände abgestellt sind: unterschiedliche Muster von Vickers, Bristol und de Havilland, hervorragende Airliner, von der Kurzstrecke bis zur Langstrecke. Mit dem Aufkommen der Jet-Airliner Ende der Fünfzigerjahre allerdings verloren diese Flugzeuge ihre Bedeutung. Gleichwie: England kann stolz sein auf dieses bemerkenswerte Kapitel seiner Flugzeugbaugeschichte. ●



Die mit mehr als Mach 3 fliegende Lockheed SR 71 („Blackbird“) in Duxford ist das einzige außerhalb der USA gezeigte Exemplar des ehemaligen US-amerikanischen Überschall-Aufklärungsflugzeugs



Klassischer „Uhrenladen“ vergangener Epochen – der Autor im Cockpit des vierstrahligen Verkehrsflugzeugs Vickers VC 10



Die zahlreichen bodengebundenen Transportmittel im Luftfahrtmuseum Brooklands bilden einen Kontrast zu den Luftfahrzeugen, auch was ihre Farbgebung betrifft ...



Der große Ausstellungshangar in Duxford ist dicht belegt – vorn der Überschallaufklärer BAC TSR 2, dahinter der strategische Bomber Avro Vulcan, links an der Decke eine English Electric Canberra



Eine Legende stand Pate – das Leichtflugzeug Carbon SS Cup, eine modernere und schnellere Version des bewährten Schulflugzeugs Piper Super Cup in Duxford



Weitere Informationen:
brooklandsmuseum.com

Brooklands Museum Trust Ltd
Brooklands Road, Weybridge, Surrey
KT13 0QN
Telefon +44 (0)1932 857381 ext 221
E-Mail info@brooklandsmuseum.com

Öffnungszeiten

Sommer 10–17 Uhr
Winter 10–16 Uhr

Eintrittspreise

Erwachsene	£ 11.00
Schüler/Studenten	£ 10.00
Kinder (5–16)	£ 6.00
Kinder unter 5	kostenlos
Familienticket	£ 30.00

(2 Erwachsene und bis zu 3 Kinder)



Weitere Informationen:
duxford.iwm.org.uk

IWM London

Lambeth Road
London SE1 6HZ
United Kingdom
Telefon +44 (0)20 7416 5000
E-Mail mail@iwm.org.uk

Öffnungszeiten

Täglich geöffnet
Sommer 10–18 Uhr/Letzter Einlass 17 Uhr
Winter 10–16 Uhr/Letzter Einlass 15 Uhr
Geschlossen am 24., 25. und 26. Dezember

Eintrittspreise

Erwachsene	£ 17.50
Kinder (unter 16)	kostenlos

Bild: ESA - S. Corvaja

Was das Astronauten-Korps uns zu sagen hat

Von Gerhard Kowalski

Als der Russe Maxim Surajew, der US-Amerikaner Reid Wiseman und der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst auf einer Pressekonferenz Ende Mai dieses Jahres in Baikonur kurz vor ihrem Start zur Internationalen Raumstation ISS gefragt wurden, wie sie denn ihre Mission vor dem Hintergrund der politischen Spannungen in der Ukraine-Krise sähen, standen sie auf und umarmten einander wortlos. Besser hätten die drei Männer den Geist der exklusivsten Berufsgruppe der Welt nicht demonstrieren können. Denn selbst in der Zeit des Kalten Krieges ging die Zusammenarbeit im All weiter, wie das Sojus-Apollo-Test-Projekt (SATP) von 1975 beweist. Nirgendwo anders ist man so auf engste Kooperation und bedingungsloses Vertrauen angewiesen wie bei der Arbeit im lebensfeindlichen Weltraum. Mit der Aufkündigung der Raumfahrtzusammenarbeit mit den Russen durch die USA Anfang April 2014 (freilich bei wohlbedachter Ausklammerung der ISS) und der darauf folgenden Drohung Moskaus, 2020 vorzeitig aus dem einzigartigen Menschheitsprojekt ISS auszusteigen, hatte die Ukraine-Krise zwar die Raumfahrt, aber eben nicht die Raumfahrer erreicht. Diese bauen auf die Vernunft der Politik, denn sie wissen am besten, wie viel für die gesamte Menschheit auf dem Spiel steht.

Wie es friedlich im All weitergehen könnte und sollte, zeigt die weltweit erste Analyse russischer Wissenschaftler unter dem Titel „Die Gemeinschaft der Kosmonauten: Die Geschichte ihrer Entstehung und Entwicklung im vergangenen halben Jahrhundert. Probleme. Perspektiven.“ Dr. Lidija Iwanowa und Prof. Dr. Sergej Kritschewski vom S. I. Wawilow-Institut der Russischen Akademie der Wissenschaften (RAN) haben in ihrem Werk, das noch vor der Ukraine-Krise entstand, eine Fülle statistischen Materials über die gut 530 Frauen und Männer aus knapp 40 Ländern zusammengetragen, die bisher unsere Erde aus der Distanz betrachten durften. Sie beschreiben die Gemeinschaft der Kosmonauten (wobei das russische Wort für alle Raumfahrer steht) als „neue, einmalige, wichtige soziale Institution“, die große Anerkennung in der Gesellschaft genießt und mit Blick auf künftige bemannte Flüge zum Mond, zum Mars und zu anderen Himmelskörpern immer mehr an Bedeutung gewinnen werde. Um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden, müsse sie deshalb ihre 1985 gegründete private internationale Berufsorganisation Association of Space Explorers (ASE), in der etwa 350 der „geflogenen“ Raumfahrer organisiert sind, auch ihren nicht geflogenen Kollegen und Weltraumtouristen sowie anderen nicht professionellen Raumfahrern öffnen. Darüber hinaus regen die beiden Wissenschaftler die Gründung eines erweiterten Verbands der Berufskosmonauten mit einem speziellen Ethik-Kodex und eines internationalen Raumfahrerkorps unter der Ägide der Vereinten Nationen an.

Besonderes Augenmerk soll dabei übrigens dem Aspekt „Frauen im All“ geschenkt werden, wurden doch zwischen 1960 und 2012 lediglich 90 Frauen aus 12 Ländern als Raumfahrerinnen ausgebildet, von denen nur 62 Prozent wirklich zum Einsatz kamen. Mit 80 Prozent stellten die USA das Gros bei den Raumfahrerinnen. Dass es bisher nur drei Russinnen darunter gibt, wird als großes Manko gewertet. Der Frauenaspekt ist insofern von besonderer Bedeutung, als Iwanowa und Kritschewski das künftige UNO-Raumfahrerkorps auch als „Kern“ eines prophetisch anmutenden Zukunftsprojekts sehen, das sie „kosmische Freiwillige“ nennen. Diese einige die Überzeugung, dass die Menschheit unausweichlich einmal die Erde verlassen muss, weil diese entweder zerstört wird oder nicht mehr allen Platz bietet. Das sei die „Superaufgabe“ der Menschheit und das strategische Ziel der bemannten Raumfahrt.

Nicht von ungefähr wird ja heute schon davon gesprochen, dass die ISS mit ihren fünfzehn Teilnehmerländern quasi eine kleine UNO im Weltraum sei. Diese Idee auszubauen, statt sich in sinnlose politische Querelen hineinziehen zu lassen, ist auch der Wunsch der Frauen und Männer, die dort oben schon über zehn Jahre lang wichtige Arbeit leisten. Denn in der UNO-Sprache sind sie nicht Kosmonauten, Astronauten, Taikonauten, Spationauten oder wie auch immer, sondern Abgesandte der Erde. ●



Bild: privat

Autor:

Gerhard Kowalski ist nach 40 Jahren Arbeit für Nachrichtenagenturen heute freier Raumfahrtjournalist. Er befasst sich vor allem mit der sowjetischen und russischen Raumfahrt und hat zwei Bücher über Juri Gagarin geschrieben.



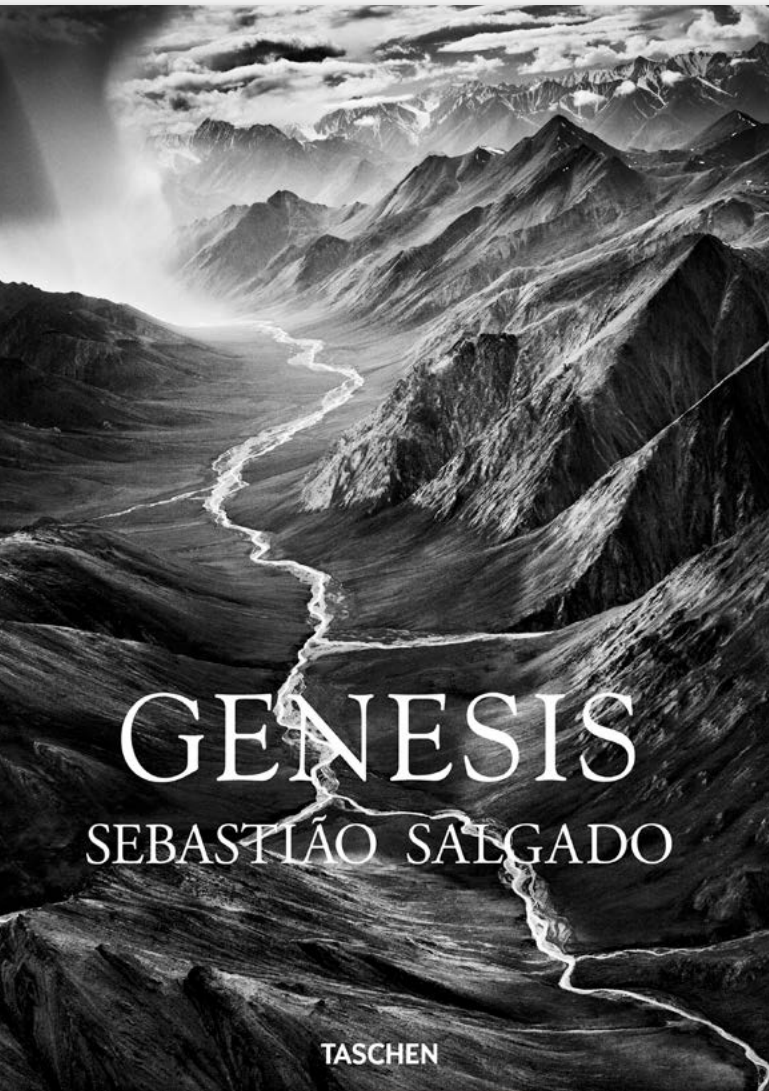
Russischer Titel des Buchs:

„Soobschtschestwo kosmonawtow: Istorija stanowlenija i raswitija sa polweka. Problemy. Perspektiwy“, Verlag URSS, Moskau, 2013, ISBN: 978-5-9710-0645-9

Die beiden Autoren verfügen über persönliche Erfahrungen mit der realen Raumfahrt. Dr. Iwanowa war mehrere Jahre im Kosmonauten-Ausbildungszentrum „Juri Gagarin“ im Sternestädtchen bei Moskau tätig, Prof. Dr. Kritschewski hatte sich von 1989 bis 1998 auf einen Flug mit einem „Sojus-TM“-Raumschiff vorbereitet, ohne jedoch eingesetzt zu werden.

28. Mai 2014: Das Raumschiff Soyuz TMA-13M startet vom Kosmodrom Baikonur in Kasachstan. An Bord sind der russische Kosmonaut Maxim Surajew, der amerikanische Astronaut Reid Wiseman und der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst.

Im Augenblick die Welt



Heiligabend 1968: Apollo 8 tritt aus dem Mondschatten und nähert sich dem Terminator, der Grenze zwischen Tag und Nacht. Die Funkverbindung zur Erde steht wieder. „We are now approaching lunar sunrise ...“. Frank Borman, Jim Lovell und Bill Anders sind die ersten Menschen, die zum Mond geschickt werden. Für den Augenblick, in dem sie zur Erde blicken können, haben sie berühmte Worte gewählt. Sie lesen zehn Verse aus der Genesis. Millionen Menschen auf der Erde sind ergriffen.

45 Jahre später legte der **Taschen-Verlag** einen erschwinglichen Bildband und eine – gleichermaßen den Preiswerte wie sündhaft teure, limitierte – Art Edition mit dem Titel **Genesis** auf. Dieser Titel ist kühn. Höchsten Anspruch verfolgt das zugrunde liegende Projekt des Brasilianers Sebastião Salgado: Der Fotograf reiste mehr als acht Jahre mit Unterstützung der UNESCO zu so gut wie nicht berührten Orten der Erde. Von dort brachte er Bilder mit, die angesichts der Großartigkeit der Erde sprachlos machen – und demütig. Diese Worte sind angemessen; der Rezensent hat selten so beeindruckende Fotos gesehen. „Genesis“ ist eine künstlerische wie verlegerische Großtat – und bescheiden zugleich. „Sein Anspruch ...“, schreibt Salgado im kurzen, und – wie alle Texte – leicht lesbaren Vorwort, sei „... weder wissenschaftlich, journalistisch, noch anthropologisch“. Die Bilder entfalten eine eigene Qualität; Worte können diese Kunst nur umschreiben. Ein Beispiel: Die Wahl des Titel- und des Rücktitelbildes ist bei Bildbänden entscheidend. Im Idealfall klingt in ihnen das Gesamtwerk an. Wer das Titel- und das Rücktitelbild von „Genesis“ betrachtet, dürfte sich in die Zeitlosigkeit eines Augenblicks verlieren. Es bleibt Geheimnis dieses Künstlers, wie er den Moment festhält und gleichzeitig der Szene ihre inhaltliche Dynamik belässt.

Beeindrucken seine Ansichten von der Natur, so schafft er Großes beim Menschen. Kann man Menschen besser fotografieren? Blickt man in ihre Augen, vermeint man, bei der Aufnahme seien Fotograf und Kamera nicht anwesend gewesen. Womöglich erklärt sich diese Wirkung auch dadurch, dass Salgado in Schwarzweiß fotografiert. Schwarzweiß bringt das Wesentliche eines Motivs auf den Punkt. Unterstützt wird diese Faszination durch eine exzellente Buchproduktion: Gedruckt wurde im NovaTon-Verfahren, also mit hoch pigmentierten Farben (s/w/silber), bei Editoriale Bortolazzi STEI, Verona, und Passavia, Passau. Kontrast und Durchzeichnung erinnern an Tiefdruck. Die Herstellung des Verlags hat Meisterliches geleistet, sieht man von Flüchtigkeiten einmal ab, die heutiger Computerblocksatz zuweilen mit sich bringt.

Die Anfänge der Raumfahrt liegen lange zurück; Astronauten und Kosmonauten berichten seit Beginn von der Schönheit, aber auch von der Verletzlichkeit der Welt. Was sie meinen, zeigt Salgado in einem Augenblick. Die Genesis ist schlicht. Unglaublich.

Peter Zarth



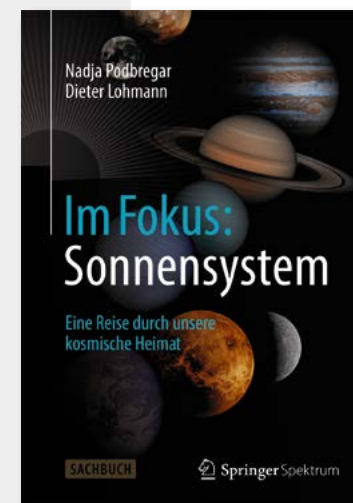
Die Ankunft der Stille

Auf ihre Reise in die Weite des Universums wurden den Voyager-Sonden „Golden Records“ mitgegeben, vergoldete Kupferplatten, auf denen die Quintessenz menschlicher Kultur eingraviert worden ist. Von Beginn an ist Raumfahrt Anregerin für Kulturleistungen; Raumfahrt selbst wird schon lange (auch) als Kulturleistung begriffen. Eine wunderbare, ernsthaft und urkomische Annäherung beider findet sich in **The Moon Tapes** von Stephan Krass (Text) und Ulrike Haage (Komposition). Ernsthaft, weil das Thema nämlich auch die Schaffung der Welt aus dem Gesang der Stille genannt werden könnte. Urkomisch, weil zwei Eukalyptusbonbons lutschende Koalabären in eine Umlaufbahn geschickt und dort vergessen werden. 40 Jahre lang nehmen sie den Gesang der Gestirne auf. Als „Moon Tapes“ schicken sie ihn zur Erde. Bevor die Kapsel geöffnet werden kann, muss ein Moment vollkommener Stille ... eintreten. Im Orbit lauschten die Koalanauten zuvor irdischen Gesängen (mit fast überirdischer Schönheit gesungen vom Vokalensemble des SWR), welche im Stil des antiken Chores die Zweifelnden, die Sinnsuchenden und den Vermittelnden zwischen beiden repräsentieren. In den Gesängen vermutet man die „Moon Tapes“; tatsächlich sind sie aber nur das „Lied von der Ankunft einer Raumkapsel“. Die Komponistin über ihr Werk: „Ich hatte auf Partitурpapier eine Idee gekritzelt – für die Ouvertüre die Gesänge eines Chores, die durch das All irren und von zwei Koalabären in ihrer alten Kapsel aufgefangen werden, und mir vorgestellt, wie Armstrong beim Sprung auf den Mondboden mit seinen Boots darauf tritt“. Ach, könnte man doch diese „Moon Tapes“ Voyager noch mitgeben, damit im Sternbild des Schlangenträgers solch ein Klangzauber ertönte ...



Download unter
bit.ly/1vlpwxY

za.



Das Sonnensystem im Taschenbuchformat

Bücher, die den Leser mit auf eine Reise zu den Himmelskörpern nehmen wollen, sind meist großformatig und punkten mit doppelseitigen Bildern. **Im Fokus: Sonnensystem. Eine Reise durch unsere kosmische Heimat (Springer Spektrum)** geht einen anderen Weg: Auf 270 Seiten zoomen Nadja Podbregar und Dieter Lohmann die Reise auf Taschenbuchformat und verwenden teilweise sehr kleinformatige, farbige Aufnahmen. Bei allem Reiz großer, prächtiger Bildbände – das kleine Format und die große Textlastigkeit sind in diesem Fall kein Manko. In 14 Kapiteln stellt das Taschenbuch die Protagonisten unseres Sonnensystems vor, beginnt mit der Geburt aus Feuer und Staub und endet beim „eisigen Außenseiter“ Pluto. Für die Erde bleiben dabei gerade einmal zehn Seiten, 18 Seiten für den Saturn und immerhin 22 Seiten für die Monde des Jupiter, den „Hofstaat des Gasriesen“. Doch man sollte sich nicht täuschen und etwa vermuten, damit sei der Inhalt der einzelnen Kapitel dürrig: Zum einen hat Autorin Nadja Podbregar sich auf sinnvolle Schwerpunkte, wie die Habitabilität der Erde, beschränkt, zum anderen gibt es auf jeder Seite dichtgedrängt Fakten, Theorien und Zitate von Wissenschaftlern.

Die Autoren schreiben im normalen Alltag für die Online-Seiten von Scinexx.de und Bild der Wissenschaft und sind es somit gewohnt, Wissenschaftsthemen für eine interessierte, aber nicht zwingend als Fachpublikum geltende Leserschaft aufzubereiten. Das alles liest sich daher angenehm, auch wenn die Konzentration keinen Moment lang nachlassen sollte. Und ein wenig sollte man auch schon im Thema sein. Ansonsten könnten einige nur kurz angerissene Theorien oder Erklärungen dann doch zu oberflächlich oder auch unverständlich ankommen.

Gegliedert sind das Buch und seine Kapitel in kleinere Unterkapitel, die sich jeweils einen Teilaspekt vornehmen. Die kleinen „Häppchen“ ermöglichen es, die vielen Informationen auch mal ein wenig sacken zu lassen, bevor es weiter durch das Sonnensystem geht.

Manuela Braun

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, Falk Dambowsky, Dorothee Bürkle,
Melanie-Konstanze Wiese, Jens Wucherpfennig
sowie Peter Zarth

Redaktionsschluss: 20. August 2014

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



Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH,
87437 Kempten

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

ISSN 2190-0094

Onlinebestellung:
DLR.de/magazin-abo



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

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.

