



Wasserglas im freien Fall

Jubiläum dreier DLR_School_Labs

Familienbetrieb mit Zündkraft – Reportage vom MAPHEUS 4-Start

Standhaft in Turbulenzen – Dr. Frank Holzäpfel im Porträt

DLR magazin 139



26

Familienbetrieb mit Zündkraft

Mitten durch die hartnäckigen Mückenschwärme am schwedischen Raketenstartplatz Esrange wird der Motor für die Höhenforschungsrakete MAPHEUS-4 zur Startrampe gerollt. Wenn das Team der Mobilen Raketenbasis MORABA die Experimente der Wissenschaftler in die Höhe befördert, kommt Zündstoff ins Spiel. Für diese Kampagne, bei der zwei materialphysikalische Experimente bis in 154 Kilometer Höhe fliegen, bereiten die Techniker und Ingenieure unter anderem den Raketenmotor vor, entwickeln und bauen ein Bergungssystem und montieren die Nutzlastelemente zusammen. Schließlich ist es so weit: Die Höhenforschungsrakete hängt an der Startrampe, der Zünder ist scharfgestellt und im Kontrollraum steigt von Minute zu Minute die Anspannung. Für einen der insgesamt fast 500 Raketenstarts der MORABA in den vergangenen 46 Jahren beginnt der Countdown.

Editorial 3

Grußwort
Zum Tag der Luft- und Raumfahrt 4

EinBlick 6

Leitartikel
Forschung und die Frage von Aufwand und Nutzen 8

Meldungen 10

Experimentieren im Sturzflug
An Bord des Parabelfliegers Zero-G erlebt 14



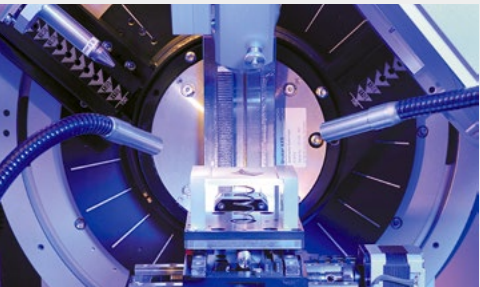
Kleiner Allrounder ganz groß
Der Gyrokopter erobert die Lüfte 18

Auf „heiliger“ Mission
Vermessung neuer Segelflugzeugtypen 20



Reportage
Familienbetrieb mit Zündkraft 26

Batterie oder Brennstoffzelle ?
Eine Bestandsaufnahme 32



Bitte wechseln Sie jetzt
MoSAIC: Forschung an Assistenzsystemen 36

Bildnachricht
Zum Schwingen gezwungen: der A350 XWB 38

Regionalmeldungen 40

Wasserglas im freien Fall und Strom
aus der Grätzelzelle
Jubiläumsjahr für drei DLR_School_Labs 42



Porträt
Dr. Frank Holzäpfel: Standhaft in Turbulenzen 48



In Museen gesehen
Zwischen Möwen und Windmühlen 52



Rezensionen 56



Liebe Leserinnen und Leser,

wir glauben an Kinder. Das sind nicht nur die Worte einer werdenden Mutter. Das ist auch das Credo in einer Forschungseinrichtung, die Tag für Tag an der Zukunft unserer Gesellschaft arbeitet. Zweifellos, Kinder sind unsere Zukunft – insofern müssen wir in beides viel Zeit, Herz und Verstand stecken.

Vor mehr als zehn Jahren ist das DLR einen wichtigen Schritt in diese Richtung gegangen und hat das erste Schülerlabor eingerichtet. Eine geniale Idee und die gnadenlose Hartnäckigkeit einer DLR-Mitarbeiterin führten dazu, dass in Göttingen das erste DLR_School_Lab eröffnet wurde. Bis heute betreiben wir 12 dieser außerschulischen Lernorte über Deutschland verteilt und der „Run“ lässt nicht nach. Forschen wie die Großen. Ergebnissen entgegenfiebert, nicht nur sture Theorie vermittelt bekommen, sondern selber ausprobieren. Heute sind die Schülerlabore beliebter als je zuvor. Den Erfolg konnte man damals nur erahnen, insofern war es nicht ganz einfach, die Finanzierung langfristig zu sichern. Heute stellt sich diese Frage zum Glück nicht mehr, denn der Nutzen ist erkannt. Wenn nur zwei aus jeder Klasse, die jemals ein DLR_School_Lab besucht haben, danach ein naturwissenschaftliches oder mathematisches Studium einschlagen, sind wir stolz.

Aber auch mit neuen Forschungsansätzen, anspruchsvollen Gemeinschaftsprojekten und Technologiebetrachtungen tragen wir aktiv zur Weiterentwicklung unserer auf Wissen basierenden Gesellschaft bei. Welche Technologie macht das Rennen in der Elektromobilität, das Brennstoffzellenauto oder das batteriebetriebene Auto? Ebenso spannend: die Frage nach den Flugeigenschaften des neuen Mittelstreckenflugzeugs A350. Das DLR testet den Flieger auf Herz und Nieren und ermittelt, ob die Flugeigenschaften halten, was Entwickler und Hersteller versprechen. Selbst die Segelfliegerei wird im DLR wissenschaftlich präzise betrieben: Mit unserem nagelneuen Messsegelflugzeug testen die Strömungsforscher, Aerodynamiker und Flugexperten von morgen ihre Entwicklungen.

Wissen für morgen leibhaftig erleben lässt sich am Tag der Luft- und Raumfahrt im DLR Köln am 22. September 2013. Und nicht umsonst konzentrieren wir uns auch hier auf Kinder und Jugendliche. Wie schon vor zwei Jahren sind sie für uns ganz wichtige Gäste, unsere VIPs. Die Anzahl der Führungen speziell für sie haben wir erhöht, ebenso die Anzahl der Betreuer. Geführte Touren, kein Schlangestehen und Wissenschaftler, die sich nur für die Kids Zeit nehmen und alles erklären, was sie wissen wollen. Wir machen den Weg frei für die kleinen Forscherinnen und Entdecker und hoffen auf viele neugierige Gäste, ein Garant für unsere Zukunft.

Sabine Hoffmann
Leiterin DLR-Kommunikation

Bild: ESA



Die europäische Trägerrakete Ariane 5 – Symbol für den Erfolg wissenschaftlich-technischer Forschung in einem vereinten Europa

Grußwort zum Tag der Luft- und Raumfahrt 2013

Von Angela Merkel

Deutschland ist als Land der Ideen reich an Orten, an denen Neugier und Kreativität, Wissen und Können gut zusammenwirken können. Ein solcher Ort ist fraglos das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Dieses Zentrum entwickelt über interdisziplinäre Verbindungen von Luft- und Raumfahrt sowie Energie- und Verkehrsforschung neue Perspektiven für die Mobilität von morgen, die Sicherheitsbedürfnissen ebenso entspricht wie hohen Ansprüchen bei Ressourceneffizienz und Umweltschutz.

Dank solcher Orte der Innovation gehört Deutschland zur internationalen Spitzengruppe der Forschungsstandorte – und das soll auch so bleiben. Deshalb legen wir in unserer Arbeit einen besonderen Schwerpunkt auf Bildung und Forschung und bündeln mit unserer Hightech-Strategie die Kräfte in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft.

Um unsere Innovationsfähigkeit auch in Zukunft zu bewahren und damit Wohlstand zu sichern, ist es wichtig, immer wieder junge Menschen für mathematisch-naturwissenschaftliche, technische und ingenieurwissenschaftliche Fächer zu begeistern. Auch deshalb freut es mich sehr, dass das DLR wieder seine Pforten öffnet, um Einblicke in die spannende Welt seiner vielfältigen Aufgabenfelder zu gewähren.

Die Luft- und Raumfahrt begleiten seit jeher Zukunftsträume. Vieles, was zunächst utopisch zu sein schien, nahm dank exzellenter Spitzenforschung Form und Gestalt an. Fortschritt – das ist die Profession des DLR. Daher lade ich alle ein, die Chance zu nutzen, die der Tag der Luft- und Raumfahrt bietet, um einen Blick in die Zukunft zu werfen. ●

Angela Merkel



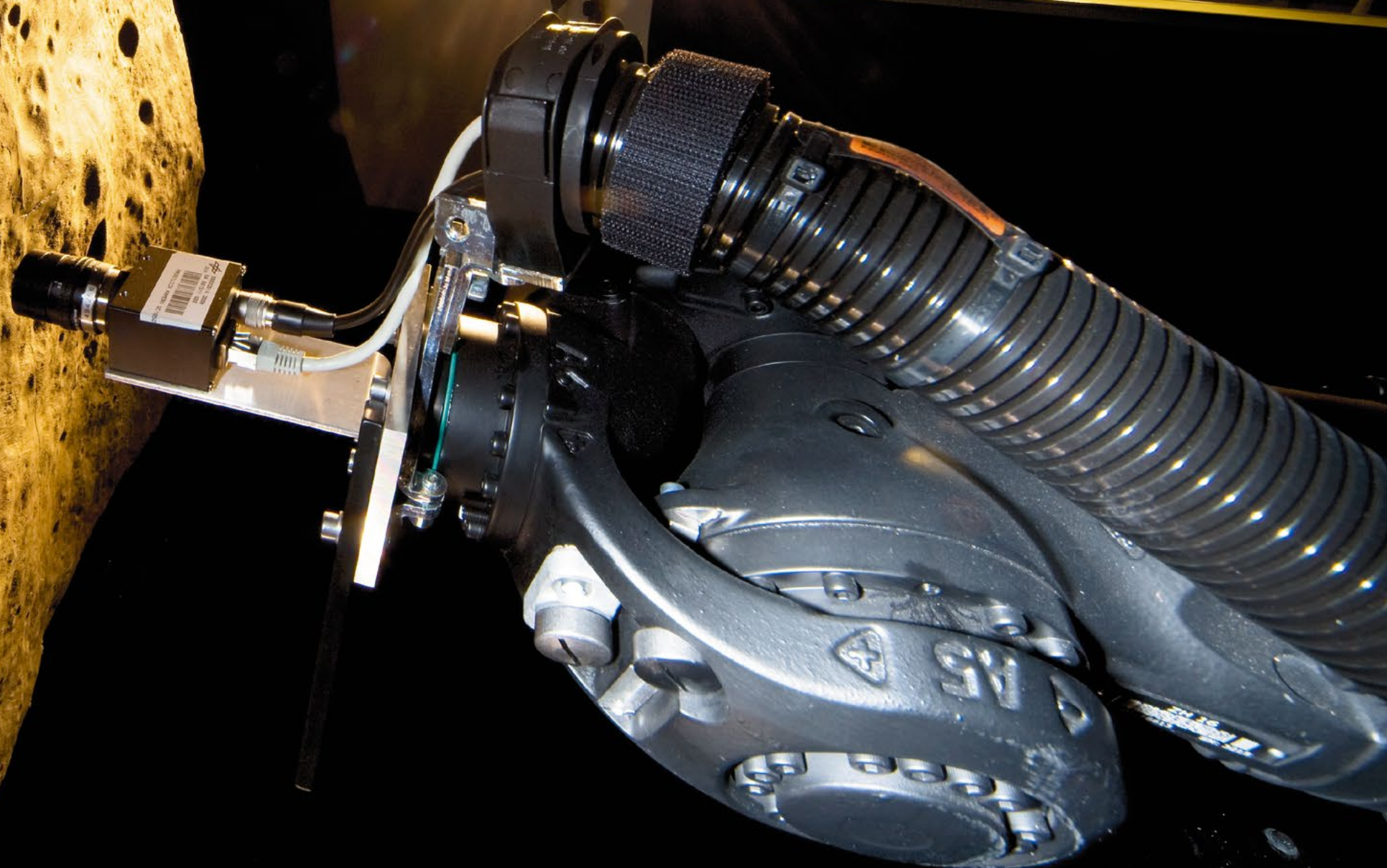
Angela Merkel, Bundeskanzlerin der Bundesrepublik Deutschland

EinBlick

Einsame Suche nach einem Landeplatz

Näher und näher kommt der Mond. Statt menschlicher Augen hält eine Kamera Ausschau nach markanten Punkten für die Orientierung und nach einem sicheren Ort für die Landung. Aus dem, was sie sieht, muss ihre Software selbstständig die richtigen Schlüsse ziehen. Zu lang ist der Weg des Funksignals zur Erde und zurück. Lange bevor ein Raumschiff sich einem Himmelskörper nähert, wird der Landeanflug im Labor nachgestellt. Ein maßstabgetreues dreidimensionales Bild vom Mond übernimmt hier die Rolle des anvisierten Ziels der Explorationsmission, ein Scheinwerfer stellt die Sonne nach, sodass Schatten realitätsnah abgebildet werden können. Die Hauptrolle gebührt der Kamera. Sie und ihre Software müssen herausfinden, wo genau sich das Raumschiff befindet und wo es landen kann. Nur im Hintergrund agiert Hans Krüger, Leiter des Labors TRON, der Testumgebung für robotische optische Navigation im Institut für Raumfahrtssysteme des DLR in Bremen.

DLR.de/IRS





... lohnt sich das?

Forschung und die Frage von Aufwand und Nutzen

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



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

[DLR.de/blogs/janwoerner](https://www.dlr.de/blogs/janwoerner)

Die Frage nach dem „Return of Investment“, also dem Nutzen zur Verfügung gestellten Geldes, ist längst nicht mehr nur auf den reinen Buchhaltungsbereich von Industrieunternehmen beschränkt. Sie wird mittlerweile in vielen Bereichen des Lebens gestellt. Und es wird versucht, Investitionsentscheidungen unter das Diktat des Nutzens zu stellen. Die Frage nach dem „sich lohnen“ scheint dann besonders gerechtfertigt, wenn es um die Verwendung öffentlicher Mittel geht. Dann werden „zentrale“ Maßstäbe angelegt, die den Nutzen „erfassen“ und ihn mit dem Aufwand in Verbindung bringen.

Dieses Vorgehen ist nicht neu. Schon Kolumbus argumentierte, wie viele andere Entdecker auch, mit dem Nutzen, als er für seine Expeditionen Mittel einwarb. Viele Beispiele in der Forschung zeigen, dass die gewünschte Verbindung „Einsatz – Return“ häufig erst nach einer längeren Zeitspanne belegbar ist. Von Faraday, der entdeckte, dass Elektrizität durch Induktion erzeugt werden kann, stammt das Zitat „Ich weiß nicht, für was das einmal gut sein wird. Aber ich weiß, dass sie Steuern darauf nehmen werden.“ Und auch die bahnbrechenden, theoretischen Grundlagenarbeiten von Albert Einstein zur Relativität entwickelten erst viele Jahrzehnte später ihre praktische Wirkung, so bei der Satellitenortung, wo das Nichtberücksichtigen der Abhängigkeit der Zeit von Geschwindigkeit und Schwerkraft zu nicht akzeptierbaren Ortungsfehlern führen würde. Und als die Forscher die Venus genauer untersuchten (warum eigentlich, mag der strenge Pragmatiker einwenden, wir haben doch genug Probleme auf der Erde), fanden sie den Treibhauseffekt. Später entdeckte man ein ähnliches Phänomen auf der Erde. Was wissen wir heute über die eventuellen Konsequenzen der Erkenntnisse zur Dunklen Materie oder Dunklen Energie, die gemeinsam 96 Prozent unseres Universums ausmachen?

Ziel und Zweck dieser Ausführungen ist es, auf die Notwendigkeit eines breiten Verständnisses von Forschung hinzuweisen: Von der Grundlagenforschung, über angewandte Forschung bis hin zur Produktentwicklung ist es manchmal ein weiter und aufwändiger Weg, aber es lohnt sich, ihn zu begehen. Im DLR versuchen wir, die Innovationskette von der Invention bis zur Innovation, von der ersten Idee also bis zu einer bahnbrechenden Neuerung, möglichst nahtlos zu verfolgen. Dabei kooperieren wir auch mit Partnern, zum Beispiel um Ideen bis zum Produkt zu entwickeln oder Technologien aus einem unserer Forschungsbereiche – Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit – in ganz andere Anwendungsfelder (zum Beispiel Landwirtschaft, Medizin) zu transportieren.

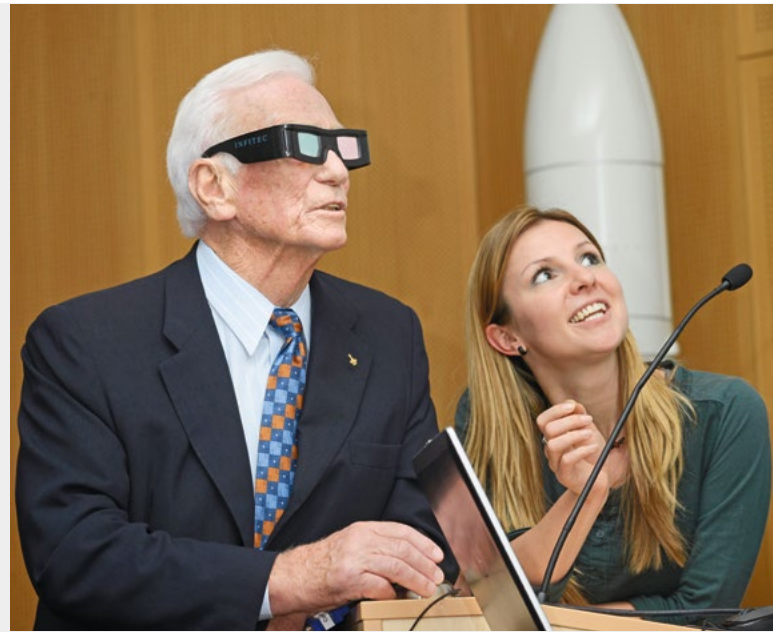
Forschung hat aber auch noch ein weiteres Plus: Sie begeistert Menschen, sich für etwas einzusetzen. Das Apollo-Mondprogramm hat den wissenschaftlichen Aktivitäten in den USA enormen Schub gegeben und insbesondere junge Menschen fasziniert und motiviert.

Mit dem Tag der Luft- und Raumfahrt wollen wir gemeinsam mit unseren Partnern jedermann und jederfrau und besonders auch jungen Leuten beispielhaft zeigen, welche Errungenschaften wir schon heute vorzuweisen haben. Nur dort in Forschung zu investieren, wo der Nutzen im Voraus gebucht werden kann, lohnt sich langfristig nicht. ●

Meldungen

Auf dem Mond zu landen, ist nicht schwer – auf dem Mars dagegen sehr

Selbst ein erfahrener Astronaut tut sich auf neuem Terrain bisweilen schwer: Diese Erfahrung machte Captain Eugene A. Cernan (Kommandant der NASA-Mission Apollo 17 und 1972 der bis dato letzte Mensch auf dem Mond) beim 3-D-Flug durch die Schluchten des Mars. Cernan besuchte im Frühsommer 2013 das DLR Berlin. Dank der freundlichen Assistenz von Dr. Daniela Tirsch vom DLR-Institut für Planetenforschung hatte er dann doch noch Spaß am virtuellen Marsflug. „Die erste Landung auf dem Mars überlasse ich lieber einem von diesen hochmotivierten Youngsters hier,“ sagte der 79-jährige „Gene“ Cernan anschließend. Spannend erzählte er von seinen Raumflügen mit Gemini IX, Apollo 10 und Apollo 17 und stellte in bewegenden Worten dar, für wie wichtig er es hält, ehrgeizige Ziele in der Raumfahrt anzustreben. In ihm – daran gab es keinen Zweifel – brennt das Feuer noch lichterloh. Cernan übergab bei seinem Aufenthalt einen Mondstein an das Technikmuseum Speyer; die Leihgabe war durch NASA-Kontakte der DLR-Planetenforscher vermittelt worden.



Astronaut Eugene A. Cernan im DLR Berlin

DLR.de/PF



Luftfahrthistorisches, das begeistert

Gute Ideen leben einfach länger – das gilt auch für Flugmotoren. Freunde historischer Luftfahrtgeräte haben schon immer den kleinen, zuverlässigen Anzani-Motor bewundert, der Louis Blériot im Sommer 1909 in seinem fragilen Eindecker erstmals über den Ärmelkanal trug. Es war dies ein Dreizylinder in W-Bauweise, er schnurrte zuverlässig mit knapp 1.200 Umdrehungen pro Minute (U/min) und hatte eine Leistung von 25 Pferdestärken (PS). – Offenbar genug, um den Blériot-Eindecker auch erfolgreich über die Klippen von Dover zu hieven.

Auf der diesjährigen AERO Friedrichshafen, der inzwischen bestens etablierten Messe für die Allgemeine Luftfahrt, präsentierte die ungarische Pioneer Aviator Company eine voll funktionsfähige Replika dieses kleinen Flugmotors. Er leistet bei jetzt knapp 1.500 U/min ebenfalls 25 PS und wiegt 65 Kilogramm.

Der Anzani-Motor – ein Stück Technikgeschichte

pioneeraviator.com



Neuer Anlauf für das Junkers F 13-Projekt

Nach längerer Verzögerung nimmt das Projekt eines Neuaufbaus einer fliegenden Junkers F 13 wieder Fahrt auf. In einer Gemeinschaftsproduktion der schweizerischen Ju Air, des Vereins der Freunde historischer Luftfahrzeuge (VFL), und der Firma Rimowa beginnen im schwäbischen Oberndorf/Neckar die Arbeiten zur Rekonstruktion einer flugfähigen Junkers F 13, welche 1919 als erstes Ganzmetall-Verkehrsflugzeug in die Geschichte der zivilen Luftfahrt einging.

Zunächst stehen der Aufbau der Tragflügel sowie weiterer struktureller Basiselemente auf dem Arbeitsplan. Alle behördlichen Auflagen sind mittlerweile erfüllt, sodass die F 13 – unter schweizerischer Zulassung – Anfang 2015 erstmals zum Start rollen kann. Die Junkers F 13 entsteht bei der Kaelin Aircraftstructure GmbH; diese war bereits an der Restaurierung der „Breitling“-Super Constellation maßgeblich beteiligt.

Junkers.de



Die kanadische Junkers F 13 „City of Prince George“ ist das Vorbild für die Rekonstruktion eines flugfähigen Exemplars dieses Typs. Das DLR-Magazin 129 vom April 2011 hatte über die ersten Schritte zur Umsetzung dieses Vorhabens berichtet.

Augsburg: Einzigartige Forschungseinrichtung für Leichtbau nahm ihren Betrieb auf

Leichtbau gehört zu den wichtigsten Zukunftstechnologien im Flugzeug-, Fahrzeug- und Maschinenbau. Gemeinsam mit Kollegen der Fraunhofer-Gesellschaft arbeiten DLR-Wissenschaftler an automatisierten Fertigungsverfahren für carbonfaserverstärkten Kunststoff (CFK), die sich für Großserien eignen. Dafür wurde in Augsburg im Mai 2013 das Zentrum für Leichtbauproduktionstechnologien (ZLP) in Betrieb genommen.

Bei Flugzeugen und Rennwagen der Formel 1 wird bereits ein Großteil der Bauteile aus CFK gefertigt, bislang allerdings aufwändig per Hand. CFK-Bauteile wiegen nur etwa halb so viel wie vergleichbare aus Stahl, sind aber genauso fest, crashsicher und rosten nicht. Ziel der DLR-Forschung im ZLP ist es, erstmals einen durchgängigen Produktionsprozess für CFK-Bauteile zu entwickeln. In ihm spielen Robotersysteme eine wichtige Rolle. Mit ihnen sollen die Produktionskosten gesenkt und die Produktivität und Qualität der Fertigung gesteigert werden.

Das ZLP in Augsburg ist mit einigen besonderen Forschungsanlagen ausgestattet und damit in Europa einmalig. Herzstück ist ein Roboter mit Legekopf: Er greift die mit Harz ummantelten Carbonfasern und legt sie auf dem Werkzeug ab. Anschließend werden die Fasern ausgehärtet. Dieses automatisierte Verfahren eignet sich für Großserien und liefert gleichbleibend hohe Qualität. Dabei wird kein Verschnitt produziert.

s.DLR.de/7790



Der Roboter mit Legekopf verfügt über eine besonders große Reichweite zum Greifen und Ablegen der Thermoplast-Zuschnitte

Erfolgreiche Flugversuche mit Hubschrauberaußenlasten

Im Rahmen des Projekts HALAS (Hubschrauber-Außenlast-Assistenzsystem) ist es Braunschweiger Forschern gelungen, mit Hilfe eines kleinen Sensors die Pendelbewegung einer Außenlast präzise zu messen. In Zusammenarbeit mit der Firma iMAR Navigation GmbH führten sie über mehrere Wochen Flugversuche durch.

Das Prinzip: Der von iMAR Navigation GmbH entwickelte Sensor erfasst die Bewegungen der Lasten in Relation zum Hubschrauber und sendet die Ergebnisse ins Innere des Hubschraubers. Auf Basis der Informationen des Sensors greift das Experimentalsystem dann gegebenenfalls in die Steuerung des Hubschraubers ein, um dessen Flugbewegungen zu kontrollieren und die Pendelbewegung der Last erst zu dämpfen und die Last dann neu in Position zu bringen.

Die HALAS-Sensorik wird ihren Nutzen in Zukunft sowohl beim Transport von Gegenständen als auch bei der Rettung von Personen finden. Eine weitere Kampagne zur Demonstration der automatischen Außenlaststabilisierung im Flug ist für Ende 2013 geplant.

s.DLR.de/navn



Der DLR-Forschungshubschrauber EC-135 ACT/FHS (Active Control Technology/Flying Helicopter Simulator) bei einem Flugversuch mit Außenlast an der Rettungswinde

Roboter bereichern das Leben in der Isolation

Im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagements hat die Universität Bielefeld das Projekt SoziRob zur Mensch-Maschine-Interaktion durchgeführt. In zwei Kampagnen wurden dabei acht Probanden für drei Wochen in den Isolationsräumen des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln von der Außenwelt abgeschirmt. Dabei sollten Mensch und Roboter auf die Probe gestellt werden. Während der ersten Kampagne mussten sich die Teilnehmer ohne Roboter zu Spiel und Sport motivieren. Bei der zweiten hingegen hatten sie Unterstützung von zwei Robotern. Zum einen vom sprechenden Roboterkopf Flobi, der täglich einige Partien Memory mit den Isolierten spielte. Flobi konnte mimisch auf den Probanden reagieren und bewegte Augen, Brauen, Lider oder Lippen. Zum anderen gab es den 60 Zentimeter hohen Nao, der täglich eine Stunde Spinning auf dem Indoor-Fahrrad der Studienteilnehmer leitete. Er erteilte ihnen Übungsanweisungen und zeigte den Takt für die Geschwindigkeit an.

Es stellte sich heraus, dass sowohl Flobi als auch Nao ihren Job gut machten. Mit Flobi haben die Teilnehmer viel länger Memory gespielt als mit den anderen Isolierten. Auch Nao wurde von den Teilnehmern akzeptiert und hat sogar für eine leichte Leistungsverbesserung auf dem Rad gesorgt. Trotz der mentalen Belastung haben sich Mensch und Maschine gut vertragen. Die Leistungen verbesserten sich leicht und der Gemütszustand der Probanden war weniger schwankend als ohne Roboter. Flobi und Nao haben bewiesen, dass die Interaktion zwischen Roboter und Mensch im Weltraum eine Bereicherung ist.



Roboterkopf Flobi spielt mit einem Probanden der Studie Memory

s.DLR.de/fk5q



Solarforscher des DLR unterstützen Marokko mit Konzepten



Parabolrinnen-Anlage auf der Plataforma Solar in Almería, Spanien

Seit diesem Jahr laufen in Ouarzazate, Marokko, die Bauarbeiten für das erste Solar-Kraftwerk im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen dem DLR und der marokkanischen Solarenergie-Agentur Masen (Moroccan Agency for Solar Energy). Das Parabolrinnen-Kraftwerk soll bis 2015 um ein Solarturm- und ein Fotovoltaik-Kraftwerk ergänzt werden, um die Leistung von 160 auf 500 Megawatt zu steigern.

Das DLR-Institut für Solarforschung entwickelt nun ein Konzept für ein Testzentrum, was ebenfalls in Ouarzazate gebaut werden könnte. Erforscht werden sollen effiziente und kostengünstige Solar-Kraftwerke zur Stromversorgung und Entsalzungsanlagen. Langzeitziel ist es, eine wettbewerbsfähige Solarindustrie in Marokko aufzubauen. Bis 2020 sollen Kraftwerke mit einer Leistung von 2.000 Megawatt errichtet werden.

Die aus Solar-Kraftwerken gewonnene Wärmeenergie hat den Vorteil, dass sie viel leichter speicherbar ist als andere erneuerbare Energien. Sonnen-Kraftwerke können rund um die Uhr laufen. Sie liefern dank spezieller Speichertechnologien noch Energie, wenn die Sonne schon untergegangen und der Verbrauch besonders hoch ist.

s.DLR.de/5n48



Alphasat I-XL: Europas größter Kommunikationssatellit

Seit dem 25. Juli 2013 umrundet der bislang größte ESA-Kommunikationssatellit Alphasat I-XL die Erde. Er wird in Public-Private-Partnership (PPP) zwischen der ESA und Inmarsat, einer globalen Betreiberfirma für mobile Satellitenkommunikationsdienste, betrieben. Dieser öffentlich-privaten Partnerschaft verdankt der Satellit auch das „I“ (für Inmarsat) in seinem Namen. Das Alphasat-Entwicklungsprojekt im Rahmen des ESA-Satellitenprogramms (ARTES 8), an dem sich Deutschland über das DLR Raumfahrtmanagement beteiligt, verfolgt mehrere Ziele.

Neben der kommerziellen Nutzlast bietet Alphasat I-XL zusätzlichen Platz für Technologien, die erstmals im geostationären Orbit getestet werden. Von den vier Nutzlasten, die zu Demonstrationszwecken mitfliegen, kommen zwei aus Deutschland: Ein Sternsensor der Firma Jena Optronik liefert hochgenaue Bahn- und Lageinformationen und unterstützt damit auch die präzise Ausrichtung des ebenfalls aus Deutschland stammenden optischen Laser-Kommunikationsterminals (LCT). Mit dem modifizierten LCT stößt Alphasat I-XL das Tor zum europäischen EDRS (European Data Relay System) auf, einer Datenautobahn im All, bei der Informationen zwischen den Satelliten rund um die Uhr ausgetauscht werden können.

s.DLR.de/5sfq



Falcon auf der Spur des Saharastaubs

Welchen Effekt Wüstenstaub auf die Bewölkung und das Wetter hat, stellt eine der größten Unsicherheiten in Klimaprognosen dar. DLR-Wissenschaftler führten deshalb auf den Kapverden und in der Karibik Messungen mit dem Forschungsflugzeug Falcon durch. Offen ist zum Beispiel die Frage, wie sich die Größenverteilung der Staubpartikel während des Transports über den Atlantik in die Karibik ändert und welchen Einfluss der Wüstenstaub auf die Strahlungsbilanz der Erde hat. Wie viele große Staubpartikel gehen während des Transports über den Atlantik verloren? Wie interagiert der Wüstenstaub mit Wolken? Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Saharastaub über dem Atlantik und der Entstehung von Hurrikänen? Wie gut lässt sich Saharastaub mit den vorhandenen Satelliten messen? Diesen Fragen wird im DLR-Institut für Physik der Atmosphäre mit dem Projekt SALTRACE (Saharan Aerosol Long-range Transport and Aerosol-Cloud-Interaction Experiment) auf den Grund gegangen.

s.DLR.de/8n24



Mit dem DLR-Forschungsflugzeug Falcon kann man die Staub- und Waldbrand-Aerosolschichten auf den Kapverden nicht nur erkennen, sondern dank spezieller Instrumente auch messen

PER MAUSKlick DURCH DIE GALAXIS



eyes.nasa.gov/

Sterne- und Planetenkonstellationen im Zeitraum von 1950 bis 2050 auf die Sekunde genau

aufrufen? Alle vergangenen, aktuellen und zukünftigen Weltraummissionen am Bildschirm beobachten und ganz nebenbei Infos zu Planeten, Satelliten und Instrumenten interaktiv abrufen? – Das geht einfach und übersichtlich mit dem Multimedia-Special „Eyes on the Solar System“ der amerikanischen Weltraumbehörde NASA.

R2-D2 FÜR ZU HAUSE: TIPPS UND ANLEITUNGEN FÜR DEN ROBOTERBAU



s.DLR.de/e0n3

Einen Kindheitstraum verwirklichen und einen eigenen Roboter für zu Hause bauen: Im Netzwerk

„Wir machen Roboter“ zeigen Hobbybastler und Blogger Tipps und Tricks zum Roboterbau. Jeder Schritt ist genauestens protokolliert und wird von Fotos und Videos detailliert begleitet.

WIE GUT IST IHRE KOHLENDIOXID-BILANZ?



s.DLR.de/ax50

Mit umgerechnet rund elf Tonnen Treibhausgasen liegen wir Deutschen im Schnitt deutlich über

dem weltweiten Pro-Kopf-Aufkommen von circa 6,8 Tonnen. Mit dem Online-Rechner des Umweltbundesamtes können Sie einfach und genau Ihre persönliche Kohlendioxid-Bilanz berechnen. Sie erhalten Tipps, wie sich Treibhausgas-Emissionen vermeiden lassen und Anregungen, wie Sie – sozusagen – Ihr Klimawunschgewicht verbessern können.

DLR-WEBSPECIAL: 10 JAHRE HRSC-KAMERA AN BORD VON MARS EXPRESS



mex10.DLR.de

Kommen Sie mit auf eine Reise zu unserem Nachbarplaneten. Sehen Sie sich atemberaubend

schöne Bilder von seiner Oberfläche an, erfahren Sie mehr über seine Klimageschichte, Monde und über die Geschichte seiner Erforschung. DLR-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler berichten in Interviews über aktuelle Forschungsergebnisse und die bisherigen, teils verblüffenden Erkenntnisse ...

SONDERSEITE ZUM TAG DER LUFT- UND RAUMFAHRT



DLR.de/tdlr

Hightech-Forschung und Astronauten am 22. September 2013 live erleben – oder online

in Texten und Bildern schwelgen: Beides geht beim „Tag der Luft- und Raumfahrt“ (TdLR) in Köln. DLR, ESA, Bundeswehr und Köln Bonn Airport präsentieren den Besucherinnen und Besuchern spannende Forschungsprojekte aus Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr und die verschiedensten Flugzeuge. Mit eindrucksvollen Bildern werden alle Highlights und Attraktionen des Tages auf der Sonderseite festgehalten.



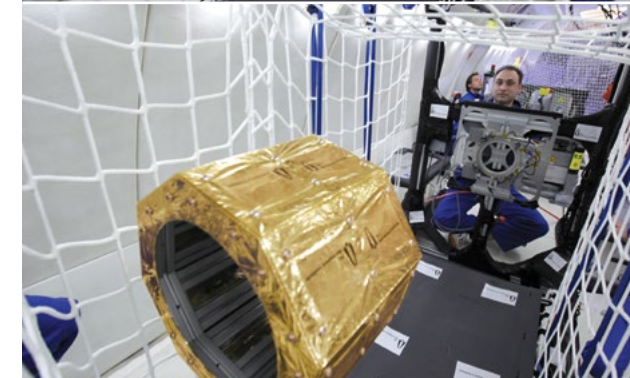
DLR-Wissenschaftler Peter Gauger überwacht den Herzschlag von Astronaut Hans Schlegel beim Schweben

Spürbare Herzschläge und schwebende Zellkulturen

Wochenlang haben sich die Wissenschaftler auf ihren Flug in die Schwerelosigkeit vorbereitet. Haben Anträge geschrieben, Experimente und Instrumente entwickelt, strikte Sicherheitsbedingungen für die Konstruktion der Anlagen umgesetzt. Dann ist es so weit: Drei Flugtage beginnen, an denen sie ihre Experimente aus der Biologie, der Materialphysik oder der Medizin durchführen können und dabei der Schwerkraft ein Schnippchen schlagen. Eine Reportage.

Forschen bei Schwerelosigkeit: Auf Parabelflügen des DLR experimentieren Wissenschaftler im Sturzflug

Von Manuela Braun



Was später einmal im Weltall reibungslos geschehen soll, wird im Parabelflug sorgfältig getestet – hier die Trennung eines Satelliten von seiner Trägerrakete

Hans Schlegel schwebt in Richtung Flugzeugdecke, die Augen geschlossen, das Gesicht vollkommen entspannt. Langsam dreht sich sein Körper, steigt nach oben, schwebt sanft wieder nach unten. Währenddessen erreicht das Flugzeug um ihn herum gerade den höchsten Punkt seines Fluges und fällt nun im Sturzflug von 8.500 Meter Höhe auf 7.600 Meter. Im Cockpit herrscht höchste Konzentration. Dicht an dicht sitzen die drei Piloten festgezurrt in ihren Sitzen, Haare, Overallkragen, alles ist im Schwebezustand. „20, 30, ...“, tönt die Durchsage der Piloten aus den Lautsprechern im Flugzeug. Hans Schlegel öffnet die Augen. Wer jetzt nicht rechtzeitig die Füße in Richtung Flugzeugboden bringt, landet gleich sehr unsanft. „Pull out.“ Capitain Stéphane Pichene fängt den Flieger ab. Von einer Sekunde auf die andere wird aus Schwerelosigkeit das genaue Gegenteil. Arme, Beine, alles wird nun doppelt so schwer wie auf der Erde. Zuvor fließende Bewegungen sind nun ein mühsames Ringen mit der Schwerkraft. Mit einem Ruck steht Hans Schlegel wieder in der Vertikalen. Die erste Parabel ist vorbei. 20 Sekunden zweifache Schwerkraft, 22 Sekunden Schwerelosigkeit und wieder 20 Sekunden doppelte Schwerkraft liegen hinter dem Astronauten, der als Proband an Bord des „Zero-G“ mitfliegt.

Zwischen Vorfreude und Skepsis

Der erste Flugtag der 22. DLR-Parabelflugkampagne hat begonnen. Insgesamt 31 Mal wird das Flugzeug in den Steilflug gehen und anschließend im Sturzflug wieder zur Erde fallen. 31 Mal wird die veränderte Herzleistung von schwebenden Probanden gemessen werden, werden Pflanzen auf die Schwerelosigkeit reagieren und wird sich das Modell eines Satelliten mehrmals von seiner Trägerrakete lösen. Granuläre Materie wird ohne die störenden Einflüsse der Gravitation geröntgt und staubige Plasmen werden fotografiert werden. Einige Probanden erleben den Flug im Balanceakt, andere müssen unter Stress ihre Feinmotorik in der Schwerelosigkeit unter Beweis stellen. Schon morgens um 7.45 Uhr war die Spannung fast mit Händen greifbar. „Und – erster Flug?“ In der Schlange vor dem Arzt-Raum wurden Erfahrungen ausgetauscht. Auf den Gesichtern der Erstflieger zeichnete sich Vorfreude, Neugierde und vielleicht auch ein wenig Skepsis ab. Wird man die Arbeit in der Schwerelosigkeit ohne Übelkeit überstehen? Kann man im richtigen Moment die richtigen Handgriffe durchführen, wenn Experimente ausgelöst oder Proben gewechselt werden müssen? Arm für Arm hatte Arzt Thierry Leraire sorgfältig



Forschen ohne Bodenhaftung: Während der Proband verschiedene Aufgaben am Bildschirm durchführt, schwebt der betreuende Wissenschaftler der Deutschen Sporthochschule über seinem Kontroll-Laptop



Balancieren in der Schwerelosigkeit: Das Team der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg untersucht die Bewegungs- und Gleichgewichtskontrolle des Menschen, um so Astronauten, aber auch Patienten in der Rehabilitation zu helfen

desinfiziert und die Spritze mit Scopolamine gesetzt. „Hilft gegen Reiseübelkeit.“ Und schon hielt der nächste Wissenschaftler seinen Arm für die hilfreiche Medizin hin.

Pünktlich um 9 Uhr hatten sich dann die Türen des Fliegers hinter den Wissenschaftlern geschlossen und der „Zero-G“ hatte zum Parabelflug durch die Schwerelosigkeit abgehoben. Seit 1984 haben die europäische Raumfahrtagentur ESA und die französische Raumfahrtagentur CNES, seit 1999 auch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, bereits 120 Parabelflugkampagnen durchgeführt. In den vergangenen 28 Jahren sind so 1.400 Experimente mit dem „Zero-G“ durch die Schwerelosigkeit geflogen. Dieses Mal sind elf Experimente an Bord.

Ein Ackerunkraut als Proband

Die zweite Parabel beginnt. Svenja Fengler hat sich mit ihren Füßen in den Bodenschlaufen verankert und steckt mit beiden Handschuhen in einer Probenbox. Für Arabidopsis thaliana gibt es jetzt eine Spritze mit Chemikalien. Das unscheinbare Ackerunkraut ist wie für den Parabelflug geschaffen: „Das Genom liegt komplett sequenziert vor“, sagt die Wissenschaftlerin

der Universität Tübingen. Damit ist die „Acker-Schmalwand“ also eine gute Bekannte für die Biologen – und offenbart vielleicht so am besten, welche Gene für die Wahrnehmung der Schwerkraft zuständig sind und woher beispielsweise das Kalzium in ihrem Inneren stammt, dessen Konzentration in den schwerelosen Phasen extrem ansteigt. 36 Flaschen mit Zellen fliegen deshalb im Steil- und Sturzflug mit. Zum Vergleich mit dem Unkraut ist auch eine Nutzpflanze mit an Bord: Eine brasilianische Wissenschaftlerin kümmert sich um Zellkulturen des Zuckerrohrs. Svenja Fengler sitzt mittlerweile bewegungslos auf den weichen Bodenmatten. „Pull out“. Mit einer Hand stützt sie sich an den mit Schaumgummi umwickelten Gerätekanten der Anlage ab. Noch vor dem Flug hatte ein Team von zwölf Sicherheitsbeauftragten jedes einzelne Instrument noch einmal genau kontrolliert. Gibt es Teile, die bei Schwerelosigkeit herrenlos durch den Flieger schweben könnten? Sind alle scharfen Kanten entschärft, damit selbst beim Plumps in die zweifache Schwerkraft sich niemand mehr als blaue Flecken holen kann? Jedes Experiment an Bord hat einen großen roten Notknopf. Ein Druck und das Experiment stoppt – eine Vorsichtsmaßnahme, falls Elektrizität, Röntgenstrahlen oder Flüssigkeiten außer Kontrolle zu geraten drohen.

Während die Zellkulturen zum ersten Mal die Schwerelosigkeit erfahren, schwebt nur wenige Meter weiter Schwerelos-Profi Hans Schlegel erneut durch den Flieger. 1993 flog er mit der Spacelab-D2-Mission ins All, 2008 brachte er das europäische Forschungslabor Columbus zur Internationalen Raumstation. „Der Körper erinnert sich auch wieder an die Schwerelosigkeit“, wird er später sagen, wenn der Parabelflieger wieder auf festem Boden gelandet ist. Jetzt allerdings konzentriert er sich ausschließlich auf das, was Astronauten aus dem Effekt können: Schweben ohne Angst.

Herzschlag für Herzschlag

Das einzige, was ihn jetzt noch beschleunigt, ist sein eigener Herzschlag. Peter Gauger vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin steht, am Boden verankert, neben ihm, lenkt den Astronauten vorsichtig von der Decke weg und steht für den Übergang in die doppelte Schwerkraft bereit. Nur wenn Schlegel ganz ohne äußere Einflüsse ungehindert schwebt, können die Sensoren an seinem Körper aufzeichnen, mit welcher Kraft sein Herz mit jedem seiner Schläge Blut in die großen Gefäße katapultiert. 1993, während der D2-Mission, hat er dieses Experiment bereits einmal im Spacelab durchgeführt. Nun soll die einfache Methode der Ballistokardiografie optimiert und auch auf der Internationalen Raumstation eingesetzt werden.



Die außergewöhnlichen Flugmanöver werden in speziell festgelegten Gebieten absolviert



Nach 31 Parabeln mit jeweils 22 Sekunden Schwerelosigkeit geht der erste von drei Flugtagen zu Ende – das Team aus Wissenschaftlern, Probanden und Piloten ist mit den Forschungsergebnissen der 22. Parabelflugkampagne des DLR mehr als zufrieden

Das Wissenschaftler-Team ist international: Amerikaner, Belgier und Deutsche arbeiten zusammen. „Wir wollen damit später auf der ISS prüfen, ob ein mehrmonatiger Aufenthalt im All sich auf die Herzaktivität auswirkt“, sagt Gauger.

Nach der sechsten Parabel folgt eine Pause. Fünf Minuten lang wird der „Zero-G“ nun wie ein normales Linienflugzeug seine Bahn ziehen. Im Flieger wird es unruhig. Proben werden gewechselt, Prozeduren verbessert und für einen Moment lang das erste Fazit gezogen. Für einige sind die fünf Minuten auch die kostbare Pause, in der ihr Körper sich erholen kann. Ob das eigene Gleichgewichtsorgan mit dem Auf und Ab zurechtkommt, lässt sich kaum beeinflussen. Im Team von Alexander Piehl legt sich der erste Wissenschaftler flach auf den Boden. „Dieses Mal klappt es schon viel besser als bei den vergangenen Flügen“, beteuert er. Nach weiteren fünf Parabeln wird er sich von Bordarzt Thierry Leraire noch einmal eine Spritze gegen die Übelkeit setzen lassen – und dann für weitere 20 Parabeln die nichtlinearen Wellen in staubigen Plasmen unter Schwerelosigkeit untersuchen. „Das Experimentieren in Schwerelosigkeit ist wichtig“, sagt er, „und macht selbst dann noch Spaß, wenn man es nicht ganz so gut verträgt.“

Kaum jemand will auf die Gelegenheit verzichten, seine Forschung unter Bedingungen durchzuführen, die nur selten angeboten werden. Vier bis neun Sekunden Schwerelosigkeit sind im Fallturm des ZARM in Bremen möglich, sechs bis zwölf Minuten erreicht eine Höhenforschungsrakete. Dann folgen schon Satelliten und die Internationale Raumstation mit Wochen und Monaten der Schwerelosigkeit. „Die Parabelflüge sind eine gute Möglichkeit, mehrfach 22 Sekunden ohne den Einfluss der Gravitation experimentieren zu können, ohne lange Vorbereitungszeiten“, sagt Dr. Ulrike Friedrich, Projektleiterin für die Parabelflüge im DLR. Wer Anträge für einen Mitflug einreicht, muss damit eine Jury aus externen Experten überzeugen. „Viele Wissenschaftler machen auch ganze Experimentreihen und fliegen auf mehreren Kampagnen mit.“

Tückische Übung für die Gleichgewichtskontrolle

Wie zum Beispiel Ramona Ritzmann von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Die Sportwissenschaftlerin schwebt professionell, während ihr Proband in der Schwerelosigkeit auf einem Bein balanciert. Die Platte, auf der er steht, setzt auf Überraschungen:

Mal schlägt sie nach vorne aus, mal rutscht sie zur Seite. Wenn Astronauten im All arbeiten und leben, verschlechtert sich ihre Bewegungs- und Gleichgewichtskontrolle. Gehen oder aufrechtes Stehen ist dann nach der Rückkehr auf die Erde ohne Hilfe kaum möglich. „Im Weltall verlernt man vieles“, sagt Ramona Ritzmann. Proband Yannik Kupfer ringt gerade um Standfestigkeit. Jedes Ausbalancieren auf der tückisch freischwingenden Platte liefert den Sportwissenschaftlern Daten über seine Muskelaktivitäten und seine Reflexbahnen. Die Phase mit der doppelten Schwerkraft beginnt. Yannik plumpst auf seinen Sitz zurück, Ramona Ritzmann hüpfst schwerfällig in die Luft. Neulingen wird konsequent geraten, diese Hyper-G-Phasen lieber ganz ruhig und auf jeden Fall ohne Bewegungen des Kopfes zu absolvieren. „Mir macht das zum Glück überhaupt nichts aus“, sagt die Sportwissenschaftlerin. Die Ergebnisse des Experiments werden später auch Menschen in der Rehabilitation helfen.

Die 31 Parabeln vergehen schneller als gedacht. Die rote Digitalanzeige im Flugzeug zählt jede Parabel auf, schließlich kommt und geht die letzte Parabel. Alle kehren zu ihren Sitzplätzen zurück. Für die Landung gilt wieder Ansnallpflicht wie im Allerwelts-Linienflug von Köln nach Berlin. Insgesamt 682 Sekunden herrschte Schwerelosigkeit. In der Ankunftshalle von Novespace wird Bilanz gezogen. Ein Team hatte Schwierigkeiten, zwischen den einzelnen Parabeln seine Proben zu wechseln. Für ein anderes Team war die erste Parabel zu schnell. Das Team der Freiburger Universität hatte mit einem defekten Kabel zu kämpfen, das Team des DLR-Instituts für Materialphysik hatte beim Jungfernflug mit der neuen Röntgenanlage X-Rise noch Schwierigkeiten. Auf die Beobachter des Ackerunkrauts kommt an der heimischen Universität die monatelange Auswertung von Zehntausenden von Genen zu. Die Herzschläge von Hans Schlegel liegen als Zickzacklinie vor den Wissenschaftlern. Am nächsten Tag wird er nicht schweben, sondern kontrolliert ein- und ausatmen. Vor der Halle steht der Flieger geparkt, die Türen sind mittlerweile geschlossen. Morgen ab 6 Uhr steht wieder ein neuer Flugtag an – dann wird das Röntgengerät funktionieren, ein anderer Proband wieder balancieren und staubige Plasmen werden erneut Wolken bilden und dabei fotografiert werden. ●



Weitere Informationen:
DLR.de/Parabelflug

Kleiner Allrounder ganz groß

Ganz wie im Titel des James-Bond-Films „Man lebt nur zweimal“, durch den vor etwas mehr als 45 Jahren der Gyrokopter bekannt wurde, steht er nun vor einem neuen Leben – diesmal zunächst im Rampenlicht der Wissenschaft. Das optisch recht sonderbar wirkende Fluggerät ist ein Drehflügelflugzeug. Sein Rotor wird nicht durch ein Triebwerk, sondern durch die anströmende Luft in Drehung versetzt. Der Rotor des auch Tragschrauber genannten Gyrokopters gelangt so in einen „Autorotationszustand“. Dieses Flugprinzip ist genauso einfach wie genial. Der erste Drehflügler wurde sogar schon in den Zwanzigerjahren von Juan de la Cierva entwickelt. In Deutschland begann die Erfolgsgeschichte des Gyrokopters allerdings erst vor circa zehn Jahren. Seitdem steigen die Zulassungszahlen immer weiter an. Dennoch sind rund um die ultraleichten Fluggeräte noch viele Fragen offen und gerade das macht sie heute so interessant für die Forschung.

Wieder im Rampenlicht: Der Gyrokopter erobert die Lüfte

Von Frauke Engelhardt

Die kleinen Gyrokopter sind echte Allrounder: Sie sind schnell einsatzfähig, kostengünstig und gelten wegen ihrer vergleichsweise einfachen Technik als robuste Fluggeräte. Sie bieten verheißungsvolle Flugeigenschaften, wie beispielsweise die Fähigkeit, nach Wunsch sehr langsam zu fliegen oder auf kurzen Strecken zu starten und zu landen. Tragschrauber können auch bei ungünstigen Wetterbedingungen, wie starkem Wind oder geringer Sicht, sicher betrieben werden, was sie für die Luftbeobachtung prädestiniert.

Seit 2012 untersucht das DLR gemeinsam mit dem Technischen Hilfswerk (THW) den Nutzen von Tragschraubern im Rettungseinsatz. In Katastrophenfällen ist stets rasches Handeln gefragt. Genau hier kommen die Tragschrauber ins Spiel – aus der Luft kann mit ihnen die Lage aufgeklärt werden, um so beispielsweise Informationen über das Ausmaß der Schäden oder auch die Anzahl und Position zu rettender Personen zu gewinnen.



Der neue Tragschrauber vom Typ Cavalon der Firma AutoGyro steht im DLR Braunschweig für den Forschungseinsatz bereit

Auf einer Erdbebenübung im September 2012 wurden vom Tragschrauber per Live-Übertragung Videobilder an die Bodenstation übermittelt. „Die Luftbilder aus dem Tragschrauber waren ein sehr effektives Mittel, um einen schnellen Überblick über die Schadenslage zu bekommen und unsere Hilfe entsprechend anzupassen“, sagt Ulf Langemeier, Einsatzleiter der Erdbebenübung.

Neues Flugsystem unterstützt die Piloten

Für die gemeinsame Forschung von THW und DLR ist seit April 2013 ein neuer Tragschrauber vom Typ AutoGyro Cavalon D-MGTD im Einsatz. Der neue Braunschweiger Gyrokopter wird mit einer speziellen, aus dem Cockpit bedienbaren Wärmebildkamera zur Lufterkundung ausgerüstet werden. Außerdem ist die Entwicklung eines weltweit einzigartigen Flugsystems zur Unterstützung der Gyrokopterpiloten für komplexe Einsatzlagen geplant. Schließlich soll das ungewöhnliche Fluggerät seine Tauglichkeit für den täglichen Gebrauch und operationellen Einsatz auf Testflügen unter Beweis stellen.

Das DLR-Institut für Flugsystemtechnik will sich langfristig als führendes Institut auf dem Gebiet der Autorotationsforschung etablieren. Von Interesse sind beispielsweise bessere Trainings-simulatoren sowie Flugleistungen und Flugeigenschaften. Zudem wollen die Wissenschaftler die Reichweite, die Ausmaße und die Geschwindigkeit der Tragschrauber erhöhen, damit der „kleine“ bald schon zu einem „großen Allrounder“ wird. Für eine kommerzielle Nutzung des Gyrokopters bedarf es außerdem neuer Zulassungsvorschriften, die das DLR auf Basis flugphysikalischer Untersuchungen entwickelt. Der Leiter des Instituts für Flugsystemtechnik im DLR Braunschweig, Prof. Dr. Stefan Levedag, dazu: „Die Potenziale der Gyrokopter-Technologie sind noch längst nicht komplett erschlossen, wir schauen gespannt in die Zukunft der kleinen Flugwunder.“ ●



Weitere Informationen:
DLR.de/FT



Auf „heiliger“ Mission im Nördlinger Ries

Junge Flugenthusiasten entwickeln Segelflugzeuge, lernen damit zu fliegen und schicken sich an, die Strömungsforscher, Aerodynamiker und Flugexperten von morgen zu werden. Auf ihrem Sommertreffen bekommen sie Unterstützung von zwei Segelflugzeugen und einem Schleppflugzeug des DLR.

DG 300 und Discus-2c vermessen neue Segelflugzeugtypen

Von Falk Dambowsky



Die beiden DLR-Segelflugzeuge DG 300 (unten) und Discus-2c (oben) im Vergleichsflug: Seit fast 30 Jahren ist die „heilige“ DG 300 im Einsatz und untersucht die Gleiteigenschaften neuer Segelflugzeuge. Bald ist der neu erworbene Discus-2c ausreichend feinjustiert, um die Nachfolge des legendären Forschungsseglers anzutreten.



Das Nördlinger Ries zeigt sich aus der Luft als eine riesige Fläche von Feldern, die an ihrem Rand von Bäumen umgeben ist. Aus tausend Meter Höhe lässt sich kaum erkennen, dass sich die Bäume in einem ausgedehnten Ring um das Ries ziehen. Mittendrin die fast kreisrunde Altstadt von Nördlingen mit ihren leuchtend roten Ziegeldächern. Vor über 14 Millionen Jahren hat ein gewaltiger Meteoriteneinschlag diese (Krater-)Landschaft geformt. Die Gegend im Schwabenland mit ihren sanften Hügeln und der ausgezeichneten Thermik ist eines der beliebtesten Segelflugreviere Europas.



Verschiedenste Messprojekte werden von den studentischen Segelfliegern durchgeführt. Fäden und Kameras auf einer Tragfläche dokumentieren Strömungsablösungen (oben). Eine Sonde auf dem Flugzeugflügel dient zur Vermessung des Anströmwinkels (unten).

Überquert man die bewaldeten Hänge des Kraters und fliegt in westlicher Richtung, kommt bald die A7 in Sicht, die hier zwischen Ulm und Würzburg verläuft. Davor fügt sich eine schmale Start- und Landebahn in eine große Wiesenfläche und umgebende Felder ein. Im Landeanflug führt die Platzrunde direkt über die Autobahn. Beim Aufsetzen rollt man vorbei an Dutzenden Segelflughängern. Mehrere Flughallen sind bis auf den letzten Platz gefüllt. Selbst an der Decke hängen kleine gut verpackte Motorflugzeuge, fast wie in einem Museum arrangiert.

Der Flugplatz Aalen-Elchingen ist ein Mekka der Segelfliegerei mit langer Tradition. Seit 41 Jahren veranstaltet die Interessengemeinschaft deutscher akademischer Fliegergruppen (Idaflieg), ein Zusammenschluss von zehn akademischen Fliegergruppen, kurz Akafliegs, in Deutschland, ihr dreiwöchiges Sommertreffen an diesem Platz. Hier werden neue Segelflugzeuge ausschließlich von Studenten erprobt und Messflüge durchgeführt. Immer wieder besuchen Ehemalige das Treffen, die selbst im Studium einmal als Akaflieger vor Ort waren und jetzt in der Luftfahrtforschung, in der Luftfahrtindustrie oder in staatlichen Luftfahrtstellen arbeiten. Sie lassen die jungen



Bild: TU Braunschweig, Institut für Flugführung

Cockpitbild des Discus-2c DLR

Discus-2c und DG 300: Die zwei Segelflugzeuge des DLR

Das Segelflugzeug Discus-2c DLR ist brandneu in die DLR-Forschungsflotte aufgenommen worden. Als Vergleichsmessflugzeug wird es zukünftig genutzt, um die Gleiteigenschaften neuer Segelflugzeugtypen in der Entwicklung zu vermessen. Fast 30 Jahre lang hat die DG 300 diese Aufgabe erfüllt. Das neue Hochleistungssegelflugzeug wird aeroelastische Fragestellungen beantworten helfen. In Flügel und Rumpf des Discus-2c sind Dehnmessstreifen und Faser-Bragg-Sensoren integriert, die Verformungen messen. Ein integrierter Rumpfkasten erlaubt eine breite wissenschaftliche Anwendung des Forschungsflugzeugs. Der spitze Mast an der Nase trägt eine 5-Loch-Sonde zur Messung der Geschwindigkeit und des Anstellwinkels.

Technische Daten

Discus-2c DLR:

Spannweite: 18 m
Gewicht: ca. 290 kg
Maximales Abfluggewicht: 565 kg
Maximale Geschwindigkeit: 280 km/h

DG 300-17:

Spannweite: 17 m
Gewicht: ca. 293 kg
Maximales Abfluggewicht: 550 kg
Maximale Geschwindigkeit: 270 km/h



Wie an einer Perlenschnur reihen sich die Segelflugzeuge auf: An Spitzentagen sind beim Idaflieg-Sommertreffen mehr als 50 junge Piloten auf dem Flugplatz Aalen-Elchingen

Flieger an ihrem Erfahrungsschatz teilhaben, geben Ratschläge und helfen schon einmal für einige Tage als Schlepppiloten aus. Fast so lange wie das traditionsreiche Treffen besteht auch die Unterstützung durch das DLR.

Der DLRler Johannes Anton ist ein gestandener und mittlerweile ehemaliger Akaflieger aus München. Seine schmale Figur und die dezente Brille lassen ihn fast unscheinbar wirken. Doch seine kräftige Stimme und klaren Sätze sorgen für Präsenz. Vor gut einem Jahr hat Johannes Anton sein Mechatronikstudium an der Hochschule München abgeschlossen und ist zur DLR-Forschungsflugabteilung nach Braunschweig gekommen. Von seinen ehemaligen Idaflieg-Kommilitonen wird er auf dem Sommertreffen nur Pünktchen genannt. Traditionell hat hier jeder einen Spitznamen. „Bei mir waren es Pünktchen und Anton, die Pate standen, na ja, dann war es geschehen“, verrät der 30-Jährige.

In der DLR-Forschungsflugabteilung bringt er jetzt die Zusammenarbeit zwischen DLR und Idaflieg auf den Punkt. Das DLR besitzt zwei Segelflugzeuge, die DG 300 und, ganz neu, die Discus-2c DLR. „Beide Flugzeuge haben wir beim Sommertreffen dabei. Sie dienen den Studenten als Messflugzeuge.“ Knapp 30 Jahre ist die DG 300 schon im Einsatz und wird von den Studenten nur als „Die Heilige“ bezeichnet. Gut verpackt steht sie im Hangar. Die Tragflächen ruhen geschützt in flügellangen Überzügen, ebenso der Rumpf. „Die DG 300 darf keinen Kratzer haben“, erläutert Johannes Anton bei einer Begehung des Hangars, „denn wir nutzen sie als Referenzflugzeug.“ Er zieht einen der Überzüge ein Stück weit zurück und streicht über die glatte Tragfläche. „Es ist etwa so, wie mit dem Urmeter: Die DG 300 ist in Bezug auf ihre Gleiteigenschaften das am exaktesten vermessene Segelflugzeug der Welt und damit so etwas wie eine Heilige.“ Er schmunzelt. „Wir nutzen sie ausschließlich für Vergleichsflüge am frühen Morgen: Dazu fliegt die DG mit einem anderen Segelflugzeug in einem gemeinsamen Luftpaket – nur etwa eine Spannweite voneinander entfernt.“ Danach kennen die jungen Forscher die Flugleistung des erprobten Segelfliegers, denn sie können sie exakt mit der DG vergleichen. „Wir messen dabei speziell die Gleitflugpolare neuer Segelflugzeuge: Sie geben an, wie ausdauernd ein Segler im Gleitflug ist – oder andersherum: wie sehr er auf einem Stück Flugweg absinkt“, erklärt der begeisterte Kleinflugzeugforscher. „Um die Gleiteigenschaften eines neuen Modells zu vermessen, gehen wir mindestens für drei Referenzflüge in die Luft.“

Mit dem Fahrrad gehts aufs Flugfeld. Hier ist Georg Mitscher anzutreffen, Testpilot in der DLR-Forschungsflugabteilung Braunschweig. Er trägt Fliegermütze und Shorts, bequeme Kleidung eben, für die heißen Tage auf dem Flugplatz. Er grüßt mit einem strahlenden Lächeln. Normalerweise fliegt Mitscher vom DLR Braunschweig das DLR-Forschungsflugzeug Do 228-101, doch für drei Wochen im August reist er am Steuer der Victor Eco, dem viersitzigen Schleppflugzeug des DLR, mit nach Aalen-Elchingen. Hier nennen ihn alle nur „Schorsch“. Der 30-Jährige passt in die Reihe der jungen Flugenthusiasten, denn er kam selbst erst vor zwei Jahren nach seinem Uni-Abschluss im Bereich Luft- und Raumfahrttechnik zum DLR. Das fliegerische Handwerk erlernte er als Segelflieger im Verein, bevor er Berufspilot wurde.

„Auf dem Weg von Braunschweig zum Flugplatz Aalen-Elchingen sind wir gleich in einer Doppelformation geflogen“, erzählt Mitscher in einer Pause zwischen zwei Schleppflügen. Derweil schiebt eine Gruppe von Akafliegern ein gerade gelandetes Segelflugzeug rückwärts über die Wiese zum Startpunkt. „Mit einem weiteren geliehenen Schleppflugzeug konnten wir die DG 300 und den Discus-2c direkt nebeneinander quer über Deutschland schleppen“, berichtet der DLR-Pilot. „Das war eine schöne Einstimmung auf die vielen Schleppmanöver, die ich hier fliegen darf.“ Er nimmt einen kräftigen Schluck aus einer Wasserflasche. „Besonders schön sind die Vergleichsflüge am frühen Morgen, wenn wir ebenfalls in Doppelformation starten,

Doppelschleppformation am frühen Morgen: Die Glaskuppel erlaubt einen phantastischen Rundumblick. Unten in der Mitte erkennt man weiß die Schuhspitzen des Piloten, die Cockpitscheibe reflektiert die Schuhe im Licht der aufgehenden Sonne. Rechts im Bild ist das zweite Gespann von Schleppflugzeug und Segelflieger zu erkennen.



an einem Tau die DG 300, am anderen ein neues Modell, und bis zu 3.000 Meter über die oft nebelbedeckte Landschaft aufsteigen.“

Noch ist die DG 300 auf dieser „heiligen“ Vergleichsmission dabei. Doch in spätestens zwei Jahren, wenn der Discus-2c ausreichend feinjustiert ist, wird er mit den neuen Prototypen in den frühmorgendlichen Himmel aufsteigen, um deren Flugleistung zu vermessen. Die DG 300 wird dann in den wohlverdienten Ruhestand gehen.

Nach einem Wetterbriefing für den restlichen Flugtag verrät Kai Rohde-Brandenburger vom DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, dass der Discus-2c DLR noch einiges mehr können wird: „Beim Bau des Fliegers ist eine umfangreiche Messensorik integriert worden: Wir werden zum Beispiel kleinste Dehnungen in Rumpf und Flügeln erfassen können.“ Der 30-Jährige ist von kräftiger Statur und wirkt mit seiner freundlichen Art wie ein echter Kumpeltyp. Man sieht ihm sofort an, dass er ein Braunschweiger Akaflieger ist: Auf seinem T-Shirt strahlen elf weiße zu einem Kreis angeordnete Segelflieger-Silhouetten und umschließen den Schriftzug. Stolz zeigt er darauf und erklärt: „Das sind die Prototypen, die in den vergangenen 90 Jahren von der Akaflieg Braunschweig entwickelt wurden“. Darunter befindet sich eine Silhouette mit auffallend großen Flügeln. „Das ist die SB 10 von 1972, mit 29 Meter Spannweite das größte Segelflugzeug der Welt.“

Die akademischen Segelflugvereine haben eine lange Historie in Deutschland, die sie beinahe einzigartig in der Welt macht. 1918 nach dem verlorenen Ersten Weltkrieg war Deutschland die Flugforschung im Versailler Vertrag verboten worden. „Doch es gab eine Ausnahme“, berichtet der Braunschweiger Forscher. „Flugzeuge ohne Motor fielen nicht unter das Verbot –

und so gediehen die studentischen Segelfluggruppen und begründeten eine Tradition, die sich bis heute erhalten hat.“

Seit Juli dieses Jahres ist Kai Rohde-Brandenburger von der Akaflieg Braunschweig zum DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik gewechselt. Neben Johannes Anton, der als Verantwortlicher in der DLR-Forschungsflugabteilung den Kontakt zu den akademischen Fliegern hält und die Segel- und Kleinflugzeuge betreut, begleitet Rohde-Brandenburger wissenschaftliche Projekte in diesem Bereich. Den neuen DLR-Forschungssegler Discus-2c hat der Diplom-Ingenieur für seine Arbeit besonders im Blick. Mit strahlenden Augen dekliniert er die Fähigkeiten dieses einzigartigen Flugzeugs durch, während er im Cockpit des Einsitzers die Anzeigen erklärt: „Beschleunigungssensoren und Magnetfeldsensoren sind an Bord. Im Rumpf befindet sich eine große Box für verschiedenste Messapparaturen.“

Akademische Fliegergruppen

Braunschweig, München und Berlin sind nur einige Städte, in denen sich der akademische Nachwuchs für den Segelflug begeistert. In Akafliegs, den akademischen Fliegergruppen, lernen sie alles rund um diesen traditionsreichen Sport und mehr: Sie fliegen, bauen und forschen. Ehrenamtliches Engagement wird dabei großgeschrieben. Ehemalige, die jetzt in Industrie und Forschung arbeiten, unterstützen die jungen Flugenthusiasten, aus deren Reihen auch DLR-Testpiloten stammen. Das Sommertreffen der Interessengemeinschaft deutscher akademischer Fliegergruppen (Idaflieg) in Schwaben ist der alljährliche Höhepunkt im Leben der studentischen Flugpioniere. Das DLR war in diesem Sommer mit einem Schleppflugzeug und zwei Mess-Segelflugzeugen vor Ort.

Die zwei neuen Gesichter der Kleinflugzeugforschung



Johannes Anton, DLR-Forschungsflugabteilung Braunschweig

Mit 14 stieg Johannes Anton das erste Mal in ein Segelflugzeug. Sein Vater, selbst Segelflieger, hatte ihn zum heimischen Flugverein in Erlangen mitgenommen. Einige Monate später durfte er bereits selbst das Steuer in der Hand halten, allein über den Wolken.

Der jugendlichen Segelfliegerei und dem Abitur folgte ein Studium der Mechatronik an der Hochschule München, wo er bald Mitglied der ansässigen akademischen Fliegergruppe wurde. Er beteiligte sich an zahlreichen Projekten der Gruppe, unter anderem an der Erprobung des Münchner Motorkunstflugzeugs Schlacro-Mü30. Zunehmend engagierte sich der Enthusiast für die kleine Fliegerei in der Interessengemeinschaft deutscher akademischer Fliegergruppen (Idaflieg). Seit August 2012 ist Johannes Anton in der Forschungsflugabteilung des DLR in Braunschweig für die Segel- und Kleinflugzeugforschung verantwortlich und koordiniert die Zusammenarbeit zwischen DLR und Idaflieg.



Kai Rohde-Brandenburger, DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik

Eigentlich wollte Kai Rohde-Brandenburger mit seinem Maschinenbaustudium an der TU Braunschweig in die Fußstapfen des Vaters treten und direkt nach seinem Abschluss in die Automobilindustrie gehen. Doch an der Uni hatte er einen Kommilitonen, dem er bald voller Neugier

in die Braunschweiger Akaflieg-Werkstatt folgte. Fortan konnte er nicht mehr von der Fliegerei lassen und absolvierte sein Ingenieur-Diplom schließlich im Bereich Luft- und Raumfahrttechnik. Für sein Studium und darüber hinaus leistete er Entwicklungsarbeiten für das Braunschweiger Segelflugzeug SB 14, das insbesondere nach seinen Berechnungen neue gekrümmte Tragflächenspitzen, sogenannte Winglets, erhielt. Seit Juli 2013 ist Kai Rohde-Brandenburger im DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik für die wissenschaftliche Begleitung der Segel- und Kleinflugzeugforschung verantwortlich und hält dabei engen Kontakt zu den Verantwortlichen der Idaflieg und den darin zusammengeschlossenen akademischen Fliegergruppen.



DLR-Testpilot Georg Mitscher im Cockpit der DLR-Schleppmaschine „Victor Eco“. Normalerweise fliegt Mitscher das DLR-Forschungsflugzeug Do228-101. Im August ist er für drei Wochen als Schlepppilot in Aalen-Elchingen dabei.

Gemeinschaft wird unter den Studenten großgeschrieben: Nach der Landung packen alle mit an, um das Segelflugzeug zum Startpunkt zurückzuschieben

Besonders stolz ist der Forscher auf das integrierte Faser-Bragg-Gitter: „Bei diesem Experiment schicken wir Licht verschiedener Wellenlängen durch die Struktur des neuen Forschungsseglers, das je nach Dehnung reflektiert wird.“ Er zeigt auf die fast neun Meter langen Tragflächen, die markant mit angehobenen Flügelspitzen, den sogenannten Winglets, abschließen. „Gemeinsam mit dem DLR-Institut für Flugsystemtechnik wollen wir mit dem Discus bald die Möglichkeiten von elastischen Flugzeugen erforschen.“

Neuland zu betreten, war für den gebürtigen Braunschweiger noch nie ein Problem: Man spürt, der Mann hat Erfahrung in seinem Metier, und so berichtet er auch schon einmal von der Verantwortung, die Flüge in einem Prototypen mit sich bringen: „Hin und wieder üben wir beim Sommertreffen auch das Abspringen mit dem Notfallschirm aus dem Cockpit“, sagt er und zeigt auf die blauen schmalen Rucksäcke, die jeder Segelpilot wie ein dünnes Rückenpolster mit sich trägt. „Aber keine Sorge, das Ganze ist eine Trockenübung am Boden, bei der es vor allem um die richtige Technik beim Aussteigen geht.“

Jeden Abend kommen die etwa 50 Teilnehmer des Sommertreffens in der Gaststätte direkt am Flugplatz zusammen. Von der Terrasse genießt man einen Blick über die grünen Wiesen des Flugfelds, dahinter die Sonne am Horizont. Vor dem Essen gibt es das tägliche Debriefing, das von Anton Dilcher, dem Vorsitzenden der Idaflieg, geleitet wird. In der Manier einer studentischen Zusammenkunft geht es locker zu, aber nicht weniger bestimmt. Dilcher, mit kurzem Haar, Bart und Flieger-Sonnenbrille, ist in diesen Kreisen nur als „Mr. Bean“ bekannt. Sein leichter englischer Akzent hat dem 24-Jährigen, der auch gern scherzt, den Spitznamen des englischen Komikers eingebracht. Ursprünglich stammt Anton Dilcher, alias Mr. Bean, aus Halifax in Kanada. Vor fünf Jahren kam er zum Studium nach Deutschland und zur Akaflieg Braunschweig.

„Gerade haben wir die Flüge des Tages besprochen“, erklärt der Student anschließend bei Pommes und Hähnchenkeule. „Viele Nachwuchsflyer waren diesmal mit Zachern beschäftigt.“ Bei diesem Verfahren, das auf den Luftfahrtpionier Hans Zacher zurückgeht, werden mit einfachen Hilfsmitteln die Flugeigenschaften von Segelflugzeugen vermessen, die über das reine Gleiten hinausgehen. Stoppuhr, Maßband, Handkraftmesser und ein etwas ungewöhnlich klingendes Gerät namens Phipsi-

theta füllen den Werkzeugkasten der experimentierenden Studenten. „Mit dem Phipsitheta werden die Winkellagen relativ zum Horizont bestimmt“, erklärt der gebürtige Kanadier, während gerade Pommes für die Gruppe nachgereicht werden. „Dazu genügt eine etwa handgroße rechteckige transparente Kunststoffscheibe, auf der wir verschiedene Winkellagen mit Strichen markieren.“ Die kleine Scheibe wird im Sichtfeld des Piloten ins Cockpit gehängt: Bei einer Schräglage im Flug kann der Pilot dann einfach den Winkel zum Horizont ablesen. Für den kuriosen Namen des Geräts hat Dilcher eine erstaunlich einfache Erklärung parat: „Phi, Psi und Theta sind die drei Winkel im verwendeten Koordinatensystem. Diese Winkel messen wir mit dem Phipsitheta.“

Zudem untersuchen die Studenten die Ruderwirkung und Wendigkeit beim Zachern. „Dafür reicht ein Handkraftmesser am Steuerknüppel“, sagt der Segelfluglehrer. Am Ende werden die Flugeigenschaften eines Segelfliegers penibel in einem Zacher-Protokoll von den Studenten dokumentiert. Immer wieder gibt es auch Sondermessprojekte für die ambitionierten Nachwuchsforscher. „Zum Beispiel montieren wir auf die Tragfläche eines Segelflugzeugs eine Sonde, die den Anströmwinkel misst. Oder wir untersuchen mit Hilfe von aufgeklebten Fädchen und Kame-ras Strömungsablösungen.“

Auch nach dem Abendessen hat jeder Teilnehmer noch seine Aufgaben: Das Flugbuch muss geführt werden, die Schleppflugzeuge sind in den Hangar zu schieben. Es gibt Einweisungen zu neuen Segelflugzeugen, die erst kurzfristig zum Treffen gebracht wurden. „Die Gemeinschaft und das gemeinschaftliche Handeln ist uns beim Idaflieg-Sommertreffen besonders wichtig“, betont der Vorsitzende auf dem Weg zu den Flugzeughallen. „Jeder leistet hier auf dem Flugplatz und im Zeltlager seinen Beitrag für das große Ganze.“ Einige der jungen Flugenthusiasten werden sicher zur nächsten Generation in der Luftfahrtforschung gehören. Und – wer weiß – manche vielleicht auch bald zum DLR.



Weitere Informationen:
s.DLR.de/lj1t
idaflieg.wordpress.com/

Acht Fragen rund um Die Segelfliegerei

1. Ab wann kann man ein Segelflugzeug fliegen?

Ab dem vollendeten 14. Lebensjahr darf man die Ausbildung zum Segelflugzeugführer beginnen, mit einer Ausnahmeregelung sogar schon ab dem 13. Den Flugschein bekommt man dann frühestens zum 16. Geburtstag ausgehändigt.

2. Welche Höhen/Geschwindigkeiten erreicht ein Segelflugzeug?

Der übliche Bereich im Überlandflug liegt bei Höhen nahe 3.000 Meter und Geschwindigkeiten bis 180 Kilometer pro Stunde. In Mitteleuropa liegen die Rekordstrecken je nach Kategorie zwischen 1.500 und 2.000 zurückgelegten Kilometern im Segelflug. Der Höhenweltrekord liegt bei 15.447 Metern, aufgestellt von Steve Fossett und Einwar Enevoldson am 30. August 2006 bei einem Flug über den argentinischen Anden entlang der chilenischen Grenze.

3. Wie viele Segelflugvereine gibt es in Deutschland?

Es gibt rund 900 Segelflugvereine in Deutschland, diese sind im Deutschen Aero Club organisiert. Darunter sind 15 akademische Fliegergruppen, die sogenannten Akafliegs.

4. Wann gab es das erste Segelflugzeug?

Das erste Segelflugzeug war gleichzeitig das erste Flugzeug überhaupt: Die ersten Gleitflüge gehen auf Otto Lilienthal und das Jahr 1891 zurück, allerdings soll Albrecht Ludwig Berblinger schon im Jahr 1811 erste Hüpfer und Flugversuche durchgeführt haben.

5. Wie verbreitet ist das Segelfliegen?

Es gibt weltweit knapp 120.000 aktive Segelflieger, davon lebt knapp ein Drittel in Deutschland (Quelle: DAeC).

6. Aus welchem Material besteht ein Segelflugzeug?

Moderne Segelflugzeuge bestehen fast ausschließlich aus kohlefaserverstärktem Kunststoff, kurz CFK. Das Material erlaubt geringe Strukturmassen und weist hohe aerodynamische Güte in der Formgebung auf.

7. Was ist eigentlich Zachern?

Unter Zachern versteht man die Flugeigenschaftsuntersuchung von Segelflugzeugen, benannt nach Hans Zacher, der während seiner Zeit bei der DFS (Deutsche Forschungsanstalt Segelflug, später aufgegangen in der DFVLR) wegweisende Verfahren etablierte.

8. Wie lange kann ein Segelflug dauern?

Solange die Sonne scheint und Thermik produziert oder der Wind so stark weht, dass an einem Berg Hangaufwind entsteht. Geflogen werden darf im Segelflug nur tagsüber, also maximal von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang.



Familienbetrieb mit Teamgeist und Zündkraft

Über 500 Raketen und Ballone hat das Team der Mobilen Raketenbasis MORABA in den vergangenen 46 Jahren weltweit gestartet. Mal in Norwegen, mal in Australien, in der Antarktis oder in Brasilien. Meist dauern die Kampagnen an den entlegenen Raketenstartplätzen mehrere Wochen. „Wir sind fast wie eine Familie – anders geht es nicht“, sagt Wolfgang Jung von der MORABA des DLR-Raumflugbetriebs. Dieses Mal ist der Familienbetrieb am Raketenstartplatz Esrange, rund 40 Kilometer entfernt von Schwedens nördlichster Stadt Kiruna. Die Höhenforschungsrakete MAPHEUS-4 soll zwei Experimenten des DLR-Instituts für Materialphysik im Weltraum zur Schwerelosigkeit verhelfen. Eine Kampagne, die anders verläuft als geplant ...

Die Mobile Raketenbasis MORABA: „Flugticket“ für wissenschaftliche Experimente

Von Manuela Braun



Sicherheit wird bei der MORABA großgeschrieben: Während der Vorbereitungen ist der Zündmechanismus des Motors noch blockiert

Seit mehreren Tagen ist das MORABA-Team schon am schwedischen Raketenstartplatz Esrange, aber noch niemand trägt ein T-Shirt mit dem Emblem der MAPHEUS-4-Mission. So lange Nutzlast und Motor noch nicht startbereit sind, macht das hier keiner. Da ist man dann doch ein wenig abergläubisch. Und so sind um 8.30 Uhr beim Meeting mit den schwedischen Kollegen zwar die Missionslogos von Maser 12, MAPHEUS-3, REXUS/BEXUS und SHEFEX II zu sehen – doch nicht das von MAPHEUS-4. Diese Mission macht Schwierigkeiten. Eigentlich wollte man schon längst einige Schritte weiter sein, aber die Experimente bereiten Probleme. Das bedeutet Wartezeiten für das MORABA-Team und anstrengende Nachtschichten für die Wissenschaftler des Instituts für Materialphysik im Weltraum.

Frank Scheuerpflug, verantwortlich für die Mission bei der MORABA, fragt reihum den Status ab. „Der Raketenmotor ist komplett“, sagt Wolfgang Jung. „Das Bergungssystem ebenfalls“, ergänzt Marcus Hörschgen-Eggers. „Wir haben noch ein Problem mit der Röntgenröhre“, erklärt Dr. Florian Kargl, wissenschaftlicher Leiter bei MAPHEUS. Für kurze Zeit herrscht Stille. Einige aus dem MORABA-Team sind direkt vom Start der WADIS-Rakete aus Norwegen angereist und seit mehreren Wochen von zu Hause fort. Einen zügigen, unkomplizierten Start hätten sie sich gewünscht. Jetzt kommt es anders, weil die komplizierte Nutzlast noch Vorbereitungszeit braucht. Erstmals wird eine Röntgenröhre während des Fluges die Diffusion von aufgeschmolzenen Materialproben aufzeichnen. „Ok, dann verschieben wir den Benchtest auf heute Nachmittag“, beschließt Kampagnenleiter Scheuerpflug. Zwischen den Experimenten und dem Servicemodul der MORABA muss die Kommunikation stimmen – das soll der Test am Nachmittag unter Beweis stellen. Florian Kargl, Jörg Drescher, Christian Neumann und Michael Balter werden bis dahin die Software der Röntgenröhre überprüfen und abschließende Tests durchführen.

Das traditionelle „Familienbild“: Ingenieure der MORABA, Wissenschaftler und schwedische Kollegen mit der Nutzlast MAPHEUS-4



Johann Pfänder zieht Schraube für Schraube ganz exakt an. Hier ist Präzisionsarbeit gefragt.



Eine Rakete entsteht: Nach und nach werden die einzelnen Elemente mit den Experimentmodulen verbunden



Akribisch und konzentriert

Vor der Motoren-Halle wandern währenddessen die Handys von Wolfgang Jung, Johann Pfänder und Alexander Kallenbach in die Holzablage vor der Tür. Der Raketenmotor ist mit Festtreibstoff gefüllt, jede elektrische Entladung in seiner Nähe soll vermieden werden, damit nicht eine frühzeitige Zündung ausgelöst werden kann. Jacken, Hosen, Schuhe – alles ist anti-statisch, Polyester ist verpönt. Wolfgang Jung hält seine Code-Karte vor das Lesegerät. Nur wer zum Launch-Team gehört und für den Raketenmotor zuständig ist, hat hier Zutritt. Am Zünder, der noch blockiert ist, baumelt ein rotes Stoffband: „Remove before flight“ – Vor dem Flug entfernen. Die Stabilisierungsfinnen sind bereits montiert, nun folgt der Adapter, der Motor und Nutzlast miteinander verbinden wird.

Johann Pfänder und Alexander Kallenbach machen sich konzentriert an die Arbeit. Schraube für Schraube wird exakt mit genau definiertem Drehmoment angezogen. Vor 20 Jahren hat Pfänder mit drei Kollegen an der Startrampe gearbeitet, als ein Prüfgerät versehentlich die Zündung der Rakete auslöste. Die Rakete schoss waagrecht an der Eisenschiene entlang und schlug im gegenüberliegenden Gebäude ein. Ein schwedischer Mitarbeiter wurde in dem schmalen Launcher-Gebäude von den Finnen getroffen und starb. Pfänder kam mit Verbrennungen ersten und zweiten Grades und einer gebrochenen Kniescheibe davon. Geblieben ist er dennoch bei der Mobilen Raketenbasis MORABA. „Wenn man einen Autounfall hat, steigt man danach ja auch wieder ins Auto.“ Nur wenn risikoreiche Aufgaben anstehen und zu viele um die arbeitenden Kollegen herumstehen, reagiert Pfänder ungehalten. „Zum einen lässt dann schnell die Konzentration nach, zum anderen sind mehr Menschen als notwendig gefährdet.“

Bloß keine Routine!

Die Arbeit des Teams ist selten ungefährlich. „Wir kennen das Risiko und wissen, wie wir damit umgehen müssen“, sagt Jung, stellvertretender Abteilungsleiter der MORABA. „Und Routine lassen wir nicht aufkommen – das wäre nicht gut.“ Jede Mission ist anders, jede Kombination von Rakete, Nutzlast und Bergungssystem neu. Auch der Ablauf, bei dem die Rakete im Launcher scharf gestellt wird, wird jedes Mal von Neuem mit allen durchgesprochen. An der Wandtafel geht das Team dann Schritt für Schritt alles noch einmal durch. „Die Neulinge stellen Fragen, und die Erfahrenen müssen sich damit auseinandersetzen.“ Die Ingenieure und Techniker der MORABA kommen aus allen Bereichen: Luft- und Raumfahrt, Elektrotechnik, Maschinenbau oder

Physik. Für MORABA-Leiter Peter Turner ist vor allem wichtig, dass zwar alle in ihren Spezialgebieten arbeiten, „aber jeder muss auch über seine Grenzen blicken können und fachlich möglichst breit aufgestellt sein.“ Das Team muss als Team funktionieren.

Wolfgang Jung kennt seine Kollegen: „Wir Morabisten sind alle Individualisten“, sagt er lachend. „Und trotzdem passt es.“ Aus zwei Mal Marcus wird zum Nachnamen passend ein Hörschi und ein Pinzi, es gibt noch einen Hasi, den Andi oder auch den Alex, die Spitznamen gehen locker über die Zunge. Das Team kommt aus ganz Deutschland – von Berlin über Hamburg oder auch Nürnberg, die echten Bayern sind mittlerweile rar. Gekocht wird abends in der Gemeinschaftsküche. Auf dem Tisch steht ein umfunktioniertes Rotkohlgas: In schwarzen Buchstaben steht mit Edding darauf geschrieben „Rocket Propellant“ – Raketentreibstoff. Wolfgang Jung hat für alle eine feurige Marinade für den Grillabend angerührt. Das Raketengeschäft ist auch nach Feierabend allgegenwärtig.

Der Start rückt näher

Schließlich, nach mehreren Tests, ist es so weit: „Es passt alles, wir können loslegen“, ruft Florian Kargl. Endlich funktionieren die beiden Experimente einwandfrei. Bisher stand das MORABA-Team auf Stand-by. Andreas Kimpe und Frank Hassenpflug haben die Zeit genutzt, um an der Fünf-Meter-Telemetrie-Antenne auf dem Nachbarhügel Keops noch kleinere Arbeiten durchzuführen. Inzwischen sind die Halterungen, mit denen die Rakete in die Startrampe geschoben werden wird, sorgfältig justiert. Jetzt wird aus der zuvor ruhigen Halle ein wimmelnder Ameisenhaufen. Tobias Ruhe lässt den Kran über die einzelnen Nutzlastelemente fahren, Jürgen Knof, Marcus Hörschgen-Eggers und Philipp Koudele fahren die Werkzeugwagen in die Mitte. Nasenspitze, Trennring, Bergungssystem mit Fallschirm, Servicemodul – in der Halle entsteht der meterhohe Turm, der später auf der Rakete fast 160 Kilometer in die Höhe fliegen wird. „Runterlassen! Weiter nach rechts! Passt!“ Ein Kommando nach dem anderen hallt durch den Raum. In den Metallstrukturen stecken manchmal acht Hände, die Kabel zu-rechtrücken, Schrauben halten und Elemente ineinanderfügen.

MAPHEUS-Projektleiter Martin Siegl bringt die Aufkleber. Ratzfatz wird entlang der blauschimmernden Nutzlast-Elemente der Raketenname angebracht. Siegl und Knof wischen liebevoll die Klebebuchstaben glatt, bis auch die letzte Luftblase unter dem Aufkleber verschwunden ist. Die Höhenforschungsrakete hat endlich einen Namen – Zeit fürs Missions-Poloshirt und das



Alexander Kallenbach lässt vor dem Start mehrmals Windballone aufsteigen, damit die Flugbahn an die aktuelle Wetterlage angepasst werden kann



Letzte Tests an der Telemetrie-Antenne: Andreas Kimpe und Frank Hassenpflug überprüfen die Empfangsanlage

traditionelle Gruppenbild mit den schwedischen Kollegen. Am nächsten Tag werden Motor und Nutzlast zur Startrampe gefahren und dort montiert. Im Idealfall liegen dann nur noch der Testcountdown und die Wettervorhersage vor dem Druck auf den roten Startknopf.

„Flugticket“ in die Höhe

Für acht bis zwölf Missionen im Jahr stellt die MORABA das „Flugticket“ für die Experimente aus. Manche davon bleiben besonders im Gedächtnis. „Shefex II, das ist so eine“, sagt Wolfgang Jung. Auf seinem Arm stellen sich die Härchen hoch. „Die war extrem anspruchsvoll und hat so perfekt funktioniert.“ Vor einem Jahr stieg das Experiment mit seiner scharfkantigen Spitze in den Himmel. „Für so was macht man seinen Job bei der MORABA.“ Missionen in der Mitternachtssonne oder im tiefen, eisigen Winter, Raketenstarts über Monate hinweg in der Antarktis oder auch Geburtstage mit den MORABA-Kollegen anstatt mit der Familie zu Hause – die Kampagnen vor Ort prägen. Die übrige Zeit werden im DLR Oberpfaffenhofen mit Ausnahme des Raketenmotors alle verwendeten Flugsysteme, Ground-Support-Systeme und Telemetriestationen selbst entwickelt, die Logistik für neue Missionen geplant und Countdown-Pläne erstellt. „Die Entwicklungsarbeit hat sehr zugenommen“, betont MORABA-Leiter Peter Turner. „Manchmal können wir in unseren Baukasten greifen, oft entwickeln und qualifizieren wir neue Systeme für die jeweilige Mission.“ Diese Kombination macht die MORABA in Europa einzigartig: Zu den Auftraggebern gehören das DLR, das DLR Raumfahrtmanagement, aber auch internationale Raumfahrtagenturen oder Universitäten.

Spannung hinter dicken Schutzwänden

Am 15. Juli 2013 klingelt der Wecker mitten in der Nacht – der Countdown beginnt um 3.30 Uhr. Der Testlauf war erfolgreich, die Wettervorhersage für den Morgen am günstigsten. Noch in der Nacht lässt Alexander Kallenbach den ersten Windballon steigen. Frank Scheuerpflug, zuständig für die Flight Control der Flugbahn, sitzt an der Konsole im Hauptgebäude der Range. In der Telemetriestation sitzen Frank Hassenpflug, Thomas Janke und Andreas Kimpe. Von hier aus wird die Rakete auf ihrer Flugbahn verfolgt. „Beim Start, da geht einem schon mal die Pumpe“, sagt Andreas Kimpe. Markus Pinzer und Nils Höger sitzen im sogenannten Blockhouse – dicht an der Startrampe – im Kontrollraum hinter dicken Schutzwänden. Wolfgang Jung, Johann Pfänder, Marcus Hörschgen-Eggers, Tobias Ruhe und Jürgen Knof werden als Einzige etwa zwei Stunden vor dem Start noch einmal den Schutzraum verlassen und an der Startrampe den Zünder für den Start vorbereiten. Mit großen Ziffern zählt der Countdown auf den Bildschirmen herunter. Die Startrampe ragt mittlerweile in Richtung Himmel. 7.00 Uhr: Die Verbindungen für die Zündungen werden freigeschaltet. Um 7.15 Uhr wird die schwere Stahltür geschlossen. Der Start liegt in greifbarer Nähe, im Nutzlastteil beginnen nun die Öfen damit, die Proben auf 900 Grad Celsius aufzuheizen, um sie vollständig zu schmelzen. Die letzten zehn Minuten beginnen.

In dem Kontrollraum scheint sich die Luft zusammenzuballen. Noch könnten die Windmessungen dem Ganzen einen Strich durch die Rechnung machen. Aus dem Lautsprecher hallt ein „Go!“ nach dem nächsten. Jede Station gibt grünes Licht. 10, 9, 8. Der Finger des schwedischen Kollegen schwebt über dem Startknopf. Fünf Sekunden lang muss er ihn gedrückt halten, damit das Computersystem die Zündung auslöst. 3, 2, 1. Ein dumpfes Grollen drängt von außen gegen das Gebäude mit dem Kontrollraum. 7.53 Uhr, MAPHEUS-4 startet. Noch sagt niemand etwas. Alle drängen sich um den Bildschirm, der das Bild der Kamera im Bergungssystem überträgt. Erst muss sich der Raketenmotor abtrennen, die Nutzlast im Flug stabilisieren und danach am Fallschirm sicher landen – dann erst kann gejubelt werden. Über dem blauen Erdball auf dem Bildschirm bleibt der Raketenmotor



„GO!“ für den Raketenstart: In der Telemetriestation des DLR empfängt Andreas Kimpe die Daten während des Fluges

allmählich zurück, während die Nutzlast weiter in den Himmel steigt. Knapp vier Minuten wird die Schwerelosigkeit für die Experimente dauern. „Na also!“ Andächtig blicken alle auf den Film. – „Was ist das?“ Tobias Ruhe guckt entsetzt auf die Kameraübertragung. „Mist, der Bremsfallschirm öffnet sich zu früh ...“ Er öffnet sich nicht nur zu früh, er reißt ab – der Hauptfallschirm kann sich dadurch nicht entfalten. Nur ein einzelner Tragegurt weht vor der Kamera hin und her. „Hat sich der Hitzeschild zu früh geöffnet?“ „Welche Höhe haben wir?“ Und dazwischen immer wieder das leise Fluchen von Tobias Ruhe und Marcus Hörschgen-Eggers. Allen ist jetzt klar: Der Teil mit den Experimenten an Bord wird fast ungebremst auf dem Boden aufkommen. Aus der Freude über den gelungenen Start ist stilles Entsetzen geworden. Im Moment ist nicht klar, ob die Mission überhaupt noch erfolgreich sein wird. Im schlimmsten Fall zerschellt die Nutzlast bei der Landung.

Unsanfte Landung im Sumpf

Schon kurze Zeit später startet der Bergungshubschrauber mit einem Team von der MORABA und den Wissenschaftlern an Bord. Mit den empfangenen Daten konnte die Position der gelandeten Nutzlast genau bestimmt werden. Eine halbe Stunde lang geht es über eine Landschaft aus Bäumen, Flechten, Steinen und Seen. Dann kommt die blauschimmernde Höhenforschungsrakete ins Blickfeld. Knapp neben sumpfigem Gelände ist sie in den weichen Morast der Länge nach eingeschlagen, ist in ihre Einzelteile zerlegt worden, die sich in die Erde gegraben haben. Jörg Drescher und Christian Neumann vom Wissenschaftler-Team blicken ratlos auf die Überreste ihrer Experimente. Haben die Speicherkarten mit den wichtigen Aufnahmen die Belastung ausgehalten? Oder sind die Daten alle verloren? Nach und nach schleppt das Team die verdeckten Teile zum Hubschrauber. Auf dem Rückflug sehen sie unter sich den orangefarbenen Motor mit seinen Finnen aus dem Sumpf blitzen. Fast senkrecht hat sich die Rakete in den weichen Boden gebohrt.

Nach einer guten halben Flug-Stunde kommt Esrange in Sicht. Auf dem Hubschrauberlandeplatz steht das restliche MORABA-Team. Fünf Minuten dauert es, bis alle Teile ausgeladen und zur Launcher-Halle gefahren sind. Die Akkuschauber beginnen zu surren, Hammerschläge hallen durch den Raum. Erdklümpchen für Erdklümpchen rieselt aus den Experimenten. Tobias Ruhe, Marcus Hörschgen-Eggers und Jürgen Knof nehmen sich das Modul mit dem gescheiterten Bergungssystem



Unsanfte Landung: Nach dem Bergen der Nutzlast aus dem sumpfigen Boden wird sie vom Schmutz befreit. Zum Glück haben die Datenträger den Aufprall überstanden.

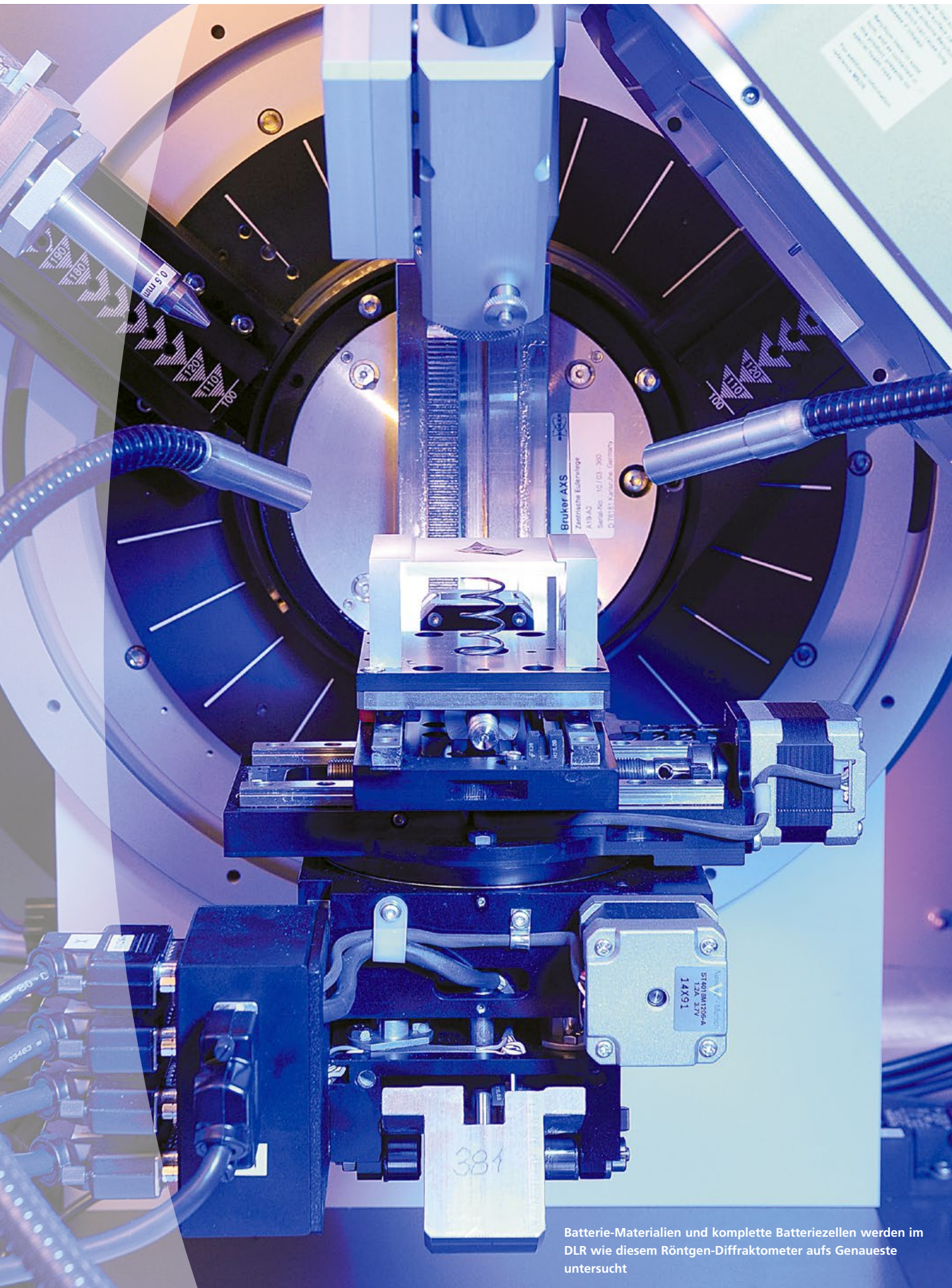


vor. Einen Tisch weiter schraubt Florian Kargl an einem Modul. „Die Kamera ist noch heil“, ruft er. Stück für Stück wird auf drei Tischen zerlegt, was den harschen Aufprall überstanden hat. Seit 3.30 Uhr sind alle auf den Beinen, aber an Pause denkt jetzt niemand. Es dauert noch ein paar Stunden, bis ganz sicher ist: Die allermeisten Daten sind gerettet. Florian Kargl kommt mit seinem Laptop in die Halle, auf dem Bildschirm sind zwei Aufnahmen der Röntgenröhre zu sehen. „Ganz perfekte Aufnahmen“, ruft er. „Es ist ein Traum!“ – Endlich fällt von allen die Spannung ab. Die Wissenschaft hat funktioniert, die Daten für die Auswertung sind da.

„Fürs Bergungssystem müssen wir wohl noch mal ans Reißbrett“, sagt Tobias Ruhe. Mittlerweile kann er auch wieder lächeln. Anscheinend war die Hitze an der Rakete zu groß, so dass der Hitzeschild sich zu früh öffnete. Die genaue Analyse wird am Standort in Oberpfaffenhofen folgen. Das Bergungssystem wird für Missionen wie MAPHEUS durch ein leistungsfähigeres ersetzt werden müssen. „Wir bauen halt Prototypen“, sagt MORABA-Kampagnenleiter Frank Scheuerpflug. Und da ist nichts Routine.



Weitere Informationen:
DLR.de/RB



Batterie-Materialien und komplette Batteriezellen werden im DLR wie diesem Röntgen-Diffraktometer aufs Genaueste untersucht

Batterie oder Brennstoffzelle – was bewegt uns in Zukunft?

Vor drei Jahren, so schien es, war der Durchbruch des batteriebetriebenen Elektroautos nur noch eine Frage der Zeit, sehr kurzer Zeit. Seither sind unter anderem die Automobilhersteller Renault, Citroen, BMW und Nissan mit batteriebetriebenen Serienfahrzeugen am Markt. Aber statt im Eiltempo geht es eher schleppend voran. In Deutschland sind derzeit gerade einmal etwas mehr als 10.000 Elektroautos zugelassen. Neuerdings sieht es so aus, als wolle auch das Wasserstoff-Brennstoffzellen-Auto noch einmal durchstarten. So hat Hyundai die Anfänge einer Serienfertigung einer Brennstoffzellen-Geländelimousine (SUV, Sport Utility Vehicle) noch für 2013 angekündigt. Auch die Autokonzerne Daimler und Nissan, die schon seit Jahren an Brennstoffzellen-Fahrzeugen arbeiten, streben weiter die Serienfertigung an. – Erst die Brennstoffzelle, dann die Batterie, jetzt doch wieder die Brennstoffzelle? Bremsen sich die beiden Technologien am Ende etwa gegenseitig aus? Prof. Dr. rer. nat. Kaspar Andreas Friedrich erforscht in seiner Abteilung Elektrochemische Energietechnik am DLR-Institut für Technische Thermodynamik sowohl Batterien als auch Brennstoffzellen. Demgemäß kennt er Vor- und Nachteile beider Systeme, ihre Potenziale sowie den Stand der Entwicklung. Und er wagt eine Prognose.

Prof. Dr. Kaspar Friedrich mit einer Bestandsaufnahme

Von Dorothee Bürkle

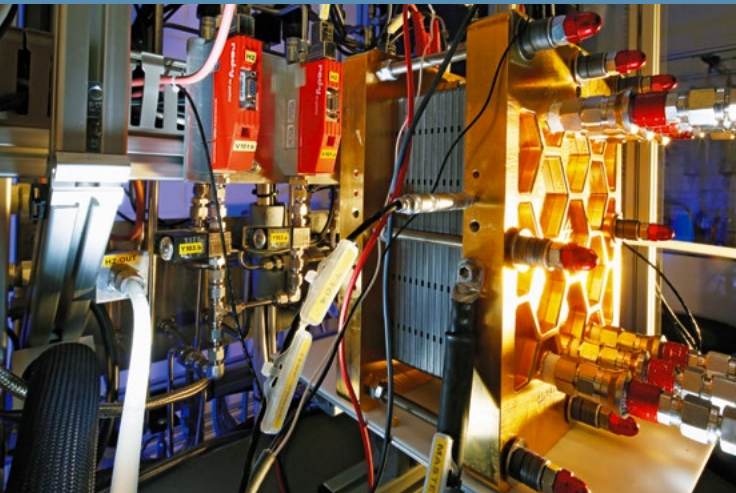
Zunächst einmal gilt es klarzustellen: Auch Brennstoffzellenfahrzeuge sind Elektroautos. Allerdings wird die Energie an Bord des Fahrzeugs nicht in einem Akku, sondern in Form von Wasserstoff gespeichert. Was würde Prof. Dr. Kaspar Andreas Friedrich lieber fahren? „Ein Brennstoffzellen-Auto, es hat viele Vorteile eines Elektrofahrzeugs und eine gute Reichweite, man muss für unterschiedliche Fahrten nicht so viel planen.“ Die Antwort kam zögerlich, denn eigentlich, so Friedrich, komme für ihn nur ein Elektroauto in Frage, in seiner Nähe gäbe es gar keine Wasserstofftankstelle.



Prof. Dr. Kaspar Andreas Friedrich leitet die Abteilung Elektrochemische Energietechnik im DLR-Institut für Technische Thermodynamik und ist Professor für Brennstoffzellentechnik an der Universität Stuttgart

Damit steckt der Energieforscher haargenau in dem Dilemma, in dem sich beide Technologien derzeit befinden: Batteriefahrzeuge sind vom Wirkungsgrad allen anderen Antriebssträngen zwar haushoch überlegen, haben aber lediglich eine Reichweite von 150 bis höchstens 200 Kilometern. Um den Akku wieder vollständig aufzuladen, muss das Fahrzeug bis zu acht Stunden an der Steckdose hängen. Wer fahren will, muss also planen. Obwohl viele Verkehrsstudien belegen, dass derzeitige Reichweite und Ladezeit für 80 Prozent aller Fahrten vollkommen ausreichen, kann das Autofahrer nicht vom Kauf überzeugen.

Aber auch mit Brennstoffzellen-Fahrzeugen sind Autofahrer derzeit alles andere als uneingeschränkt mobil: Das Netz für Wasserstofftankstellen wird zwar langsam ausgebaut, ist aber vielerorts noch ausgesprochen dünn. „Beim Brennstoffzellen-Auto liegt ein klassisches Henne-Ei-Problem vor: Es gibt keine Tankstellen, weil es keine Wasserstoff-Fahrzeuge gibt und es gibt keine Fahrzeuge, weil es keine Tankstellen gibt,“ so Friedrich. Hinzu kommt: Beide Systeme sind zurzeit noch sehr teuer, weil sogenannte Skaleneffekte, also kostengünstige Serienproduktion durch große Stückzahlen, bisher ausgeblieben sind.



Langzeit-Test eines Brennstoffzellenstack, um die Dauerhaltbarkeit zu bestimmen

Brennstoffzelle und Batterie im Vergleich

	Brennstoffzelle	Batterie
Energiedichte	450 Wh/kg	120 Wh/kg
Wirkungsgrad	ca. 50% (System)	80 – 90%
Verbrauch eines Kleinwagens auf 100 Kilometern (Well-to-Wheel)	ca. 150 Mega-Joule	ca. 150 Mega-Joule
Reichweite	ca. 400 km	< 150 km
Dauer des Tankvorgangs	3 Minuten	bis 8h (volltanken)

Beispiele für die DLR-Forschung an Brennstoffzelle und Batterie

Brennstoffzelle	Batterie
Gasdiffusion und Wassermanagement der Brennstoffzelle im Auto: IMPALA – IMprove PEMFC with Advanced water management and gas diffusion Layers for Automotive application (EU-Forschungsprojekt)	Lithium-Schwefel-Superbatterie mit Nanotechnologie: LISSEN – Lithium sulfur superbattery exploiting nanotechnology/Modelling and Simulation (EU-Forschungsprojekt)
Vorhersage und Modellierung der Alterungsprozesse: Premium Act – PREdictive Modelling for Innovative Unit Management and ACcelerated Testing procedures of PEFC (EU-Forschungsprojekt)	Langzeittest von E-Fahrzeugen am Stuttgarter Flughafen: E-fleet – Prototypische E-Fahrzeugkonzepte in Abfertigung und im Flughafenbetrieb/Auswirkungen auf E-Fahrzeugstandzeiten und Batterielebensdauer. (BMW-Projekt: Schaufenster Elektromobilität)
Höhere Lebensdauer durch neue Materialien: EVOLVE – Evolved materials and innovative design for high-performance, durable and reliable SOFC and stack (EU-Forschungsprojekt)	Forschung an der Lithium-Luft-Batterie von morgen: LuLi – Electrical Energy from Air and Lithium (BMBF-Forschungsprojekt)

Auf die Dauer, so ist Friedrich überzeugt, wird sich die Frage „Batterie oder Brennstoffzelle?“ gar nicht mehr stellen. „Wir werden in Zukunft Hybridsysteme fahren und damit die Vorteile beider Systeme nutzen.“ Ein Beispiel dafür liefert die Luftfahrt: Beim DLR-Brennstoffzellenflugzeug Antares hat sich ein Hybridantrieb aus Batterie und Brennstoffzelle bewährt: „Es macht gar keinen Sinn, die Brennstoffzelle mit einer so großen Leistung auszulegen, dass der Flugzeugstart damit problemlos gelingt. Hier brauchen wir für die kurzen Zeiten der Startphase die weitaus größere Leistung der Batterie.“ Umgekehrt kann das Flugzeug dank der hohen Energiedichte des Wasserstoffs auch für Langstreckenflüge eingesetzt werden. „Wenn beide Systeme optimal ausgelegt sind, lassen sich Platz und Masse sparen.“

Entwicklungsstand bei der Batterie

Batterien sind eine Schlüsseltechnologie; vor allem im portablen Bereich geht nichts ohne sie, sei es bei elektronischen Geräten oder hybridisierten Elektrofahrzeugen. Aber auch im stationären Bereich, in der Haustechnik, rechnet der Wissenschaftler mit einer großen Nachfrage: Spätestens wenn die Einspeisevergütung von erneuerbarem Strom niedriger ausfällt, werden viele Hausbesitzer ihren selbst erzeugten Strom lieber im eigenen Haushalt verbrauchen und dazu in Batterien zwischenspeichern. In Elektromotoren haben Batterien einen unschlagbaren Wirkungsgrad von bis zu 90 Prozent. Aber: Sie sind schwer und teuer. Bereits die heute eingesetzte Lithium-Ionen-Batterie ist ein Fortschritt hin zu einer höheren Energiedichte. Der nächste Meilenstein, den die Forscher anpeilen, ist die Lithium-Schwefel-Batterie. Hier forscht das DLR-Team an neuen Elektroden-Materialien und -Strukturen, um viele Lade- und Entladevorgänge ohne Kapazitätsverluste zu realisieren. Auch wird der Entlade- und Lade-Vorgang auf kleinster Skala modelliert, um Verbesserungsmöglichkeiten für diese Batterie vorzuschlagen „Die gute Nachricht: Die Lithium-Schwefel-Batterie hat die dreifache Kapazität einer Standardbatterie. Die schlechte Nachricht: Dieser Vorteil auf Materialebene lässt sich leider nicht linear fortsetzen. Mit Gehäuse und Kühlsystem kann man die Kapazität des Gesamtsystems nur um circa 50 Prozent steigern.“ Und: Diese Batterie wird bislang weltweit nur in Laboren entwickelt und getestet. Mit einer Anwendung in Elektroautos rechnet Professor Friedrich erst in frühestens zehn Jahren. Auch den nächsten Schritt zu noch kompakteren und leichteren Batterien haben die Forscher mit der Lithium-Luft-Batterie schon vor Augen. Friedrich wagt aber keine Vorhersage, wann das System zum Einsatz kommen wird. Hier gelte es, noch grundlegende Probleme zu lösen.

Entwicklungsstand Brennstoffzelle

Bei der Brennstoffzelle gibt es – vom mangelnden Tankstellennetz einmal abgesehen – zwei große Herausforderungen: Brennstoffzellen sind teuer in der Herstellung und halten im PKW nur 2.500 Stunden beziehungsweise in Autobussen 10.000 Betriebsstunden. „Das ist noch um den Faktor zwei von dem entfernt, was auf dem Markt gefordert wird“, weiß Friedrich. Technisch sei eine solche Entwicklung in absehbarer Zeit machbar. Friedrich arbeitet mit seiner Abteilung in unterschiedlichen Projekten daran, die Haltbarkeit der Brennstoffzelle zu steigern und gleichzeitig den Edelmetallgehalt der einzelnen Zellen ohne Einbuße der Leistungsfähigkeit einer Brennstoffzelleneinheit zu senken. „Mit viel Platin ist die Haltbarkeit der Brennstoffzelle kein Problem, dann sind aber die Kosten entsprechend hoch. Ziel unserer Forschung ist es, den Platin-Gehalt auf unter 0,2 Gramm pro Kilowatt Leistung der Brennstoffzelle zu senken, bei gleichzeitig hoher Haltbarkeit und Leistungsfähigkeit. Wir arbeiten an einer besseren Zugänglichkeit des Platin-Katalysators für die Reaktionspartner in der Zelle und an der Verwendung von Legierungszusammensetzungen mit höheren Reaktionsraten.“



Der Hybridantrieb aus Batterie und Brennstoffzelle bewährt sich in der Luftfahrt: Beim Forschungsflugzeug Antares DLR-H2 unterstützt die Batterie beim Start, mit der Energiedichte des Wasserstoffs kann das Flugzeug lange Strecken zurücklegen

Neue Impulse durch Power-to-Gas-Anlagen

Klima- und umweltfreundlich sind Batterie- und Brennstoffzellen-Autos nur dann, wenn der Strom oder der Wasserstoff, den sie verbrauchen, aus erneuerbaren Energien hergestellt wird. Und genau an dieser Stelle ergeben sich derzeit neue Möglichkeiten für die Brennstoffzelle: Im deutschen Stromnetz kann der stetig steigende Anteil von Wind- und Fotovoltaik-Strom immer öfter gar nicht verbraucht und damit eingespeist werden. Eine Idee ist es daher, das Überangebot an Strom durch Elektrolyse-Anlagen in Wasserstoff umzuwandeln. Es gibt in Deutschland zahlreiche Projekte, um diesen Weg in der Praxis zu demonstrieren. Im Brennstoffzellen-Auto eingesetzt, sorgt dieser Wasserstoff dann tatsächlich für klimaneutrales Autofahren. „Das ist einer der spannendsten Aspekte und ein deutlicher Schritt zur Mobilitätswende“, glaubt der Wissenschaftler.

Beide Systeme bahnen sich also langsam aber sicher ihren Weg in den Markt, auch wenn der Eindruck oft ein anderer ist. „Medien und Öffentlichkeit sehen beide Systeme als gegenläufig und auch in der Forschungscommunity gab es eine polarisierende Wahrnehmung“, erinnert sich Friedrich. Verlangsamt wurde der technologische Fortschritt allerdings dadurch, dass beide Systeme nicht kontinuierlich gefördert wurden. „Die Batterieforschung war bis in die Siebzigerjahre in Deutschland sehr hochkarätig. Dann hat unter anderem der Automobilkonzern Daimler auf die Brennstoffzelle gesetzt. Infolgedessen wurde die Batterieforschung in Deutschland ganz heruntergefahren, die Lehrstühle an den Universitäten verschwanden.“ Diese Entwicklungszeit fehle heute. Seit einigen Jahren hat in der Batterieforschung so etwas wie ein Hype eingesetzt und man versucht, das Versäumte aufzuholen. „Eine kontinuierliche Entwicklung beider Systeme hätte uns weitergebracht.“

Kostensenkung durch Serienfahrzeuge

Durch die Forschungsprojekte seiner Abteilung kennt Friedrich die Entwicklung bei Batterie und Brennstoffzelle und kann Trends beider Technologien früh erkennen. Außerdem profitiert sein Team von ähnlichen Fragestellungen in beiden Bereichen zum Beispiel beim Aufbau optimierter Zellen, die

aus nanostrukturierten Elektroden und hochleitenden Elektrolyten bestehen. Insbesondere bei den Material-Modifikationen für längere Haltbarkeit sind die Strategien ähnlich. Auch auf Systemebene können Innovationen in beiden Technologien gezielt für eine bessere Effizienz verwendet werden. Auf beiden Gebieten – Brennstoffzelle und Batterien – erwartet der Forscher in den kommenden Jahren eine kontinuierliche Verbesserung: Brennstoffzellen werden billiger und länger haltbar werden, Batterien leichter und sicherer. „Große Qualitätssprünge wird es bei keiner der beiden Technologien geben, die sind auch schwer vorhersehbar“. Die größten Potenziale sieht Friedrich derzeit in der Produktionstechnologie beider Systeme. Sobald die Fahrzeuge mit hohen Stückzahlen in die Serienproduktion gehen, können sie erheblich kostengünstiger hergestellt werden.

Würde die Umwelt vom Verkehr nicht so stark belastet und wäre das Erdöl nicht endlich, könnte man den derzeitigen Individualverkehr geradezu als paradiesisch bezeichnen: Wir haben langlebige, leistungsstarke Fahrzeuge und ein hervorragend ausgebautes Tankstellennetz. Diesel, aber auch Benzin gehören zu den Kraftstoffen mit der größten Energiedichte überhaupt, entsprechend groß ist auch die Reichweite eines PKW. Eine Technologie, die den erdölgebundenen Individualverkehr ablöst, hat logischerweise Schwierigkeiten, sich durchzusetzen. Nach seiner ganz persönlichen Meinung räumt Friedrich dem Brennstoffzellen-Fahrzeug für die nächste Zeit eine gute Chance ein: „Autonutzer wollen die Möglichkeit haben, einfach mal nach Italien zu fahren. Dieses Konzept entspricht mehr dem, was wir bisher von der Mobilität durch Fahrzeuge gewohnt sind.“ Außerdem machen Batterien nur in kleinen Autos Sinn, bei den derzeit im Trend liegenden großen Fahrzeugen ist der Antrieb durch eine Brennstoffzelle sinnvoller. „Es scheint also durchaus sinnvoll, dass Daimler und BMW für ihre großen Fahrzeuge auf die Brennstoffzelle setzen. Mit dem i3 baut BMW bei Kleinwagen aber auch auf ein batteriebetriebenes System ...“ ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/lz12



Im MoSAIC-Labor des DLR in Braunschweig fahren mehrere Testfahrer ihre Autos durch eine gemeinsame virtuelle Landschaft

Bitte wechseln Sie jetzt

Fahrerassistenzsysteme können mehr als informieren, warnen oder eingreifen – sie können auch mit anderen Autos kooperieren. Im neuen MoSAIC-Labor im Braunschweiger Institut für Verkehrssystemtechnik werden solche kooperativen Assistenzsysteme erforscht.

MoSAIC – eine modulare und skalierbare Anwendungsplattform für Assistenzsysteme

Von Julia Förster

Im ersten Moment wirkt es wie ein Arcade-Rennspiel: In den Fahrsimulatoren des MoSAIC-Labors sitzen Testfahrer und fahren ihre Autos durch eine gemeinsame virtuelle Landschaft. Das Feeling, sagt Gerald Temme, sei fast wie in vernetzten Videospielen, der Zweck des Labors aber natürlich ein vollkommen anderer: In den Fahrsimulatoren des Labors wird kein übermäßiger Wert auf brillante Grafik gelegt, eher auf einen zum Szenario passenden Stau und realistisches Fahrerverhalten. Auch das Rennfieber hält sich in Grenzen, denn die Testfahrer sitzen im Auftrag der Verkehrsforschung am Steuer. Ihr Verhalten fließt ein in die Entwicklung künftiger Fahrerassistenzsysteme.

Nicht „Wer ist am schnellsten?“, sondern „Wie und wann kooperieren Autofahrer?“, heißt die zentrale Frage, die sich Laborentwickler und -betreuer Gerald Temme gemeinsam mit seinen Kollegen aus Technik, Informatik, Psychologie und Ergonomie stellt. Temme beschreibt eine Situation, die den meisten Menschen bekannt sein dürfte: „Man fährt auf der Autobahn entspannt auf der rechten Spur, bis man weit vor sich einen LKW sieht. Die linke Spur ist voll“. In der Simulation meldet sich jetzt das Assistenzsystem, das die Situation erkennt. Es fragt, ob es eine Lücke schaffen soll, und sucht, wenn man zustimmt, jemanden in der linken Spur, der nur kurz vom Gas gehen müsste, damit man – ohne den Verkehrsfluss zu beeinträchtigen – einfädeln kann. „Das Assistenzsystem des anderen Fahrzeugs bekommt diese Anfrage und vergrößert mit Zustimmung seines Fahrers die Lücke. Das eigene Assistenzsystem teilt uns daraufhin mit: „Hier klappt's, bitte jetzt Spur wechseln“. Dieses Szenario wird im europäischen Forschungsprojekt D3CoS betrachtet, in dessen Rahmen die Braunschweiger den „kooperativen Spurwechselassistenten“ erforschen.

Seit 2012 bietet das MoSAIC-Labor diese Möglichkeit. Es steht mit seinen drei gekoppelten Fahrsimulatoren insbesondere für Studien zur Verfügung, die sozialpsychologische Aspekte oder Aspekte der Interaktionsgestaltung berühren, die also etwa der Frage nachgehen, ob Fahrer eher bereit sind, anderen den Spurwechsel zu ermöglichen, wenn sie konkret angesprochen werden. „Da eröffnen wir mit unserer MoSAIC-Software vollkommen neue

Möglichkeiten. Ohne MoSAIC hätte man erst das Verhalten der einen Seite simuliert, anschließend das der anderen. Weil sie wissen, dass da echte Menschen sind, mit denen sie agieren, verhalten sich unsere Probanden jetzt realistischer. Sie benutzen sogar die Lichthupe.“

Ein weiteres Projekt, an dem die Braunschweiger beteiligt sind, heißt UR:BAN. Es beschäftigt sich unter anderem mit Assistenzsystemen im Stadtverkehr. Angenommen, intelligente Ampeln informieren Fahrzeuge, die noch weit entfernt sind und ein entsprechendes Assistenzsystem haben, dass sie mit Tempo 30 bei Grün ankommen werden; angenommen, diese Fahrzeuge geben dann kein Gas mehr: Was passiert mit dem Verkehrsfluss? Wird er sich zum Positiven oder möglicherweise zum Negativen verändern? Solche Situationen werden im MoSAIC-Labor simuliert, bevor die Forschung mit realen Fahrzeugen fortgesetzt wird; in Braunschweig etwa bietet die Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM) die Gelegenheit dazu.

Der Verkehr der Zukunft soll sicher, emissionsarm, energieeffizient, komfortabel und stets „im Fluss“ sein. Assistenzsysteme können zu jedem dieser Ziele beitragen. Der Mensch muss sie aber wollen und manchmal sind es Kleinigkeiten, die die Akzeptanz erleichtern, „etwa die Möglichkeit, eine Funktion auch abstellen zu können“, sagt Temme. Auf lange Sicht sorgt er sich nicht um die Kooperation von Mensch und Maschine: „Das Auto wird die Fahrer entlasten, indem es sie – je nach individuellen Bedürfnissen – beim Fahren unterstützt oder das Fahren sogar übernimmt“ erläutert er und fügt hinzu: „Wichtig ist, dass Fahrer und Fahrzeug sich verstehen und vertrauen.“ ●

Autorin:

Julia Förster, studierte Physikerin und Journalistin, arbeitet seit 15 Jahren als freie Wissenschaftsjournalistin in Hannover.



Weitere Informationen:
DLR.de/TS

Zum Schwingen gezwungen

Ein Standschwingungsversuch ist ein wichtiger Meilenstein auf der Zielgeraden zur Zulassung eines neuen Flugzeugtyps. Er soll zeigen, ob sich das erste gebaute Flugzeug wirklich so verhält, wie es sich die Konstrukteure wünschen und wie es die Simulationsmodelle vorhersagen. Deshalb ermitteln die Ingenieure mit einer Reihe von Experimenten die schwingungstechnischen Eigenschaften des Prototyps. So lässt sich das Verhalten des Flugzeugs mathematisch beschreiben und für die Überprüfung (Validierung) der eingesetzten Simulationsmodelle nutzen. Mit den validierten Modellen kann dann das Verhalten des Flugzeugs in bestimmten Betriebsituationen im Voraus berechnet werden, so beim Einfliegen in eine Böe, bei abrupt eingeleiteten Flugmanövern des Piloten oder für den Fall des Landestoßes beim Aufsetzen der Fahrwerke.

Das DLR-Institut für Aeroelastik in Göttingen ist weltweit führend auf dem Gebiet der Standschwingungsversuche. Um den hohen Anforderungen des Auftraggebers, in diesem Fall Airbus, bezüglich Versuchsdauer, Personaleinsatz und Versuchsausrüstung gerecht zu werden, wurde der Versuch an der A350 XWB von der französischen Luft- und Raumfahrtbehörde ONERA in Kooperation mit dem DLR durchgeführt. 530 Beschleunigungssensoren mussten die Ingenieure auf dem gesamten Flugzeug installieren, um die komplexen, dynamischen Deformationen detailliert erfassen zu können. An 25 verschiedenen Stellen wurde das Flugzeug gezielt zu

Schwingungen angeregt, während zeitgleich mit den 530 Sensoren die Reaktion des Flugzeugs auf die Schwingungsanregung gemessen wurde. Mit den Ergebnissen des Standschwingungsversuchs überprüfen die Experten das rechnerische Modell der A350 XWB. Anschließende aeroelastische Analysen simulieren, wie sich der Charakter der Schwingungen bei verschiedenen Flugzuständen ändern wird. Mit der sogenannten Flutter-Analyse lässt sich voraussehen, ob das umgebende Strömungsfeld im Betrieb des Flugzeugs Schwingungen anfachen kann. Für die Zulassung muss gezeigt werden, dass im gesamten Flugbereich, für den der A350 XWB konstruiert wurde, genügend Abstand zu solchen kritischen Bereichen angefachter Schwingungen (Flattern) existiert.



Weitere Informationen:
DLR.de/AE

Regionalmeldungen

Deutsch-japanische Kooperation für bessere Triebwerksbrenner

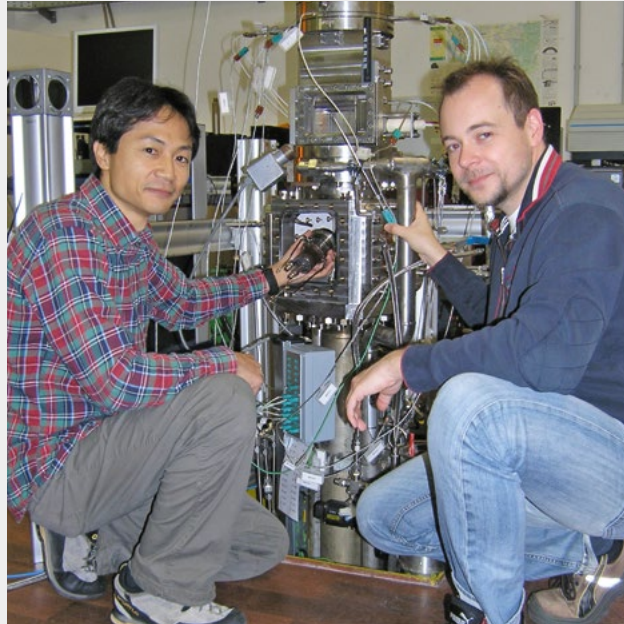
Das DLR und die japanische Raumfahrtagentur JAXA arbeiten seit 2010 auch im Bereich der Luftfahrtantriebe zusammen. Diese Kooperation wurde jüngst um drei Jahre verlängert.

Das richtige Mischen von Luft und Kraftstoff ist eine der großen Herausforderungen für die Triebwerksbauer. Das Verhältnis der beiden Komponenten zueinander entscheidet darüber, wie stabil, effektiv und schadstoffarm die Verbrennung ist. Gemischt werden Kraftstoff und Luft im Brenner. Herkömmliche Brenner sind so gebaut, dass sie bei allen Betriebsbedingungen eine stabile Verbrennung gewährleisten. Denn das Flugzeugtriebwerk soll unter allen Umständen zuverlässig funktionieren. Der Betriebsbereich eines Flugtriebwerks ist aber sehr groß. Er umfasst das Rollen auf dem Runway mit kleiner Triebwerksleistung ebenso wie den Startvorgang mit maximaler Triebwerksleistung. Dafür wird bei der Brennerauslegung ein Kompromiss eingegangen, was bisher mitunter den Verzicht auf ein besseres Abgasverhalten bedeutete.

An diesem Punkt setzt die Zusammenarbeit zwischen JAXA und dem DLR-Institut für Antriebstechnik an. Die Wissenschaftler wollen die Luftverteilung im Brenner so beeinflussen, dass die Stabilitätsgrenze der Verbrennung erweitert wird. Das wollen die Wissenschaftler erreichen, indem sie an bestimmten Punkten des Brenners die Luft gezielt durch kleine Kanäle abführen. Dieses Verfahren wird als fluidische Steuerung bezeichnet und hat Potenzial, zukünftige Triebwerksgenerationen schadstoffärmer zu machen.



DLR.de/AT



DLR-Ingenieur Denis Schneider und sein japanischer Kollege Seiji Yoshida haben ein gemeinsames Ziel: Der Brenner des Triebwerks soll weniger Abgas produzieren

Im Kölner :envihab dreht sich alles um den Menschen

Mit dem :envihab im DLR Köln steht Wissenschaftlern des DLR, von internationalen Raumfahrtagenturen und auch Universitäten seit diesem Sommer eine weltweit einzigartige Forschungsanlage zur Verfügung. In seinen acht Modulen auf 3.500 Quadratmetern wird für die menschliche Gesundheit geforscht. Dazu hat das :envihab unter anderem eine Zentrifuge, eine Druckkammer und ein Gerät zur Positronen-Emissions- und Magnetresonanztomografie. Das gibt es in dieser Kombination nirgendwo.

Die Wissenschaftler haben bei ihren Forschungen nicht nur die Astronauten im Blick, sondern auch die Menschen auf der Erde. Einzigartig ist auch die Möglichkeit, während der Fahrt auf der :envifuge ein Ultraschallgerät mit einem Roboterarm über den Probanden zu steuern und das Herz zu beobachten. Die Maßnahmen, die hier gegen die Wirkungen der Schwerelosigkeit entwickelt werden, helfen auch bei Knochen- und Muskelabbau, der auf der Erde unter anderem nach längerer Bettlägerigkeit oder im Alter entsteht. In diesem Zusammenhang wird demnächst im Schlaflabor des :envihab eine zweimonatige Bettruhestudie durchgeführt werden.



s.DLR.de/5zpo



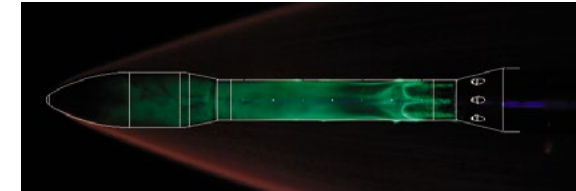
Offen für Besucher zeigt sich das :envihab nicht nur am Tag der Luft- und Raumfahrt am 22. September 2013, die Forschungsanlage dient auch als Kommunikationszentrum

Modell der Vega-Rakete im Kölner Windkanal

Zweimal ist die europäische Trägerrakete Vega bereits ins All gestartet, um Satelliten zu ihrem Bestimmungsort zu befördern. Im DLR hat sie solch einen Flug bereits über 50 Mal absolviert – allerdings als Miniaturausgabe in einem Windkanal. 75 Zentimeter groß und aus Stahl und Titan geformt ist das Modell, mit dem die DLR-Ingenieure im Hyperschallwindkanal Köln die Trennung von Unterstufe und Oberstufe simulierten. Das ist einer der kritischsten Momente bei solch einem Flug, wissen die Mitarbeiter der DLR-Einrichtung Über- und Hyperschalltechnologien im Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik.

Im Windkanal untersuchten die Ingenieure im Auftrag der europäischen Raumfahrtagentur ESA, wie sich die Strömung um die Rakete durch die Stufentrennung verändert. Mit einer hochpräzisen Waage erfassten sie die Kräfte und Momente, die durch die Stufentrennung auf die Rakete einwirkten. Um eine bisher nur mit Computernmodellen gerechnete Veränderung der Strömung entlang der Rakete sichtbar zu machen, trugen sie für ihre Messreihe zudem Öle mit verschiedener Viskosität auf das Modell auf und zeichneten die Veränderungen dieses Ölfilms auf. Das wichtigste Ergebnis: Das Strömungsfeld um die Rakete wird bei der Trennung der verschiedenen Stufen enorm gestört – es entstehen unsymmetrische Wirbel, die Strömung löst sich ab. Mit den Messdaten kann der optimale Zeitpunkt für die Stufentrennung nun besser definiert werden.

s.DLR.de/v145

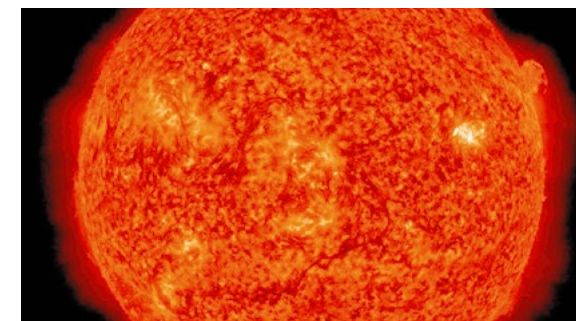


Um die Veränderung der Luftströmung aufzuzeichnen, trugen die Ingenieure einen Ölfilm auf das Modell der Vega-Rakete auf. Die Aufnahmen zeigen, wie die Ölpunkte sich unter den verschiedenen Versuchsbedingungen verteilen.

Sonnenaktivität ohne Auswirkungen auf Flugreisende

Immer wenn die Sonnenoberfläche von Flecken übersät ist, es auf ihr zu Materie-Ausbrüchen kommt und der Erde ein stärkerer Sonnenwind entgegenweht, stellen sich viele die Frage nach einer Strahlenbelastung auf Reise Flughöhen. Überraschenderweise nimmt die Strahlenexposition ab. Dieses Phänomen bestätigten DLR-Wissenschaftler mit einer Messkampagne im Frühsommer 2013. Dazu waren sie mit dem DLR-Forschungsflugzeug Falcon über Bayern und Südnorwegen unterwegs. Die Messungen zeigten, dass die Strahlenexposition auf Reise Flughöhen gegenüber den Vergleichsmessungen, die Ende 2007 – nahe am solaren Minimum – durchgeführt wurden, durch die stärkere Sonnenaktivität sogar um ungefähr zehn Prozent reduziert war.

Seit 2004 untersucht die Arbeitsgruppe Strahlenschutz in der Luftfahrt des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln das Problem. Der Sonnenwind leistet offenbar keinen Beitrag zum Strahlungsfeld auf Reise Flughöhen, da die Partikelstrahlung der Sonne im Allgemeinen zu energiearm ist, um tief genug in die Atmosphäre vorzudringen. Die energiereiche kosmische Strahlung dagegen trifft in oberen Schichten der Erdatmosphäre weit über den üblichen Flugkorridoren in rund zehn Kilometer Höhe auf die verschiedenen Moleküle der Luft. Dabei entstehen Sekundärteilchen. Deren Wechselwirkung mit Materie wiesen die DLR-Wissenschaftler mit ihren Detektoren nach.



Die Crew der Flugkampagne mit der Falcon bestätigte: Sonnenwind hat keine höhere Strahlenexposition auf Reise Flughöhen zur Folge, im Gegenteil

s.DLR.de/7171



Neues DLR-Schülerlabor in Aachen



Spielerisch lernen für die „energie-intelligente“ Stadt

Das bundesweit elfte DLR_School_Lab lädt ab dem kommenden Schuljahr an der RWTH Aachen zum Experimentieren ein. Die Themen stammen aus den Bereichen Luft- und Raumfahrt sowie Energie- und Verkehrsforschung, mit Schwerpunkt auf Robotik und künstlicher Intelligenz. Eine „energie-intelligente“ Stadt wird geregelt, ein Quadrocopter über Körpergesten geflogen, Fahrerassistenzsysteme getestet sowie Industrie- und humanoide Roboter programmiert. Einzigartig ist das Experiment „A Walk on the Mars“: Im Holodeck des Labors begehen sich Schülerinnen und Schüler auf eine virtuelle Schnitzeljagd durch den „Gale Krater“ des Mars.

s.DLR.de/p389





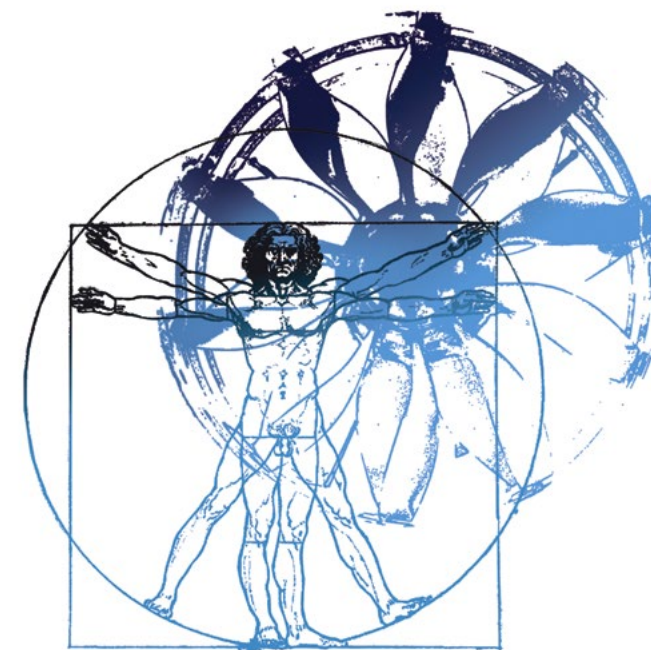
Luftsprünge nach einem gelungenen Tag im Schülerlabor

Wasserglas im freien Fall und Strom aus der Grätzelzelle

„Raus aus der Schule und rein ins Labor“ heißt es für Schülerinnen und Schüler im Raum Berlin, Köln und Oberpfaffenhofen nun schon seit zehn Jahren. Die Tutoren in diesen drei DLR_School_Labs setzen alles daran, den Kindern über direktes Erleben Wissen und auch Spaß an der Wissenschaft zu vermitteln. Dabei entlocken sie den kleinen Forschern ungeahnte Fähigkeiten. Jedes DLR_School_Lab hat andere Themenschwerpunkte, an denen sich die Kinder ausprobieren und neue Einsichten gewinnen können. Das DLR-Magazin besuchte die drei Jubiläumsschülerlabore.

Drei DLR_School_Labs werden in diesem Jahr 10 Jahre alt

Von Sarah Lange



Schwerelos in Köln

Gespannt blickt Jan-Niklas auf den Bildschirm und verfolgt mit den Augen, wie das gefüllte Wasserglas durch den Mini-Fallturm saust. Dort entsteht auf zwei Meter Fallstrecke für 0,6 Sekunden Schwerelosigkeit. In dem Glas, das nicht nur Wasser, sondern auch Luft enthält, müsste sich im freien Fall eigentlich in der Mitte eine Luftblase bilden. Der Zusatz von Spülmittel jedoch zerstört den Zauber. Die Luft ist oben, das Wasser unten, da das Spülmittel dem Wasser die Oberflächenspannung nimmt. Mit einem Videosystem werden die Geschehnisse in Zeitlupe genau aufgenommen, damit jeder den Fall verfolgen kann. Stift raus, schnell notiert der 15-Jährige seine Beobachtungen. Auch seine Mitschüler sehen neugierig dem Experiment zur Schwerelosigkeit zu. Fragezeichen in vielen Gesichtern. Was ist eigentlich Schwerelosigkeit? Und was ist Schwerkraft? Warum fällt ein Apfel auf der Erde herunter und auf der Internationalen Raumstation ISS schwebt er dem Astronauten vor der Nase weg? Die Kids stellen den drei Tutoren viele Fragen und finden anhand der praktischen Versuche schnell eine Antwort: Die Massen zweier Körper ziehen sich gegenseitig an. Die Massenanziehungskraft bestimmt auch die Bahnen der Planeten und die Struktur unseres Weltalls. Und bald wissen sie: Das Forschen in Schwerelosigkeit erweitert das Wissen über das Leben auf der Erde.

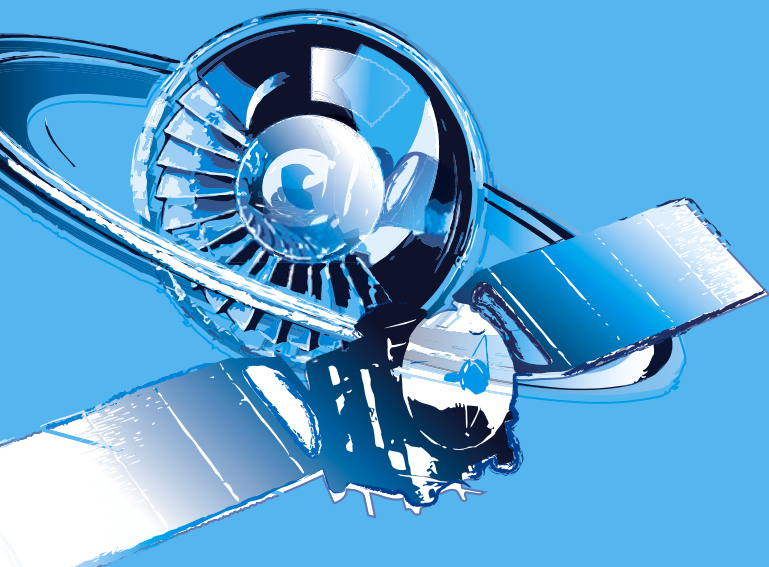
Doch wie kann man Versuche unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit machen? Jan-Niklas ist zusammen mit seinen über 20 Klassenkameraden der 9. Klasse des Martin-Butzer-Gymnasiums zu Gast im DLR_School_Lab Köln. Nach einem kleinen Fußmarsch von der Pforte bis zum Gebäude des Schülerlabors



Der Luftballon bekommt eine kalte Dusche, damit Jan-Niklas mit der Wärmebildkamera registrieren kann, wie sich die Energie auf der Oberfläche verteilt



Mit der 3-D-Brille lassen sich die gewaltigen Dimensionen des Mars in einer Computersimulation im DLR_School_Lab Köln bestaunen



setzen sich die Kinder vor die kleine Bühne, wo Dr. Richard Bräucker, der Leiter des DLR_School_Lab Köln, steht und die Gäste willkommen heißt. Die Schüler werden in drei Gruppen eingeteilt und sofort beginnen die kleinen Forscher, das Experiment „Mission to Mars“ zu diskutieren.

Zahlreiche Raumsonden haben in den letzten Jahrzehnten den Mars umkreist und Bilder der Oberfläche zur Erde gefunkt. Heutzutage werden Marsgloben hergestellt, ähnlich den Globen, wie wir sie von der Erde kennen. Aber nicht alles kann aus großer Höhe untersucht werden. Deshalb wurden Roboter, sogenannte Mars-Rover, auf der Oberfläche abgesetzt, zuletzt im August 2012 der bisher größte namens „Curiosity“. Wie die Roboter gesteuert werden, erfahren die Kids an diesem erlebnisreichen Tag auch – und das scheint gar nicht so einfach zu sein! Bei diesem Experiment wurde der Mars-Rover nachgestellt, damit die Jungen und Mädchen die Steuerung in unbekannter Umgebung nachempfinden können. „Ich will anfangen“, ruft Jan-Niklas. Doch bevor der Rover gesteuert werden kann, müssen die Drehungen und Wege berechnet werden. Erst dann nimmt das Fahrzeug die Anweisungen zeitverzögert an. „Wahnsinn, was bei der Fahrt über den Mars alles beachtet werden muss. Keine leichte Aufgabe“, stellt Jan-Niklas fest. „Ich werde mal Pilot. Pilot beim DLR“, fügt er hinzu und wirkt dabei fest entschlossen.

Mobil in Berlin

Unser Sonnensystem ist auch ein Thema am DLR-Standort Berlin. Doch hier geht es vor allem um optische Sensoren zu dessen näherer Erforschung. Wissenschaftliche Untersuchungen um die Entstehung und Veränderung des Planeten Mars und anderer Himmelskörper ermöglichen es, die Entwicklung der Erde besser zu verstehen. Neben der Planetenforschung wird im DLR Berlin die Verkehrsforschung großgeschrieben. Die Lösung alltäglicher Probleme, wie Staus oder die beste Nutzung der verschiedenen Verkehrsmittel für den Personen- und Warentransport, stehen im Fokus, damit auch zukünftig alles in Bewegung bleibt.

„Wie kommst du eigentlich zur Schule?“, fragen sich die Schüler untereinander. Einige Schüler antworten, dass sie mit dem Rad fahren, andere nutzen die öffentlichen Verkehrsmittel,

wenige cruisen mit ihrem Skateboard zur Schule. Die Schülerinnen und Schüler der Käthe-Kollwitz-Oberschule Prenzlauer Berg lernen im Experiment „Mobilität von Jugendlichen“, Alltägliches einmal ganz anders zu betrachten: „Was ist Verkehr? Was bewegen wir mit Verkehr? Was sind Wege in der Verkehrsforschung?“ Dazu füllt jeder einen Fragebogen aus. Am Ende geht vielen von ihnen ein Licht auf: Die Verkehrsforschung kann zu einer besseren Mobilität beitragen.

Raus aus der Theorie, rein in die Praxis. Die Schüler dürfen jetzt eine Grätzelzelle bauen und sitzen dafür an einem großen runden Tisch des DLR_School_Lab Berlin. „Was ist das überhaupt, eine Grätzelzelle?“, fragt der 14-jährige Nguyen Hoang Thanh Loc. Der Tutor erklärt es an einem Beispiel. Fast jeder hat schon mal Solarzellen gesehen: Bei Sonne schimmernd, bedecken sie ganze Hausdächer und kleinere Landstriche. Ihre Herstellung ist ein technisch anspruchsvolles Verfahren. Eine solche Solarzelle dürfen die Schüler heute mit haushaltsüblichen Zutaten selbst bauen. Dafür benötigen sie unter anderem Klebestreifen, Föhn, Klemmen, eine Herdplatte und Titandioxid (zum Beispiel in Zahnpasta enthalten). Zuerst mischen die Schüler die Titandioxidlösung, dann tragen sie diese auf kleine dünne Glasstreifen auf. Die leitende Oberfläche wird mit einer dünnen Grafitsschicht versehen. Nun bringen die Mädchen und Jungen den Farbstoff an. Es herrscht absolute Ruhe im Raum. Anschließend tragen sie die Elektrolytlösung auf die Glasstreifen auf, damit der Strom fließen kann. Zuletzt legen die Kinder die Glsträger übereinander und befestigen zwei Klemmen an der Grätzelzelle, damit sie nicht auseinanderfällt. „Fertig“, ruft Nguyen. „Das macht Spaß! Schade, dass es keine Noten gibt“, sagt er verschmitzt. Jetzt erzeugt seine Grätzelzelle Strom. „Ich wusste gar nicht, dass man mit einer Solarzelle so Energie erzeugen kann“, fügt er hinzu.

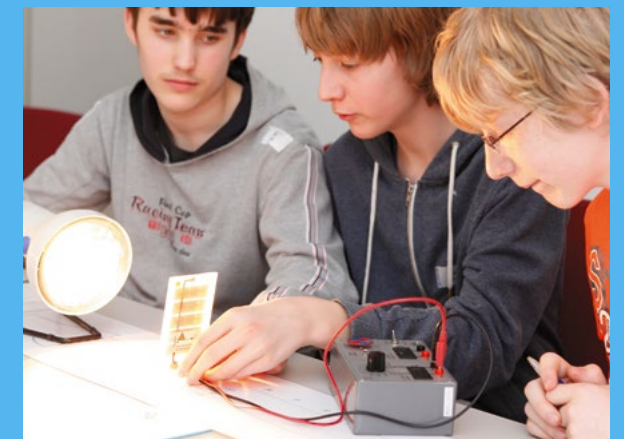
So einige Aha-Effekte gibt es auch beim dritten Experiment. Eine kleine Gruppe setzt sich bei dieser Forschungsaufgabe zuerst mit den zwei Tutoren zusammen. Die Energie, die von der Solarzelle geliefert wird, ändert sich und wie von Geisterhand wird das Licht schwächer oder stärker – je nachdem, wie weit die Solarzelle von der Lichtquelle entfernt ist. Das Licht im Raum geht aus, die kleinen Lämpchen werden angeschaltet. „Ist das gruselig“, flüstert eine Schülerin und hakt sich leise kichernd



Dem Geheimnis der Grätzelzelle auf der Spur: Nguyen entnimmt ein paar Tropfen Titandioxidlösung, um sie auf kleine dünne Glasstreifen aufzutragen. Am Ende wird zwischen den verbundenen Glsträgern ein Stromfluss nachgewiesen.

Im DLR forschen und lernen

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt ist als eine der größten und modernsten Forschungseinrichtungen Europas Ideenschmiede für das Wissen von morgen. Hier werden Flugzeuge der Zukunft entwickelt und Piloten trainiert, Raketentriebwerke getestet und Bilder von fernen Planeten ausgewertet. Es wird an Hochgeschwindigkeitszügen geforscht, an umweltfreundlichen Verfahren zur Energiegewinnung gearbeitet und vieles mehr. Themen von großer gesellschaftlicher Bedeutung – aber auch von großem Reiz für Kinder. Um Schülerinnen und Schülern einen Einblick in die Arbeit des DLR zu geben und ihr Interesse an den Naturwissenschaften zu wecken, wurden DLR_School_Labs geschaffen.



Heller oder dunkler? Alles eine Frage des Abstands. Mit dem Solarzellen-Experiment im DLR_School_Lab Berlin wird es nachvollziehbar.



Auf das Robotkit-Experiment hat sich Annika besonders gefreut. Endlich kann sie selbst Hand anlegen und das Roboter-Auto zum Fahren bringen.



Neben der Robotik fesselt das Infrarot-Experiment die Schüler im DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen



bei ihrer Sitznachbarin ein. Die Schüler rücken näher zusammen. Dann schließen sie die Solarzelle vorsichtig an das Messgerät an und positionieren diese auf der Messstrecke. Jetzt kann die Stromstärke abgelesen und der Abstand bemessen werden. Der Klassenlehrer betritt den Raum: „Kontrollgang“, sagt er streng und grinst. Keiner hört ihm zu. Nur ein Mädchen bemerkt ihn und sagt: „In der Schule habe ich das nie verstanden, aber jetzt, wo ich es selber gemacht habe, geht mir ein Licht auf. So etwas nennt man wohl Erfolgserlebnis.“

Robotisch unterwegs in Oberpfaffenhofen

Das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen ist bekannt für spannende Experimente in Infrarot-, Laser- und Radarmesstechnik, Umwelterkundung, Analyse von Satellitendaten, Wetter und Klima, Planung von Forschungsflügen, Robotik und Simulation. Den Schülerinnen und Schülern stehen im Labor High-Tech-Instrumente wie Sensoren, ein Roboter, Archive für Satellitendaten und professionelle Simulations- und Auswertungsprogramme zur Verfügung. Dr. rer. nat. Dieter Hausmann, Leiter des DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen, trifft die letzten Vorbereitungen für die heutigen Gäste. Generalprobe: Das DLR-Video, welches extra für die Schulklassen konzipiert wurde, wird bei gedimmtem Licht abgespielt. Leuchtende Sterne erscheinen an der Decke. Um neun Uhr betreten die ersten Schülerinnen und Schüler den Raum. „Cool. So muss es im Weltraum aussehen“, hört man einen Schüler sagen. Dieter Hausmann begrüßt seine jungen Gäste und stellt die drei Tutoren vor. „Heute werden wir eure Neugierde wecken“, sagt er. Die Schulklassse vom Johann-Sebastian-Bach-Gymnasium aus Windsbach kann sich in einfachen Experimenten spielerisch und aktiv Wissen aneignen. Dazu wird die Klasse in vier Teams eingeteilt. Lasertechnologie, ASURONaut, Robotik und Infrarotmesstechnik stehen auf dem Plan. Die erste Gruppe für die Infrarotmesstechnik marschiert zum Tutor. Das Thema lautet „Das Unsichtbare sichtbar machen“.

„Wie soll das denn gehen?“, fragt ein Junge seinen Mitschüler und tippt mit dem Finger an die Schläfe. Der Coach lässt sich von den quirligen Kindern nicht aus der Ruhe bringen und

Orte des Staunens

Gravitationsbiologie und Solare Wasserreinigung, Marserkundung und Mobilitätsforschung, Robotik sowie Wetter und Klima – Themen, mit denen sich Schülerinnen und Schüler in DLR_School_Labs befassen. Angeleitet werden sie dabei von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie erfahrenen Studenten der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Bei Experimenten, unter anderem an originalen Forschungsanlagen, wird das Labor zum Ort des Staunens, Lernens und der Inspiration.

Mittlerweile haben mehr als 100.000 Schülerinnen und Schüler die DLR_School_Labs besucht und hier die „Faszination Forschung“ durch eigenes Experimentieren erlebt. Dass die DLR_School_Labs Kinder und Jugendliche nachhaltig für Naturwissenschaften begeistern, wurde auch wissenschaftlich belegt: Eine an der Universität Kiel durchgeführte Doktorarbeit

erklärt es mit ausdrucksvoller Stimme: „Wir Menschen sehen mit unseren Augen die Welt im sichtbaren Licht. Dieses Licht nimmt aber nur einen kleinen Teil des vorhandenen Strahlungsspektrums ein; der weitaus größere Teil ist unsichtbar. Infrarotstrahlung ermöglicht uns, mit anderen Augen zu sehen und die Welt besser zu verstehen.“ Dann zeigt er ihnen die Infrarotkameras. „Probiert es selbst aus!“ Schon schnappen sich die Kids die Infrarotkameras, erkunden sich gegenseitig und beobachten, wie Wärmestrahlung in sichtbare Bilder umgewandelt wird. Faszinierend!

Die dritte Gruppe hält sich versteckt hinter Trennwänden auf und konzentriert sich auf ihr Experiment. In Teamarbeit dürfen die Jungen und Mädchen das ASURO-Robotkit, ein Roboter-Auto, zusammenbauen. Die 15-jährige Annika Flock hatte per Losverfahren einen Platz im Robotik-Team ergattern können. „Ich wollte unbedingt in das Robotik-Team, weil ich Informatik toll finde und hier durfte man dazu auch noch programmieren und eigenständig bauen“, sagt sie begeistert, „das ist eine sehr gute Mischung.“ Die vielen Einzelteile des Robotkit sehen kompliziert aus, doch die Schülerinnen und Schüler setzen sie mit Leichtigkeit zusammen. Ein abwehrendes „Pscht!“ bekommt der Lehrbeauftragte von seinen Schülern zu hören, als er nachfragt, ob er ihnen helfen könne. Nach ein paar Stunden fährt jedes Roboter-Auto durch den Raum und die Augen der Schüler strahlen vor Stolz.

„Das DLR_School_Lab ist so praxisnah und das ist besonders toll. Im Physikunterricht in der Schule lernt man seine Formeln und der Lehrer zeigt vielleicht mal ein, zwei Experimente und dabei darf man nur zugucken. Im DLR_School_Lab ist das anders. Hier kriegt man seine Sachen und einem wird erklärt, wie es geht, und dann kann man selbst drauflosbasteln“, schätzt Annika am Ende des Experiments das Erlebte ein.

„Mir macht es Spaß, die Schüler zu motivieren und sie für die Wissenschaft zu begeistern“, hören wir von der jungen Lehrmeisterin. Und den Kindern erklärt sie voller Begeisterung: „In unserem Alltag finden wir viele intelligente Maschinen. Roboter schweißen Autos und backen Brot. Sie können Arbeit leisten, die für uns Menschen gefährlich oder sehr anstrengend ist. Aber dazu sind sie nur in der Lage, weil ihnen genau gesagt wird, was sie machen sollen.“ Sie erläutert den Schülern vorab, wie ein Mars-Rover gesteuert wird, oder was passiert, wenn er stecken bleibt. Die Schülerlabor-Besucher erfahren, was es heißt, mit einem Roboter eine Landschaft zu erkunden, wenn man „nur“ durch dessen Augen sehen kann. Eine minimale Verzögerung von weniger als einer Sekunde hat deutliche Folgen, eine präzise Steuerung ist also sehr schwierig. Die Schülerinnen und Schüler gehen zur

kam – auf Basis einer Umfrage unter vielen hundert Schülern – zu dem Ergebnis: Auch lange nach dem Besuch eines Schülerlabors ist das Interesse an Naturwissenschaften deutlich größer als zuvor. Und auch viele Reaktionen der Schüler und Lehrer zeigen, dass die DLR_School_Labs einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung eines spannenden und abwechslungsreichen Unterrichts leisten können.

Das erste DLR-Schülerlabor wurde im Jahre 2000 am DLR-Standort Göttingen eröffnet. Inzwischen gibt es DLR_School_Labs an den DLR-Standorten Berlin, Braunschweig, Bremen, Köln, Göttingen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Lampoldshausen/Stuttgart sowie an drei befreundeten Hochschulen – der RWTH Aachen, der TU Dortmund und der TU Hamburg-Harburg. Ein weiteres Labor an der TU Dresden ist im Aufbau.

Praxis über, geben nicht auf und probieren immer wieder, den Mars-Rover in die richtige Richtung zu lenken. „Gar nicht so einfach“, sagt ein Mädchen, „aber Spaß macht es!“

Das ist es, was die DLR_School_Labs beabsichtigen: Lust auf Experimentieren wecken und Freude an Erkenntnis hervorrufen. Eine Frage kommt zum Schluss noch von einem der Oberpfaffenhofener Jungen: „Wann kann ich meinen eigenen und lebensgroßen Roboter zusammenbauen? – Dann darf der mein Zimmer aufräumen und meine Mutter müsste wegen meines Chaos nicht mehr schimpfen ...!“ ●



Weitere Informationen:
DLR.de/schoollab/



Einen Mars-Rover zeitversetzt zu steuern, erfordert vollste Konzentration



Das Forschungsflugzeug HALO bei einem der Wirbelschleppentestflüge im April 2013. In 22 Meter Höhe überfliegt es die Platten am Boden. Im Rauch werden die absinkenden Wirbelschleppen sichtbar.

Standhaft in Turbulenzen

Ein zufälliges Gespräch in der Kantine des DLR Oberpfaffenhofen hinterließ Spuren: Der Wissenschaftler, der so lebendig von seinen Pflegekindern sprach, konnte ebenso begeistert von Luftströmungen erzählen. Ohne es zu ahnen, empfahl sich Dr. Frank Holzäpfel damit für ein Porträt im DLR-Magazin.

Dr. Frank Holzäpfel kümmert sich beruflich um Wirbelschleppen und auch privat ist es bei ihm selten still

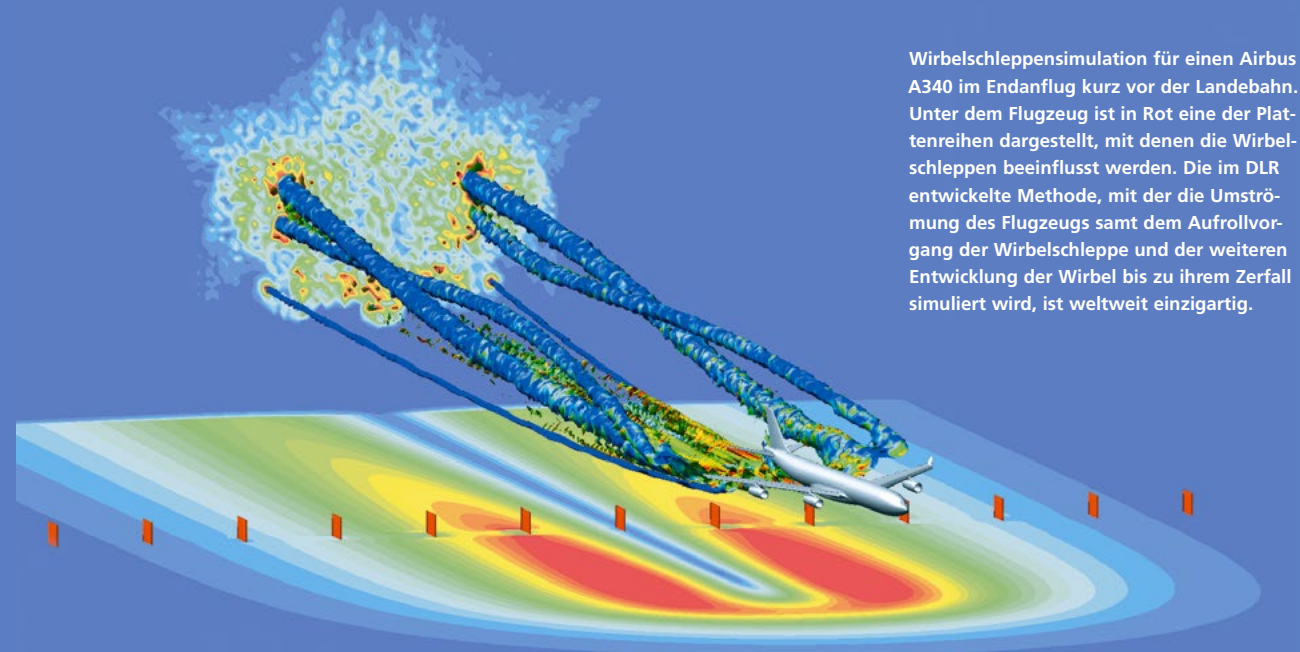
Von Miriam Kamin



Dr. Frank Holzäpfel mit seiner Frau, den zwei leiblichen Kindern und zwei Pflegekindern

Stimmt eigentlich das Gerücht, dass Zugvögel manchmal in einer V-Formation fliegen, weil sie die Luftwirbel des davor fliegenden Vogels ausnutzen? – Dr. Frank Holzäpfel lacht: „Das ist tatsächlich richtig. Es gibt sogar wissenschaftliche Studien zu diesem Thema. Die Flügel von Vögeln erzeugen ja genau wie die Tragflächen von Flugzeugen Luftwirbel, sogenannte Wirbelschleppen. Den Aufwindbereich der Wirbel kann der dahinter fliegende Vogel wunderbar nutzen. Er spart Energie!“ Auch Flugzeuge hinterlassen solche Luftwirbel – im großen Stil und mit Konsequenzen für die nachfolgenden Flugzeuge. Der Strömungsexperte Dr. Frank Holzäpfel arbeitet daran, das Verhalten der Wirbel zu verstehen und vorherzusagen. Und er weiß, wie man deren Zerfall beschleunigen kann.

Als Dr. Frank Holzäpfel 1996 nach seinem Maschinenbau-Studium an der Universität Karlsruhe (TH) seine Promotion beendete, wartete bereits eine Stelle bei Daimler in Stuttgart-Möhringen auf ihn. Als Trainee hätte der Weg in das Berufsleben beginnen können. Aber bereits an der Universität wurden die Weichen in eine andere Richtung gestellt: „Schon während meiner Promotion war mir der Name ‚Schumann‘ als Koryphäe auf dem Gebiet der Strömungssimulation wohl vertraut“, erinnert sich Holzäpfel an den ehemaligen Direktor des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre, Professor Dr. Ulrich Schumann. Da kam eine Stellenanzeige in der Wochenzeitschrift „Die Zeit“ gerade richtig. In der DLR-Abteilung Wolkenphysik und Verkehrsmeteorologie wurde ein Wissenschaftler gesucht, der „ein effizientes mathematisch-physikalisches Modell zur Berechnung der Lebensdauer von Wirbelschleppen hinter Flugzeugen aufbauen“ sollte. Der frischgebackene Doktor sah die Möglichkeit, die Erkenntnisse seiner Promotionsarbeit zu hochturbulenten Wirbelströmungen in Brennkammern nun in der Luftfahrt auf Flugzeug-Wirbelschleppen anzuwenden. „Mir waren Inhalte immer schon wichtiger als der materielle Verdienst“, kommentiert Holzäpfel. Und genau mit diesen Inhalten lockte die Stelle in Oberpfaffenhofen. Holzäpfel, der als schnellster



Etwa vier Meter breit sind die Platten, deren Sekundärwirbel die Wirbelschleppen schneller zerfallen lassen



Dr. Frank Holzäpfel vor dem Forschungsflugzeug HALO. Theoretisch und praktisch zu arbeiten, reizt den Strömungsexperten.

seines Instituts die Promotionsurkunde – und das mit Auszeichnung – entgegengenommen hatte, wurde sich mit Professor Schumann rasch einig. Er sagte Daimler ab und dem DLR zu.

Wirbelschleppen – eine Herausforderung in der Luftfahrt

„Wenn man jemandem auf einer Party erzählt, dass man sich mit Turbulenzen in Brennkammern beschäftigt oder die Dissertation den Titel ‚Zur Turbulenzstruktur freier und eingeschlossener Drehströmungen‘ trägt, dann können Sie darauf wetten, dass das Gespräch nach zwei Minuten beendet ist“, sagt der 51-jährige Wissenschaftler und zieht die Augenbrauen hoch. Da ist das Thema Wirbelschleppen schon viel plastischer. Auch das hat ihn dazu bewegt, aus der Brennkammer quasi an die frische Luft zu gehen: „Es ist ein greifbares Thema, das jeden betrifft, da es um die Sicherheit, um Menschenleben im Luftverkehr geht.“

Wirbelschleppen stellen ohne Zweifel ein Sicherheitsproblem im Luftverkehr dar: Bei Starts und Landungen von Flugzeugen muss ein ganz bestimmter Abstand eingehalten werden. Denn hinter den Tragflächen wird die Luft sehr stark verwirbelt. Das kann dazu führen, dass die folgende Maschine kräftige Rollmomente erfährt und um ihre Längsachse gedreht wird. Die Flugzeuge müssen deshalb bei Start und Landung auf dem Flughafen warten, bis sich die Luft wieder beruhigt hat. Dass sich in seiner Tätigkeit der Bogen von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung im und rund um das Flugzeug spannt, macht für den DLR-Wissenschaftler nach wie vor den besonderen Reiz dieses Forschungsbereichs aus.

Seine ersten DLR-Jahre – bis 2005 – nutzte Holzäpfel auch, um an der TU München zu habilitieren. Seine Expertise schafft in der Zusammenarbeit mit weiteren DLR-Instituten Synergien im Bereich der Wirbelschleppenforschung. „Ohne eine gute interne Vernetzung kommt man in der Forschung nicht voran“, betont der Wissenschaftler. „Denn wir müssen das Gesamtsystem immer vor Augen haben – vom Fachwissen zur Fluidodynamik, Flugdynamik und Flugführung bis zu den Nutzern wie Flughäfen, Flugsicherung und Piloten.“ Weiterhin müssen natürlich auch Luftfahrtbehörden und Hersteller eingebunden werden. Auch externen Partnern stand Holzäpfel als wissenschaftlicher Berater bei den wohl spektakulärsten Wirbelschleppenflügen zur Seite:

Im Jahr 2006 fanden die ersten Wirbelschleppentests des neuen Airbus A380 am Forschungsflughafen Oberpfaffenhofen statt. Nach umfangreichen Untersuchungen der Wirbelschleppen und Beratung durch Frank Holzäpfel, teilte Airbus mit, dass nunmehr Empfehlungen für geeignete Sicherheitsabstände zu anderen Flugzeugen gegeben werden können.

Mit sechs weißen, 2,2 mal 4,0 Meter großen Platten aus lackiertem Sperrholz ausgerüstet, gingen Holzäpfel und sein Team im April 2013 auf die Start- und Landebahn des Forschungsflughafens Oberpfaffenhofen, der das aktuellste Wirbelschleppenexperiment unterstützte. Mit dieser neuen Technik will das DLR-Team gefährliche Luftwirbel landender Flugzeuge eindämmen. Wirbelschleppen bilden sich aufgrund der Druckdifferenz zwischen Tragflächenober- und -unterseite der Flugzeuge. Besonders gefährlich sind sie für leichtere Flugzeuge, die hinter schwereren Maschinen landen. Die bereits patentierte Erfindung zur Reduktion dieser Wirbelschleppen wurde nun erstmals von den DLR-Wissenschaftlern unter realen Flugbedingungen getestet. Ein Drehteam des britischen Fernsehsenders BBC blieb dem Wissenschaftler an diesem Tag immer auf den Fersen: „Ich hatte nicht erwartet, dass ich wirklich aus allen möglichen und unmöglichen Perspektiven gefilmt würde“, erinnert sich Holzäpfel, der im Rahmen des Forschungsprojekts das erste Mal so dicht auf Tuchfühlung mit den Medien kam.

Die DLR-Testpiloten steuerten das Forschungsflugzeug HALO durch künstlich erzeugten Rauch, der die sonst unsichtbaren spiralförmigen Wirbel hinter den Tragflächen sichtbar machte. In 22 Meter Höhe überflog HALO mit etwa 250 Stundenkilometern die weiße Plattenkonstruktion. „Es geht darum, dass wir Hindernisse am Boden haben, die die Wirbelschleppen stören“, erklärt Holzäpfel. Die von den parallel zur Anflugrichtung stehenden Platten erzeugten Luftströme bilden selbst kleine Wirbel und beschleunigen so den Zerfall der Wirbelschleppen der Flugzeuge.

Pflegekinder – eine große Bereicherung des Privatlebens

Man könnte vermuten, dass ein Mann mit einem solchen Faible für Forschung nur seine Arbeit im Sinn hat. Doch mitnichten. Mit vier Kindern und seiner Frau Marcela Sebesta-Holzäpfel lebt er im grünen Utting am Ammersee. „Auch einer

der Gründe, warum ich mich damals für das DLR entschieden habe“, räumt der Wissenschaftler lächelnd ein. Der gebürtige Heilbronner wollte auf jeden Fall so nah wie möglich am Wasser wohnen. Mit einem Haus 200 Meter vom Ammersee Strandbad entfernt ist ihm das gelungen. Während sein Arbeitsalltag von naturwissenschaftlichen Themen geprägt ist, hat er sich mit seiner Frau einer sozialpädagogischen Aufgabe gestellt.

Seine Frau war dabei der treibende Faktor. Die gebürtige Tschechin und Opernsängerin hatte immer den starken Wunsch, sich aktiv im sozialen Bereich zu betätigen. Die beiden bauten zusammen mit anderen engagierten Menschen die sogenannte Bereitschaftspflege für Kinder in Karlsruhe auf. Für die Familie Holzäpfel bedeutet das, dass sie Pflegekinder für eine Übergangszeit von wenigen Wochen bis zu mehreren Jahren bei sich aufnehmen. „Für uns war diese Art der Pionierarbeit extrem spannend. Wir haben die Bereitschaftspflege von Grund auf mitgestaltet. Dabei sind mit vielen der aktiven Familien richtig enge Freundschaften entstanden“, berichtet der Wissenschaftler.

Zu ihren zwei leiblichen Kindern haben sie zwei der insgesamt 17 Pflegekinder dauerhaft in ihre Familie integriert. „Für uns war die Zeit, in der wir Kinder zur Pflege bei uns hatten, eine enorme Erfahrung – wir wollten einfach ein Stück unseres privaten Glücks mit anderen teilen“, so erklärt Frank Holzäpfel das Engagement seiner Familie. Fortbildungen im Bereich Soziales Arbeiten und Social Skills haben ihn und seine Frau in den vergangenen 20 Jahren dabei gestützt. Was er in dieser Zeit gelernt hat, findet er sowohl für sein Privatleben als auch für seine Arbeit wertvoll. „Vor allem die Fähigkeit zu empathischem Denken und Handeln habe ich aus der sozialen Arbeit in mein Forscherleben mitgenommen. Berufliche wie auch private Beziehungen bekommen eine neue Qualität, wenn man sich in den anderen hineinversetzen und auf ihn zugehen kann.“ ●



Weitere Informationen:
DLR.de/PA



Prüfender Blick auf die ersten Messergebnisse der Wirbelschleppentests

Luftfahrtwelten zwischen Möwen und Windmühlen

Die Niederlande und ihre weiten Polderlandschaften am IJsselmeer – das Auge findet kaum einen Halt, unendlich die Weite bis zum Horizont. Unter einem oft dramatisch inszenierten Wolkenhimmel, der schon Vincent van Gogh faszinierte, bleibt der Blick allenfalls mal an einer Windmühle hängen, einem vereinzelt Gehöft oder einer Allee windschiefer Bäume – und dann plötzlich an einem leibhaftigen Jumbo. Wir sind in der Nähe von Lelystad. Tatsächlich, scheinbar mitten auf einer Polderwiese grüßt eine ausgewachsene Boeing 747 in der leuchtend blau-weißen Bemalung der niederländischen Fluggesellschaft KLM hinüber zur Bundesstraße N 302. Ein Hinweis auf ein Eldorado für den Luftfahrtfan.

Das Aviodrome im niederländischen Lelystad

Von Hans-Leo Richter

Beim näheren Hinsehen bemerken wir noch weitere Luftfahrzeuge. Wie kommen die um alles in der Welt hier auf den Polder? Des Rätsels Lösung offenbart sich auf einem Hinweisschild am Regionalflughafen Lelystad: Hier geht's zum Aviodrome. Dieses Kunstwort steht für ein bemerkenswertes Luftfahrtmuseum, fast schon eine Luftfahrt-Erlebniswelt. Zahlreiche Flugzeuge sowie eine Fülle weiterer Exponate aus der weiten Welt der Fliegerei informieren über die Geschichte der niederländischen Luftfahrt – mit erfreulich deutlichem Schwerpunkt auf dem zivilen Sektor.

Das Museum basiert auf einer Sammlung, die bereits im Jahr 1960 in Amsterdam-Schiphol, heute einem der größten europäischen Verkehrsflughäfen und Knotenpunkte, gezeigt wurde. Irgendwann wurde dort der Raum für den wachsenden Airport zu eng, sodass das Museum 2003 bei Lelystad auf dem Flevoland-Polder einen im wahrsten Sinn des Wortes hervorragenden neuen Standort fand.

Auf mehr als 6.000 Quadratmetern erwartet uns eine Zeitreise, die uns von den ersten Ballonabenteuern aus dem späten 18. Jahrhundert bis zur modernen Jet-Fliegerei unserer Tage führt. Das Museum gliedert sich in mehrere Bereiche. Die großen „Eye-Catcher“ parken natürlich draußen im Freigelände, darunter die bereits erwähnte Boeing 747, dann eine Douglas DC4 Skymaster, eine Lockheed Constellation, die Fokker 100. Die historischen Prachtstücke hingegen werden wettergeschützt in einer großen, modern gestalteten Ausstellungshalle präsentiert. Im benachbarten T2-Hangar schließlich finden sich weitere luftfahrtshistorische Schätze, die der Besucher allerdings nur von einer umlaufenden Galerie aus betrachten kann. Dies ist die Flugwerkstatt, hier kann den Restaurateuren bei der Arbeit über die Schulter geschaut werden – das bietet längst nicht jedes Luftfahrtmuseum.

In der geräumigen Ausstellungshalle beginnt der Rundgang in chronologisch korrekter Reihenfolge. Die ersten größeren Exponate erinnern an die Anfänge der Luftfahrt. Eine Replika des Lilienthal-Gleiters darf natürlich dabei ebenso wenig fehlen wie Nachbauten des Wright-Flyers und des historischen Blériot-Eindeckers aus dem Jahr 1909, mit dem der Franzose bekanntlich erstmals den Ärmel-Kanal überquerte (siehe auch die Notiz über den dazugehörigen wiedererstandenen Anzani-Dreizylinder auf der Meldungsseite 10, Anmerkung der Redaktion).



Die Hand auf dem Schubhebel der Boeing 747 – heute noch ein Kindert Traum, übermorgen vielleicht schon Realität ... Die im Freigelände ausgestellte Boeing 747-200 gehört zu den Top-Attraktionen des Aviodrome.

Bild: Aviodrome



Das originalgetreu wiederaufgebaute Empfangs- und Abfertigungsgebäude des Flughafens Schiphol aus dem Jahr 1928. Vom damaligen Kontrollturm aus überblickt der Besucher das weitläufige Aviodrome.

Und dann tritt, wie sollte es in den Niederlanden auch anders sein, Anthony Fokker auf den Plan. Hollands bekanntester Flugzeugkonstrukteur, 1890 auf Java in Niederländisch-Indien (dem heutigen Indonesien) geboren, nach wechselhafter Karriere später eine der schillerndsten Luftfahrtpersönlichkeiten, hatte schon von frühester Jugend an großes Interesse an Technik und vor allem an der noch in den Kinderschuhen steckenden Luftfahrt. Bereits in der Zeit des Ersten Weltkriegs machte er sich einen Namen mit vielseitigen und leistungsfähigen Jagdflugzeugen. Nach dem Krieg entstanden, auch durch Konversion bereits existierender Muster, die ersten Verkehrsflugzeuge. Seinen guten Ruf behielt das Unternehmen Fokker bis in die Neunzigerjahre, die bewährten Kurz- und Mittelstrecken-Airliner F 50 und F 100 kann man auch heute noch in Betrieb sehen. Etwa 15 Modelle aus der breiten Fokker-Produktpalette sind im Aviodrome zu bestaunen, darunter das erste Muster überhaupt, die „Spin“, ein filigraner Eindecker mit Argus-Motor.

Interessant ist dann vor allem die bereits verhältnismäßig fortschrittliche Fokker F VII aus dem Jahr 1924, ein abgestreifter, stabil wirkender Hochdecker, der mit acht bis zehn Fluggästen bereits etwas mehr als 1.000 Kilometer zurücklegen konnte. Die schmale Kabine ist erfreulicherweise begehbar, der Apparat rumpelt leise, vor den großen Fenstern zieht in historisierendem Schwarz-Weiß eine Landschaft vorüber – Erlebniswelten der Passagiere von einst.

Selbstverständlich darf die zweimotorige Fokker F 27 „Friendship“ nicht fehlen, das erste größere Passagierflugzeug nach dem Zweiten Weltkrieg, ausgelegt für rund 40 Fluggäste. Im Freigelände finden wir dann die modernen Typen F 50 sowie die zweistrahlige F 100, einen Hundertsitzer modernen Zuschnitts.

Schmuck aus der Zeitgeschichte

Es sind jedoch nicht nur die Flugzeuge, die einen begeistern. Die Museumsleitung hat es verstanden, durch ergänzende Exponate aus den jeweiligen Epochen eine authentische Atmo-

sphäre zu erzeugen. So parkt vor einem Wright-Flyer ein offener de Dion Bouton-Zweisitzer mit hübsch geschwungener Front-„Haube“. Vor einem anderen Oldtimer steht ein klassischer Renault. Selbst der kleine Hanomag, das berühmte „Kommissbrot“, fehlt nicht. Unter der vergleichsweise riesigen, viermotorigen Lockheed Constellation schließlich verschwindet der kleine Daf 600 nahezu vollständig, der erste Kleinwagen mit vollautomatischem (Keilriemen-)Getriebe. Neben der Fokker F VII bestaunen wir schließlich eine Benzintonne auf Rädern, darauf eine voluminöse Handpumpe, „de eerste Vliegveld-Tankwagen anno 1930“.

Manche Flugzeuge werden nur als Mockup oder als Teilsegment gezeigt, von anderen wiederum vermitteln lediglich die Cockpits die Atmosphäre früherer Luftfahrttechnik, wie das der Sud Aviation „Caravelle“, des formschönen französischen Mittelstrecken-Airliners aus den Sechzigerjahren. Ein interaktives Exponat des Museums bietet dem Besucher schließlich die Möglichkeit, in einem – wenn auch etwas rustikal aufgebauten – Boeing 737-Flugsimulator sein Können zu beweisen.

Ein besonderes Highlight der umfangreichen, mehr als 80 Flugzeuge umfassenden Sammlung ist zweifellos die weltweit letzte noch fliegende Douglas DC 2 „de Uiver“. Sie war der Vorläufer der später so populär gewordenen DC 3 „Dakota“, die mit insgesamt mehr als 15.000 gebauten Exemplaren zu einem der weltweit bekanntesten Flugzeuge überhaupt werden sollte. Aber auch das Vorgängermodell DC 2 verfügte schon über zwei Sternmotoren. Es bot 14 Fluggästen Platz und hatte lustige Gardinen an den Fenstern – Reisen mit Stil. Die ausgestellte „de Uiver“ (ein altes holländisches Wort für Storch) ist eine Hommage an die gleichnamige und baugleiche DC 2 der KLM, die – als Linienflieger! – im Oktober 1934 an einem Luftrennen von London nach Melbourne teilnahm und einen sensationellen zweiten Platz hinter der speziellen Wettbewerbsvariante einer de Havilland belegte.

Einige der zum Museum gehörenden Luftfahrt-Oldtimer sind nach wie vor flugfähig – und können sogar für Rundflüge gebucht werden. Dazu zählt vor allem die Consolidated PBY Catalina, ein zweimotoriges Langstrecken-Flugboot (im Zweiten

Weltkrieg als Seeaufklärer eingesetzt). Die begehrtesten Sitzplätze finden sich in den charakteristisch seitlich nach außen gewölbten Plexiglaskuppeln, die den Beobachtern damals das beste 180-Grad-Panorama boten.

Buchstäblicher Höhepunkt der Zeitreise

Schließlich betreten wir auf unserer Zeitreise ein wahrhaft historisches Gebäude. Es ist das Stein für Stein wiederaufgebaute Empfangs- und Abfertigungsgebäude des Flughafens Amsterdam-Schiphol aus dem Jahr 1928. Man fühlt sich wirklich in diese Zeit versetzt, wenn man auf großen Tafeln die mit Kreide aufgeschriebenen Flugverbindungen liest. Für den 20. August 1931 werden demnach Flüge unter anderem nach „Londen“, „Parijs“, „Berlijn“, „Praag“ und sogar nach Batavia, dem heutigen Djakarta, angekündigt. Große Karren warten auf das Fluggepäck, und an den Abfertigungsschaltern wird es damals gewiss schon sehr professionell, aber wohl beileibe noch nicht so betriebsam und durchorganisiert zugegangen sein, wie es heute der Fall ist. Die Besucher dürfen sogar den Turm besteigen, der einstmals offensichtlich den Mitarbeitern der Luftaufsicht diente. Heute hat man von hier aus einen prächtigen Blick über den Flughafen Lelystad und das gesamte Aviodrome-Gelände sowie die diversen dort ausgestellten Flugzeuge – ein schöner Abschluss und buchstäblicher Höhepunkt des Besuchs.

Das Aviodrome ist überaus empfehlenswert und einen Tagesausflug wert, beispielsweise im Rahmen einer Amsterdam-Städtetour oder auch eines beschaulichen Urlaubs am IJsselmeer. Und an einem regnerischen Tag, wenn der Nordseestrand drüben im Westen nicht so recht zum Baden einlädt, ist das wenige Kilometer entfernte Aviodrome ein gutes Ziel. Zumal die entspannte Fahrt von Enkhuizen über den Markerwaarddijk – quasi mitten durchs IJsselmeer – schon seinen ganz eigenen Reiz hat ... ●



Die Douglas DC 3 bildete in der Nachkriegszeit das Rückgrat vieler Luftverkehrsgesellschaften, so auch der niederländischen KLM (Bild ganz oben). Unterhalb des Bildes vom Außengelände ein Blick in den Hangar: Im Vordergrund eine Fokker F 27 „Friendship“, weiter hinten das Zubringerflugzeug de Havilland „Dove“ und an der Decke „schwebt“ eine MBB Bo 105, ein auch in den Niederlanden sehr verbreiteter Mehrzweck- und Rettungshubschrauber.



Spartanisch ausgerüstetes Cockpit der de Havilland „Tiger Moth“, charakteristisch vor allem der horizontal installierte Flug-Kompass. Das Foto rechts zeigt die historische Tafel mit den – noch handschriftlich eingetragenen – Abflugzeiten vom 20. August 1931.

VERTREKTIJDEN OP 20 AUG 1931
TIMES OF DEPARTURE ON

ROUTE	REG. VLIEGT.	BESTUURDER	VERTR. TIJD	PASS.	LADING TRANS. PASS.	GOEDEREN
LONDEN	FV	SILLEVIS KREMERS	9.00	6 A-L A-RCS)		200 M-LO
LONDEN	D2000	BRAUER	14.15		4 BR-LO (D1700) 1 CH-LO 2 MM-LO (FV)	170 K° BR-LO
LONDEN		WIERSMA	15.45	1 A-L 1 R-L 1 R-C)	1 MM-LO (CT)	100 A-L 100 R-L 37 ML
LONDEN		HONDONG Dik 4	18.30	2 A-L		
LONDEN						
BRUSSEL PARIJS						
BRUSSEL PARIJS	FA 7 M	MAURENS	9.00	5 BU-PS 2 A-BU		200 M-PS
BRUSSEL PARIJS			15.45	5 BU-PS		75 K° R-PS 52 K° M-PS

OVER

Aviodrome Lelystad
Pelikaanweg 50
8218 PG Luchthaven Lelystad

Öffnungszeiten
Dienstag bis Sonntag
10 bis 17 Uhr

Eintrittspreise
Erwachsene 16,50 €
Kinder von 3 bis 11 Jahre 14 €
bis 2 Jahre frei
(Online-Tickets 1 € ermäßigt)



www.aviodrome.nl



Blick in das Cockpit des viermotorigen Langstreckenverkehrsflugzeugs Lockheed L 749 „Constellation“, eines Vorläufers der später weltweit populär gewordenen „Super Connie“. Eine Vielzahl von analogen Rundinstrumenten beherrscht das Bild, rechts erkennt man noch den Arbeitsplatz des Flugingenieurs.

Bild: Aviodrome

Rezensionen

Labore der Lüfte

Die größte Forschungsflotte Europas wird in Deutschland betrieben, im DLR. Endlich widmet sich ein Buch den DLR-Versuchsflugzeugen und -hubschraubern und zeigt mit viel Hingabe die Maschinen, mit denen Tag für Tag für die Zukunft geflogen und geforscht wird. Auf den 125 Seiten des Buchs **Fliegen für die Zukunft (Aviatic Verlag)** wird dem Leser ein anschauliches Bild der einzelnen Fluggeräte präsentiert. Der renommierte Luftfahrtautor Rainer W. During, der unter anderem für die Flugrevue schreibt, handelt dabei nicht einfach die technischen Spezifikationen der sehr unterschiedlichen Forschungsflugzeuge ab. Vielmehr gelingt es ihm, in einer ausgewogenen Mischung sowohl die spannenden geschichtlichen Aspekte als auch die wissenschaftlichen Anwendungen und experimentellen Errungenschaften im Text darzustellen. Und er tut das mit viel Liebe zum Detail.

Ob Kabinenforschung im A320 ATRA oder Stratosphärenerkundung an Bord der G550 HALO – During schafft es, anhand einzelner Projekte die Forschungsfieger mit ihren besonderen Fähigkeiten zu charakterisieren. Zahlreiche Zitate von DLR-Mitarbeitern lockern dabei auf und verleihen den Texten Authentizität. Die Bilder sind oft schlicht, aber nicht minder wirkungsvoll und inhaltlich treffend gewählt. Große Motive geben eine gute Orientierung und sprechen den Leser direkt an. Schön auch das große Format, das genügend Raum für das reichhaltige Bildmaterial lässt. „Fliegen für die Zukunft“ ist beste Luftfahrtlektüre für alle, die sich für Forschungsflugzeuge interessieren und hinter die Kulissen der DLR-Flotte mit ihren Meisterleistungen, Fähigkeiten und Herausforderungen blicken wollen oder auch einfach nur einen stimmigen Gesamtüberblick mit treffen den Geschichten suchen. Schade nur, dass es die beiden DLR-Segelflieger DG300 und Discus-2c nicht in das Buch geschafft haben.

Falk Dambowsky



Das Universum im Rhythmus von sechs Seiten

Die Rahmenbedingungen sind streng: Nur sechs Seiten Platz für die schriftliche Beantwortung einer Frage und 15 Minuten Zeit für einen mündlichen Vortrag zum Thema. Nicht gerade flexible Spielregeln – und dennoch ist **Universum für alle (Springer Spektrum)** ein unkonventionelles Buch mit 70 Kapiteln, die sehr unterschiedlich sind, die zum Herumstöbern anregen und die den Leser mit jeder Lektüre ein Stückchen klüger machen. Denn Herausgeber Joachim Wambsgans hat eine ungewöhnliche Methode gewählt, um allen das Universum näherzubringen. Angefangen hat alles mit einer Vortragsreihe von 37 Heidelberger Astronominen und Astronomen in der Peterskirche. Vom 11. April bis zum 22. Juli 2011 gab es täglich in der Mittagspause einen Kurzvortrag. Diese Vorträge haben die Astronomen nun auch in gekürzter schriftlicher Form abgeliefert. Ein QR-Code zum Ende eines jeweiligen Kapitels (zur Wahl steht aber auch ein Internet-Link) bietet die Möglichkeit, sich virtuell unter die Zuhörer der Vorträge zu mischen und die aufgezeichnete Mini-Vorlesung zu sehen. Inklusive dem ein wenig störenden Kirchenhall. Doch dieser ist auch schon die einzige Kritik, die man an diesem multimedialen Buch- und Vortragsprojekt äußern kann.

Die Vielfalt der Themen spiegelt die Kreativität und die Vorlieben der Astronomen wider: Warum funkeln die Sterne? Wie kann man bewohnbare Planeten finden? Was sind eigentlich Neutronensterne? Und floss einst Wasser auf dem Mars? – Zu den scheinbar einfachen Fragen gibt es durchaus anspruchsvolle, aber meist sehr gut verständliche Antworten. Auch ein wenig ungewöhnliche Fragen erhalten Raum in der Vortragsreihe: Sind wir wirklich aus Sternenstaub gemacht? Welche Farbe hat die Sonne? Arbeiten Astronomen nur nachts? Und wird das Universum ewig leben? Alles wird professionell und mit Freude am Erklären beantwortet. Ob man nun zuerst die sechsseitige Antwort liest und dann den Vortrag anschaut oder lieber erst zuhören und dann lesen möchte – das bleibt jedem selbst überlassen und funktioniert sehr gut in beiden Richtungen.

Manuela Braun



Literarische Himmelsstürmer

Egal ob Kurz-, Mittel- oder Langstrecke – es wird aus dem Fenster geblickt, zu den Mitreisenden geschaut, gelesen. Jeder Passagier macht sich über den Wolken so seine eigenen Gedanken. Und genau diese Gedanken sind es, die in einer sehr schönen Sammlung mit dem Titel **Happy Landing (Diogenes)** in unterschiedlicher Form wiedergegeben werden. Manche Leserin und mancher Leser werden sich dabei selbst erkennen: Ja, genau das habe ich auch schon getan: „Die Frau in der Reihe vor mir“ beobachtet wie Cees Nooteboom, „Drei Stunden zwischen zwei Flügen“ rumgebracht wie F. Scott Fitzgerald oder gebangt, „Bloß keine Höhenangst“ zu bekommen wie Andrej Kurkow. Launig und nachdenklich geht es weiter um turbulente Flüge (Leon de Winter, David Sedaris), sonderbare Bekanntschaften (Bernhard Schlink, Gabriel García Márquez) oder die Schmach, als Top-Manager nicht vor, sondern hinter dem Class Divider zu sitzen (Martin Suter).

Zwischen dem „Bitte anschnallen!“ und „Willkommen in ...“ gibt es eben viel zu erleben. Aber auch nach dem „Happy Landing“ passiert Erzählenswertes: Doris Dörrie beschreibt die Enttäuschung, wenn keiner da ist, der einen abholt, auch wenn Marie das von Dave nicht anders erwartet hatte. Und schließlich widmet sich Mario Vargas Llosa einem wirksamen Heilmittel gegen Flugangst: während des Fluges ein Buch lesen.

Andreas Schütz



Sonnenenergie im Eintopf und Wasser aus dem Weltall

Auf der Straße, im Park, in der Bar und unter dem Sternenhimmel – Autor Florian Freistetter findet immer und überall einen Bezug zum Weltall. Der studierte Astronom nimmt in **Der Komet im Cocktailglas – Wie Astronomie unseren Alltag bestimmt (Hanser)** deshalb den Leser an die Hand und spaziert mit ihm einfach aus dem Haus. Die Satellitenschüsseln am Nachbarhaus, die alle in eine Richtung zeigen – und schon geht es seitenweise um die Bahnen der Planeten, die historischen Diskussionen der Wissenschaftler um das richtige Weltbild und um die Satelliten im Orbit. Die Suppenschüssel voll Eintopf – und sogleich geht es um die Umwandlung von Energie, um die Frage, warum die Sonne davon so viel abstrahlt, und um Kernfusion. Ein Rundumschlag, der konzentriertes Lesen erfordert. Man sollte sich nämlich nicht vom spaßigen Titel des Buchs täuschen lassen: Was Wissenschaftsblogger Florian Freistetter vermittelt, ist nicht nur unterhaltsam, sondern auch anspruchsvoll. Auf den 220 Seiten steckt jede Menge Wissen! Der scheinbar einfache Spaziergang durch den Alltag bringt so viele Informationen mit sich, dass man das populärwissenschaftliche Werk ruhig mehrmals lesen kann und dabei immer noch dazulernt. Vielleicht traut der Autor seinen Lesern da auch ein wenig zu viel zu, springt von der Relativitätstheorie zum Treibhauseffekt, zur Gezeitenreibung und wieder zu Lichtwellen. Doch das alles ist mit viel Freude an der Wissenschaft gut verständlich geschrieben und bringt dem Leser das Weltall tatsächlich näher. Schließlich sieht man den Staub im Park, das Wasser im Springbrunnen, Goldstücke oder auch eben den Cocktail mit anderen Augen.

Manuela Braun

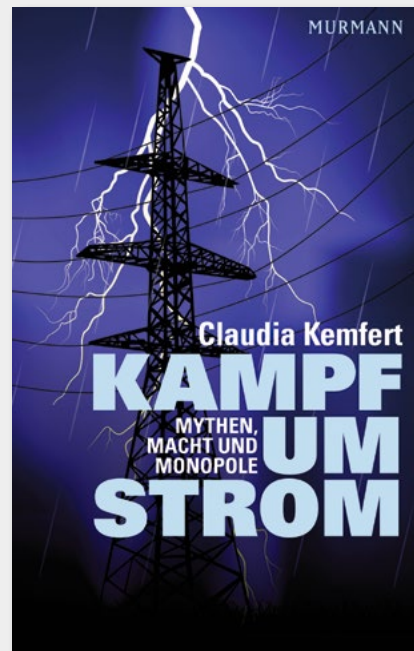


Prophetisches aus der Vergangenheit

Die Themenschwerpunkte der acht DVD-Folgen lesen sich wie das Who-is-Who der Science-Fiction: Mary Shelley, Philip K. Dick, H. G. Wells, Arthur C. Clarke, Isaac Asimov, Jules Vernes, Robert A. Heinlein und George Lucas. Das Ganze hat dann auch noch als Gastgeber Ridley Scott, der mit „Alien“ und „Blade Runner“ selbst schon Klassiker unter den Science-Fiction-Filmen geschaffen hat. Zwei DVDs mit jeweils acht Folgen gehören zu den **Science Fiction Propheten (Polyband)**, die die Brücke schlagen zwischen Visionen und ihren Umsetzungen in der Wissenschaft. „Fantasie ist der Zündfunke der Zukunft, sie weist den Weg in neue Welten“, heißt es am Anfang jeder Folge. Wie haben die Schriftsteller und der Filmemacher in ihren Werken die Zukunft dargestellt? Und was ist mittlerweile Wirklichkeit? So wie Frankenstein aus Leichenteilen ein Monster schafft, verwenden Wissenschaftler heute die Verpflanzung von Körperteilen, um Leben zu ermöglichen. Philip K. Dick hat sich mit der Auswirkung der Technik auf unser Bewusstsein beschäftigt, hat Roboter dargestellt, die sich kaum noch von Menschen unterscheiden, und hat die Virtual Reality der heutigen Zeit schon vorweggenommen. Die Hitzestrahlen, die in H. G. Wells von den Marsmenschen genutzt werden, sind mit dem Laserstrahl Wirklichkeit geworden.

Mit Filmausschnitten, Comics, Biografischem und Wissenschaftlern, die ihre Forschung erklären, zeigen die „Science Fiction Propheten“, welchen Hintergrund die Klassiker der Science-Fiction haben und was ihre Schöpfer in ihrer Fantasie ganz richtig vorhergesehen haben. Das ist extrem unterhaltsam, macht Lust darauf, noch einmal die Bücher von Philip K. Dick oder die Verfilmungen von „Krieg der Welten“ herauszukramen, und verbindet Vision und Wirklichkeit zum Teil auf verblüffende Weise. Zwei Haare finden sich dennoch in der Suppe: Die Forschung der heutigen Zeit wird sehr unkritisch betrachtet, und aus unerfindlichen Gründen haben die Macher darauf verzichtet, die vielen Experten zumindest mit Namensblendungen vorzustellen.

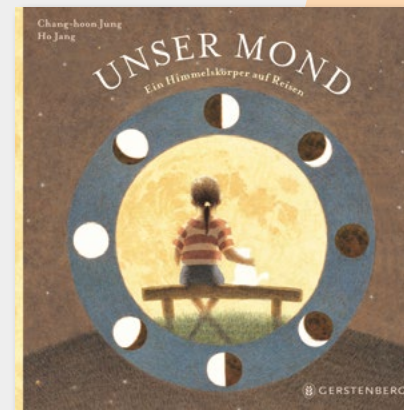
Manuela Braun



Spannungen und Chancen

Prof. Claudia Kemfert spannt in **Kampf um Strom (Murrnann)** zunächst einen weiten, aber wichtigen Bogen: Sie beschreibt, warum wir langfristig wenige Alternativen zum Umbau unserer Energieversorgung hin zu erneuerbaren Energien haben. Und sie erklärt die Situation, in der dieses Vorhaben – die „Energiewende“ – gerade steckt: In jedem großen System stoßen Veränderungen auf Widerstände. Und so hat auch der angestrebte grundlegende Umbau des wirtschaftlich so relevanten Energiesystems diejenigen auf den Plan gerufen, die langfristig ihre Geschäftsmodelle in Gefahr sehen, allen voran die Energieriesen. „Dies ist ein politisches Buch“, betont die Wissenschaftlerin und Wirtschaftsexpertin Claudia Kemfert, die offen den Ausbau der erneuerbaren Energien befürwortet. Kemfert leitet die Abteilung Energie, Verkehr, Umwelt am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung und war 2012 im Schattenkabinett des CDU-Spitzenkandidaten Norbert Röttgen als Energieministerin nominiert. Sie beschreibt für alle, die sich für unsere Energieversorgung und Energiepolitik interessieren, woran es gerade gewaltig hakt bei der Energiewende. So erklärt sie zum Beispiel das Paradoxon, dass Verbraucher gerade deshalb mehr für Strom bezahlen müssen, weil ein größeres Angebot von Wind- und Fotovoltaik-Strom den Preis an der Strombörse immer weiter sinken lässt. In zehn Kapiteln widerlegt sie die größten Befürchtungen von Bürgern, Wirtschaft und Politikern vom drohenden Blackout bis zum Kosten-Tsunami durch die Energiewende. Dabei zeigt die Wirtschaftswissenschaftlerin auch die Chancen auf, die Deutschland durch diesen Umbau haben kann und spricht gleichzeitig deutlich an, woran Politik und Wirtschaft auf diesem Weg scheitern können. Allerdings wünscht man sich am Ende der 140 gut verständlichen Seiten mehr Ideen, wie sich Politik und Wirtschaft aus der derzeit verfahrenen Situation herausmanövrieren können.

Dorothee Bürkle



Eine kleine Mondreise

Ein Kinderbilderbuch über den Mond zu machen – das ist doch einfach. Könnte man meinen. Um es aber richtig gut zu machen, braucht es fundiertes Wissen und Einfühlungsvermögen für die kleinen (und vielleicht auch großen) Leser. Autor Chang-Hoon Jung, ein international erfolgreicher Astronom an der Universität Seoul, und der südkoreanische Illustrator Ho Jang bringen beides auf liebevolle Weise zusammen. Das Buch **Unser Mond. Ein Himmelskörper auf Reisen (Gerstenberg)** erklärt in kindgerechter, klarer Sprache und (nach kurzem „Einsehen“) stimmungsvollen Illustrationen, was selbst uns Erwachsenen manchmal schwer fällt zu begreifen: Mal taucht unser Erdtrabant als schmale Sichel für kurze Zeit am abendlichen Himmel auf, mal als runder Vollmond, der die ganze Nacht scheint.

Chang-Hoon Jung beschreibt dabei stets erst Nahliegendes, was Kinder auch mit bloßen Augen betrachten und verstehen können, um anschließend auf die abstrakteren Zusammenhänge, wie das Zusammenspiel zwischen Gezeiten und Himmelskörpern, einzugehen. Hier wirken die großzügigen Zeichnungen auf den Doppelseiten besonders eindrücklich, weil sie den Mond einerseits so zeigen, wie wir ihn kennen, andererseits aber für die Faszination des Erdtrabanten eine geheimnisvoll wirkende, leicht verschwommene Darstellung wählen. „Interaktiv“ wird das Buch, wenn die kleinen Mondfahrer aufgefordert werden, das gerade Gelesene oder Gehörte selbst nachzuvollziehen – wie in einem kleinen Experiment mit Taschenlampe und Ball. Ein schönes Mittel, um Dinge zu verdeutlichen und weitere Themen des Buchs vorzubereiten.

Ob die Zusammenhänge zwischen Sonne, Mond und Erde, die Entstehung des Kalenders oder die Einteilung der Zeiteinheit Monat – alles wird mit derselben Hingabe und Akribie erklärt und dargestellt. Weiterführende Informationen, ein Überblick über die Topografie des Erdbegleiters und ein Ausflug in die Geschichte der Mondlandung vollenden die kleine Reise zum Mond.

Tim Scholz



VON KIDS FÜR KIDS

Adrian, die Außerirdischen und ich

Adrian und Simon sind zwei Jungs im Internat. Sie sind Freunde. Adrian ist ein Weltraum-Fan. Er klettert mit Simon fast jede Nacht auf das Turnhallendach, um sich die Sterne anzusehen. Er ist fest davon überzeugt, dass ihn die Außerirdischen bald holen und auf eine Reise mitnehmen werden. Das Buch ist schön geschrieben, manchmal aber auch für Neunjährige ein bisschen kompliziert, da die Sprache zu blumig und ausführlich ist und die Sätze zu lang. Bei den französischen Namen bleibt man beim Lesen hängen. Außerdem gibt es zu viele Fremdwörter. Die Zeichnungen des Buchs sind schön.

Ein, zwei Szenen sollen lustig sein, ich finde sie aber nicht so lustig. Das Kapitel über den Meteoriten ist aber sehr lustig. Man lernt viel über das Weltall, zum Beispiel Planeten wie den Jupiter und andere Himmelskörper. Manchmal ist es richtig spannend und, ganz wichtig, die Spannung bleibt bis zum Schluss. Insgesamt ein gutes Buch, das ich Zehn- oder Elfjährigen empfehlen kann (Gerstenberg Verlag).

Rosa Trovatello, neun Jahre

Das DLR im Überblick

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

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

Impressum

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

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

Redaktion: Sabine Hoffmann (ViSdP)
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)
An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:
Manuela Braun, Dorothee Bürkle, Falk Dambowsky,
Frauke Engelhardt, Miriam Kamin, Sarah Lange,
Tim Scholz und Andreas Schütz

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



Druck: Druckerei Thierbach,
45478 Mülheim an der Ruhr

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

ISSN 2190-0094



Onlinebestellung:
DLR.de/magazin-abo

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

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

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

