



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt · DLR.de · Nr. 145 · April 2015

magazin

Die Flammenversteher

Grundlagenforschung für
Verbrennungsprozesse

Die Auserwählten

Wie sich Experimente fürs All qualifizieren

Kalte Gefahr

Forschung zur Flugzeugvereisung

DLR magazin 145



Purzelnde Partikel auf der Hannover Messe Industrie

Wenn die Trommel (links im Bild) sich dreht, arbeiten DLR-Solarforscher an einem neuen Konzept, das Strahlungsempfänger und Speicherfunktion verbindet. Im Inneren des Receivers bewegen sich granulatartige Keramik-Partikel. Spiegel eines zukünftigen Kraftwerks fokussieren die Sonnenstrahlen auf die Trommel und erhitzen so das Granulat. Es purzelt am Ende des Prozesses in isolierte Boxen, kann abtransportiert und zur Stromerzeugung oder als Prozesswärme genutzt werden. Der Vorteil: Das Keramik-Granulat hat sehr gute Speichereigenschaften und ist in der Anschaffung günstig. Dieses und andere Beispiele seiner Energieforschung präsentiert das DLR auf der diesjährigen Hannover Messe.

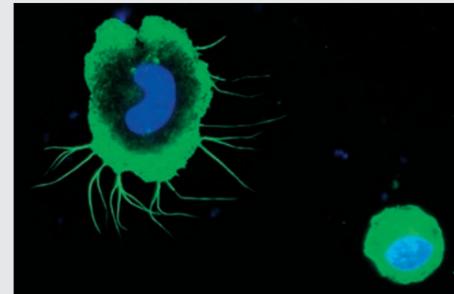
Editorial 3

EinBlick 4

Leitartikel
Jan Wörner: Weiter auf gutem Fundament 6

Meldungen 8

Die Auserwählten
Wie sich Experimente fürs All qualifizieren 10



Unsere Umwelt aus Satellitenperspektive
Erdbeobachter aus 70 Ländern in Berlin 16

Dem Schatten auf der Spur
Neue Teleskope zur Suche ferner Planeten 18



Die Krux mit dem Eis
Messkampagne zur Flugzeugvereisung 20

Im Aufwind des Vorausfliegenden
Sparsamerer Flug in Formation 24



Die Flammenversther
Tiefe Einblicke dank Massenspektrometrie 26

Gastkommentar
Bo Andersen: Aus dem All sind alle klein! 30

Regionalmeldungen 32

Die Wandlung des Asteroidenlanders
Wie MASCOT neu erfunden wurde 34



Ein Leichtgewicht sauber auf Tour
Durch Leichtbau zu nachhaltiger Mobilität 38



Unliebsamen Wegbegleitern auf der Spur
Emissionen von Transportketten 42

Vom Problem zur Geschäftsidee
Energieforschung auf der Hannover Messe 46

Ballons für den Mars und Autos auf Eis
Magazinserie Windkanäle, Teil 5 50



In Museen gesehen
Mechanische Wunderwerke im Zwinger 54

Rezensionen 56



Liebe Leserinnen und Leser,

panta rhei, alles fließt, sagt Heraklit, und so kann sich das DLR auch nicht auf den Lorbeeren der letzten Monate ausruhen: Nach der viel beachteten Blue Dot-Mission von Alexander Gerst und Rosettas erfolgreichem Flug mit dem Lander Philae des DLR an Bord, der in einer schier unglaublichen Leistung der Weltraumingenieure auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko abgesetzt wurde, ist bereits ein neuer im DLR entwickelter und gebauter Lander unterwegs: Auf der japanischen Weltraumsonde Hayabusa2 fliegt MASCOT in die Tiefen des Alls. 2019 soll er auf dem Asteroiden 1999 JU3 landen. 2019! Für so eine Mission braucht es Kompetenz und langen Atem. Und eine Vision.

Langen Atem beweisen DLR-Forscher immer wieder. In der Verbrennungsforschung etwa, wo sie mit Werkzeugen der Grundlagenforschung versuchen, Flammen zu verstehen, damit wir letztlich zu effizienteren Triebwerken für Flugzeuge kommen. Visionäre hat das DLR beispielsweise auch in seiner Einrichtung Lufttransportsysteme. Sie wollen dem Formationsflug der Vögel abschauen, wie Flugzeuge sparsamer ihr Ziel erreichen.

Der Blick vom engen fachlichen Umfeld aufs große Ganze gehört auch zu den Tugenden, die wir im DLR pflegen. Die Energieforscher zeigen auf der diesjährigen Hannover Messe Industrie Ergebnisse solchen Herangehens von den Grundlagen bis hin zur Anwendung, sei es in Solar- oder Windkraftanlagen, Brennstoffzellen oder Wärmespeichern.

Solche Tugenden brauchen freilich auch ein Arbeitsumfeld, das Raum gibt, sie mit Leben zu erfüllen und in dem sie in eine Gesamtstrategie eingebettet sind. Diesbezüglich hat sich im DLR in der mehr als siebenjährigen Amtszeit von Jan Wörner viel verändert: Die Gesamtstrategie und die unter Beteiligung aller entwickelten Leitlinien geben eine klare Orientierung im Sinne von „EIN DLR“. Die Beiträge dieses Magazins stehen nicht nur für große Vielfalt, sie zeigen auch, dass das DLR erfolgreich ist, wenn es den Gedanken „EIN DLR“ mit Leben erfüllt.

Doch – und hier zitiere ich abermals den griechischen Philosophen Heraklit von Ephesus, dessen Erkenntnisse aus dem 5. Jahrhundert vor Christus so aktuell sind wie eh und je: „Nichts ist so beständig wie der Wechsel.“ Der DLR-Vorstandsvorsitzende, der auch eine Vorliebe für Aphorismen hat, kommentiert seinen Schritt zur ESA, zu deren Generaldirektor er gewählt worden ist, mit Georg Christoph Lichtenberg: „Ich kann freilich nicht sagen, ob es besser wird, wenn es anders wird; aber soviel kann ich sagen, es muss anders werden, wenn es gut werden soll.“

Das DLR ist noch nicht am Ziel. Doch das in den letzten Jahren gegessene Fundament steht. Wir haben guten Grund, bevorstehenden Veränderungen gelassen entgegenzusehen.

Sabine Hoffmann
Leiterin DLR-Kommunikation

EinBlick

Ausschau nach dem fernen Licht

Wenn sich das Dach auf dem Cerro Paranal öffnet, beginnt für die zwölf Teleskope der Europäischen Südsternwarte in Chile die Arbeit: Sie suchen nach Hinweisen auf extrasolare Planeten. Diese verraten sich nur beim Passieren ihres Muttersterns, weil sie dann einen Teil des Sternenlichts abschatten. Das DLR steuert zu dieser astronomischen Detektivarbeit acht extrem empfindliche Kameras bei.

Die Aufnahme wurde in Langzeitbelichtung gemacht. Der Mond zeigt sich darauf mit einer breiten Leuchtspur, fast wie eine riesige Sternschnuppe. Lesen Sie mehr zum Teleskop der nächsten Generation Transit Survey (NGTS) auf Seite 18.

Bild: eso/G.Lambert





Weiter auf gutem Fundament

Von Johann-Dietrich Wörner

Am 1. März 2007 konnte ich als Vorstandsvorsitzender im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt anfangen und seitdem das DLR gemeinsam nicht nur mit den Vorstandskollegen, sondern mit allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern weiterentwickeln. Nun, nachdem ich vom Rat der Europäischen Weltraumorganisation als zukünftiger Generaldirektor gewählt wurde, bleiben nur noch wenige Monate bis zu meinem offiziellen Abschied vom DLR. – Ist das der richtige Zeitpunkt für eine Bilanz und zugleich für den innerlichen Wechsel zur neuen Aufgabe? Aus meiner Sicht nein, auch wenn mir eine Person, die es nachweislich gut mit mir meint, empfohlen hat, mich jetzt ganz auf die neue Aufgabe zu konzentrieren.

Je nachdem, wie schnell es gelingt, meine Nachfolge im DLR zu regeln, bleibe ich noch für mehrere Monate im Amt. Und ich beabsichtige, diese Zeit – wie in den letzten acht Jahren – zu nutzen, um Entwicklungen zugunsten des DLR voranzutreiben. Tatsächlich gibt es eine Reihe von Themen und Herausforderungen, die es zu bearbeiten gibt, und die auch in den kommenden Monaten vorangetrieben werden können.

Dazu gehört an allererster Stelle die Strategie. Dabei geht es nicht darum, dem DLR auf die „letzte Minute“ meinen Stempel aufzuprägen, sondern es gilt, die vielen fruchtbaren Gespräche und Diskussionen innerhalb und außerhalb des DLR zusammenzufassen, da sie, unabhängig von der Person des Vorstandsvorsitzenden, die gewünschte Ausrichtung beschreiben. Die Gesamtstrategie, vom Vorstand bereits vor meiner Wahl zum ESA-Generaldirektor formal bestätigt, zeigt die prinzipielle Richtung an. Die Teil- oder Programmstrategien orientieren sich an der Gesamtausrichtung und fokussieren sich auf die jeweiligen Bereiche, seien es die Programme Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit, die Bereiche Raumfahrtmanagement und Projektträger oder die Unterstützungsbereiche.

Ein weiterer Punkt, dessen Bearbeitung ich für die nächsten Monate mit hoher Priorität sehe, ist die Absicherung der finanziellen Situation. Hierbei geht es zum Beispiel um die schwierige Problematik der Umsatzsteuer. Nachdem nun der Steuerbescheid vorliegt, gilt es jetzt, sich sowohl auf der politischen Ebene weiterhin für eine entsprechende Lösung einzusetzen als auch innerhalb des DLR Vorkehrungen zu treffen. In diesem Zusammenhang sind die bereits angegangenen Themen der Energieeinsparung und flächendeckenden Betrachtung der Großanlagen von Bedeutung.

Als drittes Thema für die nächste Zeit sehe ich die Fortführung der Bemühungen um institutionelle Verbindungen mit anderen Einrichtungen, namentlich den Hochschulen. Mit DLR@UNI haben wir ein flexibles Instrument, das national wie international Potenziale hat, die es zu heben gilt. Dazu gehört auch die Etablierung von DLR_School_Labs in Kooperation mit Universitäten, wie in Dortmund, Dresden und Aachen geschehen.

Neben diesen ganz konkreten Themen sehe ich aber auch die permanenten Aufgaben wie die Positionierung des DLR in Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben, internationale Kooperationen und Nachwuchsförderung weiterhin als wichtig an. Speziell den Erhalt des „Einen DLR“ mit seinen unterschiedlichen Bereichen und Themen und die synergetische Verbindung untereinander werde ich dabei vertreten. Denn ich bin fest davon überzeugt, dass gerade diese Einheit – auch wenn sie noch nicht überall und jeden Tag gelebt wird – das wesentlichste Fundament für den Erfolg des DLR ist. ●



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

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

Meldungen

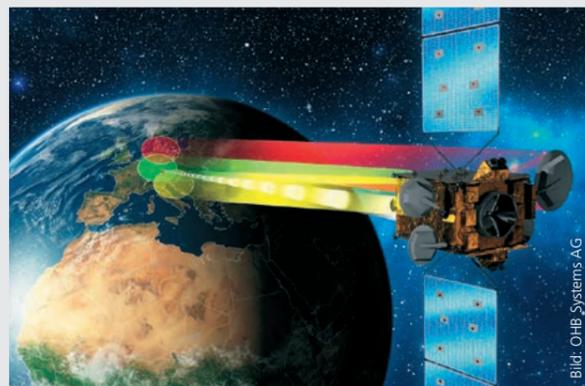
Meilenstein für das Satelliten-Projekt Heinrich Hertz

Die deutsche Satellitenmission Heinrich Hertz ist ihrem Start im Jahr 2019 ein Stück näher gekommen. Das DLR Raumfahrtmanagement organisiert die Satellitenmission für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und das Bundesministerium für Verteidigung (BMVg) auf Grundlage des Raumfahrtaufgabenübertragungsgesetzes. Die Zusammenarbeit mit dem BMVg wurde jetzt in einer Vereinbarung festgeschrieben. Die beiden Ministerien kooperieren bei der Auslastung der Nutzlast: Neben dem wissenschaftlich-technischen Missionsanteil des BMWi nutzt das BMVg sie für die Satellitenkommunikation.

Ohne Kommunikationssatelliten wie Heinrich Hertz gäbe es keine Echtzeitberichte in der Tagesschau, keine Fußball-WM-Übertragung im Fernsehen und keine günstigen Telefonate nach Übersee. Diese Satelliten helfen Rettungstrupps bei Flut- und Tsunami-Katastrophen und sie werden von der Bundeswehr für die Kommunikation mit den Soldaten an ihren Einsatzorten genutzt.

Im geostationären Orbit in 36.000 Kilometer Höhe „stehen“ sie quasi fest über einem bestimmten Punkt der Erde. So ist ein stetiger Datenfluss möglich – anders als bei niedrig fliegenden Satelliten zur Erdbeobachtung, die an kurze Kontaktzeiten während des Überfliegens einer bestimmten Bodenstation gebunden sind. In diesem Jahr soll die Design- und Fertigungsphase für den Bau des 3,4 Tonnen schweren Kommunikationssatelliten beginnen. Seine vorrangige Aufgabe ist es, neue Technologien für die Satellitenkommunikation im Weltraum zu testen. Dazu dient die wissenschaftlich-technische Nutzlast. Haben die Komponenten diesen „Vor-Ort-Test“ – die sogenannte In-Orbit-Verifikation – erfolgreich durchlaufen, verringert sich das Ausfallrisiko auf künftigen Missionen.

An Bord des nach dem deutschen Physiker Heinrich Hertz benannten Satelliten sollen 20 Experimente zur Kommunikations-, Antennen- und Satellitentechnik mitfliegen, die von Wissenschaftsinstituten und Industrieunternehmen entwickelt und gebaut wurden. Mit Heinrich Hertz wird erstmals nach 17 Jahren wieder ein ausschließlich in Deutschland entwickelter und gebauter Kommunikationssatellit ins All starten; 2002 war die Mission des deutschen Fernmeldesatelliten DFS Kopernikus zu Ende gegangen.



Der deutsche Kommunikationssatellit Heinrich Hertz soll 2019 ins All starten und rund 15 Jahre lang auf einem geostationären Orbit um die Erde kreisen

s.DLR.de/1q12



Mars Express bis Ende 2018 verlängert

Die erste und dienstälteste Planetenmission der Europäischen Weltraumorganisation ESA, Mars Express, ist um zwei Jahre bis Ende 2018 verlängert worden. Die Raumsonde befindet sich seit elf Jahren in einer Umlaufbahn um unseren Nachbarplaneten. Die Verlängerung eröffnet der vom DLR betriebenen Stereokamera HRSC an Bord von Mars Express weitere Möglichkeiten, den Mars global in hoher Auflösung, in Farbe und vor allem in 3-D aufzunehmen.

Die Kamera ist eines von sieben Experimenten an Bord. Mit ihr soll die erste globale topografische Bildkarte des Mars berechnet werden. Je nach Entfernung von der Marsoberfläche werden mit den neun Kanälen der HRSC (ein senkrecht auf die Oberfläche gerichteter Nadirkanal sowie vier Farb- und vier Stereokanäle) Bildauflösungen von bis zu zehn Metern pro Bildpunkt erzielt. Seit 2004 wurden schon über 90 Prozent der Marsoberfläche aufgenommen, etwa zwei Drittel davon in der höchstmöglichen Auflösung.



Wie ein Strand mit Dünen sieht dieser Teil der Nordpoleiskappe des Mars auf diesem Bild aus. Die Krater sind mit Eis oder Staub bedeckt. In der Bildmitte ist ein breites Dünenfeld erkennbar, das vermutlich aus vulkanischen Ablagerungen besteht.

s.DLR.de/ja4j



Blick in die Brennkammer von Flugzeugtriebwerken

Ein optisches Messverfahren für Vorgänge in der Brennkammer eines Flugzeugtriebwerks, das von DLR-Wissenschaftlern entwickelt wurde, ist erstmals unter den realitätsnahen Bedingungen eines Flugbetriebs angewendet worden. Mit Hilfe von endoskopischen Sonden eröffnen optische Bildleitsysteme den Einblick in das Triebwerk.

Die Vorgänge in Brennkammern von Turbinen sind ein Schlüssелеlement bei der Entwicklung langlebiger und umweltfreundlicher Flugzeugantriebe. Mit der endoskopischen Messtechnik können die Forscher das Strömungsfeld an wichtigen Positionen im Triebwerk, die bisher für optische Messtechniken nicht zugänglich waren, besser verstehen.



Laboraufbau der Messtechnik: Über eine Kristallfaser wird Laserlicht in die Austrittsebene der Brennkammer eingebracht. Über einen Bildleiter kann dann das Streulicht wie durch ein Schlüsselloch beobachtet werden.

s.DLR.de/1528

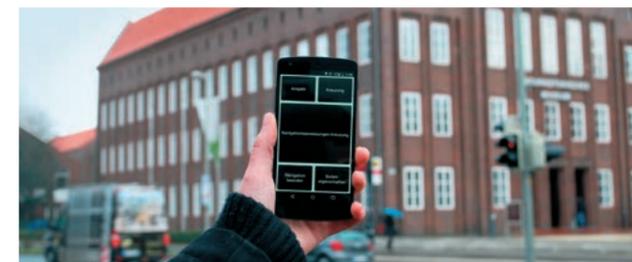


App hilft Sehbehinderten und Blinden im Straßenverkehr

Eine App, die es Blinden und Sehbehinderten ermöglicht, sich sicherer im Verkehr zu bewegen, wurde von DLR-Forschern gemeinsam mit Partnern entwickelt. Mit einem gewöhnlichen Smartphone wird die Person zum Beispiel über ihre Position oder über Ampeln in ihrer Nähe informiert und kann sich diesen Angaben entsprechend fortbewegen.

Die App soll die bewährten Hilfsmittel wie Langstock oder Blindenführhund nicht ersetzen, sondern sie sinnvoll ergänzen. Sie nutzt dabei Stimme und Vibration, um dem Nutzer Informationen zu geben. Dadurch, dass die App per WLAN mit den Ampeln kommuniziert, kann das Smartphone immer sagen, wo sich die nächste Kreuzung befindet, und Informationen darüber geben, ob dort zum Beispiel eine akustische Blindenhilfe vorhanden ist, ob es eine Mittelinsel gibt oder ob der Bordstein abgesenkt ist. Das Smartphone piept, wenn die Ampel grün wird – an Ampeln ohne akustische Querungshilfe bietet die App einen echten Mehrwert. Auf dem gesamten Weg gibt es Auskunft über die Position und die Umgebung, wie beispielsweise Verkehrsknotenpunkte, Bushaltestellen oder Museen.

s.DLR.de/2q12



Die neue App für Blinde und Sehbehinderte nutzt Stimme und Vibration, um dem Nutzer Informationen über die Verkehrssituation zu geben

FRAGEN AN EINEN ASTRONAUTEN



s.DLR.de/ncr1

Das DLR hat gemeinsam mit Reinhold Ewald eine kleine Videoreihe produziert, in der der ESA-Astronaut in einzelnen Episoden die Kommentare auf der Facebook-Seite von Alexander Gerst unter die Lupe nimmt. Reinhold Ewald half so seinem Kollegen vom Boden aus, die vielen Fragen zu beantworten, die während der Blue Dot-Mission via Facebook gestellt worden waren.

INTERNET-TV



www.magine.com

Ob mit Smartphone oder Tablet, Magine TV stellt mit bis zu 70 Sendern eine Fernseh-App für zu Hause oder unterwegs online. Neben Sendern der öffentlich-rechtlichen Stationen streamt die TV-App auch private Sender wie ProSieben, Sat.1 und RTL. Die meisten davon sogar kostenlos. Mit einer Rekorder-Funktion können bereits ausgestrahlte TV-Beiträge nachträglich angesehen werden.

GESÜNDER LEBEN – ENDLICH RAUCHFREI



bit.ly/1wU5nij

Alle acht Sekunden stirbt auf der Welt ein Mensch infolge des Rauchens. In Deutschland sind es jeden Tag mehr als 300. Außerdem ist Rauchen teuer, lässt die Haut grau aussehen und riecht unangenehm. Die App Smoke Free bietet für das Handy ein Ausstiegsprogramm für Raucher. Der Produzent und ehemalige Raucher verspricht, mit seinem speziell konzipierten Motivationskonzept zu einer rauchfreien Zeit und zu einem gesünderen Leben zu kommen.

INTERAKTIVES MEMORY



bit.ly/1B5Bp1s

Mit witzigen Grafiken und Soundeffekten zu Themen wie Essen, Tiere oder Fahrzeuge bietet der Hersteller von KIDS match'em ein Gedächtnistraining nicht nur für den Nachwuchs an. Die kindgerechte Android App lässt sich im Schwierigkeitsgrad zweistufig regeln, so können für das Gehirn-Jogging jeweils 12 oder 28 Karten einander zugeordnet werden.

TÖNE AUS DEM WELTRAUM



https://soundcloud.com/nasa

Die amerikanische Weltraumbehörde NASA macht auf dem Musikdienst „Soundcloud“ ihre seit Jahren gesammelten Töne aus dem Weltraum öffentlich. Die verschiedenen Geräusche vom legendären Satz Neil Armstrongs bis hin zu Pieptönen aus dem All lassen sich auf das Smartphone laden.

SELBSTLERNPORAL FÜR SCHÜLER



www.lernhelfer.de

Das Selbstlernportal von Duden bietet Schülerinnen und Schülern ab der 5. Klasse digitale Lernkarten sowie eine Sammlung verschiedener Schülerlexika in den Fächern Deutsch, Englisch, Mathematik, Biologie, Physik und Chemie. Ein Lerntrainer fragt die Inhalte ab und hilft beim Vorbereiten auf Klausuren, Klassenarbeiten oder Referate. Das Portal erhielt den Deutschen Bildungsmedien-Preis digita 2015.

Die Auserwählten

Mehr als 1.500 Experimente von annähernd 1.700 Wissenschaftlern aus 69 Ländern verzeichnet die Internationale Raumstation ISS seit dem Jahr 2000 – 90 Experimente davon kommen aus Deutschland. Doch wie kommt so ein Experiment eigentlich auf die Raumstation? Was muss es mitbringen, um den Flug zur ISS antreten zu können? Welchen Weg hat es zurückzulegen, um in 400 Kilometer Höhe um die Erde zu kreisen? Das DLR-Magazin begleitet vier Experimente auf ihren unterschiedlichen Wegen zur ISS und erzählt deren Geschichte, von der Idee bis zum Einsatz im All.

Wie sich Experimente fürs All qualifizieren

Von Professor Dr. Hans-Günter Ruyters, Dr. Hans-Ulrich Hoffmann, Maria Roth, Dr. Rainer Forke und Dr. Markus Braun

Das Forschungslabor auf der Internationalen Raumstation ISS richtig zu charakterisieren, ist gar nicht so einfach: Bezeichnet man es als das höchstgelegene Physik-Labor der Erde, liegt man gleich mehrfach falsch: Für „höchstgelegene“ fehlt der Bezug. Auf der Erde ist es auch nicht. Es geht darin auch nicht nur um Physik.

Und genau genommen handelt es sich auch gar nicht nur um ein Labor, sondern um mehrere. Einen Treffer landet man mit der Bezeichnung als außergewöhnlichstes und sicher auch internationalstes Laboratorium, das Menschen je für Forschungszwecke gemeinsam gebaut haben.

Internationaler Weg: Im Circadian Rhythm-Experiment maßen Sensoren die Körpertemperatur von Alexander Gerst. Damit führte der deutsche Astronaut während seiner Blue Dot-Mission 2014 das Thermo-Experiment aus den Jahren 2009 bis 2012 weiter.



Bild: ESA/NASA

Deutsch-amerikanischer Weg: NASA-Astronaut Reid Wiseman arbeitet im US-amerikanischen Destiny-Labor an der Hardware für das Fluid-Experiment. Diese kam, eingebaut in der Microgravity Science Glovebox (MSG), 2014 ins All.



Bild: NASA



Bild: Roskosmos

Deutsch-russischer Weg: Kosmonaut Valery I. Tokarev forschte mit Hilfe der PK-3-Plus-Apparatur im russischen Swesda-Modul der ISS an der Entstehung von komplexen Plasmen unter Schwerelosigkeit.



Neuer, kommerzieller Weg: Menschliche Immun- und Schilddrüsenkrebszellen wurden zunächst im Labor für ihren Einsatz im Weltraum vermehrt. Nur die besten Kulturen durften Hand in Hand mit der Firma NanoRacks auf die Internationale Raumstation, wo ihr Verhalten in Schwerelosigkeit untersucht wurde.

Die Internationale
Raumstation ISS
am 10. Juli 2011

Bild: NASA



Der in der Berliner Charité entwickelte Thermosensor

Das Thermo-Experiment – ein internationaler Weg

Wie kann man die Körper-Kerntemperatur eines Menschen messen, ohne ein Fieberthermometer zu benutzen? Für Feuerwehrleute beispielsweise ist das eine wichtige Frage, denn sie müssen wissen, wann ihr Körper im Einsatz überhitzt. Forscher der Berliner Charité um Prof. Hanns-Christian Gunga hatten zu Beginn unseres Jahrtausends eine Idee, die ihren Weg bis auf die Raumstation finden sollte: Mit jeweils zwei Sensoren an zwei unterschiedlichen Stellen – an Kopf und Brustbein – wird der Wärmefluss ermittelt und daraus die Körper-Innentemperatur errechnet. Nach einer offiziellen, weltweiten Ausschreibung der internationalen Arbeitsgruppe für bio- und lebenswissenschaftliche Raumfahrtforschung, der sogenannten International Space Life Sciences Working Group (ISLSWG), reichten sie ihr Thermolab-Projekt im Jahr 2004 dort zur Begutachtung ein.

Die Berliner Forscher stießen bei den internationalen Gutachtern sowie bei den Experten der Raumfahrtagenturen NASA, ESA, CSA, JAXA, ASI, CNES und DLR, die alle in dieser Arbeitsgruppe vertreten sind, auf großes Interesse. Denn was für Feuerwehrleute gilt, gilt auch für Astronauten: Bei Einsätzen außerhalb der Raumstation sind sie extremen Umweltbedingungen ausgesetzt: plus 200 Grad Celsius in der Sonne, minus 180 Grad im Schatten. Durch die anstrengende Arbeit in den schützenden Raumanzügen kann innerhalb kurzer Zeit die Körper-Kerntemperatur auf über 39 Grad ansteigen. Gut, wenn ein Astronaut seine Körpertemperatur permanent kennt.

Allerdings sind die landläufigen Verfahren aus messtechnischen und hygienischen Gründen nicht für den Weltraumeinsatz geeignet. Das sollte „Thermo“ ändern. Doch eine gute Idee allein genügt nicht, um im Weltraum zu experimentieren. Ein Meilenstein auf dem Weg dorthin sind unter anderem die Parabelflüge. So wurde der Sensor zunächst der kurzzeitigen Schwerelosigkeit ausgesetzt. „Thermo“ flog insgesamt 186 Parabeln und war insgesamt über eine Stunde schwerelos – eine gute Voraussetzung für den Einsatz auf der Raumstation. Nach der positiven Begutachtung und der Zustimmung des ESA-Programmrates wurde der Projektvorschlag 2005 zur Definitionsphase zugelassen. In ihr wird geprüft, ob das Experiment technisch umsetzbar ist.

Nachdem „Thermo“ auch diese Hürde genommen hatte, ging es daran, die Flughardware zu bauen. Normalerweise ist dafür die ESA zuständig. Bei „Thermo“ übernahm 2008 allerdings das DLR die Federführung, um das Projekt voranzutreiben und das Anwendungspotenzial auf der Erde schneller nutzen zu können. Es folgte die Zeit der Tests, denn ein Experiment muss

„Das Spannende für einen Wissenschaftler an der Weltraumforschung ist, dass man Experimente auf der ISS machen kann, bei denen vorher – jedenfalls zu einem Teil – nicht klar ist, was dabei herauskommen wird. Auf der Erde gibt es keine Möglichkeit, die Schwerkraft länger abzuschalten. Deshalb wissen wir nicht, wie wichtig dieser Faktor für den menschlichen Organismus ist. So zeigen unsere bisherigen Thermolab-Ergebnisse auf der ISS, dass offensichtlich die Temperatur im Körper-Kern des Menschen bei Langzeitaufenthalten im All erhöht ist. Die Ursache hierfür ist bislang unklar.“

Prof. Hanns-Christian Gunga ist Sprecher des Zentrums für Weltraummedizin der Berliner Charité und war wissenschaftlicher Projektleiter des Thermolab-Experiments.

strengste Sicherheitsstandards erfüllen, um auf der Raumstation ausgeführt werden zu können. Im ESA-Stützpunkt ESTEC im niederländischen Noordwijk wurde jedes einzelne Bauteil des Sensors genauestens unter die Lupe genommen. Keines der verwendeten Materialien darf entzündbar sein, absolute Freiheit von Keimen und Bakterien ist oberstes Gebot. Die Sicherheitsbestimmungen für die ISS sind strikt.

Ist die Testphase geschafft, wird die Flughardware zum Transport übergeben. Diese Hürde nahm „Thermo“ im Dezember 2008. Dann prüfte die für den Transport zur ISS verantwortliche Raumfahrtagentur – in diesem Fall die russische Agentur Roskosmos – auch noch einmal die Hardware. Erst als deren Chefsingenieure grünes Licht gaben, stand fest: Das Messgerät fliegt zur Raumstation.

Mit einer Progress-Rakete ging es im Februar 2009 ab in den Weltraum. Von Oktober 2009 bis Oktober 2012 kam der Doppelsensor auf der ISS für das Experiment „Thermo“ zum Einsatz und lieferte auch gleich Ergebnisse: Unmittelbar nach Wegfall der Schwerkraft steigt mehr als ein halber Liter Blut von den Beinen aus in Richtung Kopf. Die Wärmeabstrahlung, die bereits auf der Erde zu rund 30 Prozent über den Kopf erfolgt, erhöht sich in der Schwerelosigkeit deutlich. Auf der ISS wurde das Experiment „Thermo“ mit weiteren leistungsphysiologischen Experimenten der NASA und des DLR kombiniert, um gemeinsam zu detaillierten Erkenntnissen über die Regulation des Herz-Kreislauf-Systems und des Wärmehaushalts zu gelangen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass in Schwerelosigkeit bei gleicher Belastung höhere Körper-Kerntemperaturen als auf der Erde herrschen und die Körper-Kerntemperaturen in der Ruhephase nach Belastung wesentlich länger erhöht bleiben. Diese Ergebnisse sind wichtig, um die Arbeitsbelastungen und notwendigen Ruhephasen bei Astronauten besser einschätzen zu können.

Das Thermo-Experiment zeigt die Vorteile der internationalen Zusammenarbeit und Koordination für eine bessere Nutzung der ISS, wie sie seit Jahren von der Space Life Sciences Working Group vorangetrieben wird. Seit April 2012 läuft nun bereits das Nachfolge-Experiment „Circadian Rhythm“ auf der ISS, um die Mechanismen der kardiovaskulären Anpassung bei thermischem Stress, insbesondere bei körperlichem Training und bei Außenbordeinsätzen, weiter zu erforschen.



Thermo-Experiment auf der ISS im Jahr 2009: Zwei auf der Haut aufgeklebte Sensoren (gelb auf Kopf und Brust) maßen bei dem amerikanischen NASA-Astronauten Jeffrey Williams während eines leistungsphysiologischen Tests auf der ISS kontinuierlich die Körper-Kerntemperatur.



NASA-Astronaut Scott Kelly bei seiner Arbeit im Destiny-Labor an der CCF-Hardware, die in der Microgravity Science Glovebox (MSG) eingebaut ist

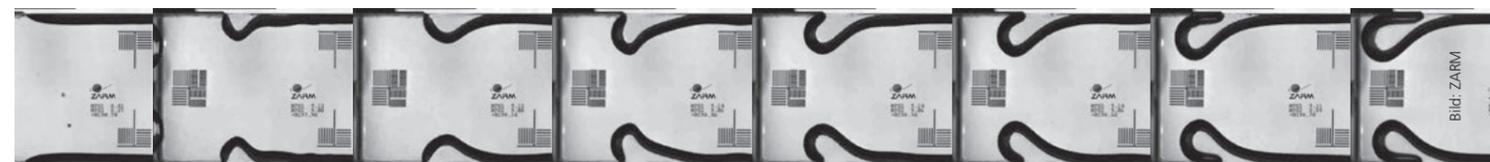
Das Capillary Channel Flow-Experiment – ein deutsch-amerikanischer Weg

Blasenfrei Treibstoff zapfen: Das ist an der Tankstelle um die Ecke kein Problem – sehr wohl aber im Weltraum, wo es keine Schwerkraft gibt. Im Benzintank eines Autos sammelt sich der restliche Treibstoff immer am Boden des Tanks und wird so von der Benzinpumpe vollständig zum Motor geleitet. Wie aber kann der Treibstoff im nicht mehr vollständig gefüllten Tank unter Schwerelosigkeit sicher zu den Steuerdüsen transportiert werden und wie lassen sich die Treibstoffleitungen blasenfrei halten? Und weiter: Welche maximalen Strömungsgeschwindigkeiten können erreicht werden, ohne dass der Flüssigkeitsstrom abreißt?

Derzeit wird das Problem dadurch gelöst, dass die Tanks einfach größer konstruiert sind und mehr Treibstoff eingefüllt wird als nötig. Das bedeutet aber mehr Gewicht und mehr Volumen für die Raumfahrzeuge und damit auch höhere Kosten für den Start. Eine andere Möglichkeit besteht darin, spezielle kanalartige Strukturen in die Tanks einzubauen, die den Treibstoff durch Kapillarkräfte zum Tankauslass befördern, wo er dann abgepumpt werden kann. Ein so verbessertes Design von Tanks und Leitungen in einem Raumfahrzeug macht die Raumfahrt effizienter. Diese Idee mündete im Capillary Channel Flow (CCF)-Strömungsexperiment und brachte es schließlich auf die ISS. Denn alle Systeme an Bord von Weltraumfahrzeugen, die Flüssigkeiten enthalten – also Trinkwasserbehälter, Toiletten oder Treibstofftanks –, haben das Problem des Flüssigkeitstransports und des Auftretens von Blasen.

Wissenschaftler des Zentrums für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) in Bremen entwickelten in Zusammenarbeit mit der Portland State University in den USA schließlich die CCF-Apparatur, um dieses Strömungsverhalten von Flüssigkeiten unter Schwerelosigkeit zu erforschen. Sie besteht aus einer Pumpe, die aus einem Tank Modellflüssigkeit durch seitlich offene Leitungen – die sogenannten Kapillarkanäle – saugt. Die Wissenschaftler untersuchen, wie sich unterschiedlich offene Kanalformen auswirken und wie hoch jeweils die Pumpgeschwindigkeit sein darf, ohne dass Luftblasen in die Strömung eingesaugt werden.

Flüssigkeiten strömen in Schwerelosigkeit bis zu einer bestimmten Geschwindigkeit unbeeinträchtigt konstant. Wird der Saugdruck der Pumpe so weit erhöht, dass die Strömungsgeschwindigkeit ein bestimmtes Maß überschreitet, dann bilden sich am Rand der Apparatur Blasen und der Flüssigkeitsstrom reißt ab.



„Wir haben uns entschlossen, CCF auf die Raumstation zu bringen, weil die Ergebnisse direkten Einfluss auf die Raumfahrt haben. Sie verbessern unmittelbar das Design von Tanks und Leitungen in einem Raumfahrzeug und machen so die Raumfahrt effizienter.“

Julie Robinson, Leiterin des ISS-Forschungsprogramms bei der NASA

CCF gelangte in Zusammenarbeit zwischen NASA und DLR auf die Raumstation. In diesem Fall wurde also ein anderer Weg als bei „Thermo“ eingeschlagen. Doch auch CCF hat eine lange Geschichte. Bereits 1994 hatte Prof. Michael Dreyer vom ZARM seine Idee, das Verhalten von Flüssigkeiten in der Schwerelosigkeit zu untersuchen, bei der NASA eingereicht. Im April 2002 wurde es dann konkreter: ZARM und NASA führten gemeinsam eine Konzeptstudie – ein sogenanntes Science Concept Review – durch. Dem Erfolg dieser Studie folgte allerdings unmittelbar Ernüchterung: Die NASA legte ihr Mikrogravitationsprogramm vorübergehend auf Eis. Doch in Deutschland und in Schweden ging die CCF-Geschichte weiter. In den Jahren 2000 bis 2008 flog das Experiment auf vier TEXUS-Kampagnen mit. Die Flüge mit den Forschungsraketen vom europäischen Weltraumbahnhof im nord-schwedischen Kiruna gelten als Feuertaufe für einen ISS-Einsatz. In diesem Zeitraum wurde außerdem im Bremer Fallturm, der zum ZARM gehört, viel getestet. Hier fiel das Experiment, gut verpackt in einer Kapsel, viele Male aus einer Höhe von 110 Metern in ein Auffangbecken. Auf dem Weg zum Boden wird das Experiment für 4,7 Sekunden schwerelos.

Währenddessen arbeiteten die Wissenschaftler gemeinsam mit EADS Astrium (heute Airbus Defence and Space) im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagements schon an der Hardware für einen möglichen ISS-Einsatz. Im Februar 2007 stand dem dann auch nichts mehr im Wege: DLR und NASA unterschrieben die gemeinsame Vereinbarung zum CCF-Forschungsprogramm auf der Raumstation. Das DLR war für die Entwicklung der Flughardware zuständig, die NASA für den Transport zur ISS, für die Crewzeit der Astronauten, für den Strom und für den Einbau in die Microgravity Science Glovebox (MSG) des Destiny-Moduls. 2009 war die Hardware fertig. Doch vor seiner Reise zur ISS und der Installation in der MSG musste die Apparatur wiederum zahlreiche Tests bei der NASA in Huntsville bestehen. Am 5. April 2010 startete CCF dann mit dem Spaceshuttle Discovery zur Raumstation. Die Versuchsreihen liefen dort von Februar 2011 bis September 2014 quasi in Echtzeit und ausschließlich ferngesteuert von den Bodenstationen an den beiden Universitätsinstituten ab. Sämtliche Messdaten wurden zum Boden übermittelt. Aus ihnen werden Erkenntnisse für die Raumfahrttechnologie, aber auch für Anwendungen auf der Erde – etwa in der Biomedizin – gewonnen.

Das Plasma-Kristall-Experiment – ein deutsch-russischer Weg

Die Plasma-Kristall-Forschung in Schwerelosigkeit hat eine lange deutsch-russische Tradition, die schon während des Baus der Internationalen Raumstation ISS begann. Im April 1998 unterschrieb das russische High Energy Denites Research Center (kurz HEDRC; heute JIHT: Joint Institute for High Temperatures) eine Kooperationsvereinbarung mit dem Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik (MPE) zur Erforschung komplexer Plasmen in Schwerelosigkeit.

Plasmen sind elektrisch geladene Gase mit freien Elektronen und Ionen und gelten als der am wenigsten geordnete Zustand der Materie. Die sichtbare Materie im Universum besteht zu circa 99 Prozent daraus, auch die Sonne, Blitze und Nordlichter. Neben ihrer Bedeutung in der Astronomie sind Plasmen auf vielen Gebieten von Bedeutung, wie etwa in der Beleuchtungstechnik, Oberflächentechnik, Werkstoffverarbeitung, Hygiene oder Medizin. Ein komplexes Plasma, das in den Saturnringen oder in Kometenschweiften vorkommt, besteht – wie das Leuchtmittel aus einer Leuchtstoffröhre – aus einem Niedertemperaturplasma und kleinen Partikeln („Staub“) in der Größe von einem bis 20 Mikrometern. Ein komplexes Plasma reagiert jedoch aufgrund der hundert Milliarden Mal größeren Masse der eingebrachten Mikropartikel im Vergleich zu Elektronen und Ionen sehr empfindlich auf die Schwerkraft: Die Partikel sinken ab und stauchen das komplexe Plasma in Richtung der Schwerkraft. Nur unter Schwerelosigkeit können daher große dreidimensionale Strukturen ungestört kreiern und erforscht werden. Die Wissenschaftler interessieren sich für die physikalischen Eigenschaften des komplexen Plasmas.

Während die russische Seite für den Transport in den Weltraum – zunächst noch die MIR-Station –, für die Durchführung der Experimente, die Datenübertragung, die Rückführung der Videobänder und das Kosmonauten-Training zuständig war, sollte das MPE auf deutscher Seite die Finanzierung der Experimentanlage sicherstellen. Daraufhin kam das MPE auf das DLR Raumfahrtmanagement zu, damals noch Deutsche Agentur für

Raumfahrt-Angelegenheiten (DARA). Doch bei der DARA in Bonn stand bereits ein ähnliches Experiment des MPE auf dem Programm, das in der Ladebuch des Space-Shuttles im Get-Away-Special (GAS-) Programm der NASA durchgeführt werden sollte. Beide Experimente wären zu teuer gewesen. In Bonn fiel die Wahl dann auf das deutsch-russische Plasma-Kristall-Experiment, kurz PKE – zum Glück, denn kurz darauf stoppte die NASA ihr GAS-Programm. PKE landete offiziell auf der zwischen den Raumfahrtagenturen DARA und Roskosmos vereinbarten Liste möglicher deutsch-russischer Kooperationen. Nachdem die MIR-Station aufgegeben wurde, wurde das Plasma-Kristall-Experiment im Oktober 1999 ins Experimentalprogramm für die frisch geplante Internationale Raumstation ISS aufgenommen, die gerade erst aus dem russischen Zarya-Modul bestand.

Damit entstand innerhalb eines halben Jahres aus einem Space-Shuttle-Experiment und einem MIR-Experiment ohne Zukunft ein ISS-Experiment. Im November wurde auf deutscher Seite die Finanzierung gesichert. Der Bau der ISS-Plasma-Apparatur beim MPE, unterstützt durch die deutsche Raumfahrtindustrie, konnte beginnen. Im Februar 2001 startete die PK-3-Apparatur zur ISS, wo ab März der erste Zyklus des ersten physikalischen Raumstationsexperiments überhaupt anliefe. Seitdem ist die Plasma-Forschung von der ISS nicht mehr wegzudenken. Anfang 2006 folgte das Nachfolgemodell PK-3 Plus, im Oktober 2014 die neue Anlage PK-4, die nach dem Übergang der MPE-Arbeitsgruppe ins DLR in der neuen Arbeitsgruppe Komplexe Plasmen am DLR in Oberpfaffenhofen aufging. Die Experimente mit PK-3 und PK-3 Plus konnten auf der ISS durchgeführt werden, weil die „richtigen“ Institute eine Kooperationsvereinbarung abgeschlossen hatten. Basis der Zusammenarbeit war „no-exchange of funds“ – jeder bringt seine Ressourcen ein. Der Zeitplan war ambitioniert und konnte nur dank der guten Zusammenarbeit umgesetzt werden. Von der Entscheidung bis zum Experimentbeginn auf der ISS vergingen weniger als drei Jahre.

Die neue ISS-Experimentanlage PK-4 kann komplexe Plasma-Kristalle mittels einer Gleichstrom-Entladung mit etwa 800 Volt in einer mit einem Edelgas gefüllten Glasröhre entstehen lassen – im Prinzip wie eine Neonröhre als Versuchsreaktor

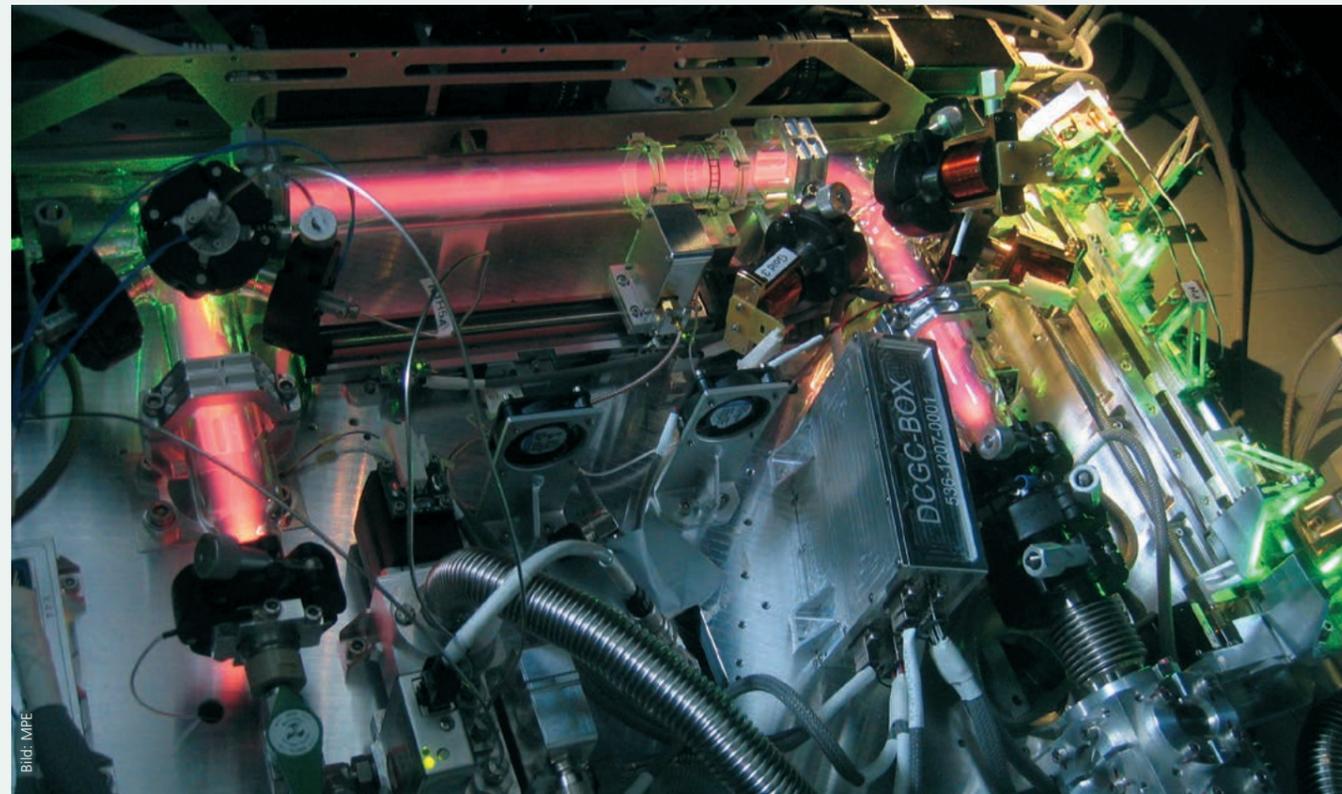
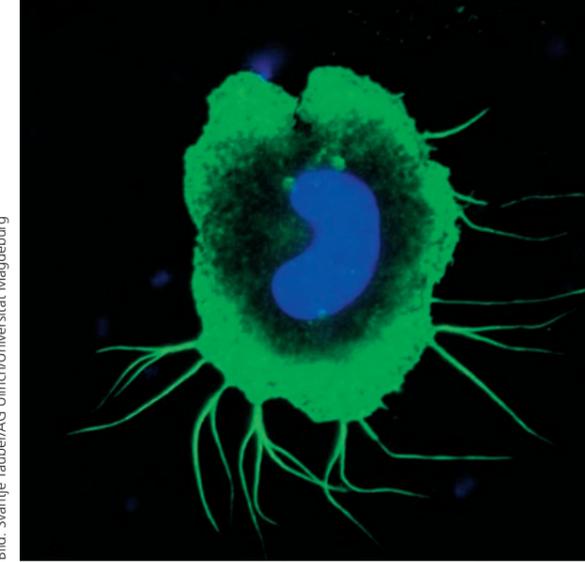


Bild: MPE

Bild: Svanthe Tauber/AG Ullrich/Universität Magdeburg



Im Cellbox-Experiment wurden Millionen von Makrophagen der Schwerelosigkeit ausgesetzt, um herauszufinden, ob ihre Fähigkeit, in den Körper eingedrungene Mikroorganismen und andere körperfremde Substanzen zu „fressen“, unter Weltraumbedingungen beeinträchtigt ist

Das Cellbox-Experiment – ein neuer Weg

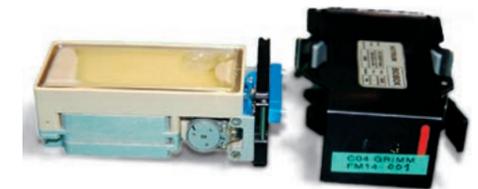
Eine etwas andere Möglichkeit, deutsche Experimente auf die Raumstation zu bringen, eröffnete sich dem DLR durch kommerzielle amerikanische Firmen, die seit einigen Jahren Forschungsanlagen zur wissenschaftlichen Nutzung auf der ISS anbieten. Beim Cellbox-Projekt wurde die deutsche Industrie mit der Unterstützung von zwei biomedizinischen Experimenten beauftragt. Transport und Experimentdurchführung auf der ISS übernahm erstmals ein kommerzieller Dienstleister. Die Firma NanoRacks wurde 2008 gegründet, um die Nutzung der ISS zu kommerzialisieren und in den USA für weitere Nutzer zu öffnen. Heute kommt etwa ein Viertel der Firmeneinnahmen von der NASA, der überwiegende Teil aber von Kunden aus aller Welt. Das DLR Raumfahrtmanagement testet mit der Cellbox-Mission neue Wege, um deutschen Wissenschaftlern vergleichsweise schnell und kostengünstig Experimentiermöglichkeiten im Weltraum anzubieten. Die Wissenschaftler der Universität Magdeburg arbeiteten hierbei Hand in Hand mit Vertretern der deutschen Industrie und der Firma NanoRacks.

An Bord eines Dragon-Raumschiffs der US-amerikanischen Firma SpaceX sind am 18. April 2014 zwei Zellkulturen vom Weltraumbahnhof in Cape Canaveral (Florida) zur ISS gestartet. Im Cellbox-Experiment werden zwei unterschiedliche Zelltypen eingesetzt: zum einen Makrophagen, die sogenannten „Fresszellen“ des Immunsystems, zum anderen menschliche Schilddrüsenkrebszellen. Vor dem Start werden die Zellen im Labor vorbereitet und in die Probenkammern eingefüllt. Makrophagen wandern durch den Körper und „fressen“ eingedrungene Mikroorganismen und andere körperfremde Substanzen. Im Experiment werden insbesondere bestimmte Oberflächenmoleküle, die für die Erkennung von Fremdkörpern und die Kommunikation zwischen den Zellen zuständig sind, in Schwerelosigkeit und unter irdischen Bedingungen analysiert. Außerdem sollen das Zellskelett und bestimmte Sekretionsprodukte wie beispielsweise Cytokine, die unter anderem Wachstum und Differenzierung von Zellen regulieren, untersucht werden. Auf diese Weise können der Zustand der Zellen festgestellt und eventuelle Veränderungen präzise erfasst werden. Denn nur, wenn die zellulären Ursachen für die Immunschwäche in Schwerelosigkeit erkannt sind, können Therapien oder Medikamente entwickelt werden. Vorversuche bei DLR-Parabellflügen deuten darauf hin, dass die Aktivität der Makrophagen durch veränderte Schwerkraftbedingungen beeinflusst ist. Dies könnte eine Ursache für die beeinträchtigte Immunfunktion beim Menschen im All sein.

Autoren:

Die Autoren kommen aus dem DLR Raumfahrtmanagement. Prof. Dr. Hans-Günter Ruyters leitete bis August 2014 in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen das Programm Biowissenschaften, Dr. Hans-Ulrich Hoffmann betreute das Projekt „Thermo“. Maria Roth ist für das Plasma-Kristall-Experiment verantwortlich, Dr. Rainer Forke für das Kapillarkräfte-Experiment CCF und Dr. Markus Braun für das Cellbox-Experiment.

Bei dem zweiten Cellbox-Experiment stehen Schilddrüsenkrebszellen im Fokus. Es geht darum, zelluläre und molekulare Veränderungen der Funktionsweise dieser Zellen zu untersuchen, die entstehen, weil die Schwerkraft fehlt. Dieses Wissen wollen die Zellbiologen der Universität Magdeburg nutzen, um neue therapeutische Ansätze für die Tumorbekämpfung zu finden. Die Krebszellen bilden in Schwerelosigkeit dreidimensionale kugelförmige Ansammlungen aus mehreren Tausend Tumorzellen, die dem ursprünglichen Tumor ähneln. Aus Weltraumexperimenten wie dem deutsch-chinesischen SIMBOX-Projekt wissen die Forscher, dass die Schilddrüsentumorzellen in Schwerelosigkeit die Produktion verschiedener Proteine aus unterschiedlichen physiologischen Prozessen verändern. So sind Krebszellvermehrung und Metastasierung genauso beeinflusst wie Zelltod, Zellbewegungen und Reizverarbeitung. Diese Ergebnisse sollen nun im Cellbox-Experiment bestätigt und erweitert werden. Außerdem ist die Neigung der Zellen, in Schwerelosigkeit als kugelförmige Ansammlungen zu wachsen, auch in einem ganz anderen Zusammenhang interessant: Beim sogenannten Tissue Engineering geht es darum, dreidimensionale Gewebe herzustellen. Bisher gelang es den Wissenschaftlern, gefäßähnliche Strukturen in Schwerelosigkeit zu züchten – daran wollen die Forscher auch im Rahmen des Cellbox-Experiments weiterarbeiten, zum Nutzen des Fortschritts in der Medizin. ●



Auf der ISS lebten die Zellkulturen der Wissenschaftler von der Universität Magdeburg unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit. Ihr „Lebensraum“ war die etwa smartphonegroße Cellbox-Experimentkammer. Das Foto zeigt die Kammer mit Pumpe und Tanks für die Nähr- und Fixierlösung der Zellen. Nach 30 Tagen im All kamen die Zellkulturen in den kleinen Experimentkammern mit der Dragon-Kapsel wieder zur Erde zurück, wo sie von den Wissenschaftlern analysiert wurden.



Weitere Informationen:
DLR.de/ISS

Unsere Umwelt aus Satellitenperspektive

Satelliten beobachten unsere Erde. Sie liefern uns rund um die Uhr Wetter-, Kartierungs- und Umweltdaten, die uns dabei helfen, unseren Planeten zu erkunden, zu vermessen und ihn besser zu verstehen. Denn unser heutiges Leben verlangt viel umfangreicheres Wissen als noch vor einer Generation: Globaler Klimawandel, nachhaltige Entwicklung unseres Lebensraums, dosierter Ressourcenverbrauch und Absicherung unserer Mobilität sind nur ein paar Schlagworte unserer Zeit.

Erdbeobachter aus 70 Ländern treffen sich in Berlin

Von Dr. Helmut Staudenrausch und Gunter Schreier

Rund 1.000 Experten kommen vom 11. bis 15. Mai 2015 in Berlin zusammen, um sich auf dem 36. International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE) über die neuesten Entwicklungen und Technologien aus allen Fachgebieten der Erdbeobachtung auszutauschen. Das frisch gestartete europäische Copernicus-Programm, nationale Missionen wie die deutsche Radarsatellitenmission TanDEM-X, die Vorbereitung auf die deutsche hyperspektrale Satellitenmission zur Erdbeobachtung EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Programme) sowie neue Erdbeobachtungstechnologien sind einige der Themen der Agenda.

Erdbeobachtung via Satellit ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken – und damit ist nicht nur der immer besser werdende tägliche Wetterbericht gemeint. Aus dem All lässt sich zum Beispiel gut der Schiffsverkehr beobachten, woraus Rückschlüsse auf die Ursachen von Ölflecken gezogen oder optimale Schiffrouten abgeleitet werden können. Die ideale und sichere Lage für neue Siedlungs- und Agrargebiete kann mit Hilfe von Satellitendaten gefunden werden. Veränderungen oder Gefahren für Wälder und Ackerflächen, unsere Luft und Gewässer lassen sich flächendeckend aus dem All beobachten. Auch die Folgen von Naturkatastrophen wie Überschwemmungen und Erdbeben sind am besten aus der Satellitenperspektive zu erkennen.

An vielen dieser Aufgaben sind Deutschland und das DLR beteiligt. Wir bewältigen sie allerdings nicht allein, sondern im Verbund mit unseren europäischen und internationalen Partnern. Mit ihnen diskutieren wir auf der ISRSE-Konferenz, wo wir stehen, welche Ziele wir anstreben und wie wir dort hinkommen können. Erd- und klimawissenschaftliche Forschungssatelliten setzen wir mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA im Living Planet-Programm um. Hier kreisen schon einige Satelliten um unsere Erde und beobachten zum Beispiel das Abschmelzen der Polkappen (CryoSat-2), den Salzgehalt unserer Meere (SMOS) oder die Struktur des Erdmagnetfelds (Swarm). Weitere werden in den nächsten Jahren starten, um zum Beispiel die Dynamik unserer Windfelder (ADM-Aeolous) oder das Verhalten von Wolken und Aerosolen (EarthCARE) zu beobachten.

Im Copernicus-Programm gestalten wir im Rahmen der Europäischen Union gemeinsam mit der ESA eine zuverlässige und nachhaltige Erdbeobachtung. Hierfür werden verschiedene Satelliten – die sogenannten Sentinels – in Serie gebaut, damit jeder Punkt auf der Erde oft genug und fortwährend erfasst werden kann. Der erste Satellit, Sentinel-1A, kreist schon seit April 2014 um die Erde. Der nächste, Sentinel-2A, soll unmittelbar nach der ISRSE-Konferenz starten. Deutschland engagiert sich darüber hinaus aber auch in internationalen Netzwerken und Initiativen. Hier werden Daten weltweit koordiniert zur Verfügung gestellt, beispielsweise für die Modellierung und Überwachung des Klimawandels, für die Hilfe nach großen Naturkatastrophen oder für den Tropenwaldschutz.

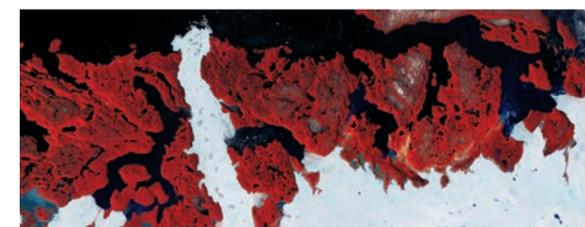
Um sich über diese und viele weitere Themen auszutauschen und auch einen Blick in die Zukunft der Erdbeobachtung zu wagen, treffen sich Experten aus den internationalen Gremien wie die Group on Earth Observations (GEO), das Committee on Earth Observing Satellite (CEOS), die International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) sowie viele weitere Fachbesucher aus den Raumfahrtagenturen und der Raumfahrtindustrie in Berlin. ●

Autoren:

Dr. Helmut Staudenrausch arbeitet in der Abteilung Erdbeobachtung im DLR Raumfahrtmanagement und leitet das Organisationskomitee des 36. International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE). Gunter Schreier vom Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum des DLR leitet das Technische Programmkomitee des Symposiums.



Weitere Informationen:
www.isrse36.org



Der grönländische Jakobshavn-Gletscher



Smog über Chinas Hauptstadt Peking

Bild: NASA

Algenblüte am Nordkap: Der Umweltsatellit Envisat beobachtete mit seinem MERIS-Instrument die Blüte des Phytoplanktons in der Barentssee nahe dem nördlichsten Punkt Europas.

Dem Schatten auf der Spur

Die Nächte in der Atacamawüste im Norden Chiles sind klar, die Luft ist trocken und ruhig und kein Licht stört. Die Bedingungen sind ideal für den Blick in die Sterne. Deshalb betreibt die Europäische Südsternwarte (ESO) auf dem Cerro Paranal in rund 2.600 Meter Höhe über dem Meeresspiegel seit den Neunzigerjahren ein Observatorium. Nun bekommen Riesenteleskope wie das VLT, das Very Large Telescope, einen neuen Nachbarn. Im Lauf des Jahres 2015 wird Next-Generation Transit Survey, kurz NGTS, in Betrieb gehen. Seine Aufgabe: die Suche nach kleinen Planeten außerhalb unseres Sonnensystems. Das DLR hat acht der zwölf hochempfindlichen Kameras bereitgestellt.

Mit neuen Teleskopen auf der Suche nach extrasolaren Planeten

Von Dr. Ruth Titz-Weider

Sie haben ihr „erstes Licht“ gesehen, die neuen Teleskope des Next-Generation Transit Survey (NGTS). Nach und nach entsteht am Paranal-Observatorium der Europäischen Südsternwarte (European Southern Observatory, kurz ESO) ein extrem lichtempfindliches Beobachtungssystem. Mit ihm wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus drei europäischen Ländern extrasolare Planeten aufspüren. Die Bedingungen dafür sind in der Atacamawüste im Norden Chiles perfekt. Selten Wolken, fast kein Regen, klare Luft und keine Lichtverschmutzung.

Exoplaneten können selten direkt beobachtet werden, denn der Zentralstern überstrahlt sie meistens um ein Vielfaches. Aber es gibt indirekte Methoden, solche Himmelskörper zu entdecken. So kann ein Planet einen Stern verdunkeln, wenn er die Sichtlinie zwischen Betrachter und Stern durchläuft. Nach solchen regelmäßigen, aber sehr kleinen Signalen, die der Transit eines Planeten verursacht, sucht das Teleskopsystem NGTS. Es registriert automatisiert und kontinuierlich die Helligkeit von mehreren 100.000 hellen Sternen am Südhimmel. Dabei arbeitet NGTS mit einer Präzision, wie sie bisher von bodengebundenen Beobachtungsprogrammen noch nie erreicht wurde. Es wird Helligkeitsschwankungen der Sterne mit einer Genauigkeit von einem Tausendstel messen. Damit ist es möglich, Planeten von der Größe des Neptuns und kleiner – etwa bis zum zweifachen Erddurchmesser – zu entdecken.

Die Kameras für das Teleskopsystem wurden von der Firma Andor Technology hergestellt und die CCD(charge-coupled device)-Arrays speziell für den roten Wellenlängenbereich entwickelt. Am empfindlichsten sind sie für Licht mit Wellenlängen zwischen 600 und 900 Nanometern, was dem Strahlungsmaximum der bevorzugt beobachteten Sterne entspricht. Jedes Array besteht aus 2.048 x 2.048 Pixeln und jedes Pixel hat eine Auflösung von fünf Bogensekunden. Kameras dieser Güte funktionieren nicht einfach auf Knopfdruck. Ihrem Einsatz gingen ausgiebige Tests voraus. In Zusammenarbeit der Wissenschaftler des gesamten Konsortiums und des Herstellers wurden sie genauestens charakterisiert. Für den Erfolg der Messungen ist die Analyse-Software entscheidend, die automatisiert in Tausenden von Lichtkurven nach Transitsignalen sucht. Die Berliner Planetenforscher haben auf dem Gebiet der hochpräzisen astronomischen Fotometrie bereits langjährige Erfahrungen gesammelt, vor allen Dingen durch die Satellitenmission CoRoT, an der Wissenschaftler des DLR beteiligt waren und die bis heute zur Entdeckung von 32 Exoplaneten geführt hat.

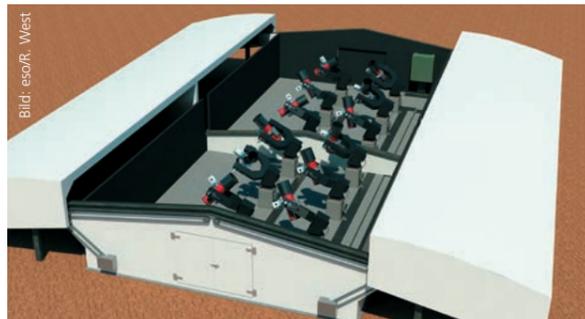
Den Aufbau der ersten Teleskope haben die Planetenforscher vor Ort begleitet. Sie werden auch dabei sein, wenn die Anlage im Laufe des Jahres 2015 vollständig in Betrieb geht. ●

Autorin:

Dr. Ruth Titz-Weider arbeitet am Institut für Planetenforschung im DLR Berlin in der Abteilung Extrasolare Planeten und Atmosphären.



Weitere Informationen:
www.ngtransits.org/



Zwölf Teleskope bilden das Next-Generation Transit Survey (NGTS)



Diese Aufnahme vom Dach des chilenischen Teleskop-Standorts wurde mit Langzeitbelichtung gemacht. Im Hintergrund gut zu sehen: die Milchstraße.

Was passiert, wenn große Wassertropfen in einer Kaltluftzone an einem Flugzeug gefrieren? Testflüge wie hier mit einer Phenom 300 des brasilianischen Flugzeugherstellers EMBRAER sollen Aufklärung bringen.

Die Krux mit dem Eis

Es ist warm in Gavião Peixoto. An die 30 Grad. Der Dezember sieht in Brasilien, 280 Kilometer nordwestlich von São Paulo, so ganz anders aus als in Deutschland. Und doch geht es bei den Flugversuchen, die das DLR hier gemeinsam mit dem brasilianischen Flugzeughersteller EMBRAER macht, um ein „kühles“ Thema: SLD. Hinter diesen drei Buchstaben verbergen sich die Supercooled Large Droplets, gefrierende große Wassertropfen, ein ganz besonderes Phänomen der Vereisung bei Flugzeugen.



Untersuchung des Phänomens der superkalten großen Wassertropfen an Flugzeugflügelprofilen im Vereisungswindkanal der TU Braunschweig

Bild: TU Braunschweig

In der Hitze Brasiliens begannen DLR-Forscher eine Messkampagne zur Flugzeugvereisung

Von Jasmin Begli

Gegen ‚normale‘ Vereisung sind die Flugzeuge von heute bereits gewappnet. Enteisungssysteme an den Flügelvorderkanten verhindern größere Ablagerungen von Eis. Die Flugzeugindustrie weiß, womit sie es zu tun hat. Die funktionierende Enteisung ist seit Jahren ein Teil des Zertifizierungsprozesses, ohne ihn wird kein Flugzeug zugelassen. „Bei den großen gefrierenden Wassertropfen, den SLDs, sieht das anders aus“, erklärt Per Ohme vom DLR-Institut für Flugsystemtechnik. „Bei ungünstigen Wetterbedingungen kann sich Eis an Stellen ablagern, wo Enteisungssysteme nicht wirken, zum Beispiel auf der Flügelober- und -unterseite direkt hinter dem Enteisungssystem.“

Auch bei Minusgraden kann reines Wasser noch in flüssiger Form vorliegen. Es vereist erst dann, wenn es auf eine kalte Oberfläche auftrifft. Zum Gefrieren braucht es einen sogenannten Kristallisationskeim. „Das kann auch ein Staubkorn sein“, sagt Ohme. „Unterkühltes Wasser kommt in Wolken vor. Fliegt ein Flugzeug hindurch, kristallisiert das Wasser auf der Oberfläche

und es kommt zur Vereisung. Dann treten herkömmliche Enteisungsanlagen in Kraft und schmelzen das Eis ab. Damit ist das Problem gelöst.“ SLD-Vereisungsbedingungen dagegen können durch Wassertropfen mit großem Durchmesser entstehen, wenn beispielsweise Schneeflocken aus einer hoch liegenden Kaltluftschicht in eine Warmluftzone fallen und in einer darunter liegenden Kaltluftzone unterkühlen. Treffen sie hier auf das Flugzeug, zerfließen oder zerspringen die Tropfen, sammeln sich an und gefrieren. Da, wo das Enteisungssystem wirkt, können auch sie abgetaut werden. Dahinter allerdings kann sich Eis bilden. Und das stört das empfindliche aerodynamische System. „SLD-Vereisung verschlechtert die aerodynamischen Eigenschaften des Flugzeugs drastisch. Sind Flügel und Leitwerke vereist, erhöht sich der Luftwiderstand deutlich. Und auch die Auftriebscharakteristik verändert sich erheblich“, erklärt Per Ohme.

Seit November 2014 gibt es eine neue Zulassungsvorschrift für Flugzeuge, die auch die Vereisung durch SLDs im Blick hat.



Cockpit der brasilianischen Maschine zur Vereisungsforschung an Flugzeugen, einer Phenom 300



DLR-Forscher testeten ein System, mit dem aerodynamische Parameter direkt an Bord des Flugzeugs erfasst werden können



Die EMBRAER Phenom 300 kurz vor dem Testflug

Vorerst gilt sie zwar nur für kleinere Flugzeuge, aber auch die großen Maschinen könnten in Zukunft davon betroffen sein. Daher ist das Interesse der Flugzeughersteller groß, hier eine Lösung zu finden. Das Problem: Noch mangelt es an Berechnungsmethoden, Versuchsanlagen und letztlich Flugdaten zum Phänomen der großen kalten Tropfen, der SLDs.

Der Plan: Flugversuche mit künstlichen Eisformen

Zurück ins Warme, nach Gavião Peixoto. Hier, zwischen riesigen Zuckerrohr- und Orangenplantagen, befindet sich das Flugtestzentrum des brasilianischen Flugzeugherstellers EMBRAER. Auch dort ist es ein Anliegen, Flugdaten unter SLD-Bedingungen zu gewinnen. Denn von den neuen Zulassungsvorschriften ist natürlich auch dieser Flugzeughersteller betroffen. „Wir stehen seit mehr als zehn Jahren in Kontakt mit EMBRAER. Da lag es doch nahe, unser Wissen und unsere Möglichkeiten zu bündeln“, sagt Ohme.

Gesagt – getan: Im Dezember 2014 flog das dreiköpfige DLR-Team nach Brasilien, erstmal, um Flugdaten im Normalzustand – sprich ohne Vereisung – zu sammeln. Per Ohme und seine Kollegen testeten hierbei ein selbst entwickeltes System, mit dem aerodynamische Parameter online direkt an Bord des Flugzeugs geschätzt werden können. „Das ist hilfreich, um insbesondere auch bei Vereisungsflügen die durchgeführten Flugmanöver zu überprüfen und Flugstabilität und Steuerbarkeit zu

überwachen und entsprechend zu reagieren“, macht Ohme die Wichtigkeit der Online-Detektion deutlich. An Bord des Testflugzeugs, einer EMBRAER Phenom 300, konnten die DLR-Wissenschaftler mit Hilfe eines Teams von EMBRAER ihre auf zwei Laptops installierte Software direkt ins System einbringen. Nach nur einem halben Tag war das gesamte Testequipment in der Phenom 300 installiert und die Maschine flugbereit.

Und was kommt jetzt? „Im Sommer dieses Jahres finden erneut Flüge mit der Maschine statt“, blickt Ohme in die Zukunft. „EMBRAER fertigt bis dahin zuvor berechnete Eisformen aus Kunststoff an, die vor den nächsten Versuchen auf das Flugzeug aufgebracht werden. Damit simulieren wir einen SLD-Vereisungsflug und bekommen die entsprechenden Daten.“ Außerdem soll das Online-Systemidentifizierungsverfahren dann auch für diese speziellen Fälle startklar gemacht werden. Die gewonnene Datenbasis wird im weiteren Projektverlauf zur Entwicklung von Simulationsmodellen genutzt, die auf dem DLR-Flugsimulator AVES (Air Vehicle Simulator) betrieben werden sollen. Dort kann dann der Vereisungsflug im bewegten Simulator real nachgestellt und weiter an der Verbesserung der Flugzeuge gearbeitet werden. Per Ohme und sein Team sind schon gespannt: „Wenn wir im Sommer zu unseren Flugversuchen aufbrechen, sind wir wahrscheinlich die Ersten, die mit SLD-Eisformen auf dem Flugzeug fliegen.“ ●



Phenom 300-Windkanalversuche mit künstlichen Eisformen im russischen Zentralen Aerohydrodynamischen Institut (TsAGI)

Das Projekt SuLaDI (Supercooled Large Droplets Icing) stellt das Leitprojekt der von der Helmholtz-Gemeinschaft geförderten DLR@Uni-Initiative für den Standort Braunschweig dar. Übergeordnetes Projektthema ist die grundlegende Forschung zur Flugzeugvereisung mit besonderem Fokus auf den Abläufen bei der Kontamination mit sogenannten „Supercooled Large Droplets“ (SLDs).

Die kalte Gefahr erkennen, um ihr zu begegnen – Forschung zur Flugzeugvereisung in Braunschweig

Von Per Ohme

SuLaDI betrachtet die Problematik der Flugzeugvereisung aus verschiedenen Blickwinkeln und ist somit in mehrere Bereiche aufgeteilt. In ihnen arbeiten jeweils vier Institute der TU Braunschweig und des DLR zusammen. Basis des Projekts ist der Verbund Niedersächsisches Forschungszentrum für Luftfahrt, kurz NFL. Das Projekt setzt sich aus vier Arbeitspaketen zusammen, der aerodynamischen Analyse, der Detektion der Eiskontamination, der Integration von Eiserkennung und Enteisierung in die Flugzeugstruktur und der durch die Vereisung veränderten Flugzeugkonfiguration.

Aerodynamische Analysen

Die Vereisung an Tragflächen von Flugzeugen kann die aerodynamische Leistung erheblich mindern: Der aerodynamische Widerstand nimmt einerseits stark zu und muss mit höherem Triebwerksschub ausgeglichen werden. Diese Veränderung führt zu einem höheren Treibstoffverbrauch. Andererseits kann die Strömung bei kleineren Anstellwinkeln ablösen, was die Betriebsgrenzen sicherer Flugzustände verändert.

Um den Eisansatz infolge von SLDs besser zu verstehen, werden theoretische und experimentelle Methoden der Aerothermodynamik herangezogen. Die TU Braunschweig stellt hierfür einen deutschlandweit einzigartigen Eiswindkanal zur Verfügung. In ihm können experimentelle Ergebnisse von Flügelprofilvereisungen mit entsprechenden Berechnungsmodellen verglichen werden.

Detektion der Kontamination

Die Tatsache, dass Vereisung an Sensoren und aerodynamisch wirksamen Oberflächen derzeit nicht erkannt werden kann, ist eine der Ursachen für Unfälle, die auf Eis zurückzuführen sind. Damit Piloten in solchen besonderen Flugsituationen besser agieren können, brauchen sie Klarheit über die Situation.

Wenn Sensoren keine zuverlässigen Messwerte liefern, muss dies erkannt werden, um einen Ausfall wichtiger Flugzeugsysteme zu verhindern, woraus sich wiederum gefährliche Flugzustände ergeben können. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn der zulässige Anstellwinkelbereich verlassen wird, dies aber nicht bemerkt wird. Mit Hilfe zuverlässiger Systeme sollen in Zukunft Vereisungen und eingeschränkte Systemfähigkeiten frühzeitig erkannt werden, um Systemausfällen vorzubeugen.

Strukturintegration von Eiserkennung und Enteisierung

Herkömmliche Enteisierungssysteme beruhen meistens auf dem Einsatz thermischer Energie: Zum einen kann warme Luft aus dem Triebwerk von innen in die Vorderkante der Flügel geleitet werden. Zum anderen ist es möglich, elektrische Heizmatten auf, beziehungsweise in die vereisungsgefährdete Struktur zu integrieren. Dies allerdings erfordert viel Energie. Effizienter sind mechanische Systeme, die Verformungen in die Struktur einbringen und damit das Eis ablösen. Gegenwärtig sind pneumatische Enteisierungssysteme, sogenannte Boots, im Einsatz, bei denen sich aufblasbare Gummischlauchmatten verformen und so Eisansätze abplatzen lassen.

Im Projekt SuLaDI werden aktive Maßnahmen zur Enteisierung von Flügelvorderkanten untersucht. Dabei geht es insbesondere darum, neuartige Enteisierungskonzepte weiterzuentwickeln und sie in die Flügelvorderkante eines Verkehrsflugzeugs zu integrieren. Bei den Experimenten kommt ein neuer Enteisierungswindkanal zum Einsatz.

Degenerierte Flugzeugkonfiguration

Aufgrund der starken Auswirkungen von Vereisung auf die aerodynamischen Eigenschaften und Flugleistungen spricht man von einer „degenerierten Flugzeugkonfiguration“. Das Verhalten des degenerierten Flugzeugs bei verschiedenen Vereisungsformen zu verstehen, ist wichtig, um bei den Piloten das Situationsbewusstsein zu erhöhen und so Unfälle zu vermeiden. Die gewonnenen Daten des Projekts werden genutzt, um neue flugmechanische Modelle zu entwickeln. Diese kommen dann im Flugsimulator zum Einsatz. Ziel ist es, die entsprechenden Vereisungsszenarien mit in das Pilotentraining einzubauen. Neu ist auch, dass Vereisungsauswirkungen nicht nur in Bezug auf das Einzelflugzeug betrachtet werden, sondern auch im Hinblick auf die Beeinträchtigung des umgebenden Luftverkehrs. ●

Autor:

Per Ohme ist im DLR-Institut für Flugsystemtechnik verantwortlich für das Projekt SuLaDI, die Kooperation mit EMBRAER und die Leitung der Gruppe Modellierung und Simulation.



Weitere Informationen:
s.DLR.de/21vb

Im Aufwind des Vorausfliegenden

Vor etwa einem Jahrhundert lüfteten Naturforscher ein Geheimnis des Vogelschwarms. Sie erkannten den Vorzug des Fliegens in einer Formation: Der Aufwind, den vorausfliegende Vögel erzeugen, verringert den Luftwiderstand für den Nachfolger und dieser benötigt somit weniger Energie. Ihre Erkenntnis: Fliegen Zugvögel in Formation, vergrößern sie ihre Reichweite. – Ist das auch eine Option für den Luftverkehr? Forscher aus der Einrichtung Lufttransportsysteme am DLR-Standort Hamburg gehen dieser Frage nach.

Sparsamer unterwegs nach dem Vorbild des Vogelschwarms?

Von Tobias Marks

Forscher und Ingenieure träumen davon, den Formationsflug der Vögel auf Verkehrsflugzeuge zu übertragen. Analog zum natürlichen Vorbild versprechen sie sich Treibstoffeinsparungen und als Folge davon eine Reduktion von Emissionen und Betriebskosten. Ähnlich wie in der Natur könnten beim Formationsflug die Flugzeuge in dem Aufwindfeld fliegen, das durch den Randwirbel des vorausfliegenden Flugzeugs erzeugt wird. Dadurch verändert sich die Anströmrichtung der Luft am Flugzeug und der Luftwiderstand verändert sich. Ermutigt durch vielversprechende Ergebnisse verschiedener Studien wurde im Laufe der Jahre eine Reihe von Flugversuchen zum Formationsflug durchgeführt. Diese zeigten, dass auch in der Praxis deutliche Treibstoffeinsparungen von bis zu zehn Prozent erreicht werden können.

In Anbetracht strengerer gesetzlicher Regelungen bezüglich der Reduktion von Kohlendioxid-Emissionen liegt es nahe, zu klären, ob ein solches Verfahren im heutigen Lufttransportsystem praktikabel ist. Daher beschäftigen sich derzeit Wissenschaft und Industrie mit diesem Thema, wobei die unterschiedlichen Aspekte des Formationsfluges betrachtet werden. Neben den aerodynamischen Fragen und Fragen der Flugregelung sowie Flugmechanik stellt dabei vor allem die operationelle Integration dieses Verfahrens in das Lufttransportsystem eine große Herausforderung dar. Während die theoretisch in einzelnen Formationen erzielbaren Einsparungen heute bereits gut verstanden sind, ist das systemweit operationell erreichbare Einsparpotenzial noch nicht hinreichend erforscht. Es ist jedoch Letzteres, was wesentlich über die Realisierbarkeit eines solch neuartigen Konzepts entscheidet und einen Anreiz für die Luftfahrtindustrie setzen kann, in die notwendigen Systeme und Infrastrukturen zu investieren.

Neben den technischen Herausforderungen stellen sich für den tatsächlichen Einsatz des Formationsfluges natürlich operationelle Fragen: Welche Flugzeuge sollten sich zu Formationen zusammenschließen? Wie sieht deren Anordnung innerhalb der Formation aus? Wo treffen sie sich und wo trennen sie sich wieder? Zudem ruft das Zusammenfliegen der Flugzeuge

Ineffizienzen hervor, da die an einer Formation teilnehmenden Flugzeuge nicht alle in ihrem jeweils optimalen Betriebspunkt, also auf optimaler Flughöhe und bei optimaler Geschwindigkeit fliegen können. Dies ist besonders bei unterschiedlichen Flugzeugtypen relevant. Starten die Flugzeuge nicht vom gleichen Flughafen, müssen sie zum Erreichen der Sammelpunkte zudem Umwege in Kauf nehmen, die die Einsparungen weiter relativieren. Die Lage dieser Punkte sowie die Zuordnung der Formationspartner sind daher entscheidend für das maximal erreichbare Einsparpotenzial des Verfahrens. Zudem erfordert das Zusammenfliegen der Flugzeuge eine genaue zeitliche Synchronisation und Planung, damit die Flugzeuge zur geforderten Zeit an den Sammelpunkten ankommen.

Die DLR-Einrichtung Lufttransportsysteme in Hamburg beschäftigt sich daher in der Hauptsache mit der Integration des Formationsfluges in das Lufttransportsystem sowie mit dessen Bewertung. Dazu werden zum einen mit Hilfe von Simulationsmodellen die Einsparungen für Formationen berechnet, zum anderen mit Hilfe von eigens entwickelten Optimierungsalgorithmen für vorgegebene Luftverkehrsszenarien optimale Formationsrouten inklusive der Sammel- und Trennpunkte sowie der Zuordnung der jeweiligen Formationsteilnehmer identifiziert. Auf dieser Grundlage erfolgt dann eine Abschätzung des systemweit erreichbaren Kraftstoffreduktionspotenzials. So konnte in ersten Studien bereits gezeigt werden, dass sich die zu erwartenden Einsparungen einer Formation durch vereinfachte Verfahren abschätzen lassen und dass diese zur Optimierung des Gesamtsystems gut geeignet sind. ●

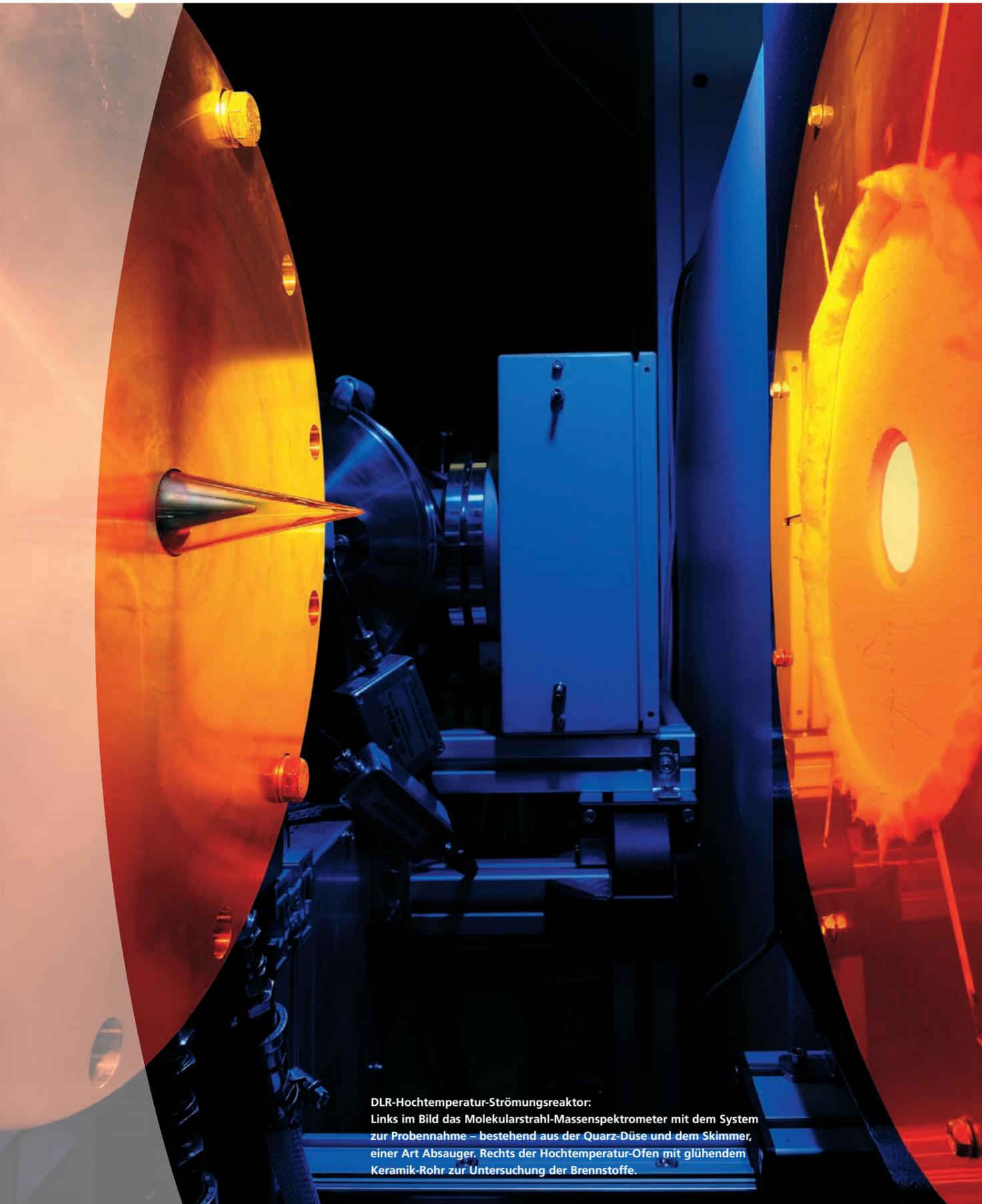
Autor:

Tobias Marks ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Einrichtung Lufttransportsysteme und arbeitet im Rahmen seiner Promotion am Thema Formationsflug.



Weitere Informationen:
DLR.de/LK





DLR-Hochtemperatur-Strömungsreaktor:
Links im Bild das Molekularstrahl-Massenspektrometer mit dem System zur Probennahme – bestehend aus der Quarz-Düse und dem Skimmer, einer Art Absauger. Rechts der Hochtemperatur-Ofen mit glühendem Keramik-Rohr zur Untersuchung der Brennstoffe.

Die Flammenverstehler

Verbrennungsprozesse sind komplexe Vorgänge, deren Ablauf bei Weitem noch nicht vollständig verstanden ist. Wissenschaftler des DLR-Instituts für Verbrennungstechnik in Stuttgart haben ein Analyseverfahren so angepasst, dass sie sozusagen direkt zusehen können, welche Zwischenprodukte in einer Flamme entstehen, ohne dass sie dabei die Verbrennung beeinflussen. Solche empfindlichen Werkzeuge sind wichtig, um effizientere Verbrennungsprozesse oder alternative Treibstoffe entwickeln zu können.

Mit der Molekularstrahl-Massenspektrometrie lassen sich Fragen bearbeiten, die bislang kaum zu beantworten waren

Von Michael Vogel

Zuschauen, ohne zu stören, ist manchmal gar nicht so einfach. Womöglich beeinflusst man die anderen in ihrem Verhalten schon durch seine bloße Anwesenheit. Dr. Markus Köhler und Dr. Patrick Obwald können von diesem Problem ein Lied singen. Auch wenn die beiden keine Menschen beobachten, sondern Verbrennungsvorgänge. Die zwei promovierten Chemiker arbeiten am DLR-Institut für Verbrennungstechnik in Stuttgart und haben in den vergangenen drei Jahren einiges dafür getan, dass sie zuschauen können, ohne zu stören. Sie können mit ihrer Untersuchungsmethode, der Molekularstrahl-Massenspektrometrie, einen Verbrennungsprozess so genau verfolgen, dass sie die Vorgänge unmittelbar erfassen können und einen Überblick über die ablaufenden chemischen Reaktionen bekommen. Das Forscher-Tandem aus dem DLR bildet die Arbeitsgruppe Massenspektrometrie, eine Schnittstelle der Abteilungen Diagnostik und Chemische Kinetik, am Stuttgarter Institut. „Die Arbeitsgruppe entstand durch die Fokussierung des Instituts auf die Erforschung von Brennstoffthemen, wie sie zum Beispiel bei der Energiespeicherung mit flüssigen Kohlenwasserstoffen oder der Entwicklung alternativer Brennstoffe relevant sind“, erklärt Köhler. „Hierfür braucht man geeignete Messwerkzeuge.“

Bei der Energiespeicherung mit flüssigen Kohlenwasserstoffen, auch als Power-to-Liquid bekannt, geht es um die Lösung eines zentralen Problems der erneuerbaren Energien: Nicht immer, wenn der Wind weht oder die Sonne scheint, gibt es genügend Abnehmer für den dann erzeugten Strom. Deshalb muss man ihn zwischenspeichern können. Eine Möglichkeit, die auch am DLR-Institut für Verbrennungstechnik erforscht wird, ist die Synthese von flüssigen Kohlenwasserstoffen aus geeigneten einfachen Gasen mit Hilfe des überschüssigen Stroms. Wird die Energie später im Stromnetz benötigt, könnten Systeme auf der Basis von Mikrogasturbinen die Kohlenwasserstoffe ähnlich wie Benzin verbrennen und dadurch Strom erzeugen. Bei der Suche nach alternativen Brennstoffen wiederum geht es darum, Treibstoffe wie Kerosin nicht einfach durch eine Alternative zu ersetzen, sondern neue Treibstoffe gleich so zu designen, dass sie schadstoffärmer und effizienter verbrennen.

Doch die Welt der technischen Verbrennung ist eine komplizierte. Solche Prozesse können nicht nur bei unterschiedlichen Temperaturen, sondern auch bei unterschiedlichen Drücken und

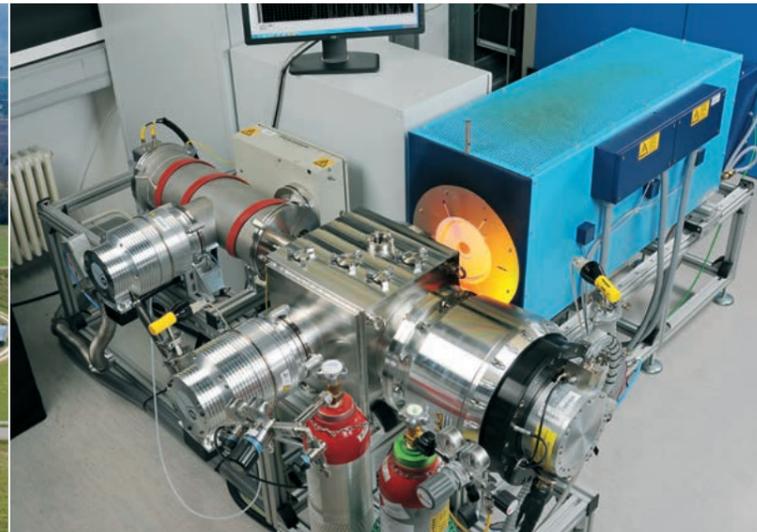
Strömungsgeschwindigkeiten ablaufen. „Die Temperatur kann je nach Anwendung bei 500 oder 1.500 Grad Celsius liegen, bei Normaldruck oder beim 30- bis 40-Fachen des Normaldrucks“, nennt Köhler Beispiele. „Der Treibstoff und der für die Verbrennung erforderliche Luftsauerstoff können entweder schnell in die Brennkammer strömen oder ganz langsam.“ Ändern sich diese



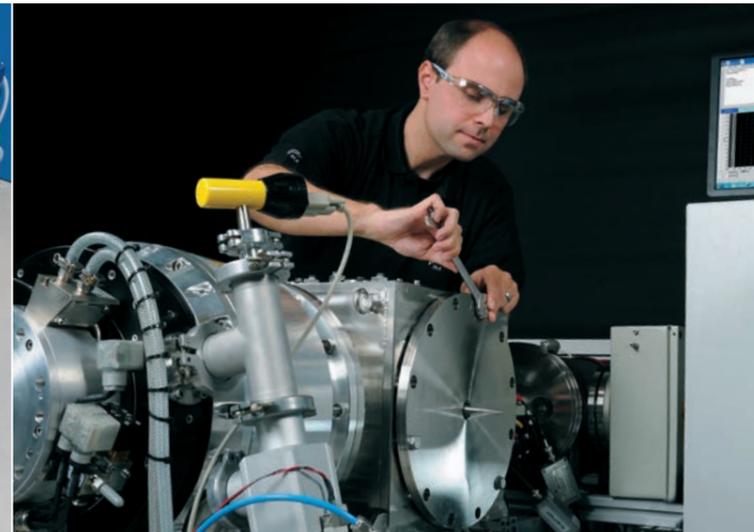
Das mobile Massenspektrometer – ein DLR-Eigenbau zur Abgasmessung und Analyse von Gasphasen bis hin zu Nanopartikeln



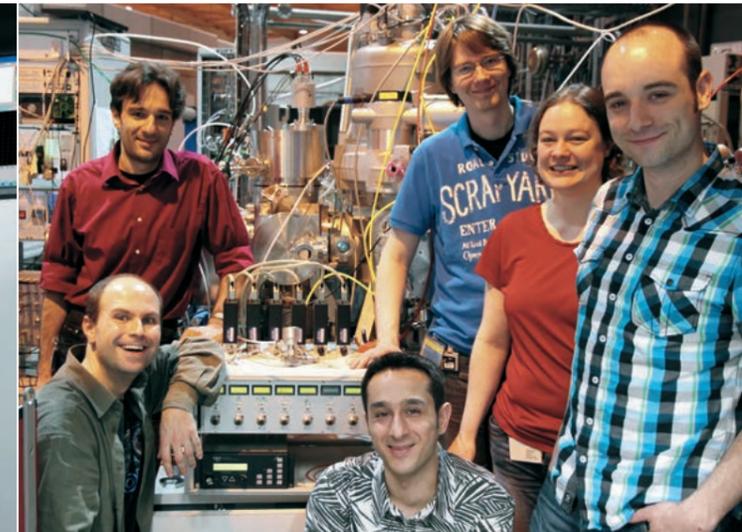
Der Teilchenbeschleuniger Swiss Light Source, kurz SLS: An ihm wurde das erste iPEPICO-Flammenexperiment der Welt durchgeführt. Das ganze Gebäude hat einen Durchmesser von knapp 140 Metern.



Der DLR-Hochtemperatur-Strömungsreaktor, bestehend aus dem Hochtemperatur-Ofen (blaues Gehäuse) und dem Molekularstrahl-Massenspektrometer (davor)



Für Dr. Markus Köhler vom Stuttgarter DLR-Institut für Verbrennungstechnik ist der Hochtemperatur-Strömungsreaktor ein „mächtiges Werkzeug“, um das Geschehen in Flammen zu verstehen



Flammen verstehen im Team: Prof. Dr. Tina Kasper von der Universität Duisburg-Essen mit ihren Doktoranden Thomas Bierkandt und Erdal Akyildiz (Mitte oben und unten), der Strahllinien-Wissenschaftler Dr. Patrick Hemberger vom Schweizer Paul Scherrer Institut (rechts) und die beiden Massenspektrometrie-Wissenschaftler des DLR (links).

Die Massenspektrometrie

Wenn in Fernsehserien Ermittler komplizierte Mordfälle mit Hilfe von ausgeklügelten Laborverfahren lösen, dann dürfte nur wenigen Zuschauern bewusst sein, dass viele dieser Untersuchungen nur mit Massenspektrometern möglich sind. Mit Hilfe dieser Geräte lässt sich nämlich ermitteln, aus welchen chemischen Elementen und Verbindungen ein bestimmtes Material besteht. Auch wenn moderne Massenspektrometer sehr unterschiedlich sind, beruhen sie alle auf demselben Prinzip: Zunächst wird das zu untersuchende Material in ein Gas umgewandelt und dann ionisiert. Diese Ionen lassen sich mit Hilfe von elektrischen und magnetischen Feldern aufgrund ihrer unterschiedlichen Massen – genau genommen aufgrund ihres Verhältnisses von Masse zu elektrischer Ladung – voneinander trennen.

Die Idee der Massenspektrometrie hat ihre Wurzeln im 19. Jahrhundert. Damals entwickelte sich das Wissen um die Massen von Atomen und Molekülen. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erkannten dann Wissenschaftler, dass sich die Bewegung elektrisch geladener Teilchen durch magnetische und elektrische Felder beeinflussen lässt. 1913 schließlich veröffentlichte der britische Physiker Joseph John Thomson erste massenspektroskopische Untersuchungen an Gasen. Das erste funktionierende Massenspektrometer baute fünf Jahre später der britische Chemiker und Physiker Francis William Aston, ein Mitarbeiter von Thomson. Im selben Jahr entwickelte und baute der kanadisch-US-amerikanische Physiker Arthur Jeffrey Dempster das erste moderne Massenspektrometer, das sehr viel genauer arbeitete. Ihren endgültigen Durchbruch erlebte die Massenspektrometrie dann in den Fünfzigerjahren. Inzwischen findet sie Anwendung in so unterschiedlichen Bereichen wie Archäologie, Biologie, Chemie, Klimaforschung, Medizin und Technik. Es gibt eine Vielzahl von Bauformen, die sich jeweils für bestimmte Fragestellungen und Rahmenbedingungen besonders eignen. Eine Variante ist das Molekularstrahl-Massenspektrometer, wie es auch am DLR-Institut für Verbrennungstechnik verwendet wird.

Rahmenbedingungen, läuft der Prozess aus chemischer und physikalischer Sicht wieder anders ab. Die Forscher sprechen von einem riesigen Parameterraum. Diesen Parameterraum gilt es zu verstehen, wenn Ingenieure Verbrennungsprozesse weiter verbessern wollen.

„Selbst die Verbrennung des vermeintlich einfachen Methans, dessen Moleküle aus nur einem Kohlenstoff- und vier Wasserstoffatomen bestehen, ist bei hohen Temperaturen und großem Brennstoffüberschuss chemisch so komplex, dass der Vorgang bislang nicht im Detail verstanden ist“, erzählt Köhler. Das haben Wissenschaftler erst vor Kurzem festgestellt. Wie schwierig wird es dann erst, wenn ein Treibstoff aus einem Cocktail verschiedener langkettiger Kohlenwasserstoffe besteht, wie das etwa bei Benzin oder Kerosin der Fall ist? „Bei einem typischen technischen Verbrennungsprozess laufen mehrere tausend chemische Reaktionen gleichzeitig ab“, verdeutlicht Köhler. „Bei den heutigen Kraftstoffen ist zwar die Verbrennung der Reinkomponente chemisch recht gut verstanden, aber wenn die Physik hinzukommt – wechselnde Temperaturen, Drücke und Strömungsgeschwindigkeiten – wird es beliebig kompliziert.“

Immerhin: Manche Randbedingungen lassen sich experimentell so realistisch nachstellen, dass sie mehr oder minder leicht auf technische Anwendungen übertragbar sind, andere dagegen – zum Beispiel sehr hohe Drücke, wie sie in den Brennkammern von Flugzeugen herrschen – nur mit Einschränkungen. Parallel greifen die Wissenschaftler daher zu Simulationen als Arbeitsmittel: Sie bilden die Verbrennung möglichst realitätsnah am Computer nach und lassen sie dort Schritt für Schritt ablaufen. „Komplexe Flammen muss man sehr detailliert simulieren; für die Berechnung des Verbrennungsvorgangs kann der Computer dann schon mal einige Monate Zeit brauchen“, verdeutlicht Köhler den immensen Aufwand. Wer Simulationen macht, ist daher daran interessiert, dass die Experimentatoren ihm möglichst viele Informationen zu einem Verbrennungsprozess liefern können, und zwar in möglichst hoher zeitlicher Auflösung – wegen der zigtausend chemischen Reaktionen. So lassen sich die Rechnungen überprüfen und langwierige Irrwege vermeiden.

Hier kommen Köhler und sein Kollege Patrick OBwald ins Spiel. Mit der Molekularstrahl-Massenspektrometrie nämlich können sie Verbrennungsprozesse sehr genau und unmittelbar

erfassen. Dazu saugen sie aus der Brennkammer mit einer winzigen, nur 50 Mikrometer großen Düsenöffnung die bei der Verbrennung entstehenden Moleküle in ein Hochvakuum und vereinzeln sie dort so weit, dass die Moleküle nicht mehr miteinander reagieren können. „Wir ‚frieren‘ sozusagen die Reaktionsprodukte in ihrem momentanen Zustand ein“, sagt Köhler. Daraufhin ionisiert das Massenspektrometer die Moleküle und schickt sie zum Analysator, wo sie aufgrund unterschiedlich langer Flugzeiten – kleine Moleküle sind schneller als große – gemäß ihrer Masse sortiert werden. „Dann wissen wir, welche Substanzen in einer gewissen Phase der Verbrennung entstehen“, sagt Köhler. Selbst Radikale lassen sich auf diese Weise erfassen. Solche Radikale sind Moleküle, die bei den chemischen Teilreaktionen während der Verbrennung entstehen und ein freies Elektron haben. Aufgrund dieses Elektrons reagieren sie sehr rasch mit anderen Substanzen, sind also überhaupt nur für extrem kurze Zeit nachweisbar. „Zwar beeinflussen Radikale die Reaktionschemie stark, sind aber bis auf wenige Ausnahmen erst mit der Molekularstrahl-Massenspektrometrie sinnvoll zu untersuchen“, so Köhler.

Das Verfahren eignet sich jedoch nicht nur für die Analyse der eigentlichen Verbrennung, sondern auch für die Untersuchung der entstehenden Schadstoffe. So haben Köhler und OBwald mit einem mobilen Molekularstrahl-Massenspektrometer bereits Nanopartikel und die Vorläufer von Ruß gemessen, die sich im Abgasstrom von technischen Brennkammern oder Motoren befanden. „Im theoretischen Modell der Rußentstehung sind Vorgänge wie die Gasphase oder die Verklumpung und das Oberflächenwachstum der Partikel relativ gut erfasst“, sagt Köhler, „aber wie die Partikel entstehen, also der Übergang vom Gas zum Festkörper – das weiß man nicht genau. Unsere Messungen können dazu beitragen, auch diese Wissenslücke zu schließen.“ ●

Autor:

Michael Vogel schreibt als selbstständiger Journalist über Themen aus Astronomie, Physik und Technik.



Weitere Informationen:
DLR.de/VT

Wenn die letzten Schleier fallen

Die komplexen chemischen Reaktionen in einem Verbrennungsprozess und die dabei entstehenden kurzlebigen Zwischenprodukte sind wichtige Themen der Forschung. Versteht man diese sogenannten Reaktionsnetzwerke, hilft das bei der Verbesserung der Brennstoffqualität und -effizienz. Durch die Kombination der Molekularstrahl-Massenspektrometrie mit einem weiteren Analyseverfahren ist es Markus Köhler und Patrick OBwald vom DLR-Institut für Verbrennungstechnik gemeinsam mit Wissenschaftlern der Arbeitsgruppe von Tina Kasper an der Universität Duisburg-Essen (UDE) gelungen, die Vorgänge in einer Flamme sehr genau zu analysieren.

Die Forscher untersuchten dazu eine Flamme bei geringem Druck und entnahmen dieser mit Hilfe des Spektrometers kurzlebige Teilchen. Sie ionisierten die Moleküle mit Licht, das ihnen der Teilchenbeschleuniger SLS (Swiss Light Source) in der Schweiz lieferte. „Zusätzlich zur Masse des ionisierten Teilchens maßen wir die Energie des Elektrons, das bei der Ionisation freigesetzt wurde“, sagt Köhler. „So konnten wir die ionisierte Spezies eindeutig identifizieren.“ Das ist ansonsten in manchen Fällen unmöglich, weil einige Molekülarten als Isomere auftreten: Sie haben identische Massen, sind also nicht mit dem Massenspektrometer unterscheidbar, haben aber keine identische Struktur und verhalten sich daher chemisch und physikalisch unterschiedlich. Übertragen auf den Verbrennungsprozess heißt das: Erst durch die Kombination aus Ionen- und Elektronenmessung lassen sich solche Moleküle eindeutig identifizieren. In der Forschung wird für dieses Verfahren der Begriff Photoelektron-Photoion-Koinzidenz-Spektroskopie verwendet, der mit dem aus dem Englischen abgeleiteten Akronym iPEPICO abgekürzt wird.

Die DLR- und UDE-Wissenschaftler demonstrierten die Möglichkeiten von iPEPICO im vergangenen Jahr anhand des Butyl-Radikals, das während der Verbrennung in vier unterschiedlichen Isomeren vorliegt. „Das war ein Pionierexperiment“, sagt Köhler nicht ohne Stolz. „Es zeigt, welch mächtiges Werkzeug die Molekularstrahl-Massenspektrometrie auch in dieser Kombination ist.“

Die Andøya Rocket Range in Nordnorwegen dient internationalen Wissenschaftlern als Startrampe. Von hier aus schickte das DLR im Juni 2012 auch Shefex II auf seinen zehnmütigen Testflug in den Weltraum. Das DLR-Magazin 135 berichtete darüber.

Aus dem All sind alle Länder klein!

Von Bo Andersen, Norwegian Space Centre

Die Naturwissenschaften sind in verschiedene Bereiche unterteilt: „theoretisch“ oder „beobachtend orientierte“ Wissenschaft, „national“ oder „international ausgerichtete“ Wissenschaft, „große“ oder „kleine“ Wissenschaft. In all diesen Bereichen kann man zwischen „guter“ und „schlechter“ Wissenschaft unterscheiden. Offenkundig kann „theoretische“, „national orientierte“ und „kleine“ Wissenschaft sehr gut sein. Aber in allen Fällen muss „große“ und „beobachtende“ Wissenschaft international orientiert sein, um „gute“ Wissenschaft zu werden.

Weltraumwissenschaft ist, zumindest in den dominanten und gut entwickelten Bereichen, eindeutig „große“ Wissenschaft. Die ESA ist ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, wie eine internationale Zusammenarbeit effizient durchgeführt werden kann. Es ist ausschlaggebend, dass die Definition von Wissenschaft durch eine internationale Gruppe erfolgt und die Verantwortung für die Entwicklung der Nutzlast bei den Wissenschaftlern liegt. Das obligatorische ESA-Wissenschaftsprogramm funktioniert auf diese Weise gut.

Betrachtet man die zivile Nutzung des Weltraums, wird klar, dass der Spruch „Im Weltraum sind alle Länder klein“ für alle Nationen gilt, selbst für die USA und China. Keine Nation verfügt über die technische Fähigkeit und die zugehörige finanzielle Bereitschaft, um alle im Weltraum notwendigen Aktivitäten unabhängig durchzuführen. Dies impliziert eindeutig, dass für die meisten Aktivitäten im Weltraum internationale Zusammenarbeit erforderlich ist. Für einzelne Missionen kann der überwiegende Teil von den großen Raumfahrtpartnern durchaus allein durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind sowohl das Hubble Weltraumteleskop als auch dessen künftiger Ersatz, das James-Webb-Teleskop. Die NASA hätte beides allein durchführen können, hielt aber eine Teilnahme der ESA für angemessen, um die Kosten zu senken und eine internationale Zusammengehörigkeit zu schaffen. Grundsätzlich ist es auch schwieriger, sich aus einem großen Projekt mit hohen Kostenüberschreitungen zurückzuziehen, wenn man Verpflichtungen mit einem internationalen Partner eingegangen ist. Die NASA hat solche Rückzieher mehrere Male in den Achtzigerjahren gemacht, was die Beziehungen zwischen den USA und der ESA sehr belastet hat. Mit der ESA-Mission zum Merkur, Beppi Colombo, haben sowohl die ESA als auch Japan trotz signifikanter Kostenüberschreitungen die Zusammenarbeit als Hauptargument für die Erhaltung der Entwicklung genutzt.

Im Hinblick auf Geowissenschaften aus dem Weltraum ist es offenkundig, dass keine Nation alle Aktivitäten allein umsetzen

kann. Auf dieser Grundlage wurde die GEO (Group on Earth Observation) geschaffen – mit dem Ziel, ein globales Netzwerk von Systemen bereitzustellen, das den weltweiten Bedarf an Messungen deckt. Diese Zusammenarbeit ist auch mit einigen Herausforderungen behaftet, da sich die Distanz zu den wissenschaftlichen Bedürfnissen vergrößert.

„Gemeinsame Bedürfnisse“ sind die ausschlaggebende Antriebskraft für alle Bereiche der „großen“ Wissenschaften. Wir sehen die Erfolge und das Potenzial in CERN, ESA, Eumetsat, GEO und ITER. Diese existieren ausschließlich, weil keine der teilnehmenden Nationen einer Durchführung im Alleingang den Vorzug geben würde, aber alle davon überzeugt sind, dass diese Projekte durchgeführt werden müssen. Solange „große“ Wissenschaften die Antriebskraft sind, ist Zusammenarbeit zwar schwierig, aber eindeutig möglich. Es existieren außerdem nationale Bedürfnisse, um sicherzustellen, dass konkurrierende Nationen nicht allein Vorteile erlangen.

Wenn gemeinschaftliche Aktivitäten sich aus dem Reich der „reinen“ Wissenschaften entfernen, wird die Zusammenarbeit beschwerlicher und oft unmöglich, wenn Fragen der Sicherheit involviert sind. Die ISS ist sehr erfolgreich, aber die zugrunde liegende Argumentation basiert nicht nur auf Wissenschaft oder Technologie. Der Wunsch der westlichen Partner war es, das Fachwissen der zerfallenen Sowjetunion zu involvieren. Dabei geht es nicht nur um Wissenschaft und Kostenreduktion, sondern auch um das Engagement von Ingenieuren, die potenziell auch an anderer Stelle mit weniger friedvollen Intentionen hätten eingesetzt werden können. Außerdem waren die Gesamtkosten untragbar hoch. Die ISS, als die teuerste internationale Forschungs- und Entwicklungskollaboration, musste also international umgesetzt werden.

Wissenschaftliche und technologische Zusammenarbeit hat einen positiven Effekt auf internationale Angelegenheiten. Im Bereich der Raumfahrt muss es ein Hauptziel sein, auch China an Projekten zu beteiligen. Dies kann sich aufgrund von Fragen der Ausfuhrkontrolle und weil die Unterscheidung zwischen wissenschaftlichen und sicherheitspolitischen Aspekten im Bereich der Geowissenschaften besonders komplex ist, als schwierig erweisen.

„Große“ Wissenschaft benötigt internationale Zusammenarbeit und kann nur erfolgreich sein, wenn die Ziele eindeutig, stabil und genau abgegrenzt sind. Die ESA ist dafür das beste Beispiel. ●



Bo Andersen, Generaldirektor des Norwegischen Weltraumzentrums

Regionalmeldungen

Neuer Teststand für umweltfreundlichere Turbinen in Köln

Arm an Emissionen, Lärm und Energieverbrauch sollen Gasturbinen sein, die in der Energietechnik und in der Luftfahrt zum Einsatz kommen. Dafür hat das DLR gemeinsam mit den Industriepartnern Alstom Power und Rolls-Royce Deutschland seine Forschungsinfrastruktur am Standort Köln erweitert. Mit einer Investition von rund 50 Millionen Euro wurde der neue Hochdruckbrennkammerprüfstand 5 (HBK5) errichtet.

Mit dem Wissen der DLR-Forscher um die Vorgänge bei der Verbrennung lassen sich Einflüsse wie das Zerstäuben des Kraftstoffs in der Brennkammer steuern und die Geometrie der Kammer selbst noch besser gestalten. Für Alstom ist der Prüfstand wichtig, um moderne Kraftwerksturbinentechnologie zu testen und weiterzuentwickeln. Der HBK5 am DLR-Institut für Antriebstechnik ist so konzipiert, dass Brennkammertypen für heutige und zukünftige Gasturbinen unter realistischen Bedingungen, das heißt über den gesamten Lastbereich einer Gasturbine, getestet und optimiert werden können. Weiterhin erlaubt er, unterschiedliche Brennstoffe und Brennstoffqualitäten einzusetzen. Die Kooperation mit dem Industriepartner Rolls-Royce stellt darüber hinaus eine hohe Auslastung des Prüfstands sicher, der für eine Betriebsdauer von 30 Jahren ausgelegt ist.

In dem neuen Hochtemperatur- und Hochdruckprüfstand wird es erstmals auch möglich sein, einen kompletten Brennkammer-Ring außerhalb eines Triebwerks unter anspruchsvollen Bedingungen zu erproben: Eintrittsdruck, Ein- und Austritts-temperatur sowie die Menge der einströmenden Luft können während eines Flugzeugstarts der Situation angeglichen werden.



Der HBK5 bietet mit seiner thermischen Leistung von 125 Megawatt neue Entwicklungs- und Testmöglichkeiten für die Forschung und für Hersteller von Gasturbinen



s.DLR.de/iy26



Die DLR-Wissenschaftler nutzen für die Kabinenforschung Dummies, die aus einem speziellen Hightech-Materialmix bestehen. Diese werden mit genau definierter Leistung beheizt. So erreichen sie eine sehr ähnliche thermische Signatur wie die von realen Menschen.

Flugzeugkabinenbelüftung mit Hightech-Dummies getestet

Mit dem Wissen, wo und warum in der Flugzeugkabine wie viel Luft entweicht, wollen DLR-Forscher die Effizienz bei der Belüftung von Kabinen verbessern. Dazu werden mit dem DLR-Forschungsflugzeug ATRA in Braunschweig Möglichkeiten getestet, die Luftzirkulation in Passagiermaschinen zu beeinflussen. Dummies, die die menschliche Wärmeausstrahlung simulieren, und moderne Sensortechnik helfen den Forschern dabei, ihre Strömungsmodelle weiterzuentwickeln.

Der Trend zum Einbau von mehr In-Flight-Entertainment-Systemen und Stromanschlüssen in Passagiermaschinen führt zu einer höheren Wärmelast in der Kabine – was es wiederum nötig macht, mehr oder noch kältere Luft einzuspeisen. Aber nicht nur die inneren Einflüsse entscheiden. Auch die äußeren Druck- und Luftverhältnisse sind wichtig. Um die Einflüsse von Sonneneinstrahlung, Wärmelasten und Außentemperaturen auf die Strömung in der Kabine zu erforschen, werden verschiedene Flughöhen angefliegen und die Änderungen im Kabinenklima untersucht.



s.DLR.de/39kw

Ausgründung in Oberpfaffenhofen: Fingerspitzengefühl für Roboter

Mit „tacterion“ wird in Oberpfaffenhofen eine Ausgründung vorbereitet. Der Spin-off des DLR-Instituts für Robotik und Mechatronik wird eine dehnbare polymerbasierte künstliche Haut für die Robotik und Medizintechnik entwickeln, produzieren und vertreiben. In enger Zusammenarbeit mit Kunden aus Industrie und Forschung schafft „tacterion“ als Ingenieurdienstleister Sensoriklösungen, die auf die Kundenwünsche zugeschnitten werden.



Die künstliche Haut auf der Struktur eines KUKA Leichtbauroboterarms

Während heutige taktile Sensoren nicht flexibel, elastisch und widerstandsfähig genug sind, um auf komplexen Geometrien – wie der Oberfläche von modernen Robotern – eingesetzt zu werden, bietet „tacterion“ eine innovative Tastsensorik auch für Freiformflächen. Die Technologie ist bereits durch Grundlagen- und Anwendungspatente geschützt. Nach dem Vorbild der menschlichen Haut entwickelt, kann die künstliche Haut Kontaktkräfte und deren räumliche Verteilung auf komplex geformten und verformbaren Oberflächen erfassen. Damit können Roboter den Kontakt mit dem Bediener verbessern und die Interaktionskräfte genau dosieren. So lassen sich beispielsweise Prothesen mit „Fingerspitzengefühl“ entwickeln oder im Pflegebereich Patienten behutsam bewegen.

Der Transfer der Technologie aus der Forschung in die kommerzielle Anwendung wird durch „Helmholtz Enterprise“ gefördert, einen Fonds, den die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren speziell für Ausgründungen eingerichtet hat.



<http://bit.ly/1AbUdu4>

Braunschweig: Flugzeuge energiesparend enteisen

Vereiste Tragflächen sind ein Problem in der Luftfahrt. Wissenschaftler des DLR entwickeln neue Methoden, die das Eis von Rumpf, Tragflächen und Leitwerken energiesparend entfernen. Dazu haben sie an der TU-Braunschweig einen Enteisungsprüfstand aufgebaut.

Bisher wird aus den Triebwerken heiße, komprimierte Luft abgezapft und in die Tragflächen hineingeleitet. Oder Heizmatten wärmen die Flügel mit großem Stromverbrauch. Anstatt das Eis zu schmelzen, soll es nun abgeschüttelt werden. Dazu erproben die Forscher, wie sie Bereiche der Tragflügel gezielt in Schwingung versetzen können. Die Vibrationen sollen das Eis brechen und ablösen. Ein anderer Weg ist es, die Außenhaut des Flugzeugs zu dehnen, um die Eisanhaftungen aufzubrechen.

Um die neuen Methoden präzise zu nutzen, arbeiten die Ingenieure an einer detaillierten Eiserkennung. Sie wollen wissen, wo genau sich grobkörniges oder kompaktes Eis auf dem Flugzeug befindet und in welcher Stärke. Dann kann das Eis gezielt geschmolzen oder abgelöst werden, ohne Energie an eisfreien Stellen zu verschwenden. (Lesen Sie dazu auch den Beitrag „Die Krux mit dem Eis“ ab Seite 20.)



Im neuen Enteisungsprüfstand in Braunschweig erzeugen die DLR-Forscher verschiedene Eisarten wie Rau-, Klar- und Mischeis, um die Eiserkennung zu verbessern



s.DLR.de/ia8u

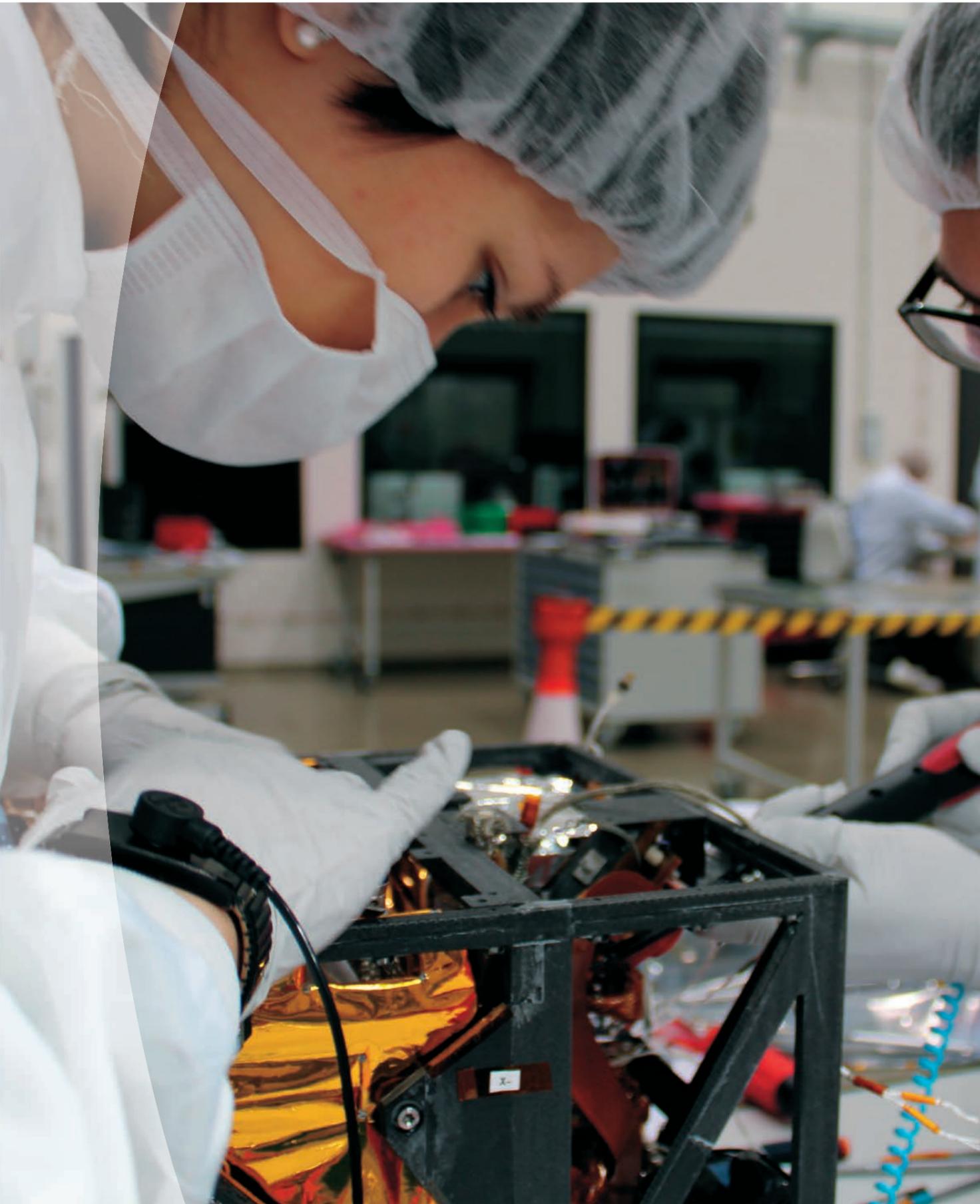
Lernen, die Erde mit Radar-„Augen“ zu sehen

Den Einstieg in die Welt der Radarfernerkundung erleichtert das Lernportal SAR-EDU. Es wurde unter Leitung des Geographischen Instituts der Universität Jena in Zusammenarbeit mit dem DLR entwickelt und ist für Studierende sowie Anwender in Forschung, Wirtschaft und Politik gedacht.

Mehr als 60 modular aufgebaute Lerneinheiten in Form von Präsentationen, Videos, interaktiven Übungen und Beispieldatensätzen sind kostenlos im Internet zu finden. Die Lektionen behandeln die physikalischen und mathematischen Grundlagen, die Sensortechnik sowie Methoden der digitalen Bildverarbeitung und zur Auswertung der Radardaten.



s.DLR.de/qc23



Die Wandlung des Asteroidenlanders

Am 3. Dezember 2014 startete die japanische Raumsonde Hayabusa2 zum Asteroiden 1999 JU3. An Bord: MASCOT, eine Landeeinheit, die auf dem Asteroiden aufsetzen und sich hüpfend auf ihm fortbewegen soll. MASCOTs Geschichte ist schon zu Beginn seines langen Wegs erstaunlich. Die DLR-Wissenschaftlerin Tra-Mi Ho erzählt von einer ungewöhnlichen Schlankheitskur und fast mütterlichen Gefühlen für einen Schuhkarton voller Hochtechnologie.

Wie aus Marco Polo der Mobile Asteroid Surface Scout MASCOT wurde

Von Tra-Mi Ho



Seit 2008 im DLR: die Physikerin Tra-Mi Ho

Die Annäherung der Weltraumsonde Hayabusa2 an den Asteroiden 1999 JU3 aus künstlerischer Sicht



Als ich vor etwas mehr als sechs Jahren am DLR in Bremen angefangen habe, war MASCOT „nur“ ein Vorschlag. Im Rahmen des Cosmic Vision Call der ESA sollte ein Landeelement für die Marco Polo Mission entworfen werden. MASCOT stand damals für „Marco Polo Surface Scout“. Allerdings gingen wir zu diesem Zeitpunkt noch davon aus, eine 100 Kilogramm schwere Landeeinheit in der Größe und der Funktionalität vergleichbar mit dem Rosetta-Lander Philae zu entwickeln und zu bauen. Die vorgeschlagenen wissenschaftlichen Nutzlasten umfassten unter anderem ein Ionen-Laser-Massenspektrometer und einen Roboterarm, der die Instrumente, die für ihre Messungen Kontakt mit der Oberfläche benötigten, auf der Oberfläche platzieren sollte. Die Gesamtmasse aller Instrumente belief sich auf 13,5 Kilogramm.

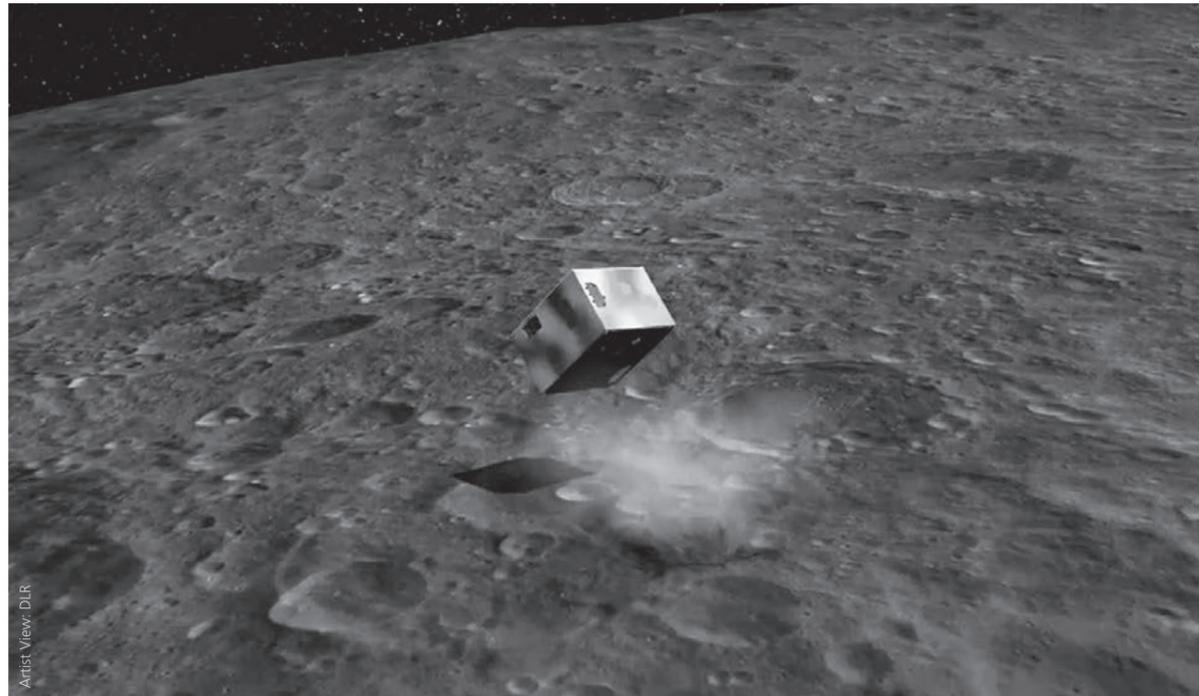
Im Laufe der Jahre sollte MASCOT dann eine drastische Veränderung erfahren. Die Rahmenbedingungen änderten sich. Marco Polo konnte sich bei dem Cosmic Vision Call der ESA leider nicht behaupten. Gleichzeitig bekundete die japanische Raumfahrtagentur JAXA ihr Interesse, einen Lander vom DLR auf ihrer Mission Hayabusa2 mitzunehmen. Sein Ziel: Asteroid 1999 JU3.

Hayabusa2 – das war Musik für unsere Ohren. Hayabusa war damals DIE Mission! Die Bilder vom Asteroiden Itokawa, dessen Form die japanischen Wissenschaftler mit der eines Seeotters verglichen, waren in aller Munde. Dieser Vergleich spiegelt die japanische „Kawaii“-Kultur wider und ist weithin populär. Wenn man in Japan mit Leuten auf der Straße redet, trifft man auf viele,

die Hayabusa und JAXA kennen. Überhaupt bin ich jedes Mal, wenn ich bei JAXA bin, davon beeindruckt, wie viele Schulklassen, Familien und Besuchergruppen dem Sagamihara Campus einen Besuch abstatten.

Doch zurück zu MASCOT, die Landeeinheit für die japanische Mission Hayabusa2. Die Anforderungen waren gar nicht so einfach: Ein kompletter Lander, inklusive Powersystem, On-board-Computer, Kommunikationssystem und weiteres mehr, der nicht mehr als zehn Kilogramm wiegen und nicht viel größer als ein Schuhkarton sein durfte. Wir ließen uns aber nicht abschrecken und gingen mit Elan an die Sache. Natürlich musste unser MASCOT nun abspecken. Alles, was wichtig war, also die „lebenserhaltenden“ Systeme, mussten kleiner und/oder leichter werden. Das Konzept wurde optimiert. Beispielsweise bekam der Lander eine sehr steife Leichtbaufachwerkstruktur, die lediglich ein Kilogramm wog. Zudem wurde die Elektronik aller Subsysteme und Instrumente zentral in einer Elektronikbox zusammengefasst, um Masse und Platz zu sparen. Leider mussten auch die wissenschaftlichen Ziele reduziert werden. Von den 14 vorgeschlagenen Instrumenten wurden vier ausgewählt. Diese durften eine Gesamtmasse von drei Kilogramm nicht überschreiten.

Wir wählten eine Kamera (MASCAM) aus, um die Asteroidenoberfläche geologisch zu untersuchen, ein Radiometer (MARA) zum Aufzeichnen der Temperatur (beides aus dem DLR-Institut für Planetenforschung. Dazu kamen ein Infrarot-Mikroskop (MMEGA) zur Ermittlung der Mineralogie (vom französischen



Im Jahr 2019 schlägt die Stunde für die DLR-Landeeinheit an Bord von Hayabusa2. Die Weltraumsonde erreicht ihr Ziel und setzt MASCOT ab.

Hüpfen vorgesehen: Für den DLR-Lander MASCOT ist – anders als für den Rosetta-Lander Philae – die Fortbewegung auf dem Asteroiden geplant. Ein Schwungarm soll dem Lander auf die Sprünge helfen.

Institut d'Astrophysique Spatiale) und ein Magnetometer (MASMAG) zum Bestimmen der Magnetisierung (von der Technischen Universität Braunschweig).

Eine Schwierigkeit bestand darin, dass drei Instrumente für ihren späteren Betrieb auf dem Asteroiden die richtige Lage im Lander haben mussten: MMEGAs optisches Fenster braucht Bodenkontakt; auch MASCAM und MARA müssen auf den Boden schauen. Dafür benötigt MASCOT einen Aufrichtmechanismus, damit er sich, falls er nach der Landung falsch liegen sollte, in die korrekte Lage versetzen kann. Für diese Bewegung dachten wir uns einen Schwungarm aus, der es MASCOT auch erlaubt, sich über die Asteroidenoberfläche hinwegzubewegen. Aufrichten und Hüpfen basieren in diesem Fall auf demselben Prinzip. Nach einigen Studien in unserer Concurrent Engineering Facility, also unserer Entwurfseinrichtung, hatten wir auch ein machbares Konzept erarbeitet.

Im Laufe des Jahres 2011 stellte sich heraus, dass MASCOT tatsächlich fliegen wird. Hayabusa2 wurde von der japanischen Raumfahrtagentur JAXA offiziell als Projekt bestätigt. Daraufhin unterzeichneten DLR und JAXA das „Memorandum of Understanding“, das die Zusammenarbeit besiegelte. Und auch unser französischer Partner, die CNES, war danach an Bord. Nun wurde aus „Marco Polo Surface Scout“ ein „Mobile Asteroid Surface Scout“.

Eine unvergessliche Zeit folgte, in der wir MASCOT entwickelten und bauten. In manchen meiner Vorträge vergleiche ich diese Zeit mit einem Cartoon, der ein Paar zeigt, das sich vor dem Schlafengehen unterhält. Er sagt: „Let's try getting up every night at 2:00 AM to feed the cat. If we enjoy doing that, then we can talk about having a baby.“ Also: Wenn wir es schaffen, jede Nacht

um zwei Uhr die Katze zu füttern, können wir auch ein Baby haben. – Es ist wirklich so! Es war wie das Großziehen eines Kindes: schlaflose Nächte, beispielsweise wenn wir unsere Thermal Tests hatten; kleine und große Sorgen, wenn wir Rückschläge erlebten, das Ärgernis, wenn MASCOT sich nicht so verhielt, wie wir es vorgesehen hatten. All dieses begleitete uns die letzten Jahre. Und immer hatten wir das Ziel vor Augen: den Kleinen gut auf das harte und kalte „Leben“ im Universum vorzubereiten. Dafür hatten wir circa zweieinhalb Jahre Zeit. Der Start war für Dezember 2014 geplant. Und tatsächlich: Hayabusa2 hob mit MASCOT pünktlich am 3. Dezember 2014 vom japanischen Startplatz Tanegashima ab.

Erste Daten zeigen, dass MASCOT den Start gut überstanden hat. Detaillierte Informationen zu seinem „Gesundheitszustand“ werden wir Mitte 2015 gewinnen, wenn das Commissioning, also die Inbetriebnahme von MASCOT, erfolgen wird. Dann werden wir mehr über das Verhalten jedes Subsystems und jeder wissenschaftlichen Nutzlast erfahren. Die ersten Erkenntnisse erfüllen uns mit Freude: MASCOT hat seine ersten „Schritte“ in die weite Welt ohne Blessuren gemacht. Das gibt uns Hoffnung, dass wir nach all den Jahren der Arbeit und Herausforderungen diesen kleinen Lander gut für die lange Reise ausgerüstet haben. ●

Autorin:

Dr. Tra-Mi Ho forscht am DLR-Institut für Raumfahrtsysteme und leitet das Projekt MASCOT.

Mit Hayabusa ins All – eine interkulturelle Erfahrung

Magazin-Interview mit MASCOT-Systemingenieur Christian Ziach über seine Zeit im japanischen Sagamihara



Bild: privat

DLR-Systemingenieur Christian Ziach

MASCOT startete am 3. Dezember 2014 um 5:24 Uhr mitteleuropäischer Zeit an Bord von Hayabusa2 vom Tanegashima Space Center seine Reise zu dem nur knapp einen Kilometer durchmessenden Asteroiden 1999 JU3



Bild: MHI Global

Herr Ziach, Sie waren als Systemingenieur zweieinhalb Jahre bei der Mission MASCOT dabei. Hatten Sie geglaubt, dass es in so kurzer Zeit zu schaffen sei, einen Landeroboter zu entwickeln, der einmal auf einem Asteroiden aufsetzen und herumhüpfen soll?

Im Vorstellungsgespräch für die Stelle des Systemingenieurs habe ich wohl gesagt, dass ich den Zeitplan für sportlich, aber dennoch für machbar halte. So kam es dann auch. In den zweieinhalb Jahren hat unser Projektteam hart und viel gearbeitet. Wir hatten wenig Zeit, um das Design zu iterieren und schließlich zu finalisieren. Zeitgleich war aber auch schon die Hardware zu bauen und zu testen. Manchmal schienen die Hindernisse schier unüberwindbar, aber unser Team hatte so viel kreatives Potenzial, dass wir immer eine Lösung fanden und uns auch von dem einen oder anderen Rückschlag schnell erholten. Von dieser Fähigkeit bin ich bis heute noch tief beeindruckt.

Kreativität als der Erfolgsfaktor?

Ja. Ein weiterer Erfolgsfaktor war sicherlich die Diversität unserer Teams. MASCOT ist als ein deutsch-französisch-japanisches Projekt von DLR, CNES und JAXA schon sehr international ausgerichtet, hinzu kommt aber noch, dass allein im DLR-Team schon Kollegen aus 13 Nationen zusammenarbeiten. Und was auch geholfen hat, war die strikte Zielorientierung unseres Teams. Der in Stein gehauene Starttermin im Dezember 2014 hat uns geholfen, uns auf das Wesentliche zu konzentrieren und nicht auf den branchentypischen Prozessen zu verharren.

Sie waren acht Monate als Verbindungsingenieur bei der japanischen Raumfahrtbehörde JAXA in Sagamihara. Wie haben Sie diese Zeit empfunden?

Der achtmonatige Aufenthalt in Japan war sicherlich einer der spannendsten und zugleich schönsten Abschnitte meines bisherigen Lebens. In zahlreichen Tests prüften wir MASCOT und Hayabusa2 auf Herz und Nieren und hatten nicht viel Zeit, um die Kinderkrankheiten zu erkennen und zu überwinden. Als schönes Erlebnis ist mir der Aufenthalt in Japan auch deshalb in Erinnerung geblieben, weil meine Frau und unser damals sechs Monate alter Sohn mich nach Japan begleiten konnten. Wir lernten als Familie die japanische Kultur kennen und lieben. Zu unserer Überraschung kamen wir im Alltag mit einem Mix aus Japanisch und Englisch sehr gut zurecht. Die JAXA-Kollegen nahmen uns fast familiär auf,

sodass wir schnell auch privat Anschluss fanden. Als familiär kann auch die Zusammenarbeit im Team beschrieben werden, sie orientiert sich am japanischen Familienbild, wo es eine strenge Hierarchie und klare Regeln gibt. Wenn es Probleme gibt, wird zunächst versucht, innerhalb der Familie eine Lösung zu finden. Erst wenn dies nicht klappt, werden Probleme nach außen getragen. So habe ich es auch in der Projektarbeit erlebt.

Beim Start der Hayabusa2-Sonde mit dem Lander Mascot vom Tanegashima Space Center hatten Sie im Kontrollraum der JAXA in Sagamihara quasi einen garantierten Logenplatz. Wie muss man sich die Atmosphäre im Kontrollraum vorstellen?

Die Stimmung einige Stunden vor dem Start war erstaunlich entspannt. Die japanischen Kollegen haben Witze gemacht, viel gelacht und schienen sehr gelöst. Das hat mich überrascht, da ich sie aus der Zeit davor angespannter kannte. Aber es war schön zu sehen, dass unsere JAXA-Kollegen sich ihrer Sache ziemlich sicher schienen und nun die Früchte ihrer harten Arbeit genießen konnten. Wenige Sekunden vor dem Start war es sehr still im Kontrollraum. Alle lauschten der japanischen Countdown-Ansagerin und ansonsten hörte man nur noch die Lüfter der vielen Computer und der Klimaanlage. In diesem Moment hätte man die berühmte Stecknadel auf den Boden fallen hören können. Ein für mich unvergesslicher Moment.

Was können wir von den Japanern lernen?

Zum einen die eigenen Bedürfnisse unterzuordnen und sich für ein gemeinsames Ziel mit aller Kraft einzusetzen. Zum anderen eine optimistische Grundhaltung einzunehmen, die einen niemals aufgeben lässt, egal wie schwierig die Lage erscheint, und zeitlich mit einem weiten Horizont zu denken, der durchaus mal mehrere Jahrzehnte in die Zukunft reichen kann. Und vorvorgeordnet gegenüber neuen Ideen und Technologien zu sein. ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/yp7m

Das Konzept der DLR-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler sieht einen langgezogenen Vorderwagen vor, der im Fall eines Aufpralls die Kräfte aufnimmt und so die Insassen schützt



Ein Leichtgewicht sauber auf Tour

In der Mitte rund und in Blau metallic glitzernd, vorne und hinten mit eckigen Anbauten in schickem Grau – so steht sie da, die Karosserie des Safe Light Regional Vehicle (SLRV) und gibt dem Eingang des Stuttgarter DLR-Instituts für Fahrzeugkonzepte ein futuristisches Ambiente. Hinter dem Projekt steckt eine interessante und zukunftsreiche Idee: Stuttgarter Verkehrsforscher wollen gemeinsam mit Kollegen aus anderen DLR-Instituten ein Elektrofahrzeug bauen, wie es der Markt noch nicht gesehen hat: klein, leicht, effizient und so sicher wie ein Mittelklassewagen.

Im Projekt Safe Light Regional Vehicle (SLRV) verbinden DLR-Forscher neuartige Leichtbauweisen mit nachhaltiger Mobilität

Von Michael Kriescher und Denise Nüssle

Das Auto der Zukunft ist ein Leichtgewicht. Ein Zweisitzer, der weniger als 500 Kilogramm wiegt und dennoch alle Sicherheitsanforderungen erfüllt. Elektrisch angetrieben soll er sich für Stadtfahrten genauso eignen wie für den regionalen Verkehr, zum Beispiel für die tägliche Pendelstrecke oder für Wochenendausflüge. Der Leichtbau ist elementarer Bestandteil eines sicheren, leichten Regionalfahrzeugs (Safe Light Regional Vehicle, kurz SLRV) und macht ein derartiges Fahrzeugkonzept erst möglich. „Für dieses kleine, sichere Auto entwickeln wir neue Leichtbauweisen und wollen mit Hilfe eines fahrfähigen Prototyps zeigen, dass sich diese im Fahrzeug umsetzen lassen“, fasst Simon Brückmann das Vorhaben zusammen. Er leitet das Teilprojekt Fahrzeug/Karosseriebauweisen im Rahmen des Projekts Next Generation Car. An Herausforderungen mangelt es den DLR-Ingenieuren dabei nicht: Es gilt, ein komplettes Fahrzeug in Leichtbauweise zu entwerfen und zu realisieren – inklusive der benötigten Karosserie, eines nachhaltigen Antriebskonzepts sowie Fahrwerk und Steuerung.

Elektromotoren kommen in Leichtkraftfahrzeugen schon heute zum Einsatz. In diese Kategorie fallen beispielsweise vier- oder sechsradrige motorisierte Fahrzeuge, die mit einer Leermasse von bis zu 400 Kilogramm und einer maximalen Nutzleistung von 15 Kilowatt (was ungefähr 20 PS entspricht) deutlich weniger wiegen und kleiner sind als ein landläufiger PKW. Die Krux dabei: Diese Fahrzeuge der Klasse L7e bieten nicht die gewohnten Sicherheitsstandards. Denn es fehlen die üblichen Knautschzonen größerer und schwererer Wagen. Verbindliche Craschnormen existieren für solche Fahrzeuge noch nicht.

„Unser Safe Light Regional Vehicle ist sehr leicht, bietet aber aufgrund seiner neuartigen Leichtbaukarosserie die Sicherheit eines Mittelklassewagens“, erläutert Elmar Beeh, Teamleiter

Crashsicherheit und alternative Leichtbautechnologien. Die Stuttgarter Ingenieure haben sich bewusst für Leichtbaufahrzeuge entschieden: Denn für viele Hersteller ist dieses Segment als Einstiegsszenario für elektrisches Fahren interessant und verspricht damit einen Zukunftsmarkt. Der bereits im Handel erhältliche Renault Twizy gibt einen Vorgeschmack auf diese Entwicklung, aber auch diverse andere Design-Studien – vom Opel RAK e, über den VW Nils bis hin zum Audi Urban Concept – führen in diese Richtung.

Leichtbau und Elektromobilität – zwei, die zusammengehören

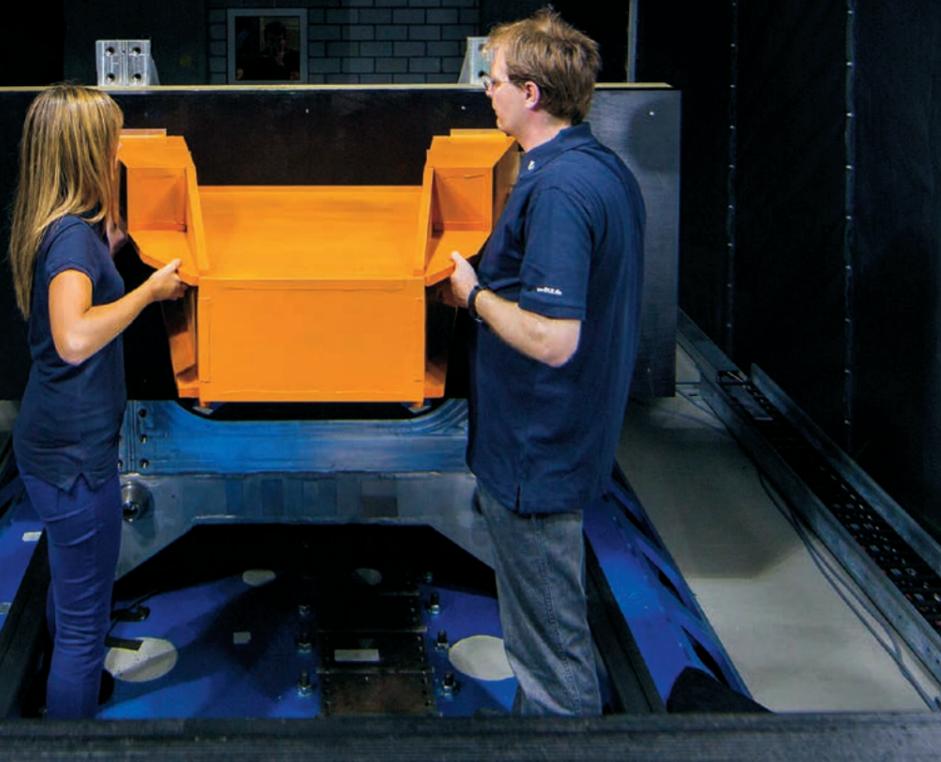


Wanne, Ring, Vorderwagen- und Heckstruktur mit Fahrwerk – das neuartige Karosseriekonzept kommt mit wenigen und zudem extrem leichten Bestandteilen aus

Wenn es darum geht, die Energieeffizienz zu optimieren, ist neben der Aerodynamik und dem Rollwiderstand vor allem das Gewicht eines Fahrzeugs ausschlaggebend. Da die Karosserie einen großen Anteil am Gesamtgewicht eines Fahrzeugs ausmacht, wirkt sich Leichtbau in diesem Bereich sehr deutlich aus, vor allem bei Elektrofahrzeugen: Je leichter die Fahrzeugstruktur ist, desto kleiner lassen sich die mitgeführten Energiespeicher auslegen. Das senkt den Anschaffungspreis.

Denn aktuell gehören die Batteriesysteme eines Elektroautos zu deren teuersten Komponenten. Andererseits könnten gleich große Speicher bei leichterer Bauweise eine größere Reichweite erzielen. „Der Leichtbau ist deshalb eine Schlüsseltechnologie, um die Elektromobilität deutlich voranzubringen und schneller auf den Massenmarkt zu bringen“, erläutert Brückmann. Entsprechend soll der Markt für Karosserieleichtbau – ob für konventionell oder alternativ angetriebene Fahrzeuge – in den nächsten zehn Jahren um durchschnittlich 15 Prozent wachsen, prognostizieren die Branchenexperten der Managementberatung Berylls Strategy Advisors.

Im Crashtest muss der Vorderwagen in Sandwich-Bauweise seine Sicherheit unter Beweis stellen. Lucia Areces und Michael Kriescher verankern das Leichtbauteil in der Prüfanlage des DLR Stuttgart. Diese Versuche sind unabdingbar, um bereits in einem frühen Stadium der Entwicklung die Berechnungsergebnisse experimentell zu bestätigen und so zu wissen, ob die Entwicklung auf dem richtigen Weg ist.



Monocoque-Karosserie in Sandwich-Bauweise

Um das geringe Gewicht der neuen Karosserie von unter 100 Kilogramm mit einer hohen passiven Sicherheit zu erreichen, die den für PKW gängigen Crashnormen entspricht, setzen die Stuttgarter DLR-Ingenieure auf ein sogenanntes Monocoque aus Sandwich-Materialien. Ein Monocoque – wie es auch im Rennsport oder Flugzeugbau zum Einsatz kommt – ist eine Struktur aus mehreren großen Bauteilen, die mit möglichst wenig Fügestellen verbunden sind. Bei dem Stuttgarter Fahrzeug-Projekt handelt es sich um eine einschalige Wanne. Als einer der Hauptbestandteile der Karosserie erfüllt sie mehrere Funktionen: Sie ist Fahrgastraum mit einer Sitzbank für zwei Passagiere. Gleichzeitig sind an ihr Vorderwagen- und Heckstruktur einschließlich Fahrwerk montiert. Aufgrund ihrer hohen Steifigkeit schützt sie im Crashfall die Insassen, sprich: Sie verformt sich kontrolliert und nur in geringem Maß. Ausschlaggebend dafür ist ihre Sandwich-Bauweise, bei der Werkstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften schichtweise zusammengesetzt werden. Beim SLRV bestehen die äußere und innere Deckschicht der Wanne aus Aluminium, das die Entwickler zunächst in die entsprechende Form pressen. Anschließend verkleben sie die beiden Deckschichten mit einem Kern aus Kunststoffschäum. Diese Kombination aus Leichtmetall und Kunststoffschäum sorgt dafür, dass die Wanne nur geringfügig deformiert wird.

Ein in Hybridbauweise gefertigter Ring, der die Wanne nach oben abschließt und mit dieser verklebt ist, trägt als weiteres Element zur Sicherheit des Leichtbaufitzers bei. Zum einen ist an ihm der Überrollbügel befestigt, zum anderen soll er die punktuell auftretenden Kräfte bei einer frontalen oder seitlichen Kollision aufnehmen und innerhalb des Rings möglichst weit verteilen. Beim Crash verformt sich die metallische Außenhaut, doch durch die Schaumfüllung im Inneren behält die Ringstruktur ihre Form weitestgehend.

Funktionsintegration auch bei Vorderwagen- und Heckstruktur

Wie die Wanne und der Ring haben auch die Vorderwagen- und Heckstruktur mehrere Funktionen. Die Konstruktionslehre bezeichnet das Prinzip, mit möglichst wenigen Bauteilen möglichst viele technische Funktionen abzudecken, als Funktionsintegration. „Für das SLRV wenden wir, wo immer es geht, dieses Prinzip an. Es ist dabei Mittel zum Zweck, um das Gewicht der Karosserie weiter zu reduzieren und den Produktionsaufwand und damit die Kosten zu senken“, schildert Elmar Beeh die Beweggründe. So bietet der Vorderwagen nicht nur Platz für elektrische Antriebskomponenten, Batteriemodule oder ein Brennstoffzellensystem. Er trägt gleichzeitig das Fahrwerk, nimmt bei normalen Betriebslasten die auftretenden Kräfte auf – zum Beispiel aus Federung und Fahrwerk – und dient zudem als Crashstruktur. Bei einem Frontalaufprall faltet sich der Vorderwagen wie eine Ziehharmonika zusammen. Je mehr Falten dabei entstehen, desto mehr Bewegungsenergie absorbiert die Struktur und schützt somit die Insassen.

„In mehreren Crashtests auf unserer hauseigenen Anlage haben wir das sehr gute Crashverhalten der Vorderwagenstruktur erfolgreich nachgewiesen und konnten so unsere Berechnungen bestätigen“, erklärt Simon Brückmann einen wichtigen Teil der Entwicklungsarbeit. Obwohl die Anforderungen an die Vorderwagenstruktur sehr hoch sind, schlägt sie nur mit rund zwölf Kilogramm zu Buche. Der Trick: Auch hier wird auf die Sandwich-Bauweise gesetzt, während konventionelle Ansätze für Vorder- und Heckwagen wesentlich schwerere Träger in rein metallischer Bauweise verwenden, die beim Crash gestaucht werden. Im Gegensatz dazu sind die Sandwich-Platten vergleichsweise

günstig, leicht verfügbar und sie lassen sich gut verarbeiten. Den Vorderwagen stecken die Ingenieure beispielsweise aus ebenen Platten zusammen, die sie zuvor in Form gesägt haben, und verkleben sie.

50 Teile, 90 Kilo – fertig ist die Karosserie

„Die wesentliche Innovation beim Safe Light Regional Vehicle ist unser Karosseriekonzept, bei dem wir konventionelle Materialien mit einer neuartigen Bauweise kombinieren“, fasst Simon Brückmann zusammen. „So sparen wir Masse ein und erreichen zugleich ein sehr gutes Crashverhalten, ohne dass die Karosserie mehr wiegt als 90 Kilogramm.“ Durch konsequente Funktionsintegration rechnen die Stuttgarter Forscher damit, für die ganze Karosserie mit rund 50 Bauteilen auszukommen. Aufgrund der meist relativ großflächigen Bauteile sind für die Herstellung nur wenige Formwerkzeuge notwendig. Das Fahrzeug kann deshalb mit geringen Investitionen in Fertigungsanlagen produziert werden. Diese Faktoren machen das Konzept attraktiv, beispielsweise für Fahrzeuge mit alternativen Antriebssystemen, die zunächst in geringen bis mittleren Stückzahlen hergestellt werden. „Als Marktszenario können wir uns das Safe Light Regional Vehicle gut als Einstiegsauto für junge Fahrer vorstellen, die sicher und emissionsfrei unterwegs sein wollen und zum Beispiel außerhalb städtischer Regionen auf einen fahrbaren Untersatz angewiesen sind“, sagt Brückmann.

Gemeinsam auf dem Weg zum fahrfähigen Prototyp

Nachdem die Simulationen am Computer und erste Versuche mit einzelnen Komponenten ein gutes Deformationsverhalten gezeigt haben, wollen die Stuttgarter Verkehrsforscher im nächsten Schritt die ganze Leichtbaukarosserie auf der hauseigenen Craschanlage untersuchen. Für diese Tests baut das SLRV-Team im Rahmen eines vom DLR-Technologiemarketing unterstützten Projekts bis Ende 2015 mehrere Exemplare der Karosserie. Am Ende des Projekts steht – die Verfügbarkeit der notwendigen Ressourcen vorausgesetzt – ein fahrfähiger Prototyp. Mit dessen Hilfe wollen die Forscher die technischen Grenzen dieses neuartigen Ansatzes ausloten und zeigen, was man mit intelligenten Bauweisen erreichen kann. „Natürlich gibt es dem ganzen Team auch einen Motivationsschub, wenn es mitverfolgen kann, wie ein ganzes Fahrzeug entsteht und die eigenen Ideen im wörtlichen Sinn begreifbar werden“, so Elmar Beeh.

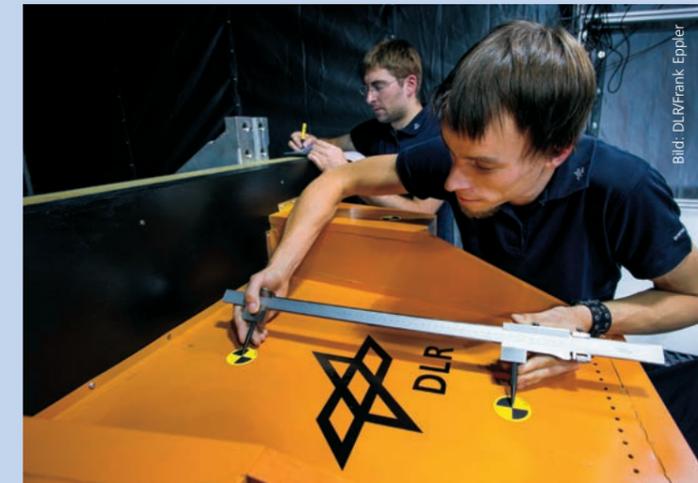
Für die Realisierung weiterer Komponenten wie Fahrwerk, Antrieb und Steuerung holen die Stuttgarter Schritt für Schritt Kollegen anderer DLR-Abteilungen und -Institute ins Boot. Gemeinsam mit Wissenschaftlern und Ingenieuren aus den Abteilungen Fahrzeugenergiesysteme sowie Alternative Energiewandler wollen sie ein flexibles und nachhaltiges Antriebskonzept entwickeln: Es soll auf einer Brennstoffzelle basieren, ergänzt durch eine kleine Batterie, die als Zwischenspeicher dient und die Leistung für schnelle Beschleunigungsvorgänge liefert. Zusammen mit Wissenschaftlern anderer DLR-Institute ist außerdem vorgesehen, eine Drive-by-Wire-Lenkung zu entwickeln, bei der keine mechanische Kraftübertragung mehr stattfindet, sondern sämtliche Funktionen elektrisch gesteuert werden. Bis sich der Prototyp des leichten Hightech-Fahrzeugs zu seiner Jungfernfahrt aufmachen kann, werden nach Schätzungen der Stuttgarter Forscher allerdings noch zwei bis drei Jahre vergehen. ●

Autoren:

Michael Kriescher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Fahrzeugkonzepte und leitet das Teilprojekt SLRV (Safe Light Regional Vehicle) im Rahmen des Projekts Next Generation Car. Denise Nüssles Aufgabe ist die Kommunikation des DLR Stuttgart.



Auf Fingerfertigkeit und Sorgfalt kommt es an, wenn die einzelnen Bauteile zur Struktur des künftigen Fahrzeugprototyps zusammengefügt werden. Simon Brückmann und Lucia Areces stecken und kleben den Vorderwagen zusammen.



Anhand von Messpunkten lässt sich das Ergebnis des Crashtests wissenschaftlich auswerten. Akribisch vermisst Philipp Strassburger (im Vordergrund) deren Abstand, bevor der Aufprall simuliert wird.

Next Generation Car

Das Großforschungsprojekt „Next Generation Car“ bündelt im DLR-Schwerpunkt Verkehr die Aktivitäten und Infrastrukturen der Bereiche Fahrzeugkonzepte, Fahrzeugstruktur, Antriebsstrang, Energiemanagement, Fahrzeugintelligenz und Fahrwerk. Durch die Vernetzung dieser Forschungsfelder werden integrierte und ganzheitliche Werkzeuge, Methoden und Technologien erarbeitet. Damit dienen die Arbeiten übergeordneten Zielen in den Bereichen Umweltschonung, Ressourceneffizienz, Komfort und Sicherheit.

Dynamische Komponentenprüfanlage (Crashanlage)

In der Craschanlage des Instituts für Fahrzeugkonzepte testen die DLR-Forscher große Komponenten und Teilstrukturen unter realitätsnahen Bedingungen, ohne dass dazu der Aufbau einer kompletten Karosserie notwendig ist. Mit Hilfe dieser Versuche können sie die Ergebnisse ihrer Simulationen und Berechnungen schon in frühen Entwicklungsphasen bestätigen. Auf einer Strecke von nur eineinhalb Metern wird dazu ein Craschlitten mit einem Gewicht von 1,3 Tonnen auf 64 Stundenkilometer beschleunigt, um dann auf die Test-Strukturen zu treffen. Zum Einsatz kommt die Anlage vor allem bei der Entwicklung neuer Leicht- und Hybridbauweisen.

Unliebsamen Wegbegleitern auf der Spur

Klimagas-Emissionen: Die Suche nach globalen Standards für Berechnungen über die ganze Transportkette hinweg

Von Dr. Verena Charlotte Ehrler

Welchen Weg ein T-Shirt bereits hinter sich hat, bevor wir es tragen und wie stark der Transport das Klima beeinflusst, können wir nicht mit Bestimmtheit sagen. Und doch rückt das Thema der Nachhaltigkeit von Produkten und Prozessen immer stärker ins Blickfeld. Unternehmen und Verbraucher fragen nach dem Kohlendioxid-„Fußabdruck“ ihrer Produkte. Gleichzeitig sind Speditionen und Logistikdienstleister daran interessiert, die Effizienz ihrer Transporte transparent zu machen, um sie weiter optimieren zu können. Es gibt viele Ansätze, Standards, Instrumente und Datensammlungen, um Emissionen entlang von Transportketten zu berechnen – aber international verbindlich ist davon nichts. In dem vom DLR geleiteten Projekt „Carbon Footprint of Freight Transport“, kurz COFRET, wurden diese verschiedenen Ansätze und Standards zusammengetragen und analysiert.

Bei der Suche nach einem Standard wird man mit einer Vielfalt von Modellen, Instrumenten und Ansätzen konfrontiert: Weit mehr als 100 verschiedene Werkzeuge zur Berechnung von Emissionen entlang von Transportketten gibt es bislang. Welche Berechnungsmethodik lässt sich nun konkret auf unser T-Shirt anwenden? Sollte man die europäische Norm EN16258 zugrunde legen, die von der Internationalen Organisation für Normungen (ISO) aufgestellt wurde, oder etwa die des Green House Gas Protocol? Aus den vielen Methoden folgen ebenso verschiedene Ergebnisse, was den Kohlendioxid-Ausstoß angeht. Ein verbindlicher, international anwendbarer und akzeptierter Standard für die Transportbranche sowie für Industrie und Handel als Nachfrager von Transportdienstleistungen, der alle Elemente von Transportketten, einschließlich logistischer Knoten und Umschlagpunkte berücksichtigt, fehlt bisher. Der Weg des Produkts vom Produzenten bis zum Einzelhandel erstreckt sich nicht selten über mehrere Länder oder gar Kontinente.

Zwar kristallisiert sich zunehmend eine einheitliche Logik der Berechnung heraus, aber gerade bei Fragen der Zuschreibung des Energieverbrauchs auf einzelne Ladungseinheiten herrschen noch große Unsicherheiten. Hier steckt nicht nur der Teufel im Detail, sondern hier geht es um die Vereinbarung von Konventionen, was die Thematik politisch auflädt.

Mit dem Projekt COFRET haben die DLR-Verkehrsforscherinnen und -forscher nicht nur die verschiedenen Berechnungsansätze für Transportketten im internationalen Umfeld analysiert, sondern auch deren Lücken aufgezeigt. Eine Lücke ist das Warenumschlaglager. In dem Moment, da der Container am Hafen anlandet, entsteht eine Lücke bei der Berechnung. Verladung, Transport oder die eventuell notwendige Kühlung der Güter werden von keinem der bisherigen Standards hinreichend abgedeckt. Aber auch der Umgang mit Leerfahrten ist noch nicht geklärt: Wie können die Emissionen von Rückfahrten gerecht auf die erfolgten Transporte umgelegt werden? Muss für ein Produkt



Das DLR-COFRET-Team (von links): Dr. Verena Charlotte Ehler leitet das Projekt, Saskia Seidel führte Interviews mit Akteuren und Interessensvertretern, Andreas Lischke koordinierte die Evaluation.

vom tatsächlichen, oft mit Umwegen belasteten Weg ausgegangen werden oder sind dem Produkt nur die im Idealfall anfallenden Emissionen anzulasten? Denn schließlich sucht sich das T-Shirt seinen Weg nicht selber, sondern nimmt die vom Logistikunternehmen nach dessen Bedürfnissen optimierte Route.

Genau – einfach – flexibel

Die Arbeit der Wissenschaftler zielt darauf ab, auf den bestehenden Ansätzen aufzubauen und in enger Zusammenarbeit mit der Industrie zu ermitteln, welche Lücken in der Transportkette noch geschlossen werden müssen, und wie man von den derzeitigen Ansätzen am besten zu einem weltweit akzeptierten und einfach anwendbaren Standard kommen könnte, der sich flexibel auf unterschiedliche Transportketten anwenden lässt.

Die Anforderungen an die Entwicklung von solchen Lösungen sind dabei sehr komplex. Denn sie müssen pragmatisch und auf alle Transportbereiche anwendbar sein, damit sie auch in der täglichen Praxis von unterschiedlichen Anwendern genutzt werden. Weiterhin sollen sie flexibel an veränderte Situationen angepasst werden können, beispielsweise wenn aufgrund von Witterungseinflüssen das Transportmittel kurzfristig gewechselt werden muss. Gleichzeitig sollen die Berechnungen möglichst genaue Ergebnisse liefern, dabei aber weder zu detailliert, noch zu grob sein, damit sie stabile, zufallsresistente Ergebnisse liefern können.

Alles in allem sind das Anforderungen, die einen Konsens und somit das Schließen momentaner Lücken nicht gerade einfach machen. Dabei ist die Transparenz von Methodik und Logik des Ansatzes wesentlich, wenn man Transportketten und Transportangebote miteinander vergleichen will oder auch erreichte Emissionsreduktionen nachweisen möchte. Wo also anfangen? – Ein Weg, Licht ins Dunkel zu bringen, ist es, die gesamte Kette des Gütertransports in einzelne Glieder zu zerlegen. Diese einzelnen Elemente erleichtern es, die anfallenden Treibhausgasemissionen genauer zu bestimmen. Fügt man dann alle Elemente wieder zusammen, ergibt sich daraus ein Gesamtwert des Kohlendioxid-Ausstoßes.

Hand in Hand: Wissenschaft und Industrie

Es kristallisierte sich schnell heraus, dass es mit der wissenschaftlichen Analyse und den daraus resultierenden Handlungsempfehlungen nicht getan sein wird. Die Projektteilnehmer aus Transportindustrie und Logistik sowie Stakeholder aus dem Umfeld beschlossen, die Ergebnisse der gemeinsamen Arbeit weiterzuentwickeln und sie über den europäischen Rahmen eines EU-Projekts hinaus auf eine internationale Ebene zu heben. Nur wenn

die Industrie diesen Prozess steuert, ist gewährleistet, dass ein Standard über europäische Grenzen hinaus angewendet und akzeptiert wird. Um alle Akteure an einen Tisch zu bekommen, wurde das Format des International Workshop Agreements (IWA) vom Deutschen Institut für Normung (DIN) initiiert. Damit war eine weltweit offene, neutrale Plattform geschaffen, die es ermöglicht, gemeinsam einen Rahmen für die Anforderungen an nächste Schritte hin zu einem internationalen Emissionsberechnungsstandard für Transportketten abzustecken. Wie groß das Interesse an der gemeinsamen Arbeit ist, zeigt der Blick auf die Teilnehmerzahl: Insgesamt waren knapp 70 Teilnehmer aus 15 Ländern in den Prozess des IWA involviert.

In einem ersten Schritt wurde für die Transportmodi Straßenverkehr, Schienenverkehr, Binnenschifffahrt, Fähr- und Seeverkehr, Luftverkehr sowie für logistische Knoten und Umschlagplätze zusammengetragen, welche bereits bestehenden Standards sich besonders eignen, um als Basis für einen zukünftigen, internationalen Standard herangezogen zu werden und um festzustellen, welche Glieder in der Kette noch fehlen. Lücken zeigten sich bei der Definition der einzelnen Elemente einer Transportkette und der Festlegung von Grenzen eines Transportunternehmens in Bezug auf die Abgrenzung zu seinen Subunternehmern wie auch bei der Vereinheitlichung der berechneten Emissionen.

Durch die bisherige Zusammenarbeit von Industrie und Forschung konnte bereits eine formalisierte, international anerkannte Struktur geschaffen werden, die globale Standards für Berechnungen der Klimagasemissionen von Transportketten ermöglicht. Wichtig für diesen Entwicklungsprozess ist, dass die Arbeiten der Industrie von internationalen Organisationen wie beispielsweise dem Green House Gas Protocol oder der Internationalen Organisation für Normungen (ISO) begleitet werden, um eine nahtlose Implementierung der neuen Ansätze in zu entwickelnde internationale Standards sicherzustellen. Aber auch die Arbeit der Wissenschaftler wird weiterhin gefragt sein. Sie haben die Aufgabe, die Lösungsansätze durch die detaillierte Analyse mittels Praxisfällen auf ihre Anwendbarkeit, qualitative Güte und Transparenz hin zu bewerten und so die Arbeiten der Industrie zu begleiten und zu unterstützen.

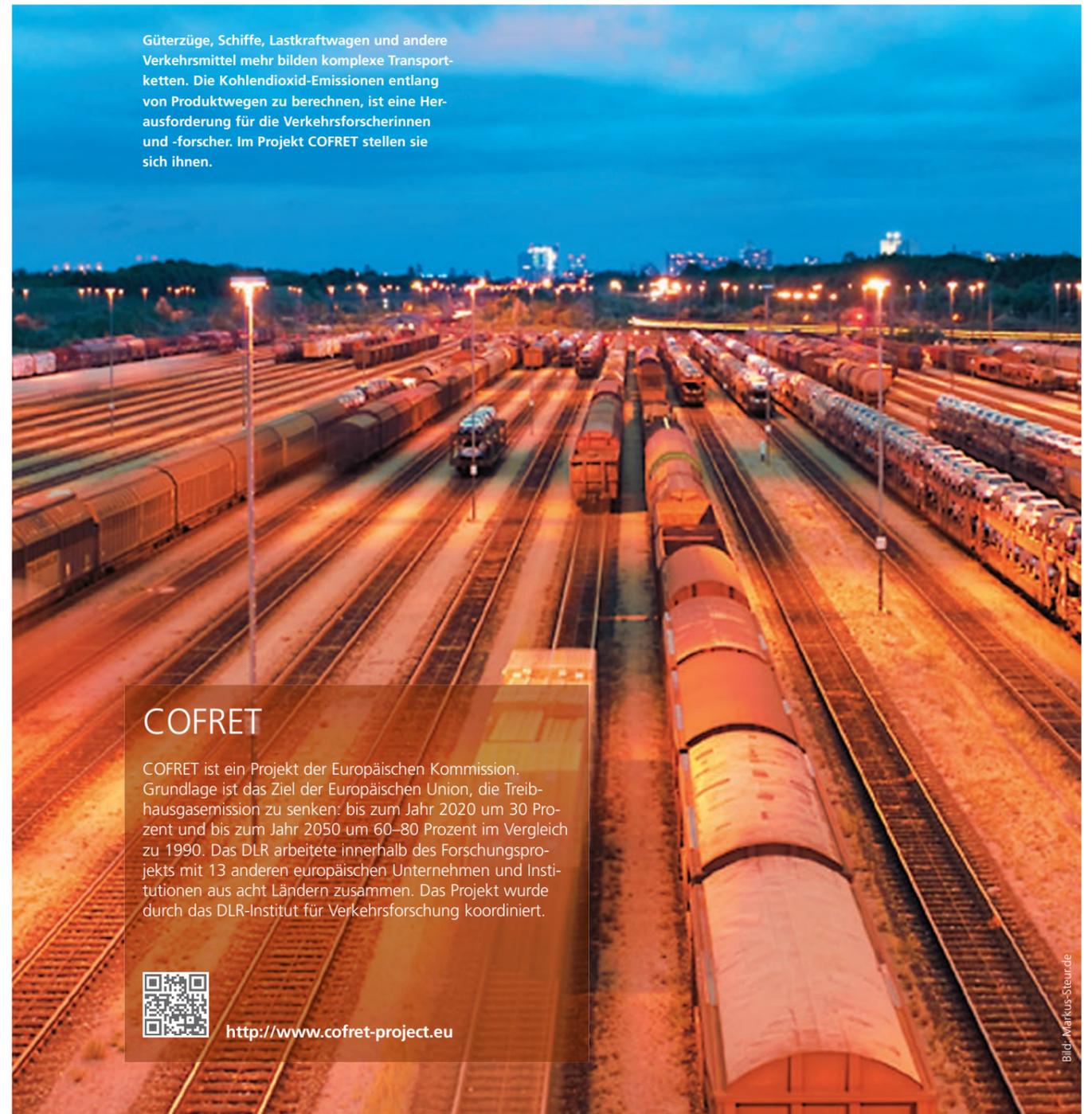
Angesichts der Komplexität des Themas und der Vielzahl der Akteure müssen die Diskussionen zur Entwicklung von Lösungsansätzen zielgerichtet geführt werden, um zu einem akzeptierten, praxistauglichen internationalen Berechnungsstandard für alle Elemente der Transportkette zu kommen. Nur so kann in naher Zukunft die gesamte Transportkette abgedeckt werden und ein von allen anerkannter Standard etabliert werden. Spätere Weiterentwicklungen und Überarbeitungen sind natürlich nicht ausgeschlossen, sondern zur weiteren Verbesserung und Nutzerakzeptanz sogar wünschenswert. Denn Transportketten sind außerordentlich dynamisch und das Wissen darüber, welchen Kohlendioxid-„Fußabdruck“ ihr Produkt hinterlässt, wird von Verbrauchern und Unternehmen immer stärker nachgefragt, um mit bewussten Entscheidungen zur Reduktion der Treibhausgasemission beizutragen. ●

Autorin:

Dr.-Ing. Verena Charlotte Ehler ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Wirtschaftsverkehr des Instituts für Verkehrsforschung im DLR Berlin.



Weitere Informationen:
s.DLR.de/v64h



Güterzüge, Schiffe, Lastkraftwagen und andere Verkehrsmittel mehr bilden komplexe Transportketten. Die Kohlendioxid-Emissionen entlang von Produktwegen zu berechnen, ist eine Herausforderung für die Verkehrsforscherinnen und -forscher. Im Projekt COFRET stellen sie sich ihnen.

COFRET

COFRET ist ein Projekt der Europäischen Kommission. Grundlage ist das Ziel der Europäischen Union, die Treibhausgasemission zu senken: bis zum Jahr 2020 um 30 Prozent und bis zum Jahr 2050 um 60–80 Prozent im Vergleich zu 1990. Das DLR arbeitete innerhalb des Forschungsprojekts mit 13 anderen europäischen Unternehmen und Institutionen aus acht Ländern zusammen. Das Projekt wurde durch das DLR-Institut für Verkehrsforschung koordiniert.



<http://www.cofret-project.eu>

Von der Problemstellung bis zur Geschäftsidee

Von den Grundlagen bis zur Anwendung – diese Spanne der Energieforschung präsentiert das DLR auf der Hannover Messe Industrie im April 2015. Es stellt Projekte vor, bei denen es Entwicklungen von der Grundlagenforschung bis hin zur industriellen Anwendung sehr schnell und effizient vorantreiben kann. Bei manchen Entwicklungen steht am Ende unter Umständen ein Geschäftsmodell, wie das Beispiel des im DLR entwickelten Partikel-Receiver CentRec zeigt.

Gesamtauftritt der DLR-Energieforschung auf der Hannover Messe

Von Dorothee Bürkle

Am Anfang stand bei der Entwicklung von CentRec eine Frage: Lassen sich die Vorteile der hohen Temperaturen, die in einem Turmkraftwerk erreicht werden, mit einem effizienten und günstigen Speicherkonzept vereinen? Und das auch noch mit einer Perspektive für signifikante Kostensenkungen? Das kann und muss funktionieren, sagten sich Wissenschaftler des DLR-Instituts für Solarforschung und begannen mit einer grundlegenden Analyse. „Es gibt bereits eine Reihe von Turmkraftwerken, die das Speichermaterial Salz direkt erhitzen“, erläutert Lars Amsbeck, Projektleiter von CentRec beim Institut für Solarforschung. „Allerdings kann Salz nur auf eine Temperatur von 550 Grad Celsius erhitzt werden. Unser Ziel war es, die hohen Temperaturen bis zu 1.000 Grad Celsius, die bei Luftrezeivern erreicht werden, mit einem Speicherkonzept zu kombinieren.“

Das Ergebnis: Die meisten Vorteile hat das Konzept eines Partikelreceivers. Dabei bewegen sich granulatartige Keramik-Partikel in einer drehenden Trommel. Diese Trommel ist gleichzeitig der am Solarturm angebrachte Strahlungsempfänger, auf den die Spiegel die Sonnenstrahlen fokussieren. Die Verweildauer und damit die Temperatur der Partikel kann durch die Geschwindigkeit der Drehbewegung der Trommel sehr gut reguliert werden. Das erhitze Granulat purzelt am Ende des Prozesses direkt in isolierte Boxen, kann abtransportiert und je nach Bedarf sofort oder später zur Stromerzeugung oder als Prozesswärme genutzt werden.

Der Vorteil des Konzepts: Das Keramik-Granulat hat sehr gute Speichereigenschaften, kann auf 1.000 Grad Celsius erhitzt werden und ist in der Anschaffung sehr günstig. „Die Grundidee ist nicht neu, wir sind bei den Analysen auf ein Patent von 1954 aus Frankreich gestoßen. Für die heutigen Anwendungen haben wir das Konzept dann erheblich weiterentwickelt“, sagt Lars Amsbeck, Projektleiter von CentRec beim Institut für Solarforschung. Damals waren die Entwicklungen an Solarkraftwerken aufgrund niedriger Energiepreise weitgehend eingestellt worden. Nachdem sich die Wissenschaftler für das Konzept des Zentrifugalreceivers entschieden hatten, ging es

Sonnenfänger im Schleudergang: Prototyp eines CentRec-Partikelreceivers. In der sich drehenden Trommel des Receivers erhitzen sich die Partikel unter Einwirkung von Sonnenstrahlung.

Turbinen:
Von der Kinetik bis zum Gasturbinendesign



Batterien:
Von Molekül bis zum Batteriesystem



Brennstoffzelle:
Von der Elektrodenbeschichtung bis zum ganzen System



Systemanalyse:
Von der Erdbeobachtung bis zur Kraftwerksplanung



Wärmespeicher:
Von der Chemie bis zur Prozesswärme



Windenergie:
Von der Strömungsmodellierung bis zur Rotorregelung



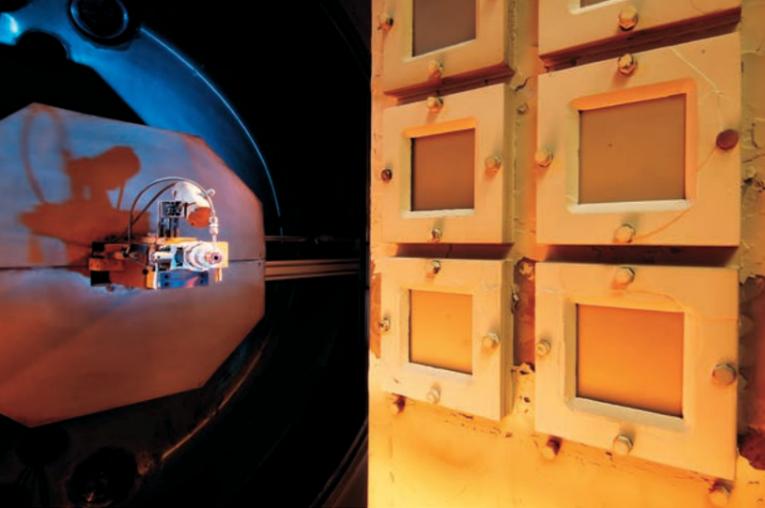
Solarkraftwerke:
Von der Keramik bis zum Turm



TEG:
Von den Sutterditen bis zur Abwärmenutzung



Von den Grundlagen zur Anwendung ist das Motto der DLR-Energieforschung auf der Hannover Messe. Ausgestellt werden Exponate zu allen acht oben dargestellten Bereichen. Hier haben DLR-Forscher Kompetenzen sowohl in der Grundlagenforschung, beispielsweise bei chemischen Tests mit neuen Speichermaterialien im Milligramm-Bereich, bis hin zu Anwendungen, wie der Entwicklung eines ganzen Speichersystems für Industrieanlagen oder Solarkraftwerke.



Brennstoffzelle: Von der Elektrodenbeschichtung bis zum praxistauglichen System

Grundlagen: In der Vakuum-Plasmaspritzanlage beschichten DLR-Forscher Komponenten von Brennstoffzellen (im Bild rechts). So entwickeln sie neue Beschichtungsverfahren für länger haltbare Brennstoffzellen, die zugleich mit geringerem Edelmetallgehalt auskommen.

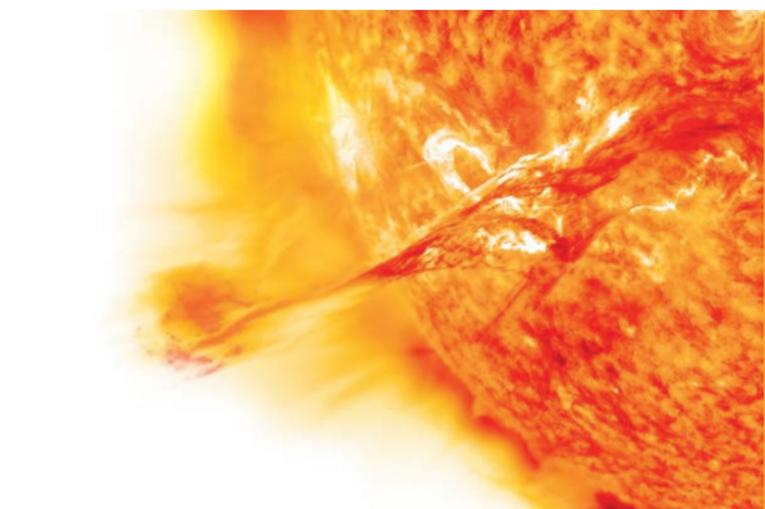
Anwendung: Brennstoffzellen-Flugzeug Antares DLR-H2 – der vom DLR gemeinsam mit der Lange Aviation GmbH entwickelte Motorsegler ist das weltweit erste Flugzeug, das mit dem elektrischen Antrieb einer Brennstoffzelle starten und fliegen kann.



an die Grundlagenarbeit. In Falltests erforschten sie unter anderem, ob sich das Granulat durch den ständigen Abrieb nicht in kurzer Zeit in Staub auflöst und unbrauchbar wird. „Es gibt diesen Effekt zwar, aber er ist nach unseren Voruntersuchungen relativ gering, sodass er wirtschaftlich keine Rolle spielen sollte“, hat Amsbeck beobachtet. Einen ersten Testreceiver in Laborgröße nahmen die Forscher 2013 in Betrieb. Derzeit testen die Forscher einen großen, bereits industriell nutzbaren Receiver in Stuttgart, der dann im Solarturm in Jülich erstmals in einem Gesamtsystem zum Einsatz kommen wird. Mit im Boot ist bereits der Industriepartner Grenzebach Maschinenbau GmbH, der die erzeugte Wärme als Prozesswärme, beispielsweise für das Trocknen von Gipsplatten, nutzen will.

Auch die Helmholtz-Gemeinschaft hält diesen Weg, Solarenergie effektiver zu nutzen, für vielversprechend. Das Projekt wurde für den Helmholtz-Validierungsfonds ausgewählt, der anwendungsnahe Forschungsergebnisse bis zur Marktreife vorantreiben soll. Gefördert werden so Projekte, die das Potenzial für eine wirtschaftliche Verwertung und einen hohen gesellschaftlichen Nutzen haben. Außerdem wird Lars Amsbeck nun durch Helmholtz Enterprise für ein Jahr gefördert, um ein Geschäftsmodell für den Partikelreceiver zu entwickeln.

Lars Amsbeck: „Auch wenn das mit Sicherheit ein langer Weg ist, ich glaube fest daran, dass das CentRec-Konzept wirtschaftlich Erfolg haben wird.“ ●



Der DLR-Stand auf der Hannover Messe 2015 ist der erste Gesamtauftritt der DLR-Energieforschung, er befindet sich in

Halle 27 Stand G31



Weitere Informationen:
s.DLR.de/oma6

Die Energie ruht im heißen Stein

Ob im Kraftwerksbereich oder bei energie-intensiven Produktionsprozessen: Wärmespeicher gewinnen an Bedeutung. Forscher des DLR in Stuttgart haben deshalb das Wärmespeicherkonzept „CellFlux“ entwickelt. Mit ihm lässt sich Wärme aus Industrie- und Kraftwerksprozessen wesentlich preiswerter als bisher speichern. Auf dem vierten Stuttgarter „EnergieSpeicherSymposium“ im Januar 2015 stellten die DLR-Energieforscher das Konzept in einer Pilotanlage vor. Mit dieser zeigten sie, wie sie das komplette System in unterschiedlichen Testzyklen untersuchen können.

Flexible und preiswerte Wärme für Industrieprozesse: DLR-Energieforscher stellen neues Speicherkonzept CellFlux vor.

Von Dr. Wolf-Dieter Steinmann

Das CellFlux-Konzept hat mehrere Vorteile: Zum einen ist der Speicher hinsichtlich seines Temperaturbereichs sehr flexibel. Niedrige Temperaturen sind für Feststoffe unproblematisch, während flüssiges Salz bei Temperaturen unter 230 Grad Celsius kristallisiert und nicht wieder verwendbar ist. Zum anderen sind die Speichermedien günstig zu bekommen. Denn es handelt sich um leicht erhältliche Feststoffe wie Ziegelsteine, Beton oder Basalt. Diese kosten nur einen Bruchteil der bisher in Wärmespeichern verwendeten Flüssigsalze oder Thermoöle. Bei einem Flüssigsalz-Speicher macht allein die erforderliche Salzmasse bereits 50 Prozent der Investitionskosten aus. Setzt man Feststoffe ein, deren Kosten nur ein Zehntel dessen ausmachen, könnten die Speicherkosten entscheidend gesenkt werden.

Das CellFlux-Konzept basiert auf einzelnen Modulen, den sogenannten Zellen (cell) und passt sich so flexibel der jeweils erforderlichen Speicherkapazität an. Zunächst wird die Prozesswärme mittels eines Wärmeübertragers an ein Arbeitsmedium abgegeben, wie zum Beispiel Luft. Dieses Arbeitsmedium wird dann in einem geschlossenen Kreislauf durch einen Ventilator umgewälzt, strömt (flux) in den einzelnen Modulen durch das

festen Speichermaterial und gibt die Wärme weiter. Der modulare Aufbau des Konzepts ermöglicht es auch, Wärmespeicher großer Kapazität kostengünstig zu realisieren und gegebenenfalls auch Wärme für andere Abnehmer bereitzustellen.

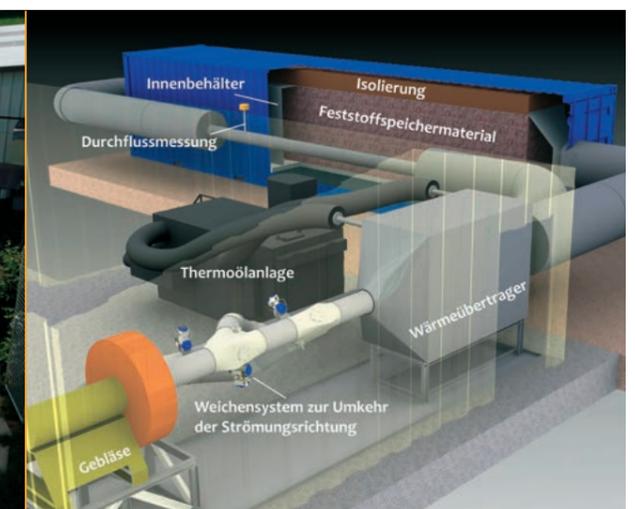
Flexible und wirtschaftliche Speicherlösungen für Strom und Wärme sind unabdingbar, um Energie möglichst effizient zu nutzen. Gleichzeitig sind sie eine Schlüsseltechnologie für die nachhaltige Umgestaltung unserer Energieversorgung: Denn mit ihrer Hilfe lassen sich Schwankungen bei der Stromerzeugung aus Wind- und Sonnenenergie überbrücken. Mit dem Schwerpunkt „Flexibilisierung durch Energiespeicher“ brachte das vom DLR-Institut für Technische Thermodynamik veranstaltete Stuttgarter „EnergieSpeicherSymposium“ zum vierten Mal mehr als hundert Vertreter aus Wissenschaft und Industrie zusammen. Im Fokus standen die Themen Lastenausgleich, rechtliche Rahmenbedingungen, Anwendungsnetzwerke sowie derzeit verfügbare Speichertechnologien. ●



Weitere Informationen:
s.DLR.de/f7v5



CellFlux-Pilotanlage auf dem Testgelände am Birkhof in Stuttgart



Das CellFlux-Konzept zur Wärmeübertragung und -speicherung



Bild: Bernd Gross

Schauplatz eines Hollywood-Blockbusters: Im großen Windkanal des Aerodynamischen Parks in Berlin-Adlershof wurde 2005 ein Science-Fiction-Film gedreht.

Bild: Steffen Zahn



Ballons für den Mars und Autos auf Eis

Zahl und Vielfalt von Windkanälen sind einfach verblüffend. Im fünften Teil der Serie Windkanäle werden einige besonders extreme Beispiele vorgestellt: die größten, kältesten, verrücktesten – und einer, der als Kulisse für einen Hollywood-Film diente ...

Teil 5 der Serie „Die Windmaschinen“

Von Jens Wucherpennig

Riesige Dimensionen, eine Mischung aus Rundungen und eckigen Formen – Windkanäle können architektonisch sehr interessant sein. Kein Wunder, dass ein Windkanal bereits in einem Science-Fiction-Film als Kulisse für eine futuristische Welt diente. Es handelt sich um den Hollywood-Blockbuster *Aeon-Flux*, eine Comic-Verfilmung aus dem Jahr 2005 mit Oskar-Preisträgerin Charlize Theron in der Hauptrolle. Der Film spielt im Jahr 2415. Der Großteil der Menschheit wurde im Jahr 2011 von einer heimtückischen Seuche getötet. Die fünf Millionen Überlebenden fristen ihr Dasein in der letzten verbliebenen, von einer Mauer umgebenen Stadt Bregna. Gedreht wurde in Berlin – unter anderem im Großen Windkanal des Aerodynamischen Parks in Berlin-Adlershof. Die röhrenförmige Anlage mit einem Durchmesser zwischen 8,5 und 12 Metern wurde von 1932 bis 1934 gebaut. Das heute sanierte Baudenkmal wird, da es statisch nicht sehr belastbar ist, nur selten und ausschließlich für kleine Personengruppen geöffnet. Der Große Windkanal steht als Teil des früheren Standorts der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt unter Denkmalschutz.

Der kälteste Windkanal Europas steht in Köln und wird von den Deutsch-Niederländischen Windkanälen (DNW) betrieben, einer Tochtergesellschaft des DLR und der holländischen Partnerorganisation NLR. Im Kryo-Kanal Köln, kurz KKK, kühlt flüssiger Stickstoff die Temperatur bis auf minus 173 Grad Celsius ab, damit Modelle von Flugzeugen oder Schienenfahrzeugen untersucht werden können. Den KKK stellte das DLR-Magazin 144 (Dezember 2014) im Teil 4 seiner Windkanalserie näher vor.

Von ganz speziellem Wiener Charme

Ganze Autos, Hubschrauber und sogar Züge können in einer einzigartigen Anlage in Österreich untersucht werden: im Klima-Wind-Kanal (Wien), KWK. Er ist Teil von Rail Tec Arsenal – eine international tätige Prüfstelle für Klimatests an Schienen- und Straßenfahrzeugen. Den Kern dieses Prüfzentrums bilden zwei getrennte Klima-Wind-Kanäle, in denen unabhängig voneinander Fahrzeuge unter extremen Witterungsbedingungen getestet werden können. Die Dimensionierung der Versuchsanlage macht dieses Testzentrum weltweit einzigartig: Der große Kanal ist 100 Meter lang, der kleine 31 Meter. Die erzielbaren physikalischen Parameter (Temperaturen von minus 50 bis plus 60 Grad Celsius, Windgeschwindigkeiten bis 300 Kilometer pro Stunde), die Möglichkeit, nicht nur jedes denkbare Klima zu erzeugen, sondern auch Fahrtverläufe (Tunnelfahrten, Stadtfahrten etc.) zu simulieren, suchen ihresgleichen.

Seit 1. Januar 2003 ist dieser größte Klima-Wind-Kanal der Welt in Betrieb. Rail Tec Arsenal pachtet die Anlage über die geplante Nutzungsdauer von 35 Jahren und sorgt für die internationale Vermarktung und den Betrieb. An der Betreibergesellschaft sind alle großen europäischen Schienenfahrzeughersteller beteiligt. Ziel ist es, Sicherheit, Komfort und Zuverlässigkeit bei Schienen- und Straßenfahrzeugen zu optimieren.

Im März 2014 wurde im Klima-Wind-Kanal Wien zusätzlich eine Vereisungseinrichtung für Luftfahrzeuge eröffnet. Wo sonst vor allem Schienen- und Straßenfahrzeuge aus aller Welt unter extremen Klimabedingungen getestet werden, steht der Luftfahrtindustrie nun auch ein leistungsfähiger Icing Wind Tunnel für Zulassungstests zur Verfügung. Wenn ein Luftfahrzeug hohe Wolkenschichten durchfliegt, gefrieren unterkühlte Wassertröpfchen schlagartig und bilden dann binnen weniger Minuten eine zentimeterdicke Eisschicht an kritischen Komponenten wie Triebwerken, Rotoren, Tragflügeln oder Sensoren (Lesen Sie dazu auch den Magazin-Beitrag ab Seite 20.). Für die Zulassung dieser Bauteile und des gesamten Luftfahrzeugs ist daher der Nachweis zu erbringen, dass die vorgesehenen Schutzmaßnahmen gegen Vereisung ausreichen und die Eisbildung die Flugsicherheit nicht beeinträchtigt. Die Luftfahrtindustrie benötigt für die Entwicklung, Erprobung und Zulassung ihrer Produkte Anlagen, in denen Vereisungstests durchgeführt werden können. Mit dem mobilen Icing Rig lässt sich der längste Klima-Wind-Kanal der Welt in den weltweit größten Vereisungs-Windkanal für Luftfahrzeuge umrüsten.

Grafische Darstellung des Klima-Wind-Kanals Wien: modernster Windkanal nach alter Göttinger Bauart.

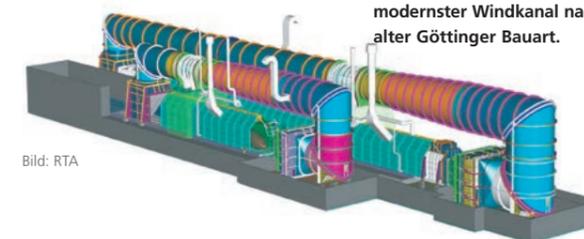


Bild: RTA

Wolkensimulation zu ebener Erde

Für die Zulassungstests müssen das Durchfliegen unterschiedlicher Wolkenarten und die dort auftretenden Vereisungsbedingungen bei minus zwei bis minus dreißig Grad Celsius und



Ganze Lkw, Hubschrauber und sogar Züge können im Klima-Wind-Kanal (KWK) in Wien, dem modernsten Klima-Wind-Kanal der Welt, untersucht werden. Er ist Teil von Rail Tec Arsenal, einer international tätigen Prüfstelle für Klimatests an Schienen- und Straßenfahrzeugen. Den Kern dieses Prüfzentrums bilden zwei getrennte Klima-Wind-Kanäle, in denen unabhängig voneinander Fahrzeuge unter extremen Witterungsbedingungen getestet werden können.

Seit 1. Januar 2003 ist der KWK in Betrieb. Rail Tec Arsenal pachtete die Anlage für 35 Jahre. An der Betreibergesellschaft sind alle großen europäischen Schienenfahrzeughersteller beteiligt.



Bild: RTA

mit Tröpfchengrößen von 15 bis 40 Mikrometern simuliert werden. Eine der größten Herausforderungen dabei ist es, die Wassertröpfchen bei Minustemperaturen flüssig zu halten, wie dies auch in hoch liegenden Wolken der Fall ist. Erreicht wird diese „Wolkenbildung zu ebener Erde“ durch eine aufwändige Aufbereitung von Wasser und Druckluft und eine komplexe Steuerung. Der Windkanal erlaubt Vereisungstests bis zu einer Geschwindigkeit von knapp 300 Kilometern pro Stunde bei einem Vereisungsquerschnitt von 8,75 Quadratmetern. Damit lassen sich kritische Eisansammlungen an Triebwerken, Rotoren oder Tragflügeln von Hubschraubern oder auch Kleinflugzeugen unter realen Flugbedingungen untersuchen.

Aufgrund seiner Größe und der hohen Kühlleistung der Gesamtanlage bietet der Icing Wind Tunnel weltweit die einzige Möglichkeit, Triebwerke bis 1.800 PS unter Vollast zu testen. Das ist vor allem deshalb von Bedeutung, weil die Eisbildung einen starken Einfluss auf die Leistung des Triebwerks haben kann und daher nur im Betrieb realistische Aussagen möglich sind.

Im Land der Superlative

Der von seinen Abmessungen her größte Windkanal der Welt befindet sich in den USA. In ihm können nicht nur Modelle von Flugzeugen, wie sonst in Windkanälen üblich, sondern Flieger in Originalgröße untersucht werden – bis zur Größe einer Boeing 737. Der 80 mal 120 Fuß große Windkanal gehört zum Ames Research Center der NASA. Die Messstrecke ist umgerechnet 24,4 mal 36,6 Meter groß. Das Zentrum befindet sich in Moffett Field (Kalifornien) an den Grenzen der Städte Mountain View und Sunnyvale und wurde am 20. Dezember 1939 als zweites Labor des National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) gegründet. Gründungsmitglied des Vorgängers der NASA war der amerikanische Physiker und spätere Präsident der Johns Hopkins University, Joseph S. Ames. Ihm zu Ehren erhielt die Forschungsstätte zunächst die Bezeichnung Ames Aeronautical Laboratory. Mit Gründung der US-Raumfahrtbehörde im Jahre 1958 wurde Ames in die NASA integriert und ist heute eines der Außenzentren.

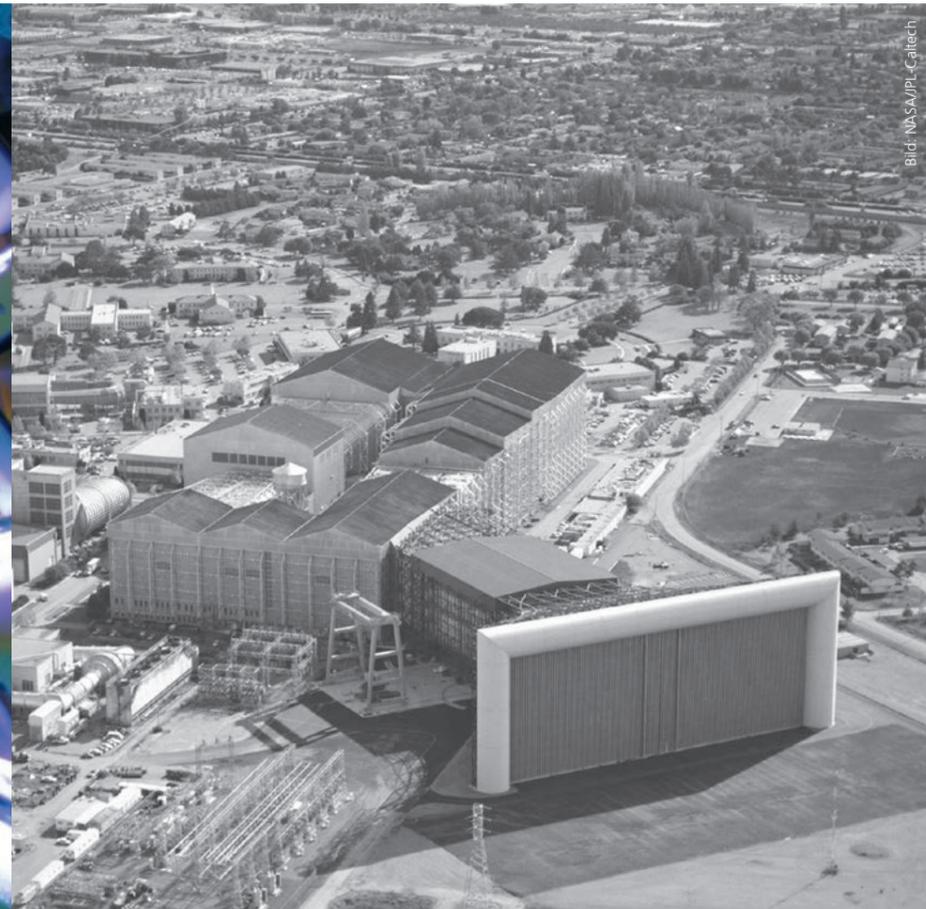


Bild: NASA/JPL-Caltech

Der größte Windkanal der Welt steht in Kalifornien. In ihm hat selbst ein Flugzeug in Originalgröße Platz.

In dem amerikanischen Windkanal wurden nicht nur Flugzeuge, sondern auch Objekte aus der Raumfahrt untersucht, wie der Landefallschirm, der 2012 den Mars-Rover Curiosity sicher auf den Mars brachte.

Der in den Achtzigerjahren errichtete Windkanal dient der Erforschung aerodynamischer Eigenschaften neuer Entwicklungen in der Luft- und Raumfahrt. Ein Schwerpunkt ist dabei die Überprüfung von Simulationen, die in Supercomputern durchgeführt wurden. Außerdem wird daran geforscht, die Quellen des Lärms zu ermitteln, die im Betrieb der Fahr- und Flugzeuge entstehen. Eine ganze Reihe wegweisender Experimentalflugzeuge wurde hier untersucht. Beispielsweise die XV-15 – Vorbild für das erste serienreife Kipprotorflugzeug, die V-22 Osprey. Dabei handelt es sich um ein senkrecht startendes und landendes Flugzeug, das die Propeller an den Flügelspitzen kippen kann. In dem amerikanischen Windkanal wurden aber nicht nur Flugzeuge, sondern auch Objekte aus der Raumfahrt untersucht. So konnte hier der Landefallschirm in Originalgröße getestet werden, mit dem der Mars-Rover Curiosity 2012 sicher auf dem Mars auftraf.

Auch der größte Windkanal für die Automobil-Forschung steht in den USA. 301 Meter lang ist der Kanal im General Motors Aero Lab in Warren, Michigan. Ein 4.500 PS starker Motor treibt

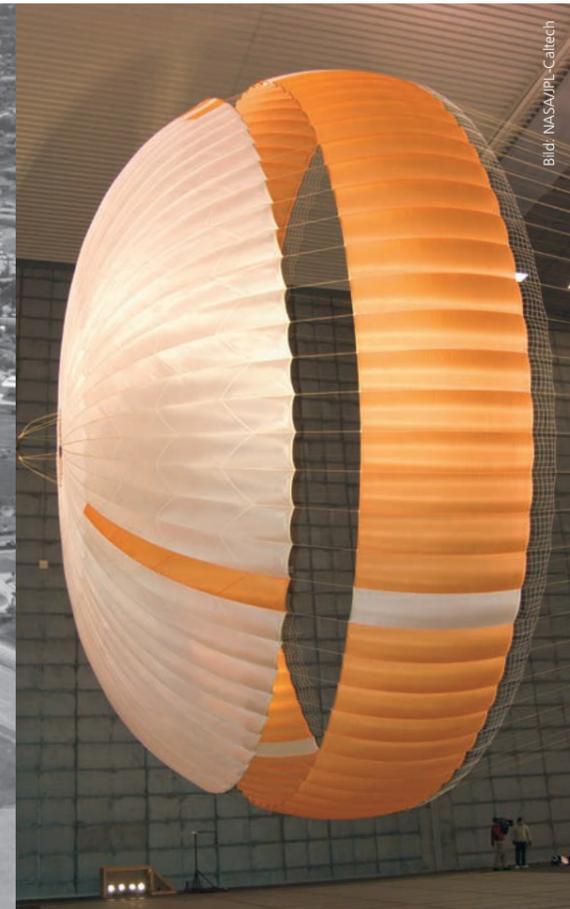


Bild: NASA/JPL-Caltech

einen Propeller mit 13 Meter Durchmesser an, der die Luft bis zu 222 Kilometer pro Stunde schnell am Testobjekt vorbeiströmen lässt. Die Messstrecke ist 21 Meter lang und zehn Meter breit. Ursprünglich nur für die Forschung von General Motors genutzt, kann der Windkanal seit einigen Jahren auch von privaten Kunden wie Rennfahrern in Anspruch genommen werden. Kosten: 2.000 Dollar pro Stunde.

Während Privatpersonen aufgrund der hohen Kosten und Sicherheitsbestimmungen normalerweise einen Windkanal nicht nutzen können, greift seit den Neunzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts ein neuer Trend um sich: der alte Menschheits Traum, frei zu fliegen. Möglich machen dies „Bodyflying“- oder „Indoor Skydiving“-Anlagen. Dafür entstand eine spezielle Windkanal-Art: der Vertikalwindtunnel (VWT). Dabei handelt es sich um einen Windkanal, der – im Gegensatz zu einem traditionellen Windkanal für aerodynamische oder aeroakustische Messungen – über eine vertikale Messstrecke (Flugkammer) verfügt. Die ersten vertikalen Windkanäle wurden als sogenannte Trudeltürme im Bereich der Luftfahrtforschung eingesetzt. Heute nutzt man Vertikalwindtunnel vorwiegend im Sport- und Freizeitbereich als Trainingsanlagen für Fallschirmspringer.

Wie unterschiedlich diese Windkanäle auch sein mögen, fast alle basieren auf dem vor mehr als 100 Jahren von Ludwig Prandtl entwickelten Windkanal Göttinger Bauart. ●



Weitere Informationen:
bit.ly/1wI7W5P
1.usa.gov/1Cjd74k

GPS in Gold

Ein Schritt in den Salon und man atmet Barock: Architektur, Raumgestaltung und erst recht der Glanz der Ausstellungsstücke verzaubern einen. Bilder aus dem Historien-Film „Sachsens Glanz und Preußens Gloria“ drängen sich auf. Der üppig ausgestattete Mehrteiler verschaffte dem DDR-Fernsehen Ende der Achtzigerjahre traumhafte Einschaltquoten. Preußens Gloria tut hier allerdings nichts zur Sache. Wir sind in Dresden, im ältesten Museum des Dresdner Zwingers. August der Starke gründete hier 1728 mit wissenschaftlichen Instrumenten der Dresdner Kunstammer den Mathematisch-Physikalischen Salon. Im 19. Jahrhundert hat die Sammlung großen Einfluss auf die Technikkultur in Dresden. Im April 2013 gelangt die Ausstellung, die zu den weltweit bedeutendsten dieser Art zählt, zu neuem Glanz. – Die Tür zur ersten Galerie ist geöffnet. Die Welt der Kurfürst-Könige gibt sich die Ehre ...

Mechanische Wunderwerke im Mathematisch-Physikalischen Salon des Dresdner Zwingers

Von Cordula Tegen

GPS in Gold. – Der Dresdner Mechaniker Christoph Trechsler d. Ä. baut 1584 aus feuervergoldetem Messing einen mechanischen Wegmesser mit einem ausgeklügelten Messwerk aus zwölf Zahnrädern. Auf dem Ziffernblatt lassen sich anhand feinsten Gravuren Routen und Meilen ablesen. So hatte es der Sächsische Kurfürst August beauftragt. Dieser war 1575 durch Sachsen gereist und hatte höchst selbst die Strecke vermessen. Eine 13 Meter lange Routenrolle schlängelt sich heute vor den Augen der Besucher durch die Vitrine. August wollte damals mehr als nur den Weg messen, ähnlich dem heutigen Global Positioning System ging es ihm auch um Positionsbestimmung. Trechsler setzte die Idee technisch und kunsthandwerklich beeindruckend um. Der etwa 40 Zentimeter hohe Wagenwegmesser ist eines der Glanzstücke der Sammlung des Mathematisch-Physikalischen Salons im Dresdner Zwingler.

Die Raffinesse der mechanischen Wunderwerke und mathematischen Instrumente lassen einen staunen. Es überrascht nicht, dass Sachsen eines der ersten kartografierten Territorien überhaupt war, und auch nicht, dass gerade die frühen Geräte zur Landvermessung die besondere Sympathie des Museumsdirektors Dr. Peter Plaßmeyer genießen, stehen sie doch auch für die lange Geschichte der Sammlung. Welches Museum kann schon auf eine mehr als dreihundertjährige Geschichte verweisen? „Wir versuchen nicht, zu leugnen, dass wir eine historische Sammlung sind“, sagt er. „Wir verbinden sie mit Wissensvermittlung anhand aufwändig erstellter Monitor- und Audioguide-Beiträge

und Internet-Videos.“ Oft entstehen sie im Rahmen wissenschaftlicher Arbeiten. Eine der erläuternden Kartenprojektionen wurde als Diplomarbeit an der TU Dresden erstellt – und vom DLR gefördert.

Insgesamt 370 Ausstellungsstücke sind in der im April 2013 nach Restaurierungs- und Erweiterungsarbeiten wieder eröffneten Sammlung zu sehen. „Unsere Fläche hat sich fast verdoppelt, doch die Zahl der Exponate haben wir um ein Drittel ausgedünnt“, erläutert Plaßmeyer das Konzept. Die deutlich längere Verweildauer und angestiegene Zahl der Besucher geben ihm Recht: Von April bis November 2013 kamen mehr als 120.000 Gäste aus aller Welt in die kleine, aber feine Ausstellung, die nicht minder zu beeindrucken vermag als die berühmten Nachbarn: etwa die Gemäldegalerie Alte Meister oder das Grüne Gewölbe. Wer durch die Galerien des Salons wandelt, bewundert prachvolle Figuren-Automatenuhren, fein gearbeitete Mess- und Zeicheninstrumente, mehrdimensionale Globus-Uhren aus vergoldetem Messing. Von den Rechengeräten und Münzwaagen, prunkvollen Spiegelteleskopen und Brennsiegeln, Fernrohren, Planetenlauf- und Weltzeituhren, kunstfertig verzierten Anhänger- und Taschenuhren, Erd- und Himmelsgloben (unter ihnen einer der fünf ältesten arabischen Globen der Welt und sogar ein Marsglobus) fühlt man sich der modernen Welt ein Stück entrückt. Zum Glück fängt einen nach Verlassen der Sammlungen erst einmal der schöne Zwingler-Innenhof auf, bevor der Stadtverkehr des neuzeitlichen Dresden einen wegschüpft. ●



Exponate, die Geschichten erzählen: Mechanischer Wegmesser von 1584 und ein Marsglobus von 1886.

Bilder: Mathematisch-Physikalischer Salon, Staatliche Kunstsammlungen Dresden

skd.museum

Mathematisch-Physikalischer Salon
im Dresdner Zwingler

Öffnungszeiten 10 bis 18 Uhr
montags geschlossen

Eintritt 6 Euro, ermäßigt 4,50 Euro



skd.museum.de



Bild: Mathematisch-Physikalischer Salon, Langgalerie, Der Kosmos des Fürsten Staatliche Kunstsammlungen Dresden Foto: Hans Christian Kraas



Bild: Mathematisch-Physikalischer Salon, Langgalerie, Der Kosmos des Fürsten Staatliche Kunstsammlungen Dresden Foto: Hans Christian Kraas

Die Langgalerie des Mathematisch-Physikalischen Salons gibt den Exponaten zum Kosmos des Fürsten aus jeder Blickrichtung einen edlen Rahmen

Alles über Fliegende Simulation



Im Laufe der letzten Jahrzehnte haben sich auch in der Luftfahrtforschung immer ausgeklügeltere Simulationsmethoden etabliert. Als die Königsdisziplin hierbei gilt die sogenannte Fliegende Simulation, eine Kernkompetenz des DLR. Im Vorfeld des Prototypenstadiums neuer Flugzeugentwicklungen werden dabei ihre Flugeigenschaften und Aspekte der Flugsicherheit mit Hilfe speziell ausgerüsteter Flugversuchsträger ermittelt.

Prof. Dr. Peter Hamel, langjähriger Leiter des DLR-Instituts für Flugmechanik (heute Institut für Flugsystemtechnik), hat jetzt in der Reihe „Braunschweiger Luftfahrtforschung im internationalen Umfeld“ des ortsansässigen **Appelhans Verlags** sozusagen ein Standardwerk zur Fliegenden Simulation herausgebracht. Darin stellt er gemeinsam mit zahlreichen Autoren Einsatzmöglichkeiten sowie Forschungsergebnisse mit den unterschiedlichsten **Fliegenden Simulatoren und Technologieträgern** detailliert vor und lässt deren Geschichte Revue passieren. Das reich illustrierte Kompendium wendet sich gewiss zunächst an Wissenschaftler und vor allem auch an den wissenschaftlichen Nachwuchs. Zugleich bietet es aber auch für Luftfahrt- und Technikinteressierte eine allgemeinverständlich aufbereitete Fülle an Hintergrundwissen zur Fliegenden Simulation und zu hierfür entwickelten Forschungsflugzeugen.

Interessant sind dabei die Rückblicke auf die Vorläufer heutiger fliegender Simulatoren, die es in Deutschland bereits in den Vierzigerjahren des letzten Jahrhunderts gab. Wesentliche Akzente setzten später vor allem die Amerikaner mit zahlreichen Flugversuchsträgern, die von Wissenschaftlern der NACA, der Vorläuferorganisation der heutigen NASA, entwickelt und eingesetzt wurden. Es folgt ein Überblick

über die Fliegende Simulation weltweit, wobei den Leser die Aktivitäten selbst in Asien und Afrika erstaunen dürften. Einen weiteren Schwerpunkt dieser enzyklopädischen Präsentation bildet eine Übersicht über Vorläufer der Fly-by-wire-Demonstratoren.

Der zweite Teil des Buchs präsentiert die diversen Fliegenden Simulatoren, die in den vergangenen Jahrzehnten beim DLR zum Einsatz gekommen sind, sowie die mit ihnen minutiös dokumentierten Ergebnisse. Die HFB 320 „Hansa Jet“, der Forschungshubschrauber ATTHes, vor allem die VFW 614 ATTAS sowie schließlich der Hubschraubersimulator FHS EC 135 stehen hierbei im Mittelpunkt.

Informationen zu nicht weiter verfolgten Projekten, internationalen Kooperationen auf dem Gebiet der Fliegenden Simulation sowie zur Ausbildung von Testpiloten und Flugversuchingenieuren runden dieses einzigartige Werk ab, welches – zumal bei einem Preis von nur knapp 30 Euro – in das Bücherregal engagierter Luftfahrtenthusiasten gehört.

Hans-Leo Richter

Über Schatzinseln

SRTM, Envisat, TanDEM-X ... Akronyme für ein neues Bild der Erde. Ihr Potenzial ist oft der Fachwelt vorbehalten. Wissenschaftler des DLR haben dies Anfang des Jahrtausends durch die Bildbände „Kunstwerk Erde“, „Berge aus dem All“ und „Globaler Wandel“ ein wenig geändert und exzeptionelle Bilder von, im Wesentlichen, Landmassen der Erde für die Allgemeinheit publiziert. Der **mare-Verlag** hat vor einiger Zeit einen Prachtband herausgegeben, der **Das Gesicht der Meere** genannt wird, aber auch „Über Schatzinseln“ heißen könnte. Sein Autor ist der Kölner Claudius Diemer, diplomierter Fotograf mit Erfahrungen im Fotoingenieurwesen. Er hat Angewandte Physische Geographie studiert und darin den Schwerpunkt Luft- und Satellitenbildverarbeitung. Mit Kontakten insbesondere zum GEOMAR geht er einen Weg, der sich den ästhetischen Aspekten von Satellitenbildern widmet. Sein Selbstverständnis: Eigentliche Künstler seien die gestaltenden, formenden Kräfte der Erde.

Diese Zurückhaltung kommt dem Band zugute: Er ist klar strukturiert und schlüssig aufgebaut. Techniken, wie das Mosaikieren, werden verständlich erläutert. Zu jedem der starken Bilder gibt es eine knappe Bildzuschrift: Der Rezensent hat in jeder etwas für ihn Neues entdeckt. Mit formaler Strenge hilft der Autor dem Leser auch durch weitere Details: Maßstäbe an jedem Bild, eine exakte Verortung des Gezeigten, Querverweise innerhalb des Bandes auf ähnliche wissenschaftliche Meeresphänomene, ein gutes Glossar und ein Anhang mit wesentlichen Daten, Zahlen und Fakten zu den Bildern. Die Akribie von Autor und Verlag dieses auch herstellungstechnisch guten Bandes geht so weit, dass sich unter dem Schutzumschlag ein Einband offenbart, der die Idee des Übergangs von Meer zu Land aufgreift, der wiederum die Bildmotive innen charakterisiert. Einziges Manko: Dem Buchautor standen nur Daten von Landsat 7, Terra und Aqua zur Verfügung, im lesenswert knappen Erklärungsteil zur Technik der Fernerkundung auch von Envisat. In seiner Satellitenbildwerkstatt albedo39 verarbeitet Diemer Rohdaten übrigens auch zu herausragenden anderen Druckerzeugnissen, aktuell zur Antarktis.

Ach ja: ... und die Inseln? – Wahre Schätze! Ein Buch für Entdecker.

Peter Zarth



Auf Sinnsuche

Was haben Wissenschaft und Esoterik gemeinsam? Mehr, als man denken mag. In seinem Buch **Der Geist in der Materie (Crotona Verlag)** führt Prof. Dr. Eckhard Kruse diese unterschiedlichen Denkweisen zusammen. Anhand der „Protagonisten“ Schuwi (Schulwissenschaft) und Eso (Esoterik) leitet er durch existenzielle Fragen der Menschheit. Seine Erkenntnis: Weder die einen noch die anderen haben endgültige Antworten. Beide Ansätze haben letztlich Erklärungen parat, mit denen sie die Welt zu verstehen glauben.

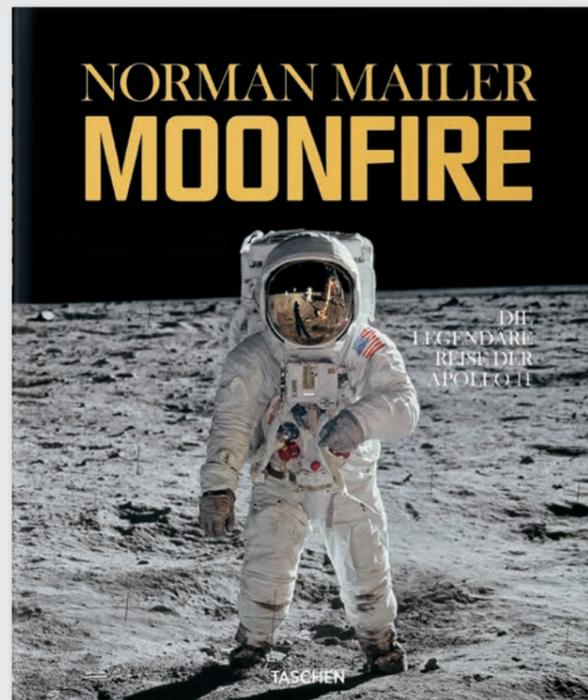
In kurzen, leicht verständlich geschriebenen Absätzen führt Kruse durch komplizierte Problemfelder wie das physikalisch-philosophische Gedankenexperiment zu Schrödingers Katze oder die Theorie der Telepathie. Mit Skizzen, Diagrammen und Zeichnungen veranschaulicht er Sachverhalte und bringt so den Leser immer wieder zum Nachdenken. Kruse plädiert dafür, Erkenntnisse der Wissenschaft und Theorien der Esoterik miteinander zu verbinden und, ähnlich wie bei einer kirchlichen Ökumene, verschiedene Weltanschauungen zusammenzubringen. Was bleibt, ist die Frage, wie viel „Schuwi“ und „Eso“ voneinander zu lernen bereit sind. Beide haben sowohl Stärken als auch Schwächen; vor allem aber leiden beide unter ihrer einseitigen Weltanschauung.

Fabian Locher



Dicht an Apollo und gar nicht pathetisch

Es gibt Bilder, die sind zur Legende geworden, gehören zum Allgemeinwissen: Neil Armstrongs Stiefelabdruck, der sich feinrillig im Mondstaub abzeichnet. Oder Buzz Aldrin, hinter sich die Schwärze des Weltraums und auf dem Visier das gespiegelte Abbild von Neil Armstrong. Doch **Moonfire. Die legendäre Reise der Apollo 11 (Taschen Verlag)** geht über diese Klassiker hinaus – unter den mehreren hundert Abbildungen sind hauptsächlich Fotos, die selbst Apollo-Fans noch nicht kennen und die Geschichte verströmen. Armstrongs Frau Jan schaut mit ihrem Sohn von einer Yacht aus gebannt über das Wasser, fast wie ein Urlaubsfoto wirkt das Bild in kitschig-bunten Farben, würde nicht im Hintergrund gerade die mächtige Saturn-V-Rakete mit Jans Mann an Bord in



den Himmel steigen. Standbilder aus der Fernsehübertragung zeigen Buzz Aldrin während des Rückflugs zur Erde, während er ganz bodenständig eine Scheibe Brot mit Wurst bestreicht und isst. Und als die Männer nach der ersten Landung auf dem Mond heil zur Erde zurückkehren und sicher im Wasser landen, sieht man eine überglücklich jubelnde Jan Aldrin bei der Übertragung der Bilder, in modernem kleinem Kleid und einem Tellerchen mit Zigarettenkippen auf dem Tisch neben sich. Auch die Gipsabdrücke aller Astronauten-Hände, mit denen ihre Handschuhe maßgeschneidert wurden, oder das Röntgenbild von Armstrongs Überschuhen fürs All finden ihren Platz in dem dicken, großformatigen Buch.

Doch „Moonfire“ ist noch aus einem anderen Grund ein Schmuckstück. Auf den 347 Seiten kommt zu den Fotos der Text von Autor Norman Mailer hinzu. Der Schriftsteller sollte für das „LIFE“-Magazin eine dreiteilige feuilletonistische Reportage über den Flug zum Mond verfassen – nie zuvor veröffentlichte LIFE längere Sachtexte. Mailer nimmt sich Zeit für seine Berichterstattung, schafft ein Alter Ego namens Aquarius, der manchmal staunend, manchmal gelangweilt beobachtet, was

um ihn herum geschieht. Mailer spricht nicht mit den Beteiligten, sondern blickt von außen und dennoch mit Nähe auf die historische Mission. Seitenweise beschreibt er die letzte Pressekonferenz der drei Apollo-11-Astronauten, die diese aus einem auf der Bühne aufgebauten Glaskasten heraus führen, analysiert ein wenig respektlos ihre Persönlichkeiten und amüsiert sich über das „Störungsknattern“, einem Geräusch, das der bedächtig, zuweilen pausierend und ein wenig hölzern sprechende Armstrong unbewusst erzeugt. Mailer besichtigt das gigantische „Vehicle Assembly Building“ mit seiner schwindelerregenden Höhe von mehr als 40 Stockwerken, saugt die Atmosphäre bei den angereisten Touristen in ihren Campern und Zelten während des Starts auf und sitzt mit den Journalisten während der Landung vor den Bildschirmen.

Das alles geschieht mit einer Mischung aus distanzierterm Sezieren und gleichzeitiger Faszination. Man muss sorgfältig lesen, manchmal macht die poetische und extrem eigenwillige Art des Schreibens es nicht einfach, den Gedanken des Autors zu folgen. Und dennoch: Selten war man so dicht an der Mission zum Mond und zugleich so unpathetisch dabei. Schade ist lediglich, dass Bilder und Text im Layout nicht aufeinander abgestimmt angeordnet sind – beispielsweise die bei Mailer so anschaulich beschriebene Pressekonferenz erst nach etlichen Textseiten als Foto zu finden ist.

Manuela Braun



Glück im Unglück auf dem Roten Planeten

Astronaut Mark Watney redet nicht lange um den heißen Brei: „Ich bin so was von im Arsch. Das ist meine wohlüberlegte Meinung.“ Er hätte es kaum präziser ausdrücken können, und letztendlich ist es eben diese ironische Schnoddrigkeit, die ihn nicht aufgeben lässt. Watney ist in den letzten Tagen nämlich auf der Achterbahn des Schicksals durchgeschüttelt worden: Erst landet er erfolgreich mit der dritten bemannten Mission auf dem Mars. Nur um dort in einen heftigen Sturm zu geraten. Auf dem Weg zur rettenden Rückkehrkapsel wird er zwar schwer verwundet, doch der Zufall lässt ihn gegen alle Wahrscheinlichkeiten überleben. Was für ein Glück! Allerdings unbemerkt von seiner Crew, die zurück ins All startet und den „toten“ Kollegen schweren Herzens zurücklässt. Immerhin: Das Marshabitat ist bereits aufgebaut. Nur gibt es natürlich keinesfalls genug Nahrung, um bis zur nächsten Ankunft von Marsonauten in vier Jahren auszuhalten. „Ich bin der Erste, der mehr als 31 Marstage hier geblieben ist. Der Erste, der etwas auf dem Mars anbaut. Der Erste, der Erste, der Erste. Ich bin der erste Mensch, der allein auf einem ganzen Planeten sitzt. Na gut, genug Trübsal geblasen.“

Andy Weirs Roman **Der Marsianer (Heyne)** lebt über 500 Seiten von einem fast atemlosen Auf und Ab, bei dem Astronaut Mark jede Menge Ohrfeigen des Schicksals abbekommt und sich als unermüdlicher Bastler mit Überlebenswillen erweist. Akribisch teilt er in seinem Logbuch dem Leser mit, welche Pumpe er wie umbaut, wie er Kartoffeln in seinem Marshabitat anbaut, für Wasser und Sauerstoffnachschub sorgt und um wie viele Tage dies sein Überleben verlängert. Das wird auch für Nichtingenieure durchaus mal zu detailliert, aber letztendlich macht es Mark Watneys Abenteuer umso realistischer. Zudem verpackt der Astronaut seinen Überlebenskampf menschlich nachvollziehbar, flucht, jubelt, macht seine Späße über die NASA und schert sich einen Dreck um Regeln.

Alle Andeutungen, wie er welche Probleme löst, wie es ihm allein auf dem Mars ergeht und wie die Reise des Pechvogels mit Nehmerqualitäten ausgeht, würde den Lesegenuss nur verderben. Der kanadische Astronaut Chris Hadfield wird auf der Buch-Rückseite wie folgt zitiert: „Einfallsreich, packend und erschreckend realistisch.“ Und genau das ist „Der Marsianer“: Ein spannendes Buch für Astronauten und Möchte-Gern-Astronauten, NASA-Freaks, Raumfahrt-Nerds, Bastler, Ingenieure und Science-Fiction-Fans, die bei einer Zukunftsvision Wert auf Realismus und Kreativität zugleich legen.

MB



Mogelpackung mit gutem Inhalt

Astronaut Alexander Gerst prangt auf dem Cover der DVD **Alexander Gerst – Mission ISS – Begegnung im All (polyband)** über groß über der ISS und der Erdkugel – der Film begleite das Training des deutschen Astronauten über Monate hinweg, verspricht die Ankündigung. Damit wird für etwas kräftig getrommelt, was die an sich gute, knapp einstündige Reportage kaum erfüllt: Das Filmmaterial stammt nämlich von 2012 und legt den Schwerpunkt auf die Mission des niederländischen Astronauten Kuipers, der im Juli 2012 von der ISS zurückkehrte und in der Ankündigung nur ganz nebenher erwähnt wurde. Alexander Gersts Vorbereitung wird zwar gezeigt, spielt aber nicht die Hauptrolle. Enttäuschend, denn bei dieser Aufmachung hätte man anderes erwartet.

MB

Das DLR im Überblick

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

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

Impressum

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

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

Redaktion: Sabine Hoffmann (ViSdP)
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)

An dieser Ausgabe haben mitgewirkt: Jasmin Begli, Manuela Braun, Dorothee Bürkle, Martin Fleischmann, Denise Nüsse, Melanie-Konstanze Wiese, Jens Wucherpennig sowie Peter Zarth

Redaktionsschluss: 20. Februar 2015

DLR-Kommunikation

Linder Höhe

51147 Köln

Telefon: 02203 601-2116

Telefax: 02203 601-3249

E-Mail: kommunikation@dlr.de

DLR.de/dlr-magazin



Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH,
87437 Kempten

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

ISSN 2190-0094



Onlinebestellung:

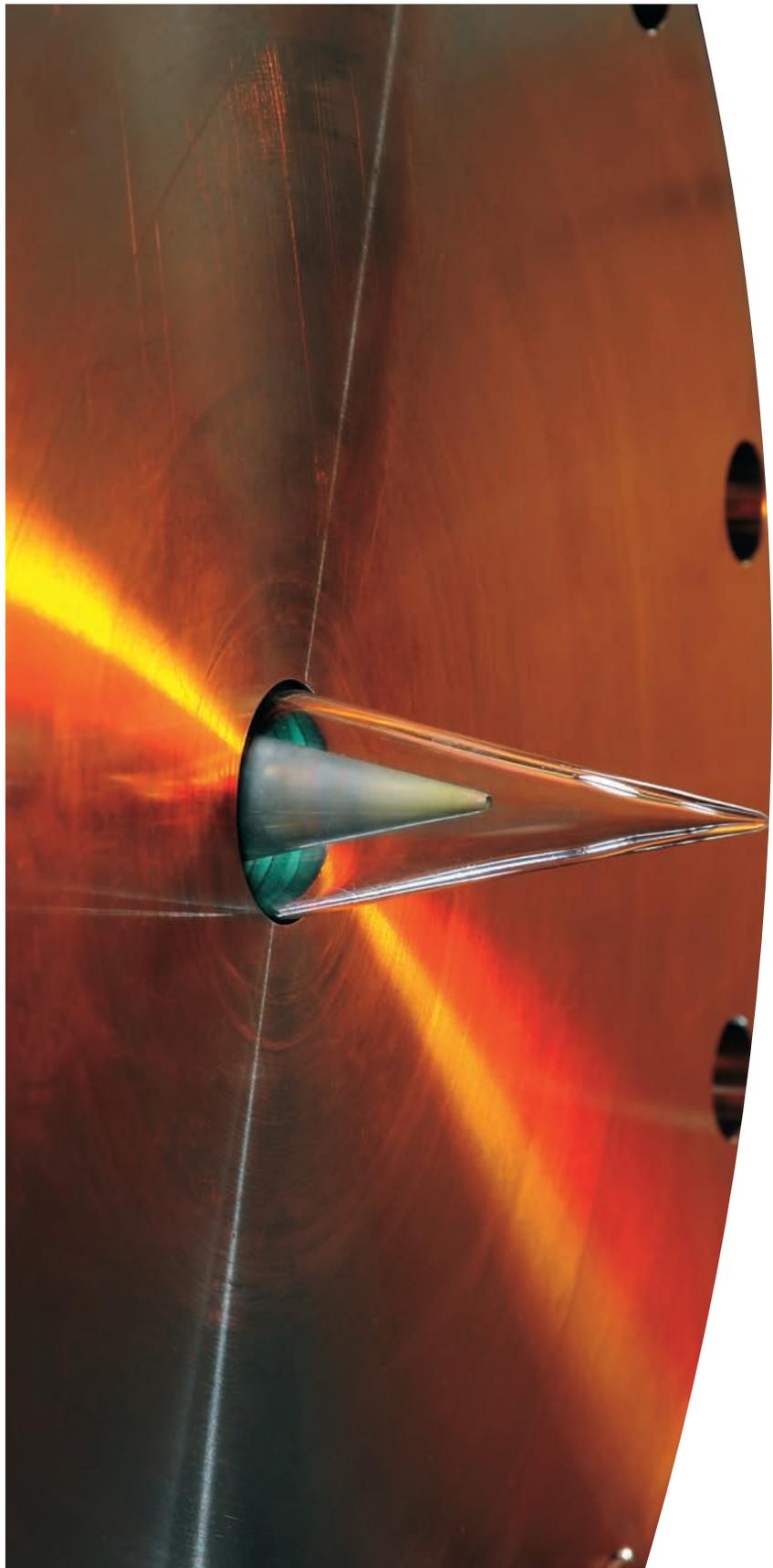
DLR.de/magazin-abo

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

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

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

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



Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt