



Das Magazin des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt · [www.DLR.de](http://www.DLR.de) · Nr. 137 · April 2013

# magazin

## Spielerisch ins All

DLR\_School\_Lab-Leiter Dirk Stiefs im Porträt



### Segeltour durch den Weltraum

Im Projekt „Gossamer“ treibt die Sonne Satelliten an

### Die Vermessung der Langsamkeit

Maximaler Auftrieb bei minimaler Geschwindigkeit



# DLR magazin137



## DLR\_School\_Lab-Leiter Dirk Stiefs im Porträt

Hier fühlt sich Dirk Stiefs am rechten Fleck. Umgeben von Schülerinnen und Schülern, die sich für Mars-Fahrzeuge, Experimente zu Weltraumraketenbau oder Schwerelosigkeit interessieren. Wenn der Physiker morgens das DLR\_School\_Lab Bremen betritt, weiß er: Dieser Tag wird wieder etwas Neues bringen. Begeisterung für Wissenschaft zu wecken, ist sein Ding. Dass es ihm gelingt, zeigt nicht nur das Titelfoto dieses Hefts. So hat er auch schon auf dem einen oder anderen Science-Slam gepunktet. Der 33-Jährige erklärt gerne – und möglichst ungewöhnlich. Im Beitrag „Mit der Taktik eines Schleimpilzes“ lernen Sie ihn kennen. Stiefs leitet eines der insgesamt zehn DLR\_School\_Labs. Drei von ihnen haben 2013 ihr zehnjähriges Jubiläum. Die Jubiläen werden im Laufe dieses Jahres im DLR-Magazin noch eine Rolle spielen ...

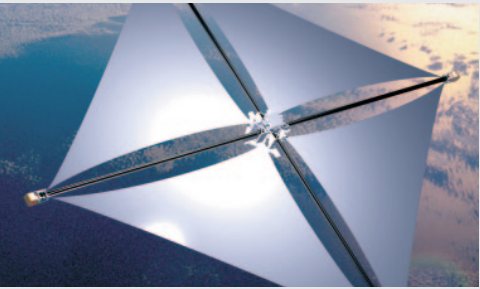
<b>Editorial</b>	3
<b>EinBlick</b>	4
<b>Leitartikel</b> Mehr DLR wagen!	6
<b>Meldungen</b>	8
<b>Satellitenbilder für den Notfall</b> Internationale Charter nun unter DLR Vorsitz	10



<b>Drei unter einem Dach</b> CeraStorE für neue Energiekonzepte	16
--	----



<b>Meldungen</b>	21
<b>Zum Zerreißen gespannt</b> Rissausbreitung unter biaxialer Belastung	22
<b>Segeltour durch den Weltraum</b> Satellitenantrieb mit der Kraft der Sonne	24



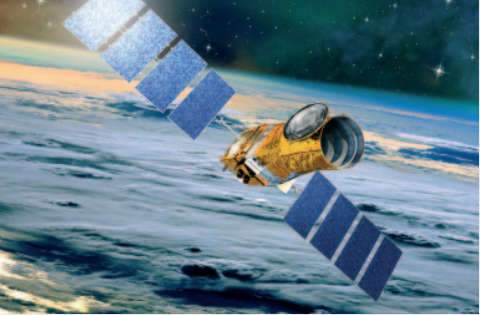
<b>Gute Fahrt mit Hilfe aus dem All</b> Kommunikationsdienste für das Auto	28
---	----

<b>Kommentar</b> Mit Energie die Wende schaffen	33
<b>Regionalmeldungen</b>	34
<b>Die Vermessung der Langsamkeit</b> Forschen bei minimaler Geschwindigkeit	36
<b>Meisterhaft bis zur letzten Landung!</b> ATTAS' Flug ins Deutsche Museum	40



<b>Mysterium im Land der Elche</b> Simulationen für störungsfreien Bahnbetrieb	46
---	----

<b>Der „Body-Mass-Index“ ist entscheidend</b> Auf der Suche nach extrasolaren Planeten	48
---	----



<b>Porträt</b> Mit der Taktik eines Schleimpilzes	52
--	----

<b>In Museen gesehen</b> Schwelgen im Sammelsurium	56
---	----



<b>Rezensionen</b>	60
--------------------	----



## Liebe Leserinnen und Leser,

in diesem Jahr ist nicht nur alles etwas früher, es scheint auch schneller zu gehen. Die fünfte Jahreszeit im Rheinland war rasch abgefeiert, schon ist Ostern. Winterpause? Fehlanzeige. Die Wochen sind unter anderem gefüllt mit Besuchen politischer Prominenz im DLR. Der Bundespräsident Joachim Gauck gab sich zusammen mit dem Ministerpräsidenten von Bayern, Horst Seehofer, die Ehre, gefolgt vom tschechischen Premierminister Necăs sowie den Staatssekretärinnen Rogall-Grothe und Herkes. Die Liste lässt sich mit Länderpolitikern wie der NRW-Innovations- und Wissenschaftsministerin Schulze, NRW-Landesminister Duin und BW-Landesminister Gall erweitern. Alles im ersten Quartal. Man könnte meinen, es gäbe kein zweites.

Solche Besuche vorzubereiten, ist aufwändig. Logistik, Zeitmanagement, Inhaltspräsentationen – alles muss auf den Punkt stimmen. Aber so sehr einige Institute unter der Last solcher Termine ächzen, so wichtig sind diese Besuche für das gesamte DLR. Bund und Landesregierungen investieren in Forschung und präsentieren sie auch gern ihren Gästen. Die Anzahl der Besuche in den 16 Standorten des DLR spiegelt den Stellenwert unserer Forschung in unserer Gesellschaft wider. Und beide Seiten profitieren, auch wenn das eine oder andere Institut je nach aktueller politischer Priorität über die Maßen oder weniger gefragt ist. So vielfältig die Besucher und so mannigfaltig die Themen und Präsentationen sind, so deutlich kristallisieren sich politische Trends heraus.

In Oberpfaffenhofen ist zurzeit das Thema Erdbeobachtung und Kriseninformation von besonderem Interesse. In der International Charter Space and Major Disasters hat das DLR gerade für sechs Monate den Vorsitz übernommen. Was das bedeutet, beleuchten wir näher in diesem Magazin. Wir berichten auch über CeraStorE, eine neue Einrichtung im DLR Köln, in der drei Institute nun gemeinsam unter exzellenten Bedingungen an neuen Energiekonzepten forschen. Sicherem Straßen-, Schienen- und Luftverkehr widmen sich weitere Beiträge. Und wir stellen die Vision eines Sonnensegels zum Satellitenantrieb vor. DLR-Themen, die auch den Nachwuchs begeistern, wie das Titelbild zeigt.

Natürlich haben wir noch viel mehr zu bieten. So gesehen können wir von Glück sagen, dass nicht alle Themen gleichzeitig in der Besuchergunst hoch im Kurs stehen. Unsere Wissenschaftler, Ingenieure und Manager kämen kaum mehr zu ihrer eigentlichen Arbeit. Ich hoffe ganz eigennützig, Sie kommen zum Lesen – und es steht nicht gerade gern gesehener Besuch vor Ihrer Tür ...

Sabine Hoffmann  
Leiterin DLR-Kommunikation



# EinBlick

## Ruhe vor dem Sturm

Die träge Ruhe, die von den bläulich-silbernen Riesenschaufeln ausgeht, täuscht. Die hochfesten Aluminium-Elemente berühren den Boden nicht. Unter ihrer Aufhängung bergen sie ein hochleistungsfähiges Antriebssystem in sich. Wenn dieses die gewaltigen Rotorschaufeln in Bewegung setzt, dann befindet sich nichts und niemand in diesem Raum außer dem Flugzeugmodell oder dem Bauteil, dessen aerodynamische Eigenschaften es zu vermessen gilt. 16 Rotorschaufeln vor den fest stehenden Statoren erzeugen dann eine Geschwindigkeit von maximal 325 Stundenkilometern direkt am Modell.

Der Niedergeschwindigkeitswindkanal Braunschweig der Deutsch-Niederländischen Windkanäle (DNW-NWB) hat im Jahr 2010 für seine Akustikmessungen einen neuen leiseren Antrieb erhalten. Am Ende des Windkanals (auf dem Bild goldfarben im Hintergrund) sorgen aero-akustisch optimierte Profile dafür, dass der Luftstrom gutmütig um die Ecke gelenkt wird. Daher auch ihr Name: Umlenk-Ecken.

Bild: DLR/Heinrich





# Mehr DLR wagen!

Von Johann-Dietrich Wörner



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

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

Der berühmte Aufruf von Willy Brandt „Mehr Demokratie wagen!“ war Ausgangspunkt meiner Überlegungen für das Jahr 2013. Was Bundeskanzler Willy Brandt 1969 gesamtpolitisch wollte, ist bei genauerem Hinsehen eine programmatische Aussage mit „Breitenwirkung“. Sie gilt auch mehr als vier Jahrzehnte später. Sie gilt auch für den Wissenschaftsbetrieb. Und sie gilt in besonderer Weise für das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

In den letzten fünf Jahren haben wir am Selbstverständnis des DLR und seiner Ausrichtung „Wissen für Morgen“ gearbeitet und dabei die institutionelle und organisatorische Forderung „EIN DLR“ mit Vorgaben für die tägliche Arbeit konkretisiert: Die vier „I“ leiten uns seitdem: Invention, Innovation, Interaktion und Internationalität. Damit ist das Set von aggregierten Vorstellungen abgeschlossen und soll nun in den verschiedenen Bereichen von Forschung und Administration umgesetzt werden. Das Motto „Mehr DLR wagen“ kann und soll daher in erster Linie diese Umsetzung anregen oder besser einfordern: Nutzen wir die Möglichkeiten aus, die das DLR bietet!

7.400 motivierte und kompetente Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie eine hervorragende Infrastruktur, aber auch die existierenden Verbindungen zu anderen Forschungseinrichtungen sowie Industriepartnern, national, europäisch und international, bieten ein Potenzial, das noch lange nicht ausgeschöpft ist. Eitelkeiten und Abgrenzung mit der Motivation des „Schutzes des eigenen Bereichs“ sollten der Vergangenheit angehören.

„Mehr DLR wagen“ gilt aber auch als Aufforderung nach außen: Das DLR will ein verlässlicher, kompetenter und fairer Partner für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft sein und lädt zu mehr Interaktion ausdrücklich ein. Im Verständnis der Verantwortung sind wir daran interessiert, uns mit unseren Fähigkeiten an der Lösung mannigfaltiger Fragen – einschließlich der globalen Herausforderungen – einzubringen.

„Mehr DLR wagen“ ist zudem eine Mahnung an die Politik. Der Soziologe und Sozialökonom Max Weber hat bereits eingangs des vorigen Jahrhunderts das Selbstbestimmungsrecht der Wissenschaft hervorgehoben. Das DLR erhält in nicht unerheblichem Maße Mittel des deutschen Steuerzahlers. Aus den Begriffen „Rechtsaufsicht“ und „Fachaufsicht“ jedoch eine Detailsteuerung abzuleiten, ist nicht nur falsch, sondern auch gegen alle Vernunft.

Stattdessen sollten klare Zielvorgaben definiert werden, die dann vor Ort durch qualifizierte Entscheidungen in entsprechende Maßnahmen münden. Selbstverständlich gehört es dazu, zu überprüfen, ob die Ziele erreicht wurden. Damit wird auch die Verantwortung klar zugeordnet, was die Grundlage modernen Managements in Forschung und Administration sein sollte.

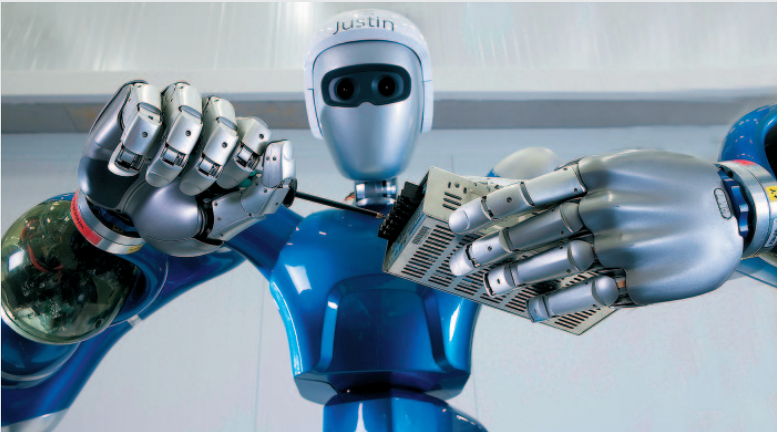
Das DLR ist aufgrund seiner Strukturen und seiner organisatorischen Aufstellung zu entsprechender Verantwortungsübernahme fähig und bereit! – Deshalb ist meine aktuelle Aufforderung nach innen und außen: MEHR DLR WAGEN! ●



# Meldungen

## Mensch und Roboter bauen Autos Hand in Hand

Leichtbauroboter, die im DLR für den Einsatz in der Raumfahrt entwickelt wurden, verfügen über Eigenschaften, die sie auch für die Auto-Produktion attraktiv machen. Die Daimler AG hat eine strategische Kooperation mit dem Roboter- und Anlagenbauer KUKA AG beschlossen, der seit Langem mit dem DLR zusammenarbeitet. Schwerpunkt der industriellen Partnerschaft ist das direkte Zusammenarbeiten von Mensch und Leichtbaurobotern bei feinsten Montagearbeiten. Als „dritte Hand“ des Mitarbeiters soll der Leichtbauroboter Objekte feinfühlig abtasten und schwierige Arbeiten präzise ausführen. Die überaus sensitive Motorik des DLR-Greifarms kann die Ergonomie für die Arbeiter in der Auto-Produktion verbessern. Der Roboter kann so platziert und eingestellt werden, dass er zum Beispiel anstrengende Arbeitsschritte wie Über-Kopf-Tätigkeiten ausführt. Zudem werden durch den einfachen und intuitiven Umgang mit dem Roboter Programmierzeiten reduziert, was die Fertigungsabläufe verbessert. Mit seiner absolut präzisen Arbeitsweise sorgt der Leichtbauroboter außerdem für gleichbleibende Qualität.



DLR-Roboter mit Feingefühl. Eingebaute Sensoren nehmen die Umgebung wahr und ermöglichen so flexibles Reagieren.

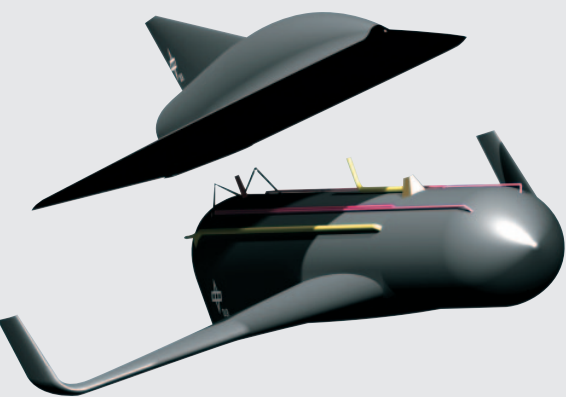
„Soft Robotics“ nennen die DLR-Wissenschaftler das Prinzip, nach dem ihre Roboter funktionieren: Sie folgen nicht stur einer vorgegebenen Bahn, sondern sind nachgiebig, nehmen über Sensoren ihre Umgebung wahr und reagieren darauf. In den Laboren in Oberpfaffenhofen beweist beispielsweise Roboter „Justin“ sein Gespür: Seine beiden Leichtbau-Roboterarme verbergen in ihrem Inneren dieselbe Technologie, wie sie in der Autoproduktion zum Einsatz kommen wird. Über Sensoren nehmen sie jede Berührung durch den Menschen wahr und lassen sich von diesem geschmeidig und ohne Anstrengung dirigieren. Treffen sie unvermutet auf ein Hindernis, stoppt die Bewegung und die Arme werden nachgiebig, sodass keine Gefahr besteht, wenn Mensch und Roboter Hand in Hand arbeiten.

<http://s.DLR.de/5y4s>



## Konzept für die Reise mit Hyperschallgeschwindigkeit

In 90 Minuten ans andere Ende der Welt? In einer von der EU unterstützten Studie Fast20XX (Future high-Altitude high-Speed Transport) prüften Wissenschaftler aus neun Ländern diese Möglichkeit. Die Ergebnisse fließen in den weiteren Entwurf des SpaceLiners des DLR und des Fliegers ALPHA der Aerospace Innovation GmbH ein. Der SpaceLiner soll wie ein Spaceshuttle vor dem Start aufrecht stehen und mit Raketentriebwerken starten. Eine wiederverwendbare Booster-Stufe verhilft dem Hyperschallflugzeug auf eine Gleitflugbahn jenseits der Erdatmosphäre. Nach deren Abwurf fliegen die Reisenden in der Passagierkapsel mit zwanzigfacher Schallgeschwindigkeit an ihr Ziel. Die Landung nach rund 80 Minuten findet dann wie mit einem üblichen Flugzeug auf einer normalen Landebahn statt. Ein Projekt, an dessen Dimensionen sich die Wissenschaftler mittels Computermodellen herantasten müssen. Denn der SpaceLiner ist eine wahre Herausforderung, was Technik und Betrieb angeht. Die 17 Partner der Fast20XX-Studie haben interdisziplinär die verschiedenen Aspekte untersucht. Aus dem DLR beteiligten sich neben dem Institut für Raumfahrtssysteme auch die Institute für Aerodynamik und Strömungstechnik, für Bauweisen- und Konstruktionsforschung sowie für Luft- und Raumfahrtmedizin.



Die Vision der DLR-Forscher künstlerisch in Szene gesetzt: Nach Erreichen der Flughöhe jenseits der Erdatmosphäre löst sich die Booster-Stufe und der SpaceLiner geht in den Gleitflug über

Neben Fragen zu Aerodynamik, Materialien und Kühlung wurde auch nach der Flugverträglichkeit und der Umweltbelastung gefragt. Die Wissenschaftler rechneten durch, in welchen Fällen ein Abbruch des Fluges notwendig werden könnte und wie man beispielsweise bei Triebwerksausfällen reagieren müsste. Doch viele Fragen, unter anderem zum Raketentriebwerk oder zum Thermalschutzsystem sind noch zu klären. Ein erster Schritt auf dem Weg zum Transportmittel für Langstreckenflüge ist das Projekt ALPHA der Aerospace Innovation GmbH. Der ebenfalls in Fast20XX untersuchte Weltraumflieger soll in einer Flughöhe von 14 Kilometern von einem Airbus A330 aus mit zunächst zwei Passagieren und einem Piloten starten und dann eine Höhe von 100 Kilometern erreichen. Das könnte bereits in diesem Jahrzehnt realisiert werden. Der SpaceLiner, der den Transport von Passagieren und Gütern über Kontinente hinweg übernehmen soll, ist hingegen nicht vor 2050 zu erwarten.

<http://s.DLR.de/c72v>

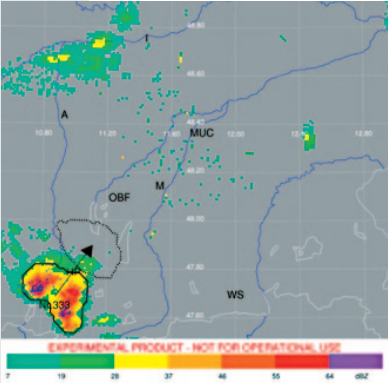


## Dank DLR-Ausgründung über Gewitter genauer im Bilde

Gewitter können gefährlich sein, insbesondere für den Flugverkehr: Sie zwingen Piloten zu Ausweichmanövern, beeinträchtigen An- und Abflugkapazität an Flughäfen oder führen zum Abfertigungsstopp auf dem Flugvorfeld wegen der Gefahr des Blitzeinschlags. Mit Unterstützung des DLR-Technologie-marketings ist mit WxFUSION (Weather Fusion of User Specific Information for Operational Nowcasting) eine Firma gegründet worden, die mit dem neuen Verfahren aus der Flugmeteorologie schnelle und umfassende Entscheidungshilfen gibt.

Um die negativen Auswirkungen von Gewittern auf den Luftverkehr einzudämmen, ist es notwendig, durch Fusion aller zur Verfügung stehenden Daten nutzerspezifische Analysen und Prognosen der gefährlichen Wetterbedingungen zu entwickeln. Dazu verwenden die Wissenschaftler Satelliten- und Radardaten. So lassen sich Gewitter identifizieren, verfolgen und bis zu einer Stunde vorhersagen. Wo Turbulenz, Blitzschlag, Vereisung oder Hagel auftreten können, lässt sich in einem Karten-Objekt darstellen.

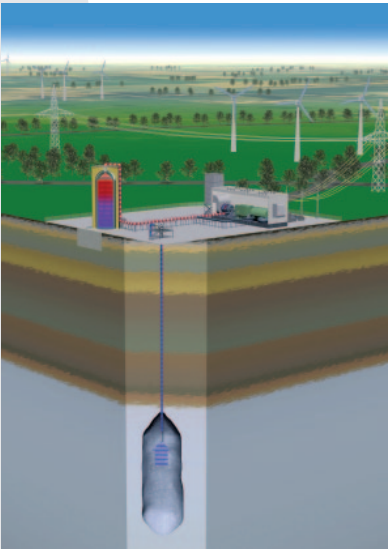
<http://s.DLR.de/gp96>



Gewitterzelle (schwarze Kontur) südwestlich der Seen Ammersee und Starnberger See, detektiert von dem am DLR-Institut für Physik der Atmosphäre entwickelten System „Rad-TRAM“ (Radar Tracking And Monitoring). Die Bewegungsrichtung und die Prognose für 60 Minuten im Voraus ist schwarz strichliert.

## Allianz für wirtschaftliche Druckluftspeicher

Wie kann die schwankende Einspeisung von Wind- und Solarstrom technisch sicher und bezahlbar ausgeglichen werden? Im Projekt ADELE (Adiabater Druckluftspeicher für die Elektrizitätsversorgung) entwickelt RWE Power zusammen mit General Electric, Züblin und dem DLR eine Technik, mit der Strom sicher, effizient und über mehrere Tage gespeichert werden kann. Dazu soll das bisherige Anlagenkonzept von ADELE zusammen mit weiteren Partnern verbessert werden. Denn mit Ausnahme bestehender Pumpspeicher sind alle derzeitigen Speichertechnologien noch nicht wirtschaftlich genug.



Grafische Darstellung der Druckluftspeicherung in einer unterirdischen Kaverne

Doch zentrale wie auch dezentrale Druckluftspeicher könnten zu Zeiten eines hohen Stromangebots Luft komprimieren und die dabei entstehende Wärme in einer unterirdischen Kaverne unter Druck zwischenspeichern. Der Vorgang, bei dem ein System von einem Zustand in einen anderen überführt wird, ohne thermische Energie mit seiner Umgebung auszutauschen, wird als adiabatisch bezeichnet. Bei hohem Strombedarf kann die Druckluft dann unter Rückgewinnung der Wärme zur Stromerzeugung in einer Turbine genutzt werden.

<http://s.DLR.de/6y3x>



### SCHWEBEN MIT SUNITA



<http://tinyurl.com/bq3rqfn>

Video-Tipp: NASA-Astronautin Sunita Williams schwebt durch die Labore der Internationalen Raumstation ISS.

Schlafen, Arbeiten, Ernähren, Ausblicke – die Kommandantin der Expedition ISS 33 (16. September bis 18. November 2012) lässt nichts aus. Bis in den letzten Winkel führt die weibliche Langzeitrekordhalterin (194 Tage, 18 Stunden) die Zuschauer in dem Video. Ihre launigen Erläuterungen, unterstützt durch Mimik und Gestik, machen die Führung zum Vergnügen, auch wenn man die englische Sprache nicht perfekt beherrscht.

### MIT DER RICHTIGEN ABLENKUNG



<http://tinyurl.com/aeoqpkk>

Reisekrankheit – was hilft? Ein gut gemachter ARD-Ratgeber verrät's. Text, Bild, Ton, Video zu der vom Südwestrundfunk produzierten Sendung lassen uns verstehen, warum uns übel wird. Auch am DLR wird zum Thema Reiseübelkeit geforscht ([www.DLR.de/me](http://www.DLR.de/me)). Erstaunlich: Flirten soll helfen (man muss wohl rechtzeitig damit anfangen).

### ALS TANDEM UNTERWEGS



<http://s.DLR.de/04i2>

Hintergründe, technische Daten, Animationen und immer wieder neue, traumhaft schöne Bilder der deutschen Radarsatellitenmission TanDEM-X präsentiert das DLR auf seinen Internet-Seiten.

### STARHILFE-SUCHE



[www.sciencestarter.de](http://www.sciencestarter.de)

Sciencestarter ist die deutschsprachige Plattform zur Suche nach Geldgebern für Projekte aus Wissenschaft, Forschung und Wissenschaftskommunikation. Forscher, Studenten und Wissenschaftskommunikatoren können hier ihre Projekte durch viele einzelne Personen finanzieren lassen. Erstaunlich, was für bemerkenswerte Ideen auf ihre Umsetzung warten ...

### VIDEO: SPACELINER



<http://s.DLR.de/774r>

Mit Hyperschall in 90 Minuten von Europa nach Australien. Wissenschaftler des DLR-Instituts für Raumfahrtssysteme in Bremen stellen in einem Kurzfilm die Vision eines zukünftigen Transportsystems vor.

### INTERAKTIVER RUNDGANG



[www.at-one.aero/pano/ats360](http://www.at-one.aero/pano/ats360)

Bewegen Sie sich via Mausclick durch das ehemalige DLR-Forschungsflugzeug ATTAS. Besuchen Sie das Cockpit, sehen Sie die ehemaligen Arbeitsplätze der Flugversuchingenieure und Piloten. Im Dezember 2012 wurde ATTAS nach 27 Jahren Dienstzeit in das Deutsche Museum München überführt (siehe Seite 40ff.).

### CHRIS' SPACE KITCHEN



<http://bit.ly/15qzz9n>

Astronaut Chris Hadfield zeigt uns in seiner „Space Kitchen“ live, wie man mit ein wenig Honig-Erdnussbutter ein Sandwich im Weltraum zubereitet. Ein witziges Video der kanadischen Weltraumagentur (englisch).





Hinter Glas: Im Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) des DLR in Oberpfaffenhofen stellen Wissenschaftler aktuelle Karten von Satellitenbildern nach Natur- und Umweltkatastrophen bereit.

# Satellitenbilder für den Notfall

Die Bilder sind noch immer präsent: Haushohe Wellen prallen am 11. März 2011 auf die japanische Ostküste und begraben alles unter sich – Menschen, Straßen, Wohnhäuser, Fabriken ... Auslöser dieses Tsunamis ist das mit einer Magnitude von neun bis dato stärkste in Japan aufgezeichnete Erdbeben, das im weiteren Verlauf auch mehrere Kernkraftwerke beschädigt und sogar zerstört. Das Beben ereignet sich um 6:46 Uhr mitteleuropäischer Zeit (14:46 Uhr Ortszeit). Um 6:55 Uhr erhalten DLR-Mitarbeiter des Zentrums für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) in Oberpfaffenhofen vom Geoforschungszentrum Potsdam eine automatische Information per Mail und SMS. Rund 40 Minuten nach dem ersten Beben hat die japanische Regierung die Charter aktiviert, um 9:00 Uhr deutscher Zeit gab es im ZKI die erste Lagebesprechung, da schon zu diesem Zeitpunkt klar war, dass es sich um eine außergewöhnliche Situation handelt.

Das DLR übernimmt von April bis Oktober 2013 den Vorsitz in der International Charter Space and Major Disasters

Von Elisabeth Mittelbach

## Was ist die Charter?

In der International Charter Space and Major Disasters setzen sich 15 Raumfahrtagenturen weltweit für eine schnelle und unbürokratische Hilfe bei Naturkatastrophen und technischen Großunfällen ein. Wird die Charter beispielsweise bei einem Erdbeben, einer großflächigen Überschwemmung oder einem verheerenden Waldbrand aktiviert, stellen die Mitglieder schnellstmöglich Aufnahmen von Erdbeobachtungssatelliten zur Verfügung. Diese geben Rettungskräften und Katastrophenschutzbehörden Informationen über das Ausmaß der Schäden und Orientierung bei der Koordination der Hilfeinsätze vor Ort. Das DLR ist seit Oktober 2010 offizielles Mitglied der Charter und hat von April bis Oktober 2013 erstmals den Vorsitz inne.

Dr. Tobias Schneiderhan vom ZKI erinnert sich an den Tsunami-Einsatz, als wäre es gestern gewesen: „Nach der Aktivierung der Charter haben wir umgehend den deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X programmiert. Auf Basis der so gewonnenen Daten konnten dann die ersten Schadensanalysen durchgeführt werden.“

Der Geograf, der die technisch-operativen Aktivitäten des DLR im Rahmen der Charter in Oberpfaffenhofen steuert, arbeitet fallweise als Einsatzkoordinator – kurz ECO (Emergency On-Call Officer) oder Projektmanager im ZKI, dem auf schnelle Kriseninformation spezialisierten Zentrum, das zum Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum des DLR gehört. Die ZKI-Schaltzentrale ist durch Glasfronten einsehbar: zwei Großraumbüros mit Rechnern, Monitoren und einer großen Bildschirmwand. Sie ist ähnlich aufgebaut wie ein Kontrollraum für Satelliten. „Aufnahmen der deutschen Satelliten TerraSAR-X und RapidEye haben das ganze Ausmaß der Katastrophe in Japan verdeutlicht“, berichtet Dr. Stefan Voigt, der seit dem Jahr 2000 beim Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum arbeitet und die satellitengestützte Katastrophenhilfe im DLR konzeptionell und operativ



mit aufgebaut hat. „Wird die Charter bei einem Katastrophenfall ausgelöst, werden unsere Satelliten ad hoc programmiert oder umprogrammiert und auf das betroffene Gebiet ausgerichtet“, erklärt der DLR-Wissenschaftler. Dazu nutzt der verantwortliche Datenmanager im ZKI die DLR-Bodenstation im oberbayerischen Weilheim. Über sie werden die Datenbefehle zum Satelliten gesendet.

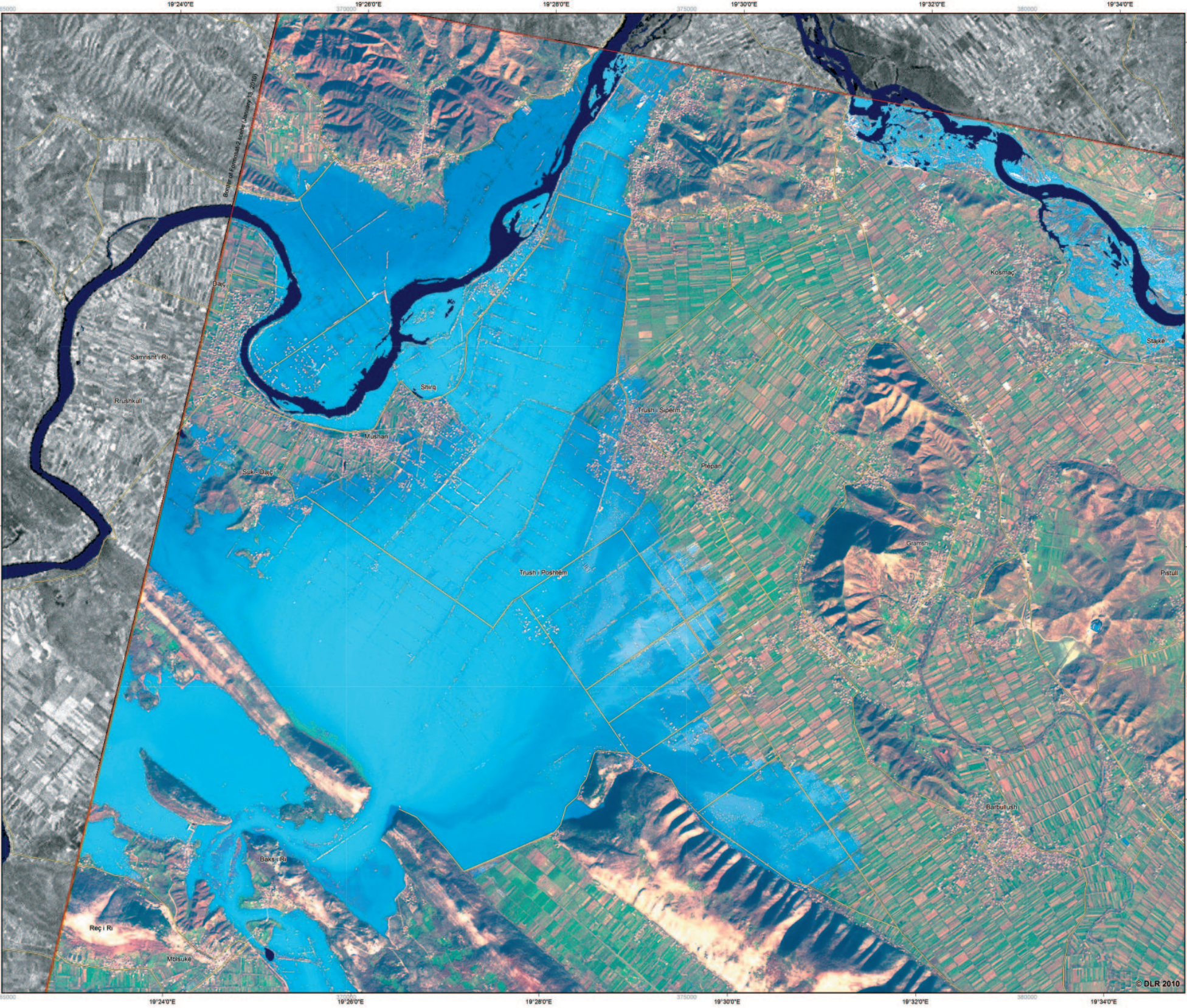
Die dann aufgenommenen Satellitenbilder werden über die DLR-Bodenstation in Neustrelitz (Mecklenburg-Vorpommern) empfangen, ans ZKI weitergeleitet und von dort an den jeweils aktiven Projektmanager übermittelt. Dieser stellt die Auswertung und „Veredelung“ der Bilder zu thematischen Kartenprodukten sicher. Denn mit den Rohdaten können manche Hilfsorganisationen oder andere Endnutzer nicht arbeiten. Bei der Veredelung werden die Satellitenbilder analysiert, die krisenrelevanten Informationen aus den Daten extrahiert und in Karten umgewandelt. Diese können vom Nutzer einfacher gelesen werden: Informationen, beispielsweise zum Schadensausmaß oder zu möglichen Transportwegen, lassen sich auf einen Blick erfassen. Die DLR-Wissenschaftler haben viele Charter-Einsätze auch mit Auswertungsarbeiten vom ZKI unterstützt. „Der Vorteil der Satellitendaten liegt in der großflächigen Erfassung der Schadenssituation. Gleichzeitig können wir Details mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 50 Zentimetern kartieren“, verdeutlicht Stefan Voigt den besonderen Nutzen der Satellitendaten. So ließ sich anhand der Karten beispielsweise erkennen, dass der Tsunami in Japan stellenweise vier bis fünf Kilometer ins Inland vorgedrungen war. Wichtige Informationen für die Helfer vor Ort wie Schäden an Straßen, Brücken, Gebäuden und Infrastruktur-Einrichtungen wurden so sichtbar.

Im Herbst 2012 wurde die Charter unter anderem beim Hurrikan „Sandy“ aktiviert. Beim Sturm „Evan“, der Mitte Dezember 2012 auf den Fiji-Inseln wütete, wurden ebenfalls Daten des deutschen Satelliten TerraSAR-X bestellt. In diesem Fall hat das DLR auch die ECO-Rolle übernommen: Einsatzkoordinator Tobias Schneiderhan forderte schnellstmöglich geeignete Daten bei den verschiedenen Charter-Mitgliedsagenturen an. Der diensthabende ECO ist jeweils eine Woche lang in ständiger Rufbereitschaft und trifft als erster beteiligter Fachmann unmittelbar nach dem Eingang eines Notrufs wichtige Entscheidungen. Der ECO-Dienst wird im Wechsel von den Partnern in der Charter wahrgenommen.

„Ausgelöst wurde die Charter auch in diesem Fall durch den ‚Hilferuf‘ eines autorisierten Nutzers“, schildert der DLR-Wissenschaftler. Dieser füllt ein Formular aus und schickt es an den sogenannten ODO (On-Duty Operator). Diese Aufgabe wird von Mitarbeitern der Europäischen Weltraumorganisation ESA im Schichtdienst ausgeführt. Der „ODO“ prüft die Anfrage formal und leitet sie dann an den „ECO“ weiter. „Der ECO ist der fachliche Ersthelfer in den ersten drei Stunden“, erläutert Schneiderhan. Er stellt die nächstmögliche Aufnahme des betroffenen Gebiets durch Charter-Satelliten sicher – danach wird der Einsatz an einen Projektmanager weitergegeben, der für die weitere Koordination bis zu zwei Wochen lang zuständig ist. Tobias Schneiderhan: „Wir vergleichen den Projektmanager gerne mit einem Dirigenten: Er ist die zentrale Schnittstelle zu den Mitgliedsagenturen, zum Endnutzer und zu den Fachleuten, die die Bildanalysen und Kartenprodukte aus den Satellitenbildern erstellen. Er dokumentiert den gesamten Prozess und kann bei Bedarf weitere Daten nachordern – je nachdem, wie sich die Situation im Katastrophengebiet entwickelt.“ ●

Weitere Informationen:

Charter Website: <http://www.disasterscharter.org>  
Charter-Unterseite zu Universal Access <http://bit.ly/Y7i1hp>  
ZKI <http://www.zki.dlr.de/de>  
TSX <http://s.DLR.de/u9ev>  
TDX <http://s.DLR.de/04i2>  
RapidEye <http://www.rapideye.com/>



Charter Call ID 206  
Glide No FL-2009-00266-ALB  
Product n°07

**ALBANIA - South of Shkoder - Sheet 1**  
**Flood extent based on FORMOSAT**  
**Situation as of January 13, 2010**  
Scale 1:25,000

**Location Diagrams**  
  
Legend  
  
**Interpretation**  
Heavy rainfall and unusually warm weather have caused flooding in the northwestern regions of Albania since January 4, 2010. The map shows the post-event water extents and moist areas around Shkoder as detected on a FORMOSAT-2 scene of January 13, 2010 and a pre-event water extent of April 20, 2009 derived by TerraSAR-X radar data. As backdrop the FORMOSAT-2 and a LANDSAT-7 image acquired on June 16, 2002 were used. Streets have been digitized on the basis of the FORMOSAT image and do not represent the complete road network.

**Cartographic Information**  
0 500 1.000 1.500 2.000 2.500 Meters  
Local projection: UTM Zone 34 North, Datum: WGS 84  
Geographic projection: Lat/Lon (DMS), Datum: WGS 84  
Scale: 1:25,000 for A1 prints  
**Data Sources**  
FORMOSAT-2 © CNES 2010  
TerraSAR-X © German Aerospace Center (DLR) 2010  
Infoterra GmbH Commercial exploitation rights:  
LANDSAT-7 © USGS 2002  
Vector data © OpenStreetMap 2010, Wikimapia 2010  
**Framework**  
The products elaborated for this Rapid Mapping Activity are realized to the best of our ability, within a very short time frame, during a crisis, optimising the material available. All geographic information has limitations due to the scale, resolution, date and interpretation of the original source materials. No liability concerning the content or the use thereof is assumed by the producer.  
The ZKI crisis maps are constantly updated. Please make sure to visit <http://www.zki.dlr.de> for the latest version of this product.  
Map produced on January 14, 2010 by ZKI  
© DLR 2010  
[zki@dlr.de](mailto:zki@dlr.de)  
<http://www.zki.dlr.de>  
  
**Center for Satellite Based Crisis Information**  
– Emergency Mapping & Disaster Monitoring –

Im Januar 2010 war der Balkan von massiven Niederschlägen betroffen, die zu weitreichenden Überschwemmungen führten. Auf der FORMOSAT-2 Szene, die am 13. Januar 2010 aufgenommen wurde, sieht man das Gebiet um Shkoder, das vom Hochwasser besonders heimgesucht wurde. In Dunkelblau ist der normale Flusslauf zu erkennen, in Hellblau sind die Überschwemmungsflächen dargestellt.

Mitglieder der Internationalen Charter Space and Major Disasters

- European Space Agency (ESA)
  - Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)
  - Canadian Space Agency (CSA)
  - Indian Space Research Organisation (ISRO)
  - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
  - Argentina's Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)
  - Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)
  - U.S. Geological Survey (USGS)
- UK Space Agency (UKSA) + DMC International Imaging (DMCii)
  - China National Space Administration (CNSA)
  - German Aerospace Center (DLR)
  - Korea Aerospace Research Institute (KARI)
  - National Institute for Space Research (INPE)
  - European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT)
  - Roskosmos (Russian Federal Space Agency)









Brandneu: die Anlage zur Herstellung von Faserkeramik im CeraStorE

# Drei unter einem Dach

Die erneuerbaren Energien haben das Zeug zu einem guten Investitions-Tipp: Sie sind gratis, haben ein enormes Energiepotenzial, produzieren dabei kein klimaschädliches Kohlendioxid und könnten den gesamten Bedarf der Menschheit an Strom und Wärme decken. – Der Schlüssel, um erneuerbare Energien zugänglich zu machen und die fossilen Energietechniken besser zu nutzen, sind Speichertechnologien und effizientere Gaskraftwerke. Wissenschaftler verschiedener DLR-Institute forschen seit Langem daran, seit diesem Frühjahr unter einem Dach.

## Im CeraStorE wird für neue Energiekonzepte geforscht – unter besten Bedingungen

Von Michel Winand

Seit März 2013 läuft der Forschungsbetrieb im neuen Forschungsgebäude CeraStorE® in Köln. Das Kunstwort „CeraStorE“ weist auf den Zweck hin: Es ist als Kompetenzzentrum für keramische Materialien und thermische Speichertechnologien in der Energieforschung gedacht: CERAmics, STORage, Energy (Competence Center for Ceramic Materials and Thermal Storage Technologies in Energy Research). Eine Stärke von CeraStorE wird interdisziplinäres Arbeiten sein. Dafür ist das Haus wie gemacht. Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen tragen ihr spezifisches Wissen zur Entwicklung neuer Konzepte bei und suchen Antworten auf ungelöste Fragen. So bringen die Mitarbeiter des DLR-Instituts für Solarforschung beispielsweise ihre Erfahrungen auf dem Gebiet der solaren Verfahrenstechnik ein, während die Kolleginnen und Kollegen des Instituts für Werkstoff-Forschung die passenden Materialien für Speicher und die Effizienzsteigerung von Verbrennungsprozessen entwickeln. Das Speichern der Energie ist wiederum das Fachgebiet des Instituts für Technische Thermodynamik.

Kurze Wege und engere Zusammenarbeit sind ein Vorteil des neuen Forschungsgebäudes. Auf einer Grundfläche von 1.032 Quadratmetern steht nun deutlich mehr Platz für Labore und Testanlagen zur Verfügung als in den einzelnen Institutsgebäuden. Manche Anlagen werden auch gemeinsam genutzt, was Kosten spart und weitere Synergien mit sich bringt. So wird beispielsweise von allen drei Instituten an neuen Verfahren zu umkehrbaren thermischen Reaktionen geforscht. Diese Metall-oxid-Reduktions- und Oxidations-Reaktionen spielen eine wichtige Rolle bei der Wärmespeicherung und in thermochemischen Kreisläufen.

### Forschung bis nah ans Produkt

Die viel gescholtene Forschung im Elfenbeinturm wird es im CeraStorE nicht geben: Die Forschung richtet sich von vornherein auf eine industrielle Anwendung. Dies bedeutet, dass die Versuche nicht auf den Labormaßstab beschränkt sind, sondern die Entwicklungen bis hin zu industriell verwertbaren Prototypen fortgeführt werden. Partner aus der Industrie werden frühzeitig in Projekte eingebunden und können so wichtige Rückmeldungen über die speziellen Anforderungen der Produktion oder auch des Marktes geben.

Damit Technologien auf dem Sektor der erneuerbaren Energien konkurrenzfähig sind, müssen sie hohe Wirkungsgrade aufweisen. Ein überzeugender Aspekt, zum Beispiel bei der Solarthermie, besteht in der Flexibilität und Vielseitigkeit dieser Technologie. Das Prinzip, das der solarthermischen Energieerzeu-

gung zugrunde liegt, ist die konzentrierende Solarenergie (CSP; concentrating solar power). Mit Hilfe von Spiegeln werden die Sonnenstrahlen verstärkt und auf einen Punkt fokussiert. Wer schon einmal bei Sonne mit Lupe und Papier experimentiert hat, weiß: Am Konzentrationspunkt der Strahlen entstehen hohe Temperaturen. Diese können unterschiedlich genutzt werden, beispielsweise um Wasser zu verdampfen. Der Dampf treibt eine Turbine an, diese wiederum einen Generator, der schließlich Strom erzeugt. Die Wärme kann auch in Materialien wie Beton, Keramik oder Salzschnmelze gespeichert werden und auf diese Weise den Betrieb eines Solarturmkraftwerks in den Nachtstunden sicherstellen und Schwankungen im Stromnetz abfangen.

### Alternative Brennstoffe

Die Solarforscher im DLR entwickeln und verbessern Kraftwerke, in denen der Strom mit Hilfe von konzentrierten Sonnenstrahlen erzeugt wird. Die durch Konzentration gewonnene Wärmeenergie kann aber auch anders genutzt werden, beispielsweise zum Betrieb von Meerwasser-Entsalzungsanlagen oder um chemische Prozesse bei der Herstellung von synthetischen Brennstoffen abzulösen. Die chemischen Reaktionen, mit denen sich synthetische Brennstoffe herstellen lassen, sind daher auch Thema der Solarforscher im CeraStorE. Um solche Brennstoffe direkt aus Kohlenstoffdioxid oder Wasser herzustellen, sind allerdings Temperaturen von mehr als 2.000 Grad Celsius erforderlich. Derart hohe Temperaturen stellen enorme Ansprüche an Werkstoffe und Materialien. Deshalb wollen die Forscher diese Prozesse bei deutlich niedrigeren Temperaturen realisieren. Dazu werden alternative thermochemische Methoden getestet



CeraStorE im DLR Köln: über tausend Quadratmeter Platz für die Energieforschung



und bewertet. Diese beruhen auf der Verwendung spezieller Metalloxide, die zunächst mit Hilfe von Solarwärme reduziert und in einem weiteren Schritt durch Wasser oxidiert werden. Dadurch wird Wasserstoff erzeugt und das Metalloxid wird über viele Zyklen wiederverwendet.

Bei diesem Prozess arbeiten Solarforscher und Werkstoff-Forscher eng zusammen. In einer Verfahrensvariante wird der Wasserdampf durch einen auf über 800 Grad Celsius solar erhitzten, porösen keramischen Körper geleitet, der mit aktivem Metalloxid beschichtet ist. Die Wasserspaltung findet in und an der Oberfläche dieses porösen Körpers statt. Die für die Beschichtung verwendeten Metalloxide sowie die Beschichtungstechnik werden durch Wissenschaftler der Werkstoff-Forschung und Solarforschung in gemeinsamen Projekten entwickelt und getestet.

#### Mehr Effizienz durch höhere Temperaturen in der Brennkammer

Obwohl die stärkere Nutzung erneuerbarer Energien erklärtes Ziel der Energiewende ist, wird die konventionelle Kraftwerkstechnik auf absehbare Zeit nicht komplett ersetzt werden können. Allerdings ändern sich die Anforderungen an fossil befeuerte Kraftwerksanlagen grundlegend. Während die Grundlastversorgung zunehmend durch einen Energiemix aus Wind, Sonne, Biomasse, Wasserkraft und Geothermie realisiert wird, werden kurzfristige Bedarfsspitzen vorerst durch die klassische Kraftwerkstechnik gedeckt werden müssen. Effiziente Technologien wie die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung und moderne Gasturbinen können dies leisten.

In fossilen Kraftwerken tragen keramische Beschichtungen und Faserkeramiken zu einer effizienteren und zugleich umweltverträglicheren Stromerzeugung bei. Dank hitzebeständiger Keramikbeschichtungen kann die Temperatur in den Brennkammern von Gasturbinen gesteigert werden. Auch die Stromausbeute ist dadurch höher und der Ausstoß von Schadstoffen wird

durch eine saubere Verbrennung verringert. Die am Institut für Werkstoff-Forschung entwickelte Faserkeramik WHIPOX® (Wound highly porous oxide) wird seit Jahren in diesem Bereich erfolgreich verwendet und im CeraStorE weiterentwickelt.

#### Effektive Speichertechnologien für Wärme

Eine weitere Möglichkeit, um die solar oder auch industriell erzeugte Wärme flexibel zu nutzen, ist die Speicherung der Wärme in einem anderen Medium. Als Wärmeträger und Wärmespeicher werden neben thermischen Ölen zunehmend Flüssigsalze eingesetzt. Diese Technik wird bereits erfolgreich in kommerziell betriebenen Solarkraftwerken verwendet. Die Wissenschaftler des DLR-Instituts für Technische Thermodynamik arbeiten unter anderem daran, dieses erfolgreiche Prinzip weiter zu verfeinern und auch bei fossilen Kraftwerken anzuwenden. So forschen sie an alternativen Konzepten für die Flüssigsalztanks und untersuchen neue Salzkomponenten wie auch Solar-Receiver-Rohre unter extremen Einsatzbedingungen in einer Großanlage. Zudem versuchen sie, den Temperaturbereich von derzeit rund 560 auf bis zu 700 Grad Celsius zu erhöhen. Da das Salz im geschmolzenen Zustand genutzt wird, ist es außerdem von Interesse, den Erstarrungspunkt auf unter 140 Grad Celsius zu senken. Mit der Salzspeichertechnik ist es derzeit schon möglich, die Turbinen von Solarturmkraftwerken zusätzlich täglich rund siebeneinhalb Stunden zu betreiben. Zusammen mit der Speicherzeit wird so zumindest zwischen März und September ein nahezu 24-stündiger Kraftwerksbetrieb möglich. Die Speichertechnik mit flüssigen Salzen eignet sich somit insbesondere für tägliche Be- und Entladevorgänge.

Thermochemische Speicher haben verschiedene Vorteile. Beispielsweise kann in ihnen die Wärme über deutlich längere Zeiträume hinweg gespeichert werden. In thermochemischen Speichern wird die Wärmeenergie durch das Trennen von mindestens zwei chemischen Stoffen voneinander aufgenommen beziehungsweise bei deren Reaktion wieder freigesetzt. Kalk bildet in diesem Zusammenhang im CeraStorE einen Schwerpunkt:

In einer Anlage zur chemischen Wärmespeicherung mittels reversibler Gas/Feststoffreaktionen wird die chemische Reaktion zwischen gebranntem Kalk (Calciumoxid, CaO) und gelöschtem Kalk (Calciumhydroxid, Ca(OH)<sub>2</sub>) bei Temperaturen zwischen 400 und 600 Grad Celsius eingesetzt. Wird Wasserdampf durch das sogenannte „Reaktionsmaterial“, in diesem Falle Kalk, geleitet, so lässt sich der Prozess umkehren und von Neuem starten. Das kostengünstige und in großen Mengen verfügbare Material kann auf diese Weise über viele tausend Zyklen wiederverwendet werden. Indem die Forscher unterschiedliche Reaktionsmaterialien und -systeme verwenden, können sie eine Temperaturspanne von 100 bis 1.000 Grad Celsius abdecken. Dies ermöglicht den „maßgeschneiderten“ Einsatz, sowohl bei der Nutzung industrieller Abwärme als auch in gängigen Kraftwerkstypen, und zwar ebenso solchen auf Basis fossiler Brennstoffe wie auf Basis erneuerbarer Energien.

#### Viele Wege, ein Ziel

Im CeraStorE werden unterschiedliche Wege beschritten, die allesamt auf das gleiche Ziel zulaufen: die Nutzung erneuerbarer Energien nachhaltig und wirtschaftlich mitzugestalten und die Abhängigkeit von umweltschädlichen und nur endlich vorhandenen Energien zu verringern. Genauso wie Wasserkraft, Solarenergie, Windkraft und Biomasse bei der Energiewende zusammenspielen und sich ergänzen, so ergänzen sich auch die DLR-Institute für Solarforschung, Technische Thermodynamik und Werkstoff-Forschung in ihrem neuen Domizil. ●

#### Weitere Informationen:



[www.DLR.de/WF](http://www.DLR.de/WF)  
[www.DLR.de/SF](http://www.DLR.de/SF)  
[www.DLR.de/TT](http://www.DLR.de/TT)



Wickelanlage zur Herstellung von Bauteilen aus Faserkeramik (oben) und Sichtprüfung eines Bauteils für Hochtemperaturanwendungen



Thermochemische Wärmespeicherung mit der CWS-Anlage

Bachelorstudentin Tijana Paraknewitz mit einem Metalloxid-Pellet. Die Pellets werden bei der Erzeugung von Wasserstoff eingesetzt.



# Drei Fragen zu CeraStorE an ...

Welchen Forschungsthemen widmet sich Ihr Institut im neuen CeraStorE?

Wir entwickeln Schlüsselkomponenten für die konzentrierende Solartechnik. Ganz besonders geht es dabei um die Herstellung von Brennstoffen wie Wasserstoff oder Synthesegas durch die Nutzung von Sonnenlicht.



Dr. rer. nat. Martin Roeb,  
DLR-Institut für Solarforschung

Welche Möglichkeiten bietet Ihnen das Gebäude mit seiner Infrastruktur?

CeraStorE ist sehr gut auf die Bedürfnisse im Bereich der solaren Verfahrenstechnik abgestimmt. Große Laborflächen und Technika mit speziell entwickelten Testständen erlauben es, einen großen Bereich der Entwicklung, von grundlegenden Materialfragestellungen bis hin zu Tests im Pilotmaßstab, abzudecken.

Was sind die Stärken eines solchen Gemeinschaftsprojekts verschiedener Institute?

Die Kombination der Denkweisen, Methoden und Instrumente der Verfahrenstechnik mit denen der Werkstoffforschung hilft ganz enorm. So können wir Materialien und Komponenten besser identifizieren, mit denen sich solarthermische Prozesse flexibler und kostengünstiger gestalten lassen und solare Brennstoffe damit auch näher an die großtechnische Umsetzung heranbringen.



Dr.-Ing. Antje Wörner,  
DLR-Institut für Technische Thermodynamik

Wir untersuchen neue Konzepte für Tanks zur Flüssigsalzspeicherung mit einem erweiterten Temperaturbereich. Zudem entwickeln wir thermochemische Energiespeicher weiter, sie sollen in der solaren Kraftwerkstechnik eingesetzt werden und auch industrielle Prozesswärme speichern.

In dem neuen Gebäude können wir thermochemische Wärmespeicher und Flüssigsalzspeicher für solarthermische Kraftwerke testen, und zwar in einer Größenordnung, die wir so vorher nicht realisieren konnten. Gleichzeitig entwickeln und charakterisieren wir in den gemeinsam genutzten Laboren neue Speichermaterialien.

Im CeraStorE können wir unsere thermischen Energiespeicher und Speichermaterialien Hand in Hand entwickeln. Die spätere Anwendung im Solarkraftwerk kann dabei von Anfang an berücksichtigt werden. Die daraus entstehenden Ideen lassen sich durch den ständigen direkten Austausch zwischen den beteiligten Wissenschaftlern in Lösungen umsetzen.



Prof. Dr.-Ing. Stefan Reh,  
DLR-Institut für Werkstoffforschung

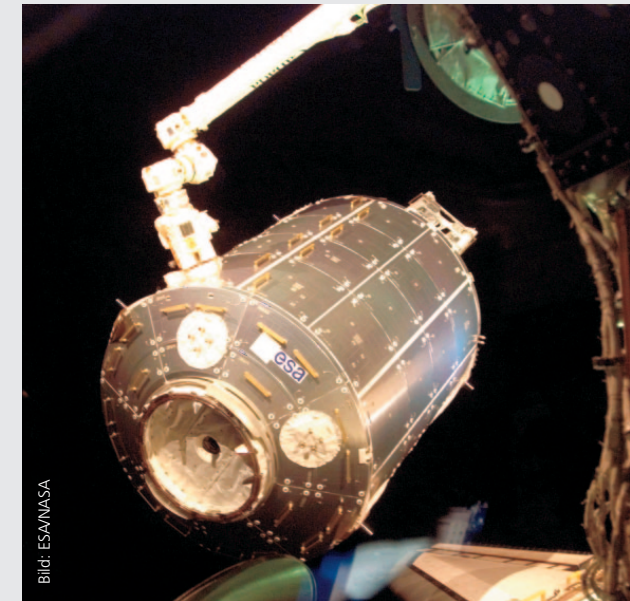
Wir forschen an zwei Schwerpunktthemen: faserverstärkte Keramikwerkstoffe und funktionelle Keramiken. Mit den faserverstärkten Keramikwerkstoffen können wir den Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung steigern und auch die Schadstoffemissionen deutlich senken. Unsere Funktionskeramiken lassen sich beispielsweise für thermochemische Speicherkonzepte nutzen oder zur thermochemischen Herstellung von Wasserstoff. Dieser steht dann als Energiespeichermedium zur Verfügung und kann zur Stromerzeugung eingesetzt oder als Energiequelle auch in Mobilitätskonzepten für die Zukunft eine Rolle spielen.

Wir können nun existierendes Werkstoff-Know-how vom Labormaßstab hin zu industriellen Werkstoff-Herstellungsprozessen überführen und damit Werkstoffe näher zum industriellen Einsatz bringen. Dank der Größe des Gebäudes haben wir den Raum, um auch größere Prototypen herzustellen.

Durch die Vernetzung mit den Instituten für Technische Thermodynamik und Solarforschung haben wir Zugang zu den Anwendungen der Werkstoffe in der Praxis. Wir können nicht nur neue Werkstoffe entwickeln, sondern sie unter realistischen Bedingungen testen. Dies bedeutet einen unschätzbaren Erfahrungsgewinn: Wir lassen dieses Know-how wieder in die Werkstoff- oder Verfahrensentwicklung einfließen, um die Werkstoffe für den praktischen Einsatz fit zu machen.

## Meldungen

### Forschungsmodul Columbus seit mehr als fünf Jahren im All



Der Roboterarm der ISS lud am 11. Februar 2008 das Raumlabor Columbus aus der Ladebucht der Raumfähre Atlantis

Von außen sieht es aus wie eine glänzend polierte Tonne, im Inneren enthält es jede Menge Möglichkeiten für wissenschaftliches Arbeiten in der Schwerelosigkeit – das europäische Forschungsmodul Columbus. Seit fünf Jahren fliegt es an der Internationalen Raumstation ISS durch das Weltall. Betrieben und überwacht wird es aus dem Columbus-Kontrollzentrum im Deutschen Raumfahrt-Kontrollzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen.

Wie funktioniert der Knochen- und Muskelabbau des Menschen? Wie reagieren Pflanzen auf die Schwerelosigkeit? Welche Eigenschaften haben Kristalle? Wie verhält sich die Strömung im Erdinneren? – Seit dem Start von Columbus am 7. Februar 2008 laufen in dem Weltraumlabor Experimente aus den verschiedensten Bereichen: Gravitationsbiologie, Strahlen- und Astrobiologie, Humanphysiologie oder auch Materialphysik. Die Experimente an Bord werden aus verschiedenen Kontrollzentren in Europa gesteuert – wie zum Beispiel dem MUSC, dem Nutzerzentrum für Weltraumexperimente am DLR Köln. Von dort aus führen die Wissenschaftler ihre Versuche im Biolab an Bord des Forschungsmoduls Columbus durch. Das Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen wartet das Modul und ermöglicht den Experimentbetrieb.



<http://s.DLR.de/cjr6>

### Sicherer Helicopter-Flug auch bei Nebel

Für Rettungseinsätze auch bei ungünstigen Wetterbedingungen hat das DLR ein Helmdisplay entwickelt. Damit können die Hubschrauberpiloten selbst bei dichtem Nebel sicher fliegen. Im Testflug hat das Sichtsystem beim Durchfliegen eines Versuchsparcours seine volle Einsatzfähigkeit gezeigt.

Der Vorteil des neu entwickelten Helmdisplays: Der Hubschrauberpilot bekommt die Informationen über halbtransparente Symbole direkt in sein Sichtfeld eingeblendet. Diese werden abhängig von der Blickrichtung des Piloten so angeordnet, dass sie mit den realen Objekten in der Außensicht übereinstimmen. Wenn der Pilot beispielsweise im Nebel landet, kann er gefährliche Hindernisse wie Strommasten oder Windräder unmittelbar erkennen. Zudem werden die wesentlichen Flugdaten wie Höhe, Geschwindigkeit, Flugrichtung und Lage im Raum eingeblendet. Bisherige Anzeige-Instrumente zwingen den Piloten im ständigen Blickwechsel zwischen Außenwelt und Geräten zu fliegen. Landungen bei schlechten Sichtbedingungen sind so nicht sicher durchführbar.

Testpiloten des DLR, der schweizerischen Rettungsflugschwärme (Rega) und von Eurocopter führten Erprobungsflüge mit dem DLR-Forschungshubschrauber EC-135 FHS durch. Dabei testeten sie das System in Hinblick auf präzise Starts und Landungen, bei Schwebeflügen über einem eng begrenzten Bereich, bei verschiedenen Kurvenflügen sowie Streckenflügen mit unterschiedlichen Fluggeschwindigkeiten.



<http://s.DLR.de/44kp>

Das neue Helmet Mounted Display (HMD) im generischen Cockpit-Simulator des DLR-Instituts für Flugführung. Ein am Helm befestigtes Display gibt dem Piloten wichtige Flugführungsinformationen für einen sicheren Einsatz.





# Zum Zerreißen gespannt

Irgendwann ist es zu viel: Fünf-, zehn- oder auch 20-mal lässt sich die Büroklammer biegen. Beim 21. Mal ist sie es leid und bricht scheinbar plötzlich. Ein typischer Fall von Werkstoffermüdung. Zunächst, mit bloßem Auge meist nicht erkennbar, laufen in der Mikrostruktur Prozesse ab, die zu lokalen Schädigungen im Werkstoff führen. Bei wiederholter Belastung bildet sich schließlich ein erkennbarer Riss. Dieser breitet sich unter der zyklischen Lasteinwirkung aus und führt letztendlich zum Versagen des Werkstoffs. Katastrophal, wenn es ein Werkstoff ist, aus dem Wichtigeres als eine Büroklammer gefertigt ist. Ein Flugzeugrumpf zum Beispiel. Da hat Werkstoffermüdung noch ganz andere Dimensionen. Im DLR-Institut für Werkstoff-Forschung befassen sich Wissenschaftler und Ingenieure mit biaxialen Belastungstests.

## Rissausbreitung unter biaxialer Belastung

Von Dr.-Ing. Michael Besel

In der traditionellen Werkstoffprüfung wird das mechanische Verhalten der Werkstoffe meist unter einachsiger Belastung untersucht. Häufig entspricht das aber nicht der Realität. Beispielsweise werden viele Teile eines Flugzeugrumpfs in zwei Richtungen gleichzeitig belastet. Im Werkstoff liegt dann ein sogenannter biaxialer Spannungszustand vor. Um neue metallische Werkstoffe hinsichtlich ihrer Eignung für den Flugzeugrumpf von morgen zu bewerten, werden am DLR-Institut für Werkstoff-Forschung in Köln daher biaxiale Versuche durchgeführt.

Ein Flugzeugrumpf ist vielfältigen Belastungen ausgesetzt. Einige davon sind eher zufälliger Natur, beispielsweise Windböen. Andere hingegen sind planbar oder regelmäßig, wie das Einwirken des relativ hohen Kabineninnendrucks im Reiseflug. Um den Einfluss solcher Lasten auf moderne Rumpfwerkstoffe systematisch zu untersuchen, nutzen die Kölner Wissenschaftler und Techniker eine biaxiale Prüfeinrichtung. Diese besteht aus vier Hydraulikzylindern, wobei zwei davon jeweils über vier Stahlsäulen gegeneinander abgestützt sind. Der Lasteinleitungsaufbau ist über Kreuz angelegt, sodass die im Zentrum der Anlage eingespannte, meist kreuzförmige Probe in zwei Richtungen belastet wird.

Mit Hilfe modernster Mess- und Regelungstechnik lassen sich die benötigten Prüflasten (Kräfte und Verschiebungen) sehr genau einstellen. Die Anlage kann sowohl in Zug- wie auch in Druckrichtung bis zu 1.000 Kilonewton aufbringen – das entspricht ungefähr dem Gewicht von 75 VW Golf. Um das Phänomen der Ermüdung experimentell untersuchen zu können, lassen sich die Lasten mit bis zu 20 Hertz variieren, das heißt bis zu 20-mal pro Sekunde kann die Last angehoben und wieder abgesenkt werden.

Neben der Frage, ob der Rumpf hält oder nicht, geht es bei allen Untersuchungen immer auch darum, festzustellen, wo und warum die Risse auftreten, und mit welcher Geschwindigkeit sie sich ausbreiten. Erst dieses Detailwissen ermöglicht es, Werkstoffe und Konstruktionen zu optimieren sowie sinnvolle Inspektions- und Wartungsintervalle zu definieren. Bereits bei Versuchsbeginn liefert die optische Dehnungsmesstechnik Hinweise darauf, wo die Risse später im Versuch erwartet werden. Die im Bild rechts gezeigte Kreuzprobe hat in ihrer Mitte einen Fensterausschnitt, wie er in modernen Kurz- und Mittelstreckenflugzeugen üblich ist. Auch die Belastungen werden so gewählt, dass sie die charakteristischen Verhältnisse in einem Rumpf unter Innendruck widerspiegeln. Früher oder später kommt es zur Rissinitiation in den roten Bereichen. Bei der anschließenden Rissausbreitung erlaubt

die optische Dehnungsmessung eine quantitative Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen Risspitze und anderen Strukturelementen, wie Stringer oder Spant.

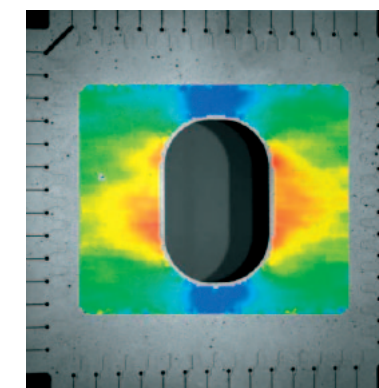
Während die gewählten Prüflasten die Realität möglichst genau nachbilden, ist das Experiment deutlich „schneller“ als die Wirklichkeit. Im Falle des Flugzeugrumpfs bedeutet dies, dass der Einfluss des Kabineninnendrucks während einer angenommenen 40-jährigen Lebensdauer eines Langstreckenflugzeugs im Experiment innerhalb weniger Stunden abgebildet werden kann. Solche Untersuchungen werden derzeit im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms LuFo IV-4 des Bundeswirtschaftsministeriums gefördert. Dabei geht es primär um die Frage, wie sich biaxiale Beanspruchungen auf das Ermüdungsverhalten innovativer reibrührgeschweißter Strukturen auswirken. Das Fügen mittels Reibrührschweißen (engl. Friction Stir Welding, FSW) wird dabei auf seine Einsatztauglichkeit für metallische Rumpfstrukturen aus neuartigen Aluminiumlegierungen geprüft. ●

### Autor:

Dr.-Ing. Michael Besel leitet im Institut für Werkstoff-Forschung des DLR in Köln die Gruppe Metallische Werkstoffe und Strukturen.



Weitere Informationen:  
[www.DLR.de/wf](http://www.DLR.de/wf)



Zerreißprobe: In vertikaler Richtung ist die Last doppelt so hoch wie in horizontaler Richtung. Blaue Bereiche sind in der gewählten Darstellung schwach und rote Bereiche stark gedehnt, das heißt beansprucht. Folglich wird die Rissinitiation mit zunehmender Anzahl an Lastzyklen in den roten Bereichen erwartet.

Belastungstests in zwei Richtungen erlaubt diese moderne Prüfeinrichtung im DLR-Institut für Werkstoff-Forschung



# Segeltour durch den Weltraum

Wenn Segelschiffe nur vom Wind angetrieben über das Wasser gleiten, sieht das nicht nur elegant aus, sondern ist auch extrem effektiv. Im Weltall fehlt der Wind – dafür gibt es aber eine Antriebskraft, die rund um die Uhr 365 Tage im Jahr vorhanden ist: die Sonne. Deshalb sollen in Zukunft Sonden mit großen Sonnensegeln auf ihre Mission fliegen. Langsam, aber stetig schneller werdend und ohne den Ballast eines Treibstofftanks. Das Ziel: die unendlichen Weiten des Weltraums bis zur Grenze unseres Sonnensystems und darüber hinaus. Oder auch die Pole der Sonne. Regionen, die mit bisherigen Antrieben nicht oder nur schwer zugänglich sind. Wissenschaftler des Instituts für Raumfahrtssysteme in Bremen und des Instituts für Faserverbundleichtbau und Adaptronik in Braunschweig konstruieren dafür hauchfeine Sonnensegel, die sich nach dem Start an besonders leichten und zugleich stabilen Masten entfalten.

## Mit „Gossamer“ wollen die Wissenschaftler die Kraft der Sonne als Antrieb nutzen

Von Manuela Braun

Am großen Tisch in der Integrationshalle des Bremer Instituts für Raumfahrtssysteme läuft die Pumpe und saugt das silbrig glänzende Sonnensegel auf den Tisch. Anders wäre die hauchdünne Folie nicht in den Griff zu bekommen. Schon eine einzige schnelle Bewegung würde das Material in die Luft flattern lassen, bevor es wieder fast schwerelos langsam landen könnte. Wie Wasser fließt es über die Finger und ist dabei kaum zu spüren. Gerade einmal sieben Mikrometer, also 0,007 Millimeter, ist die Kapton-Folie aus Polyimid dick – und dennoch erstaunlich reißfest. Vorsichtig schneiden Patric Seefeldt und Siebo Reershemius die silbrigen Streifen zu, anschließend verkleben die beiden sie zu einem Segel, das einen Satelliten durchs Weltall segeln lassen kann.

Die erste Nagelprobe für das Projekt „Gossamer“ steht 2015 an: Dann sollen sich im Weltraum vier Masten entrollen und gleichzeitig die dünnen Segel auf eine Größe von fünf mal fünf Metern entfalten. Die Spulen, auf denen die Masten und Segel aufgewickelt sind, werden nach getaner Arbeit abgeworfen. Übrig bleibt lediglich eine fünf mal fünf Meter große, aber extrem leichte Struktur, deren Segel und Masten zusammen nicht mehr als eineinhalb Kilo wiegen. Dieses Abwurf-Konzept

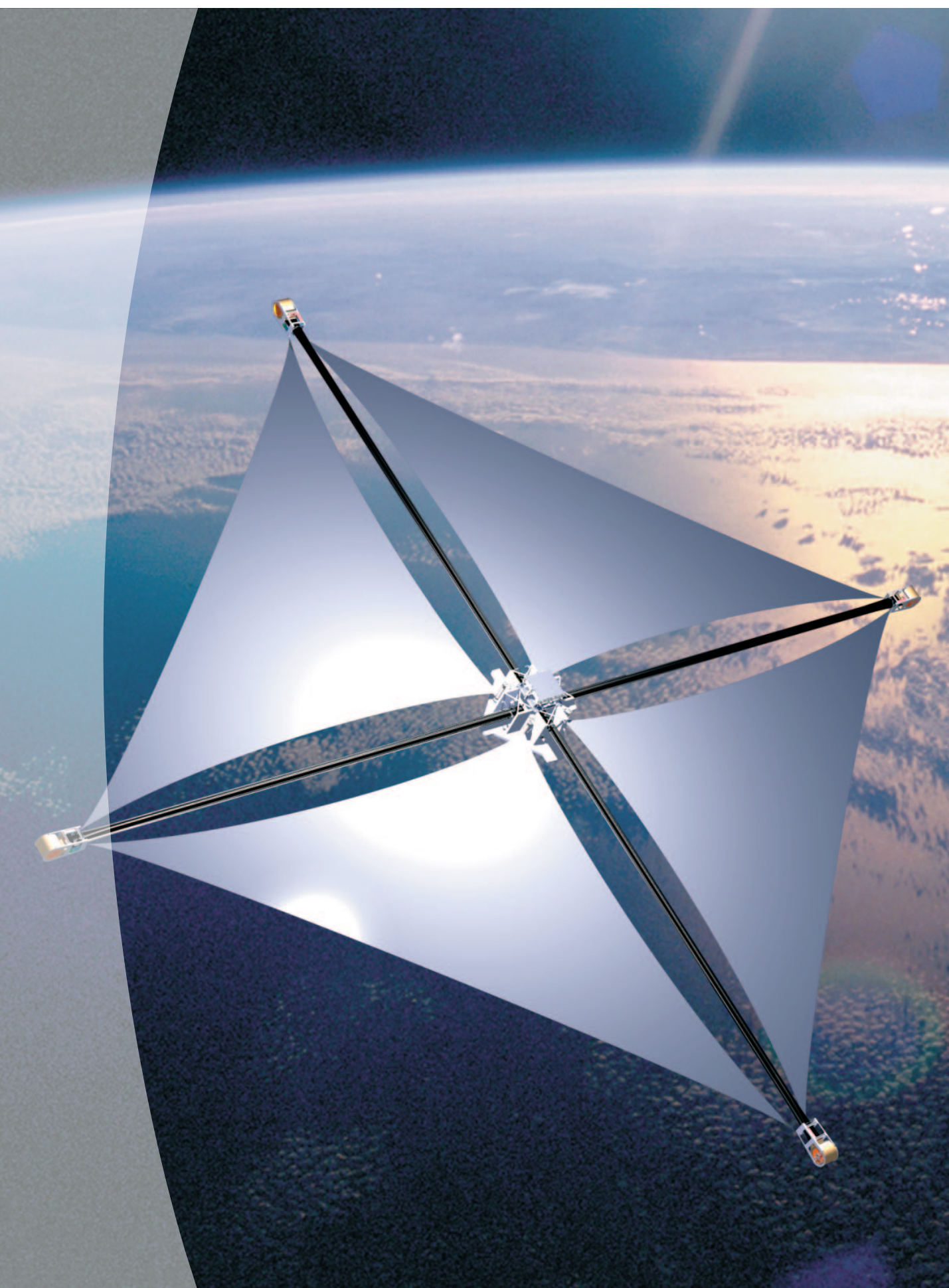
unterscheidet das europäische „Gossamer“-Projekt von seinen amerikanischen und japanischen Konkurrenten. Wenn dann die Lichtteilchen des Sonnenlichts, die Photonen, auf das Segel prasseln, wird „Gossamer 1“ Fahrt aufnehmen. Anschließend werden mit „Gossamer 2“ und „Gossamer 3“ im 2-Jahres-Rhythmus die nächsten Segeltouren durchs Weltall folgen – mit größeren Segeln, größerer Masse und mit Möglichkeiten, das segelnde Raumschiff zu steuern.

### Schub mit Sonnenkraft

Zumindest ist das die Idealvorstellung von Abteilungsleiter Tom Sprowitz. „„Gossamer 1“ soll beweisen, dass es möglich ist, solch eine Struktur im Orbit zu entfalten.“ Der Druck ist hoch, denn wenn mit „Gossamer 1“ das Pilotprojekt scheitert, stehen die Chancen auf weitere Versuche schlecht. „Wir müssen also zeigen, dass der Sonnenantrieb eine Technologie ist, die sich lohnt und die funktioniert.“ Das Prinzip dahinter ist einfach: Die Photonen prallen gegen die aluminiumbeschichteten Segel und sowohl durch den Aufprall selbst als auch durch das Abprallen entsteht der Antrieb. Statt auf schwere Treibstofftanks mit endlichen Reserven setzen die Wissenschaftler mit den Solar Sails auf die Sonne mit ihrer unerschöpflichen Leistung – und können auf Ballast wie Tanks komplett verzichten. Auch wenn der Antrieb zunächst extrem klein erscheint, durch die Beschleunigung über Monate hinweg können Geschwindigkeiten von mehr als 100 Kilometern in der Sekunde erreicht werden. Damit sind selbst Missionen bis ans Ende unseres Sonnensystems – oder darüber hinaus – möglich. Da sich das Weltraum-Segelschiff auch keinen Schwung durch das Vorbeifliegen an den Planeten holen muss, könnten die Wissenschaftler theoretisch den Start und somit ihre Missionen sogar unabhängig von jeglichen Planetenkonstellationen planen.

### Ein Konzept auf dem Prüfstand

Damit das Ultraleichtgewicht aber die Flüge durch den Weltraum ohne Störungen absolvieren kann, testen die Wissenschaftler zunächst noch die praktische Umsetzung am Boden. Wie müssen die Segel beschaffen sein? Wie müssen sie für den Transport gefaltet und verstaut werden? Wie kann garantiert

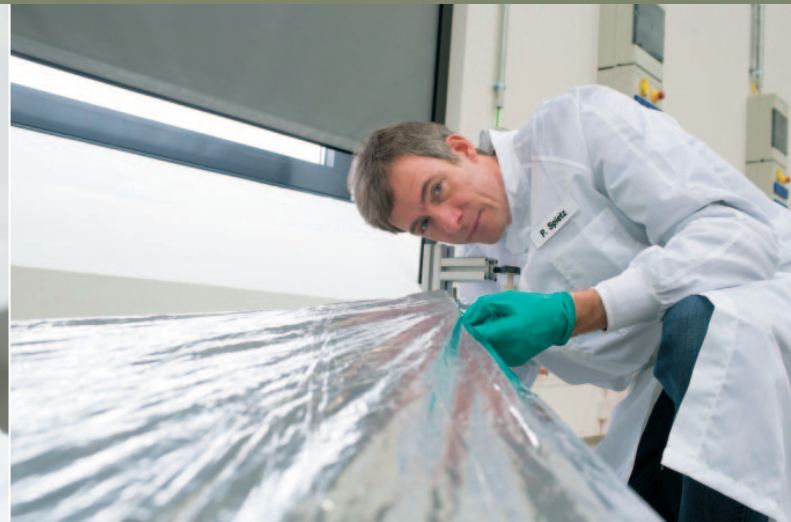


Basteln am Antrieb der Zukunft: Patric Seefeldt zeigt am Modell den Aufbau des Solar-Segels

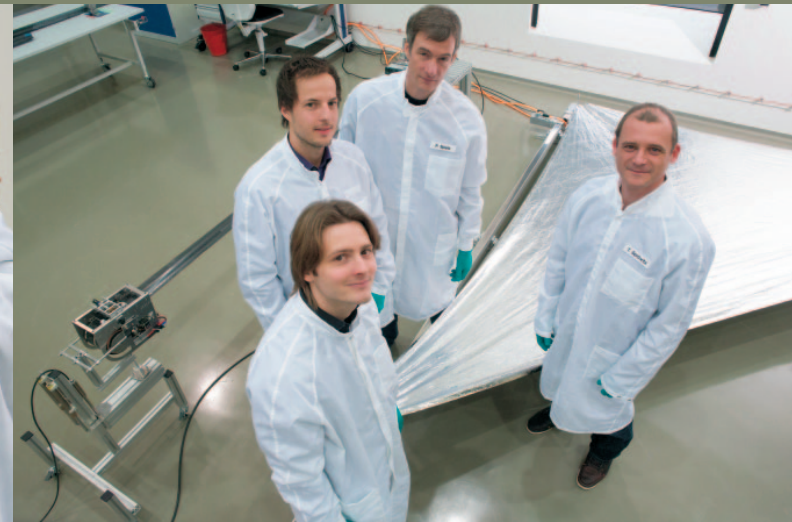




Der Mast, der beim Flug durchs All die Segel hält, muss stabil und flexibel zugleich sein. In flüssigem Harz getränkte Kohlefasern eignen sich dazu, weiß Tom Spröwitz. Er leitet die Abteilung Systemkonditionierung am DLR-Institut für Raumfahrtssysteme.



Projektleiter Peter Spietz begutachtet die hochempfindlichen Kanten des Sonnensegels. Das Material ist gerade einmal 0,007 Millimeter dünn. Das Leichtgewicht muss mit Vorsicht angefasst werden.



Das Projekt-Team von „Gossamer“: Patric Seefeldt, Siebo Reershemius, Peter Spietz und Tom Spröwitz (v.l.n.r.) wollen ihr erstes Solar-Segel 2015 ins Weltall schicken



Ein ausgeklügelter Mechanismus soll in der Schwerelosigkeit den Mast entrollen. In der Bremer Integrationshalle testen die Wissenschaftler den reibungslosen Ablauf dieser Technik.

werden, dass sie sich nach dem Start problemlos entfalten und auch über eine lange Missionsdauer hinweg für Antrieb sorgen? Auf dem Saugtisch ist deshalb zuallererst handwerkliches Geschick gefragt. Zunächst werden die einzelnen, einen Meter breiten Streifen Kapton-Folie zu einem großen Segel verklebt. Schließlich werden die Ränder des feinen Materials umgeklebt und ein starker Faden wird in die Segelkanten eingelegt. Entfalten sich die Segel im Weltall entlang des Masts, wird eben dieser Faden der Struktur die notwendige Stabilität verleihen. „Dann muss aus dem Segel eine Art Fächer werden“, erklärt Spröwitz. Ein raumsparender Fächer, der sich auf zwei Spulen aufwickeln lässt. Ohne den Saugtisch, der das leichte Material für die Mannschaft um Projektleiter Peter Spietz bündigt, ginge das nur schwer.

Dann ist es so weit: Auf zwei Schienen, die im rechten Winkel zueinander stehen, laufen die beiden Spulen auf Schlitten nach außen. Die Wissenschaftler behalten ihr Segel, das sich gleichmäßig entfaltet, sorgfältig im Auge. Beim kleinsten Fehler können die Schlitten auf ihren Schienen innehalten. Im Weltall dürfte jetzt allerdings kein Fehler geschehen: Die Geschwindigkeit der Schlitten muss stimmen, die Spulen dürfen nicht haken. Erst dann kann das Raumfahrt-Segelschiff die Kraft der Sonne nutzen und Fahrt aufnehmen. Nach dem Start werden mehrere Kameras an Bord des Segelfliegers Bilder zur Erde senden – von der gelungenen Entfaltung, aber auch von den eventuellen Problemen, die bei der Premiere im All aufkommen könnten.

#### Federleichter Mast

Nur wenige Meter neben der Testanlage, mit der die Wissenschaftler das Entfalten der Sonnensegel auf die Probe stellen, steht der Prüfstand für die Masten. Die sind ebenfalls Leichtgewichte für den Flug ins All – „ein Meter Mast wiegt gerade einmal 40 Gramm, also noch nicht einmal so viel wie eine halbe Tafel Schokolade“, betont Marco Straubel vom DLR-Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptronik in Braunschweig, dessen Team die Masten und die Abrollmechanismen entwickelt hat. Damit das Material stabil und flexibel zugleich ist, werden Kohlefasern in flüssigem Harz getränkt. Härtet das Harz aus, entsteht ein Mast, dessen Wände nur einen Zehntelmillimeter stark und dadurch enorm biegsam sind. „Vergleichbar mit einer Feder: Die springt auch immer wieder in ihre Form zurück.“

Schließlich müssen die Masten einiges aushalten, bevor sie die entfalten Segel beim Flug tragen. Aufgerollt auf elektrischen Abrollmechanismen, ist der Start die erste Bewährungsprobe, wenn Kräfte bis zur fünfzigfachen Erdbeschleunigung auf das Material einwirken. Da wäre eine Aluminiumstruktur vielleicht stabiler – aber im Weltall ein Schwergewicht, das die Beschleunigung und die Geschwindigkeit des Sonnensegels deutlich einschränken würde. „Je schwerer die Struktur selbst ist, umso weniger Leistung kann der Schub durch die Sonnenstrahlung erbringen. Oder die Segel müssten immer größer werden, um das Gewicht auszugleichen.“

#### Test in Schwerelosigkeit

Bei einem Parabelflug im Jahr 2009 haben Mast und Abrollmechanismus das erste Mal die Schwerelosigkeit erfahren. Straubel startet das Video. Über dem Golf von Biscaya haben die Wissenschaftler die unterschiedlichsten Methoden für das Abwickeln der Masten getestet. Das unkontrollierte Abrollen, die Unterstützung mit Luftdruck und schließlich den neu entwickelten Abrollmechanismus. Wie an einem Schnürchen gezogen fährt der elektrische Motor aus und wickelt hinter sich den Mast ab. Nach wenigen Sekunden löst sich der Motor wie vorgesehen von seinem Mast. Strahlende Gesichter bei den Wissenschaftlern – besser hätte der Test nicht laufen können. Acht Meter Mast entrollen sich innerhalb von fünf, sechs Sekunden. „Beim Parabelflug haben wir ja nur eine begrenzte Zeit für das Experiment, im Weltall werden die Masten langsamer abgerollt – das ist einfach sicherer.“

In ihrer Integrationshalle in Bremen können die Wissenschaftler der Schwerkraft für ihre Tests allerdings kaum entgehen. Mit einer selbst entwickelten Gravitationskompensationsanlage stützen sie deshalb den Abrollmechanismus und gleichen so sein Gewicht auf der Erde aus. Fehler, die auf der Erde erkannt und getestet werden, können im Weltraum nicht mehr gefährlich werden. „Wir prüfen beispielsweise, wie sich die Masten beim schnellen oder langsamen Entrollen verhalten“, sagt der Bremer Tom Spröwitz. Noch testen die Wissenschaftler Segel und Masten einzeln. Der nächste Schritt ist aber schon klar: „Wir wollen einen Mast entrollen und dabei gleichzeitig zwei Segel entfalten.“ Damit kommen die Wissenschaftler dem Ziel der ersten Weltraummission wieder ein Stückchen näher.

#### Fahrplan fürs All

Fliegt „Gossamer 1“ mit seinen Fünf-mal-fünf-Meter-Segeln und seinen vier Masten erfolgreich auf seiner Bahn um die Erde durchs Weltall, steigen die Anforderungen für die nächsten Missionen: Zwei Jahre später soll „Gossamer 2“ dann schon Segel mit einer Größe von 20 mal 20 Metern entfalten und 500 Kilometer über der Erde segeln. Kameras an Bord werden dokumentieren, wie sich das Sailcraft dann auch lenken lässt. Dafür verändern die Wissenschaftler über Seilzüge die Positionen von Gewichten im Inneren der hohlen Masten. Über die damit verbundene Verschiebung des Schwerpunkts des Fliegers lässt sich seine Ausrichtung beeinflussen. Knapp 60 Kilogramm Gewicht werden bei dieser Mission durchs All befördert. „Gossamer 3“ würde dann 2019 mit 50 mal 50 Meter großen Segeln in einem sehr hohen Orbit mehr als 10.000 Kilometer entfernt von der Erde fliegen und dort langsam seine Flugmanöver durchführen. „Wir haben bei keinem Flug eine wissenschaftliche Nutzlast an Bord – ‚Gossamer‘ ist ausschließlich eine technologische Demonstrationsmission“, betont Spröwitz.

Bevor es so weit ist, muss das silbrig glänzende Segel aber noch einen weiteren Härtetest überstehen: In einer kompakten Anlage in Bremen muss es Weltraumbedingungen standhalten. In der „komplexen Bestrahlungseinrichtung“ KOBES prallen ein Mix aus Protonen, Elektronen, UV- und VUV-Licht sowie Sonnenlicht auf die aluminiumbeschichtete Folie. „Wir wollen ja mit ‚Gossamer‘ auf Langzeitmission gehen – da müssen wir genau wissen, wie sich das Material dabei verändert“, sagt Spröwitz. Der feine Stoff, aus dem die Segel sind, muss also beweisen, dass er auch über längere Zeit hinweg nicht schwächelt und bereit ist für die Segeltour in die Weiten des Weltraums. ●



Weitere Informationen:  
<http://s.DLR.de/p5it>



Auf dem Saugtisch schneidet und verklebt das Team die hauchzarte Folie zu maßgerechten Segeln. Ein Faden an der Außenkante sorgt anschließend dafür, dass die entfalten Segel die richtige Spannung haben.



# Gute Fahrt mit Hilfe aus dem All

384.400 Kilometer beträgt der mittlere Abstand zum Mond. Die Staulängen allein auf Deutschlands Autobahnen summieren sich im Jahr auf etwa 450.000 Kilometer. Wir fliegen zum Mond, steuern Fahrzeuge auf dem Mars, aber vor unserer Haustür herrscht Stillstand. Von den hierzulande 2,3 Millionen polizeilich gemeldeten Verkehrsunfällen im Jahr 2011 ganz zu schweigen. Wie kann man sicherer und komfortabler fahren? Das ist auch eine Frage von Kommunikation und Navigation und damit für das gleichnamige DLR-Institut.

## Kommunikationsdienste für Fahrzeuge der nächsten Generation

Von Dr. Sandro Scalise und Dr. Thomas Strang

Die Forschung im DLR-Institut für Kommunikation und Navigation für Fahrzeuge der nächsten Generation folgt einer Vision: Ein intelligentes Verkehrssystem der Zukunft. Die Wissenschaftler arbeiten an Technologien, mit denen die relevanten Informationen zum richtigen Zeitpunkt, zuverlässig und kostengünstig am richtigen Ort zur Verfügung stehen. Mit Mobilfunk, Satellitenkommunikation und seit Neuestem auch direkter Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation gibt es zwar heute schon Kommunikationstechnologien, mit denen sich verschiedene Aspekte eines gemeinsamen Lagebewusstseins der Verkehrsteilnehmer realisieren lassen. Doch noch gibt es keine Möglichkeit, die relevanten Informationen zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort zur Verfügung zu stellen – und das zuverlässig und kostengünstig. Dazu müssen die verschiedenen Technologien integriert werden.

Digitale Mobilfunknetze haben sich europaweit seit Anfang der Neunzigerjahre etabliert und sind heute eine solide Technologie. Tendenz ihrer Nutzung: steigend. Nach GSM und UMTS wird zurzeit in Deutschland sowie in vielen anderen europäischen Ländern die vierte Generation (auch als LTE bekannt) großflächig kommerziell eingeführt. LTE wird die Übertragungsraten deutlich erhöhen, kann aber die Verfügbarkeit im Vergleich zu UMTS nur geringfügig durch eine größere Reichweite verbessern. Das bedeutet Abdeckungslücken an abgelegenen Standorten, weil der Bau und Betrieb von zusätzlichen Basisstationen für Mobilfunknetzbetreiber kommerziell wenig attraktiv ist.

Bei der Satellitenkommunikation erfolgt die Datenübertragung über einen oder mehrere Kommunikationssatelliten. Diese agieren technisch wie „Verstärker im Weltraum“. Sie empfangen ein digitales Signal von einer Bodenstation beziehungsweise einem mobilen Endgerät, welches vom Satelliten verstärkt zurückübertragen wird. Ein klassisches Beispiel ist das satellitengestützte Fernsehen. Kommunikationsdienste für mobile Teilnehmer über Satellit sind eine weniger bekannte, aber dennoch lebendige Marktnische für professionelle Nutzer, mit drei weltweiten Betreibern

(Inmarsat, Iridium und Globalstar) und einem regionalen Betreiber (Thuraya). Die Hauptbarrieren auf dem Weg zu einer breiten Nutzung von Kommunikationsdiensten für mobile Teilnehmer über Satellit in Richtung Massenmarkt sind die hohen Kosten der Endgeräte sowie die im Vergleich zu digitalem Mobilfunk deutlich höheren Nutzungstarife.

Die noch sehr junge Technologie der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation basiert auf der von Heim- und Firmennetzwerken bekannten WLAN-Technologie. Der entsprechend den Anforderungen im Straßenverkehr weiterentwickelte Standard (IEEE 802.11p) ermöglicht es damit ausgerüsteten Fahrzeugen, direkt Nachrichten untereinander auszutauschen, sobald zwei oder mehr ausgerüstete Fahrzeuge in Reichweite sind. Die Automobilindustrie hat die erklärte Absicht, ab 2015 Neufahrzeuge generell mit der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation auszurüsten.

## Verkehrssystem der Zukunft

Das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation hat eine neue Kommunikationsplattform für Fahrzeuge der nächsten Generation entwickelt, die sicherheitsrelevante Dienste sowie standortbezogene Multimedia- und Infotainment-Anwendungen ermöglicht. Die Plattform bündelt den Zugriff auf Fahrzeugsensoren und Positionsdaten und die gleichzeitige Nutzung von unterschiedlichen Kommunikationskanälen (Satellit, Mobilfunk, Fahrzeug-zu-Fahrzeug) in flexibler Weise. Das Ergebnis: ein sicherheitsrelevanter, allgegenwärtiger, zuverlässiger und kostengünstiger Informationsaustausch.



Kommunikationstechnologien für Fahrzeuge		
	Vorteile	Nachteile
Satellitenkommunikation	globale Abdeckung, auch an abgelegenen Standorten; Kosten unabhängig vom Benutzerstandort (unter anderem kein Roaming notwendig)	Latenz (Round-Trip-Zeit circa 0,8 Sekunden für eine Verbindung über einen geostationären Satelliten); Satelliten-sichtbarkeit benötigt
Mobilfunk	kostengünstige Endgeräte und günstiger Inlandstarif	hohe Roaming-Kosten; Abdeckungslücken
Fahrzeug-zu-Fahrzeug	keine terrestrische Basis-Stationen oder Raumfahrt-Infrastruktur nötig; keine Nutzungsgebühren	geringe Reichweite (circa 500 Meter bis ein Kilometer); anfangs geringe Verfügbarkeit



Dr. Scalise testet das Satellitenmodem im Feldversuch



Das DLR-Test-Fahrzeug bei der öffentlichen Demonstration während des ITS-Weltkongresses in Wien



Prototyp einer Haifischflossen-Antenne für Satellitenkommunikation in Fahrzeugen



Benutzerschnittstelle für sicherheitsrelevante Anwendungen im Fahrzeug



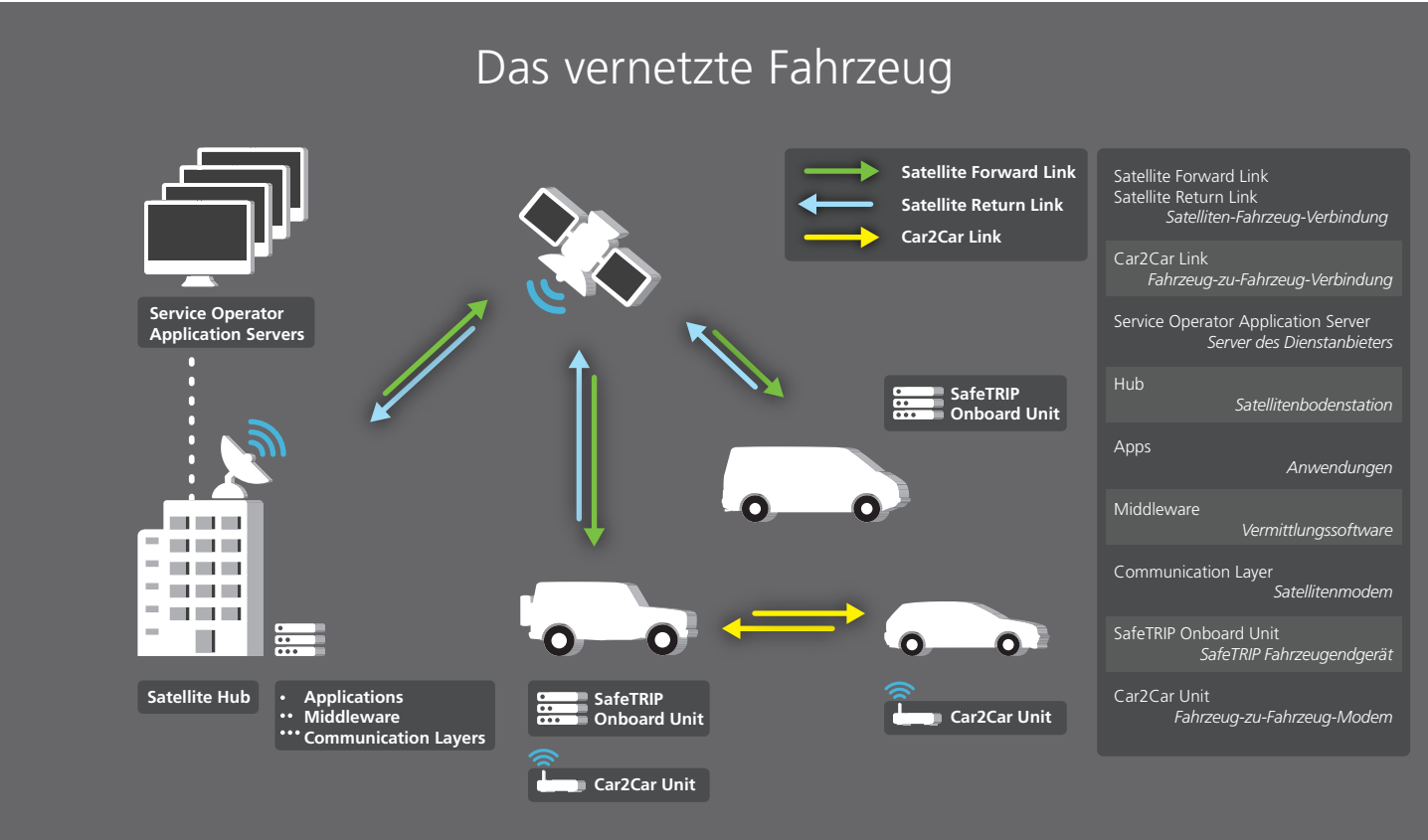
Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Datenübertragung

Ein wichtiges Ziel des DLR-Instituts für Kommunikation und Navigation ist es nun, neue und effiziente Funkverfahren für sicherheitskritische Anwendungen zu entwickeln. In Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern, der Europäischen Raumfahrtagentur sowie zwei Satellitenbetreibern wurde zunächst ein neues Satellitenkommunikationssystem entworfen. Anschließend gelang es im Rahmen des von der Europäischen Kommission teilfinanzierten Projekts „SafeTRIP“, ein System zu generieren, welches die Vorteile der verschiedenen Kommunikationsverfahren kombiniert. Es ist für die Übertragung von kurzen Mitteilungen für sicherheitsrelevante Anwendungen im Straßenverkehr angepasst. Ein wichtiger Kennwert dabei ist die Spektraleffizienz, das heißt, das Verhältnis zwischen Datenübertragungsrate (in Bit/Sekunde) und Bandbreite des Signals (in Hertz). Man kann also entweder eine größere Datenübertragungsrate in derselben Bandbreite wählen oder dieselbe Datenübertragungsrate mit einer kleineren Bandbreite realisieren. Die Kunst besteht folglich darin, das für die jeweilige Anwendung optimale Übertragungsverfahren zu finden. Genau das ist den DLR-Wissenschaftlern mit dem von ihnen entwickelten Verfahren gelungen. Zudem reduziert es die Leistungsanforderungen im Vergleich zu den heute verfügbaren kommerziellen Endgeräten.

Indem die verschiedenen Kommunikationstechnologien in eine einzige Plattform integriert werden, sind für Fahrzeuge der nächsten Generation neue sicherheitsrelevante Dienste sowie standortbezogene Komfort- und Infotainment-Anwendungen möglich. Die Plattform bündelt den Zugriff auf Fahrzeugsensoren und Positionsdaten und lässt flexibel die gleichzeitige Nutzung der unterschiedlichen Kommunikationskanäle zu. Damit können die Nachteile und Einschränkungen jeder einzelnen Technologie überwunden werden und die bestehenden Synergien und Komplementaritäten lassen sich ideal nutzen.

Die ersten Prototypen wurden im Oktober 2012 auf dem 19. ITS-Weltkongress in Wien demonstriert. Fünf verschiedene Test-Fahrzeuge wurden mit Prototypen des SafeTRIP-Fahrzeug-Endgeräts ausgestattet, wobei die Fahrzeuge durch eine kleine „Hai-fischflossen“-Antenne Daten über den geostationären Satelliten Eutelsat 10B senden und empfangen konnten.

Fahrzeuge, die mit dem SafeTRIP-Satelliten-Modul und gleichzeitig einem Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Modul ausgestattet sind, agieren als „mobiles Relais“ zwischen beiden Welten. So



kann beispielsweise ein Fahrzeug, welches sich in einem Tunnel oder einer Garage befindet und aktuell keine Satellitensichtbarkeit hat, trotzdem Daten über benachbarte Fahrzeuge außerhalb des abgeschatteten Bereichs senden und empfangen. Auf duale Weise kann ein Fahrzeug, welches sich an einem abgelegenen Standort befindet und keine Nachbarn in Kommunikationsreichweite für Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation hat, von der großflächigen Abdeckung des Satelliten profitieren. Geeignete Algorithmen sorgen dafür, dass nur Mitteilungen mit regionaler und zeitlicher Relevanz über den Satelliten weitergeleitet werden, unter anderem um zu vermeiden, dass die Satellitenverbindung mit unnötigen Informationen überlastet wird. So wird eine Unfall- oder Staumeldung typischerweise weitergeleitet, wohingegen die Information, dass das benachbarte Fahrzeug bremst, aufgrund der in diesem Fall geringen zeitlichen und örtlichen Relevanz gefiltert und nicht über Satellit übertragen wird.

Satellitengestützte (GPS- und in der Zukunft auch Galileo-basierte) Navigationsgeräte erlauben heute eine sehr genaue Bestimmung der Fahrzeugposition auf der Erde. Die Verfügbarkeit von kostengünstigen, allgegenwärtigen und zuverlässigen Kommunikationsdiensten ist die ideale Ergänzung. So werden Autoreisen nach dem Motto „Sicheres, entspanntes sowie besser informiertes Fahren und schnelleres Ankommen“ möglich. Es geht also nicht nur darum, dass Fahrer und Mitfahrer in der Lage sind, ihre Position zu kennen, sondern dass sie auch die Möglichkeit haben, diese an Dritte zu übertragen, sowie wichtige standortbezogene Informationen zu empfangen. •

**Weitere Informationen:**  
SafeTRIP-Projekt: [www.safetrip.eu](http://www.safetrip.eu)  
DENISE-Projekt: <http://telecom.esa.int/DENISE>  
Drive C2X Projekt: [www.drive-c2x.eu](http://www.drive-c2x.eu)  
Car-to-Car Communication Consortium: [www.car-2-car.org](http://www.car-2-car.org)

**Autoren:**  
Sandro Scalise ist Leiter der Abteilung Satellitennetze im DLR-Institut für Kommunikation und Navigation. Er und seine Mitarbeiter sind verantwortlich für die Entwicklung, Umsetzung und Demonstration des neuen Verfahrens, um kurze Mitteilungen über Satellit zu übertragen.

Thomas Strang ist am selben Institut zuständig für die Forschung und Entwicklung neuer Kommunikations- und Navigationsverfahren im Verkehr. Er und seine Mitarbeiter sind im Projekt verantwortlich für die Integration der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation.



Glossar	
GSM	General Mobile System (2. Generation Mobilfunk)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (3. Generation Mobilfunk)
LTE	Long Term Evolution (4. Generation Mobilfunk)
WLAN	Wireless Local Area Network (WiFi)
ITS	Intelligent Transport Systems



Bild: Petra Bork/pixelio.de

# Mit Energie die Wende schaffen

Von Ulrich Wagner



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Wagner ist seit 2010 DLR-Vorstand für Energie und Verkehr. Der gebürtige Passauer studierte Elektrotechnik in Bogotá und an der Technischen Universität München. Er ist verheiratet und Vater dreier Kinder.

[www.DLR.de/Energie](http://www.DLR.de/Energie)

Alle reden von der Energiewende – mal euphorisch, mal skeptisch und manchmal, sind wir ehrlich, auch ganz ohne Beachtung der Gesetze aus Physik und Ökonomie. Die Zeit drängt – wir müssen jetzt handeln und die Grundsteine für die Zukunft unserer Energie durchdacht und gezielt legen. Skepsis und Vorsicht sind dabei durchaus angebracht. Die Energiewende zu vollziehen, ist ein ambitioniertes und weltweit einmaliges Vorhaben, es gibt keine Checkliste, die abgearbeitet automatisch zum Erfolg führt. Hinzu kommt: Die Ziele, die die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept vom Juni 2011 mit einzigartigen Vorgaben zur Effizienzsteigerung und mit dem Ausbau von erneuerbaren Energien steckt, sind hoch. So hoch, dass sie über eine kontinuierliche, lineare Weiterentwicklung der heutigen Techniken und Strukturen allein nicht erreicht werden können. Für eine erfolgreiche Transformation unseres Energiesystems brauchen wir nicht nur neue, noch effizientere Technologien, wir brauchen auch neue Markt-, Planungs- und Betriebsstrukturen von der Erzeugung bis zum Verbraucher.

Im unternehmerischen und politischen Alltag werden zum Beispiel Strom-, Wärme- und Kraftstoffversorgung meist noch getrennt aufgebaut und betrieben. Für einen effizienten Umgang mit Energieressourcen ist es jedoch sinnvoll, diese Bereiche stärker zu verzahnen und neue Energieträger übergreifende Managementstrukturen für Erzeugung, Transport und Verbrauch zu schaffen. Koppelt man das Gassystem mit dem Stromsystem, so kann bei einem Überschuss an erneuerbarem Strom Methan oder Wasserstoff erzeugt und anderweitig, beispielsweise für Mobilität, genutzt werden. Mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien werden zudem auch zentrale und dezentrale Speicher in großem Umfang erforderlich, mit erheblichen Vorteilen für die Grundlastfähigkeit der erneuerbaren Stromerzeugung, aber auch zur besseren Auslastung und Wirtschaftlichkeit konventioneller Kraftwerke.

Die Energiewende ist ein in Deutschland eingeschlagener Weg, dennoch müssen wir über unsere nationalen Grenzen hinwegblicken. Es ist sinnvoll, dass wir alle Energiesparten, insbesondere aber die Stromversorgung, europäisch gestalten. In Zukunft müssen wir Planung und Betrieb von erneuerbarer und konventioneller Stromerzeugung sowie für den bedarfsgerechten Ausbau von Netzen und Speichern, europaweit in einem gemeinsamen Binnenmarkt abstimmen.

Für alle diese Herausforderungen, und das ist die gute Nachricht, gibt es von Seiten der Energieforscher bereits viele Lösungsansätze. So haben die DLR-Wissenschaftler zum Beispiel im Bereich der Energiesystemanalyse schon lange Szenarien für große internationale Energieverbundsysteme erarbeitet. In den DLR-Instituten nehmen effizientere Speicher immer mehr Gestalt an, werden Methoden entwickelt, um Methan oder Wasserstoff im großen Maßstab und mit möglichst geringen Verlusten ins Gasnetz einzuspeisen.

Die Energieversorgungswirtschaft ist ein schwerer, träger Tanker mit einer jahrzehntelang gewachsenen, Milliarden Euro schweren Energie-Infrastruktur. Um ihn umzusteuern, müssen wir alle Potenziale nutzen und eine offene Diskussion über den Transformationsprozess und seine Konsequenzen führen. Auf die Energieforschung kann hier gezählt werden! Als Forscher appelliere ich an die Energiewirtschaft und an die Politik: Lasst uns zusammen Neues denken, uns gegenseitig fordern und fördern. Die DLR-Forscherinnen und Forscher, Ingenieurinnen und Ingenieure sind bereit, eine neue Energiezukunft zu gestalten und zu begleiten, allem voran mit Forschung, aber auch über Ausbildung und Politikberatung. ●



# Regionalmeldungen

## Berlin: Forschungsverbund Windenergie vertraglich fixiert

Ein einmaliges Bündnis für die deutsche Windenergie-Forschung wurde in Berlin offiziell geschlossen, der Forschungsverbund Windenergie. DLR, ForWind – Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg, Hannover und Bremen und das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) unterzeichneten den Kooperationsvertrag. Das gebündelte Know-how von mehr als 600 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern soll der Nutzung erneuerbarer Energien auf Basis von On- und Offshore-Windenergie bedeutende Impulse geben.

Die Zusammenarbeit der Partner startet direkt in dem BMU-geförderten Projekt „Smart Blades – Entwicklung und Konstruktion intelligenter Rotorblätter“ mit einem Projektvolumen von 12 Millionen Euro und einer Laufzeit von 39 Monaten. Die Forscher erwarten von Smart-Blade-Technologien, dass die eintretende Lastminderung an den Rotorblättern ein aerodynamisch optimiertes und leichteres Design von Windenergieanlagen ermöglicht. Durch Designänderungen könnte man die Material- und Logistikkosten reduzieren und die Lebensdauer der Anlage erhöhen: Rotorblatthinterkanten, die sich in ihrer Form verändern, und Klappen, die bei Bedarf den Wind umlenken. Sehr große Rotorblätter, die mit solchen Mechanismen ausgestattet sind, wären in der Lage, gezielt Böen auszuregulieren und so Leistungsschwankungen zu verringern. Dadurch kann die Schadensanfälligkeit reduziert und eine längere Lebensdauer erreicht werden. Solche aktiven Technologien werden in der Luftfahrt bereits erprobt und sollen nun auch in der Windenergie Anwendung finden. Anlagenbauer scheuen bislang Smart Blades. Die Wissenschaftler müssen dafür sorgen, dass die Rotorblätter durch die aktiven Mechanismen nicht fehleranfällig, schwerer und wartungsintensiver sowie in der Produktion teurer werden.

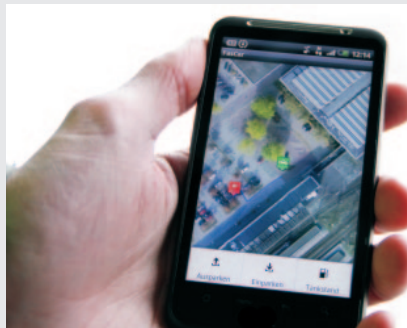


Dr. Stephan Barth (Geschäftsführer ForWind), Bundesumweltminister Peter Altmaier, Prof. Dr.-Ing. Andreas Reuter (Institutsleiter IWES), Dr.-Ing. Jan Teßmer (Koordinator Windenergieforschung DLR), von links nach rechts



<http://s.DLR.de/08oq>

## Braunschweig: Fahrerlos zum Parkplatz



Mit dem Smartphone schickt der Fahrer das Auto zum dem freien Stellplatz

Das Versuchsfahrzeug FASCar I des DLR-Instituts für Verkehrssystemtechnik sorgte auf einem Parkplatz der Deutschen Bahn in Braunschweig für Furore: Es demonstrierte das sogenannte Valet-Parking, das automatische, fahrerlose Einparken.

Das Fahrzeug ist mit Sensorik, einer besonderen Antriebstechnik sowie leistungsfähiger Rechenhardware ausgestattet. Dadurch kann sich FASCar I autonom fortbewegen. Eine HD-Kamera, die auf dem Parkplatz installiert ist, erfasst freie Stellplätze. In Verknüpfung mit einem Parkraummanagementsystem kann dem Fahrzeug so per Funk ein passender Parkplatz zugewiesen werden. Per Knopfdruck auf das Smartphone bestätigt der Reisende den Vorschlag des Systems und das Auto fährt automatisch an die entsprechende Position. Mittels Smartphone weiß der Autofahrer jederzeit, wo sich sein Fahrzeug befindet und kann es später wieder zur Bereitstellungsposition rufen.



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

## Tankstelle für Elektro-Autos in Weilheim

Seine erste Tankstelle für Elektro-Autos hat das DLR an seinem Standort in Weilheim in Betrieb genommen. Die abgeschiedene Lage der Satelliten-Bodenstation in Weilheim bietet ideale Voraussetzungen für den Einsatz von E-Autos: Der durchschnittliche Anfahrtsweg der Mitarbeiter liegt bei etwa 20 Kilometern und führt meist über Landstraßen oder durch Ortsbereiche. Eine Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel fehlt.



<http://s.DLR.de/2yd8>



## Neue Anlage zur Wasserstoffversorgung im DLR Köln

Zur Versorgung der DLR-Brennkammerprüfstände mit Wasserstoff verfügen die Wissenschaftler seit diesem Frühjahr über eine neue Anlage. Damit haben die Kölner Forscher eine der weltweit modernsten Testeinrichtungen zur Erforschung von Gasturbinen für Energie und Luftfahrt. Wasserstoff ist aufgrund seiner hohen Energieeffizienz, seiner kohlendioxidfreien Verbrennung und seiner Kompatibilität mit leistungsstarken Gasturbinen für Turbinenhersteller höchst interessant. Versuche, bei denen Wasserstoff als Brenngaskomponente genutzt wird, erforderten bislang eine Anlieferung des Wasserstoffs in gasförmiger Form per Tanklastzug. Dank der neuen Anlage, die Flüssigwasserstoff in Gasform umwandeln kann, wird nun ein Tanklastzug mit Flüssigwasserstoff die bisher notwendigen 24 Tanklastzüge ersetzen – was übrigens auch den Kohlendioxid-Ausstoß bei der Anlieferung reduziert.

<http://s.DLR.de/k74d>



Die neue Wasserstoffanlage im DLR Köln

## Oberpfaffenhofen: Bezug von Satellitendaten geregelt

Das Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) hat eine neue operative Basis bekommen. Ein Kooperationsvertrag des DLR mit dem Bundesministerium des Innern (BMI) sorgt dafür, dass die Potenziale von Fernerkundungstechnologien noch stärker in die Verwaltungsarbeit einfließen können. Zu den Aufgaben der seit 2004 etablierten Service-Einrichtung im DLR Oberpfaffenhofen gehört es, hochaktuelle Satellitenbildkarten bei Natur- und Umweltkatastrophen, für humanitäre Hilfsaktivitäten und die zivile Sicherheit weltweit bereitzustellen. Satellitenbilder können im Bevölkerungsschutz wichtige Lageinformationen liefern. So lassen sich beispielsweise nach einem Flutereignis oder Erdbeben die am stärksten betroffenen Gebiete identifizieren.

<http://s.DLR.de/1tf7>



Austausch der Verträge zwischen dem DLR und dem Bundesinnenministerium

## Versuchsanlage für Direktverdampfung in Almería

Auf der Plataforma Solar de Almería in Südspanien haben DLR-Wissenschaftler eine Testanlage für Sonnenkraftwerke in Betrieb genommen. In der Anlage wird der Dampf für die Stromerzeugung direkt in den Receiverrohren der Parabolrinnen erzeugt. Zwischenschritte über Wärmeträgermedien fallen damit weg. Zudem sind höhere Betriebstemperaturen möglich. Durch die neue Technologie können Parabolrinnenkraftwerke effizienter und kostengünstiger Strom erzeugen. Bei der neuartigen Testanlage wird der Dampf für die Turbine in nur einem durchgehenden Strang im Kollektorfeld verdampft und überhitzt, Wissenschaftler sprechen von einem Durchlaufkonzept. Dieses stellt zwar höhere Anforderungen an die Regelung der Anlage als bisher schon eingesetzte Verfahren, die Wissenschaftler gehen jedoch davon aus, dass das System insgesamt kostengünstiger und effizienter arbeitet. Zudem sind Anlagen dieser Art leichter skalierbar, Sonnenkraftwerke können problemlos erweitert werden. Dies ist langfristig besonders für weitere Kostensenkungen wichtig.

<http://s.DLR.de/1g0i>



In der Testanlage DUKE (Durchlaufkonzept – Entwicklung und Erprobung) wird der Wasserdampf für die Stromerzeugung direkt in den Receiverrohren der Parabolrinnen erzeugt



# Die Vermessung der Langsamkeit

Ein Flugzeug bringt Urlauber und Geschäftsreisende schnell und direkt an ihr Ziel. Am Ende des Fluges warten auf die Piloten und die Maschine noch einmal ganz spezielle Anforderungen: Der Flieger muss auch im langsamen Anflug stabil in der Luft bleiben. Das DLR erforscht gemeinsam mit Airbus im Projekt HINVA (High Lift Inflight Validation) die Langsamkeit von Verkehrsflugzeugen für leisere Anflüge, kürzere Landestrecken und größere Passagierkapazitäten. Die Wissenschaftler nutzen dazu aufwändige Flugversuche, Windkanalexperimente und Computersimulationen.

## Forschen bei maximalem Auftrieb und minimaler Geschwindigkeit

Von Dr.-Ing. Ralf Rudnik und Falk Dambowsky

### HINVA: Simulation und Flugversuch gehen Hand in Hand

Seit numerische Methoden und moderne Hochleistungsrechner vor etwa 15 Jahren die Voraussetzung für die rechnerische Behandlung realitätsnaher Hochauftriebskonfigurationen schufen, hat sich die Forschung auf das detaillierte Verständnis der komplexen aerodynamischen Phänomene und auf die Verbesserung der numerischen Verfahren konzentriert. Das geschah überwiegend in europäischen Projekten, wobei das DLR von Beginn an – nicht zuletzt wegen der Bedeutung der Hochauftriebssysteme für den Airbusstandort Deutschland – eine prominente Rolle spielte. Die experimentellen Daten für die Vergleiche zwischen gemessenen und berechneten Daten stammten dabei aus Windkanalversuchen. Aus diesen Forschungsarbeiten wurde deutlich, dass die Genauigkeit beim Bestimmen der aerodynamischen Hochauftriebsleistung mit Blick auf die Weiterentwicklung der numerischen Verfahren allein durch den Vergleich mit Windkanalergebnissen nicht zu erbringen ist. Größenbeschränkungen sowie der Einfluss von Windkanalwänden und Modellhalterungen stehen dem entgegen. Die Validierung, also die Überprüfung der Messwerte, am fliegenden Objekt war gefragt: Grund genug, im Jahr 2010 das Projekt High Lift Inflight Validation, kurz HINVA, zu starten, das im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms vom BMWi gefördert wird.

Sanft schwebt das DLR-Forschungsflugzeug A320 ATRA (Advanced Technology Research Aircraft) im Landeanflug über die Felder. Bei einem Blick aus dem Kabinenfenster sieht man, wie die Landeklappen an der Vorder- und Hinterkante der Tragflächen ausgefahren werden. Ein leichtes Surren der Elektromotoren begleitet das Schauspiel, nachdem die Tragflächen fast doppelt so breit wirken wie zuvor im Reiseflug. Die Fahrwerke rasten in die Landeposition ein. Mit nur noch gut 200 Stundenkilometern passiert ATRA die Umzäunung seines Heimatflughafens in Braunschweig und setzt auf der Landebahn auf.

Was im Flugversuch erforscht wird und so ähnlich im Alltag von Fluggästen beobachtet werden kann, birgt eine technische Meisterleistung in sich. Die Tragflächen heutiger großer und schwerer Passagiermaschinen sind für hohe Geschwindigkeiten um die 850 Stundenkilometer in 10.000 Meter Höhe ausgelegt. Im Landeanflug zeigen sie aber ihre andere Seite: Erstaunlich langsam bei unter 250 Stundenkilometern halten sie die Maschine auf dem letzten Wegstück in der Luft. Das gelingt mit einem Griff in die aerodynamische Trickkiste. Das Zauberwort der Flugzeugingenieure heißt Hochauftriebssystem. Damit meinen sie die vielen mechanischen Klappen an den Tragflächen, die beim Start und vor allem bei der Landung ausgefahren sind, und deren komplexe Steuerung.

Entscheidend ist dabei die vergrößerte Flügelfläche. Sie sorgt für einen stärkeren Auftrieb an den Tragflächen, ebenso wie die stärkere Flügelwölbung. Die dritte Szene in der Aufführung des Langsamfluges ist der Nase vorbehalten: Bis auf den zehnfachen Anstellwinkel zieht der Pilot sie im Vergleich zum Reiseflug in die Höhe und verstärkt den Auftrieb dadurch zusätzlich. Das Klappensystem liefert auch hierbei die Voraussetzung, um sicher ohne größere Strömungsablösung fliegen zu können.

Für die Leistungsfähigkeit eines Hochauftriebssystems spielen aber auch die Spalten, die sich zwischen den Elementen Vorflügel, fester Hauptflügel und Hinterkantenklappe öffnen, eine ganz wichtige Rolle. Alle Elemente müssen exakt und optimal zueinander ausgerichtet sein. Die Simulation des

Backbordflügel des DLR-Forschungsflugzeugs ATRA. Als silbrig glänzende Streifen zu erkennen: die Messgurt für den Druck.





Das Forschungsflugzeug ATRA bei letzten Vorbereitungen vor dem Gebäude der Flugversuchsabteilung in Toulouse



Das DLR-Projektteam in der ATRA-Kabine bei einem Versuchsflug



Steuerbordflügel mit Deformationsmarkern und speziellen Musterfolien bei einem Versuchsflug über den Pyrenäen

hochkomplexen, an die Grenzen des noch Fliegbaren stoßenden Maximalauftriebs ist noch immer eine große Herausforderung. Computermodelle und Windkanalversuche benötigen reale Daten, um deutlich besser zu werden.

#### Versuchskampagne in Toulouse

Um dieses filigrane aerodynamische Zusammenspiel aus Tragflächen, Klappen und Triebwerk genauer zu untersuchen, zog es Wissenschaftler des DLR-Instituts für Aerodynamik und Strömungstechnik im April 2012 mit dem DLR-Flugversuchsträger A320 ATRA zu Airbus nach Toulouse. Im Rahmen des gemeinsamen Forschungsprojekts HINVA (High Lift Inflight Validation) bereitete ein zehnköpfiges Team des DLR und der Technischen Universität Berlin zusammen mit Flugversuchsspezialisten von Airbus den Forschungsflieger auf seine kommende Mission vor. Vier Monate dauerte die sogenannte Einrüstung, bei der die Wissenschaftler mehrere Hundert Sensoren über die gesamte Außenhaut des Flugzeugs verteilten.

Markant zeigte sich die Druckmessanlage mit den wenige Millimeter dicken Leichtmetallgurten, die die Wissenschaftler auf den Backbordflügel und das Höhenleitwerk klebten. Diese Gurte wurden mit über 400 Druckbohrungen und Schlauchanschlüssen versehen. Die geeignete Positionierung der Druckmessgurte und der einzelnen Bohrungen wie auch der übrigen Instrumentierung bereiteten die Partner in umfangreichen Computersimulationen innerhalb des HINVA-Projekts vor.

Den gegenüberliegenden Steuerbordflügel präparierten die Forscher für Deformationsmessungen. Sie beklebten die Tragfläche mit speziellen Markern und die Klappen mit einem Specklemuster. In der Kabine installierten sie ein Kamerasystem, das mit sechs Einzelkameras jede Verformung des Steuerbordflügels und der Klappen anhand der aufgebrachten Muster auf-

zeichnen konnte. Neben den Markierungen erhielt der Steuerbordflügel noch 440 konusförmige, an fünf Zentimeter kurzen Fädchen befestigte Plastikkörper. Diese gleichmäßig verteilten „Flow Cones“ bewegen sich während des Fluges in der Strömung und zeigen dabei, wo auf dem Flügel Strömungsablösungen auftreten. Zur Aufzeichnung der Strömungsbewegungen hatten die Forscher auch das sechssäugige Kamerasystem im Inneren der Kabine eingeplant. Zudem waren an zwei Flügelschnitten Temperatursensoren der TU Berlin angebracht. Sie liefern Hinweise, wo die Strömung laminar, also widerstandsarm, aber ablösegefährdet verläuft.

Mit den Kameras, Markierungen und sensorbestückten Flügelschnitten verfolgten die Wissenschaftler von DLR, Airbus und der TU-Berlin ein Ziel: Sie wollten den aerodynamischen Eigenschaften eines modernen Verkehrsflugzeugs, wie dem Airbus A320, in einer extremen Flugsituation näher kommen, dem Maximalauftrieb. In der Regel wird dieser höchste zu erreichende Auftriebsbeiwert, mit dem langsamere und leisere Anflüge einhergehen, gar nicht ausgenutzt. Bei Verkehrsflugzeugen, die mit einem elektronischen Flugsteuerungssystem ausgestattet sind, ertönt, lange bevor die Piloten die Flugzeugnase zur Auftriebssteigerung nach oben ziehen, ein Warnsignal. Gleichzeitig mit dem Alarm verringert der Bordcomputer aus Sicherheitsgründen sofort den Anstellwinkel und steigert den Schub. Dennoch ist der größte zu erreichende Auftriebsbeiwert als Referenzwert für die Zulassung und zum Ermitteln der Flugbereichsgrenzen unerlässlich.

#### Bis an die Grenze des Machbaren

Um den Maximalauftrieb zu erfliegen, stiegen speziell ausgebildete Airbus-Testpiloten in den A320 ATRA und flogen den DLR-Forschungsflieger samt der aufwändigen Sensorik bis an seine aerodynamischen Grenzen.

Am 24. Juli 2012 war es so weit. Der erste ATRA-Flug für das Projekt HINVA konnte starten. Zunächst überprüften und kalibrierten die Wissenschaftler alle Instrumente in der Luft. Die Geräte zeigten ihre volle Einsatzbereitschaft trotz extremer Temperaturschwankungen von über 50 Grad Celsius am Boden bis weit in den Minusbereich in knapp 6.000 Meter Höhe.

Dann folgten die zehn Messflüge mit insgesamt über 120 Überziehmanövern. Um in den Bereich des Maximalauftriebs zu gelangen, mussten die Testpiloten das automatische Sicherheitssystem abschalten und den ATRA in einem speziellen direkten Flugsteuerungsmodus fliegen. Während eines Versuchsfluges zogen die Testpiloten bei verringertem Schub mehrmals die Nase des ATRA so hoch, bis mit dem Maximalauftrieb ein deutlicher Höhenverlust einsetzte. Dabei kippte die Maschine wieder über die Nase ab und musste von den Piloten anschließend abgefangen werden. Die besondere Herausforderung für die Crew im Cockpit ist dabei, das Manöver sehr kontrolliert möglichst ohne Seitenbewegungen durchzuführen. Dies gelang den routinierten Airbus-Testpiloten bei fast allen Versuchen, denn sie sind mit dem Überziehmanöver durch zahlreiche Zulassungsflüge bestens vertraut.

Für einige DLR-Forscher in Toulouse gingen die Experimente mit einem besonderen Highlight einher. Sie durften in Absprache mit dem verantwortlichen Airbus-Flugversuchsingenieur die spektakulären Flüge an Bord miterleben, denn die Messanlage musste in der Luft von den Spezialisten überwacht und nachjustiert werden. Einer der DLR-Testpiloten konnte sich als „Co“ mit diesem Manöver vertraut machen.

Die Testpiloten flogen die Überziehversuche der Messkampagne in Landstellung sowie bei eingefahrenen Landeklappen. Zudem variierten sie die Höhe und die Geschwindigkeit zwischen den einzelnen Überziehmanövern. Den Wissenschaftlern steht nun eine einzigartige und reichhaltige Datenbasis zur Verfügung. Sie werden sicher einige Jahre für die vollständige Auswertung benötigen.

#### Weitere Experimente im Windkanal

Für das Jahr 2013 planen die Forscher des HINVA-Projekts, ein genau nachgebildetes A320-Modell im Europäischen Transsonischen Windkanal (ETW) in Köln zu vermessen. Sie nutzen dafür die Daten der bisherigen Versuchsflüge für eine besonders genaue Auslegung des neuen Windkanalmodells. Eine zweite ergänzende Messkampagne mit dem DLR-Forschungsflieger ATRA ist für Anfang 2014 bei Airbus in Toulouse vorgesehen.

Die Erkenntnisse aus den Flugversuchen und den Windkanalexperimenten des HINVA-Projekts werden die Hochauftriebsvorhersage mit Computermodellen deutlich verbessern. Die exakte Berechnung des Hochauftriebs ist ein wichtiges Puzzlestück bei der Entwicklung neuer Verkehrsflugzeuge. ATRA-Daten der Flugversuche von heute werden in den Verkehrsmaschinen von morgen stecken – Maschinen von morgen, die die Flughäfen der Welt deutlich langsamer und damit leiser anfliegen werden. ●

#### Autoren:

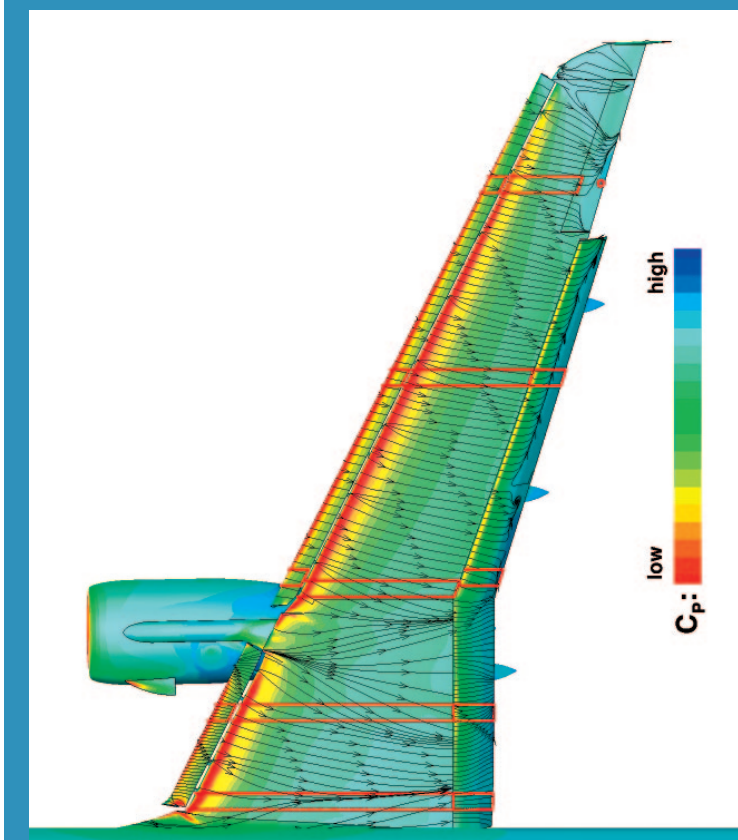
Dr.-Ing Ralf Rudnik leitet das Verbundprojekt HINVA und ist Leiter der Abteilung Transportflugzeuge im DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik. Falk Dambowsky ist Luffahrtredakteur in der DLR-Kommunikation.



Weitere Informationen:  
[www.DLR.de/AS](http://www.DLR.de/AS)



Das HINVA-Projektteam mit Airbus-Testpiloten und Flugversuchsingenieuren nach dem ersten Flugversuch der Kampagne



Computersimulation der Strömung auf der Tragflügeloberseite. In Rot sind die Positionen der Druckmessgurte zu erkennen.

ATRA mit Montagebühnen im Airbus-Hangar





# Meisterhaft bis zur letzten Landung!

Mit dem Jahr 2012 endete die Karriere des DLR-Forschungsflugzeugs ATTAS. Die historische Flugwerft des Deutschen Museums in München hat den Veteran der Luftfahrtforschung dankend aufgenommen. Dort wird der Kurzstreckenjet für seine neue Aufgabe hergerichtet: Museumsbesuchern Einblick in die Luftfahrtforschung zu geben. Zuvor absolvierte ATTAS einen letzten Flug über Deutschland. Ein besonderer Tag in der langen Erfolgsgeschichte des Flugversuchsträgers.

## ATTAS' Flug ins Deutsche Museum

Von Falk Dambowsky







Bereit für den letzten Start: ATTAS auf dem Forschungsflyghafen Braunschweig

Es war der 7. Dezember 2012. Ein klarer frühwinterlicher Tag begann in der DLR-Flugabteilung in Braunschweig. Eine letzte Nacht hatte das Advanced Technologies Testing Aircraft System, kurz ATTAS, in seinem Heimathangar gestanden. Zuvor war ATTAS fast 27 Jahre lang in DLR-Diensten zu zahlreichen Flugversuchen gestartet.

Mittlerweile stand der Forschungsflieger fast ein Jahr am Boden, denn es gab nicht mehr ausreichend Ersatzteile, um die betagte VFW-614 im Routinebetrieb zu halten. Die Schwesterflugzeuge aus dem Hause der Vereinigten Flugtechnischen Werke waren schon längst in Rente gegangen. Im Sommer 2012 war dieser Moment dann auch für ATTAS gekommen. Auf einer Festveranstaltung verabschiedete sich der Flugversuchsträger offiziell mit einem letzten Blinken vom aktiven Flugbetrieb in den Ruhestand. Zahlreiche Gäste, darunter der ATTAS-Testpilot der ersten Stunde, Dietmar Sengespeik, sprachen an diesem Tag über ihre Erinnerungen. Der Rückblende folgte

der Blick nach vorn: ATTAS würde bald im Hangar der Flugwerft Schleißheim des Deutschen Museums für ein großes Publikum zu bestaunen sein.

Zuvor mussten die DLR-Ingenieure allerdings ein passendes Ersatztriebwerk finden, damit der Forschungsflieger auf dem Luftweg seine letzte Reise antreten konnte. Eine LKW-Fahrt hätte einen erheblichen Mehraufwand bedeutet. Denn die weit ausladenden Tragflächen sind für einen Transport im Straßenverkehr denkbar ungeeignet. Sie hätten zuvor abgetrennt und später wieder montiert werden müssen.

Nach längerer Recherche hatten die DLR-Ingenieure ein geeignetes Triebwerk gefunden und ausreichend geprüft, um sicherzustellen, dass der Überführungsflug risikolos durchführbar ist. Dank des Gutachtens eines Triebwerksspezialisten stand ATTAS am 7. Dezember 2012 mit dem Segen des Luftfahrt-Bundesamtes bereit für den letzten Flug.

## Am Ende einer langen erfolgreichen Karriere

Anfang 2012 war bei einem Routinecheck an einem Schaufelblatt der rechten Triebwerksturbine ein Schaden festgestellt worden. Der Flugversuchsträger, mittlerweile über 30 Jahre alt, war dank exzellenter Wartung schon seit Langem das einzige noch fliegende Exemplar der VFW-614-Baureihe. Ein Riss über der Toleranzgrenze bedeutete das Ende der langen erfolgreichen Karriere. Für den Überführungsflug ins Deutsche Museum München konnte schließlich ein anderes Triebwerk gefunden werden, dem die Unbedenklichkeit bescheinigt wurde. So durfte ATTAS im Dezember 2012 mit Sondergenehmigung des Luftfahrtbundesamtes ein letztes Mal fliegen, wenn auch wegen kleinerer Vorschädigungen des Ersatztriebwerks unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen: minimale Besatzung, minimales Startgewicht, reduzierte Startleistung und keine Extra-Überflüge. Eine letzte Bewährungsprobe, die ATTAS tadellos bestand.



Die ATTAS-Kabine: Um Gewicht zu sparen, wurden für den Überführungsflug die Rechner ausgebaut



Nach einem extrem kurzen Anflug auf den Flugplatz Schleißheim bei München kam ATTAS schon nach 600 Metern zum Stehen

Schon früh im Dunkeln kamen die ersten Kollegen, um die letzten Startvorbereitungen zu treffen. Den Vormittag über lief ein Check nach dem anderen. ATTAS stand ein letztes Mal neben ATRA, einem Airbus A320, der als großer DLR-Flugversuchsträger weiter im Dienste der Luftfahrtforschung fliegen wird.

Während die Braunschweiger Mannschaft des DLR-Flugbetriebs ATTAS für den letzten Start vorbereitete, kämpften Mitarbeiter des Deutschen Museums gemeinsam mit der örtlichen Feuerwehr gegen die winterlichen Witterungsbedingungen auf dem Flugplatz Schleißheim. In der Nacht hatte es etwas geschneit. „Untergrund leicht vereist mit dünner Schneeschicht“, war die herausfordernde Botschaft aus dem Münchener Norden.

Stück für Stück legten die Einsatzkräfte die Landebahn frei und tauten das verbliebene Eis auf. Der an die Flugwerft Schleißheim angrenzende Flugplatz verfügt nur über eine verkürzte Landebahn von 800 Meter Länge, die regulär von kleinen Sportmaschinen genutzt wird. Die Lande- ebenso wie die Sichtbedingungen mussten für den ATTAS-Überführungsflug einwandfrei sein.

Als sich die Tore des DLR-Hangars in Braunschweig öffneten und die beiden Piloten Hans-Jürgen Berns und Stefan Seydel im Cockpit ihre Plätze einnahmen, wurde es spannend. Ein Schlepper zog ATTAS auf das Vorfeld. Dort begann die Zeit des Wartens, denn die Vorbereitungen in Schleißheim dauerten immer noch an. Neben der Präparation der Landebahn musste aus Sicherheitsgründen auch ein Zaun am Ende der Bahn demontiert werden.

Auf dem Dach des Hangars in Braunschweig hatte sich eine kleine Schar alter Bekannter in eisiger Kälte zum Geleit bereitgestellt. Fast eine Stunde harhten sie aus, immer den startbereit stehenden Forschungsflieger im Blick. Zuletzt mussten die beiden ATTAS-Piloten noch die Landung des DLR-Segelfligers DG300 auf dem Braunschweiger Flughafen abwarten. Als die DG300 elegant hereinsegelte und langsam zum Stehen kam, war das wie ein letzter Gruß der heimatischen Flugabteilung. Gegen 12:00 Uhr dieses 7. Dezember kam dann die erlösende Freigabe: „ATTAS auf Go!“

Hans-Jürgen Berns und Stefan Seydel ließen die Triebwerke an. Eine kurze Rußfahne, dann liefen sich die Maschinen frei. Nach einem Jahr Stillstand rollte ATTAS vorwärts zur Runway, dem winterlichen Mittagshimmel entgegen. Noch immer standen Schaulustige auf dem Hangar. Wie zu seinen besten Zeiten als Forschungsflugzeug erhob sich ATTAS in die Braunschweiger Luft.

Seit 1985 war ATTAS als großer Flugversuchsträger im Dienst, erst unter der Flagge der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR), dann nach dem Namenswechsel im DLR. In diesen mehr als zwei Jahrzehnten hat ATTAS erheblich zum Renommee der DLR-Luftfahrtforschung beigetragen.

Mit dem fliegenden Simulator untersuchten die Wissenschaftler unter anderem die Flugeigenschaften noch nicht gebauter Prototypen. Ein Höhepunkt war 2002 die virtuelle Erprobung der Fairchild/Dornier DO 728 im Rahmen der Zulassung der Flugsteuerung des damals neu entwickelten Flugzeugs. ATTAS war als fliegender Verwandlungskünstler auch als überdimensionierter Nurflügler am Himmel unterwegs: Die Forscher erprobten mit ihm das neue Konzept eines Großraumpassagierjets, das in einer flachen Rochenform mit einer Spannweite von 100 Metern zukünftig bis zu 750 Passagiere aufnehmen soll. Zudem war ATTAS der einzige Flugversuchsträger, der Flüge durch Wirbelschleppen und Böenfelder simulierte. Ebenso konnten die Forscher das Verhalten eines defekten Flugzeugs virtuell in der Luft erproben.

All das ermöglichte die frei programmierbare Fly-by-Wire-Steuerung des Forschungsfliegers. Dabei handelt es sich um ein elektro-hydraulisches System, das ATTAS im Zuge des Umbaus zum Versuchsträger neben der bereits vorhandenen mechanischen Steuerung erhalten hatte. Die Wissenschaftler nutzten die In-Flight-Simulation intensiv, um neue Regelungstechniken zu erproben. Regelmäßig wurden Flugversuchingenieur-Schüler der britischen Testpilotenschule Empire Test Pilots' School (ETPS) auf ATTAS ausgebildet. Studenten nutzten ATTAS immer wieder als fliegenden Hörsaal für Flugerprobungsexperimente.

Außerdem erprobten die Forscher mit ATTAS lärmarme Anflüge und automatisierte Anflugverfahren. Über einen Datenlink konnte der Forschungsflieger von den Wissenschaftlern



sogar ferngeführt werden. Ein besonders anspruchsvolles Projekt war der Flug von sogenannten Mars-Parabeln. Dabei ging es steil in den Himmel hinauf und im Sturzflug wieder herunter – immer und immer wieder. Hinauf ging es mit doppelter Schwerkraft und hinab dann federleicht bei Mars-Schwerkraft, fast wie auf dem Roten Planeten.

Erleichterte Ankunft

Im Anflug auf den Regionalflugplatz Schleißheim erwartete ATTAS ein Hubschrauber der Bundespolizei, der den Forschungsflieger auf dem letzten Wegstück begleitete. Für die Landung hatte das Flugzeug Gewicht lassen müssen. Der langjährige DLR-Flugversuchingenieur Michael Pre hatte die zahlreichen Rechnersysteme in der Kabine vor dem Flug demontiert. Kein Passagier, kein unnötiges Gepäck war an Bord, denn es galt, auf einer für Jets dieser Größe äußerst kurzen Bahn sicher zu landen.

Auf dem Flugplatz hatten sich die Einsatzkräfte der Schleißheimer Feuerwehr und Polizei postiert, um die Landung abzusichern. Selbst ein Löschfahrzeug des Münchener Flughafens war vor Ort. Im Tiefflug überquerte ATTAS die nahegelegene Autobahn, dahinter Wald, dann die große weiße Fläche des Flugplatzes, durchzogen von einer schwarzen Linie, der freigelegten Landebahn. Hans-Jürgen Berns steuerte den Forschungs-

flieger gekonnt Stück für Stück dem Aufsetzpunkt entgegen. Ein kleiner Follow-Me-Smart neben der Bahn markierte die anzuweisierende Aufsetzstelle deutlich.

Eine letzte Straße, ein letztes Stück Zaun rauschte unter dem ATTAS-Bug hinweg. Die dünne Schneeschicht wurde aufgewirbelt, dann die Punktlandung der Piloten. Bereits nach 600 Metern kam ATTAS zum Stehen, 200 Meter früher als nötig.

Dann ging alles ganz schnell. Der blinkende Smart fuhr ATTAS entgegen, als die Piloten bereits eine Wendung auf der Landebahn vollführten. Sie folgten ihm quer über eine gefrorene und leicht mit Schnee bedeckte Gras-Piste hinüber zum Gelände der Flugwerft. Die VFW-614 ATTAS war hier in ihrem Element, denn einst hatten die Ingenieure diesen Typ mit höher montierten Triebwerken und ausklappbarer Fahrgasttreppe für den Flugbetrieb auf unbefestigten Airports entworfen. Vor dem Aussichtsturm der Flugwerft, auf dem Vorplatz des alten Hangars, parkten die Piloten den Forschungsflieger und ließen die Triebwerke auslaufen. Die Einsatzkräfte von Polizei, Feuerwehr, Flugplatz und Museum folgten und empfingen die Piloten in der klirrenden Dezemberklte.

Die Verschnaufpause vor der Flugwerft währte dann doch noch einen guten Monat. ATTAS musste auf Rollen gestellt werden, um in die gläserne Werkstatt der Flugwerft hineingezogen zu werden. Die Anlieferung der dazu bestimmten, sogenannten „Kuller“ stand noch aus. In der Zeit des Wartens wurde hin und wieder das Hilfstriebwerk angeworfen, um den Forschungsflieger zu durchlüften.

Am 9. Januar 2013 war es schließlich so weit, ein Truck fuhr vor und ATTAS wurde auf Rollen gestellt. Mitarbeiter des Museums legten Seile um das Flugzeug, die sie am Truck befestigten. Schritt für Schritt zogen sie ATTAS schräg in die gläserne Werkstatt. Wegen der Tragflchenspannweite von 21 Metern passte ATTAS nur diagonal hinein. Der Platz war so knapp, dass der markante Nasenmast des Forschungsfliegers für die Zeit des Hineinrollens demontiert werden musste. In der Werkstatt ließen die Techniker das letzte Kerosin aus den Treibstofftanks und -leitungen laufen. Die vielen Bordrechner der Messanlage, die aus Gewichtsgründen über Land ins Museum transportiert worden waren, standen schon zum Wiedereinbau bereit.

Transparente Elemente verschaffen Einblick

Bis ATTAS neben dem Dsenjet X-31 im großen gläsernen Hangar der Flugwerft Schleißheim zu bewundern sein wird, sind noch einige Umbauten geplant: Teile des Fußbodens werden demontiert und durch transparente Elemente ersetzt, um den Blick auf die darunter liegende Technik mit ihren vielen Kabeln freizulegen. Auch die Verglasung des Hecks ist im Gespräch. Dann wäre das Hilfstriebwerk der VFW-614, die sogenannte APU, direkt von außen zu erkennen.

Noch dauern die Arbeiten an. Doch schon jetzt können Schaulustige in der gläsernen Werkstatt von einer Tribüne aus ATTAS bestaunen. In einigen Monaten wird der geflügelte Botschafter des DLR ein Forschungsflieger zum Anfassen für alle sein – ein Highlight in der Luftfahrtsammlung des Deutschen Museums. ●

ATTAS-Laufbahn

1978	Erstflug bei VFW-Fokker in Lemwerder bei Bremen
1982-1984	Umrüstung zum Flugversuchsträger
1985	Übernahme durch die DFVLR (heute DLR)
1986-1989	Erprobung einer elektrohydraulischen Fly-by-Wire-Steuerung
1990	Erste In-Flight-Simulation
1992-2004	Flugfhrungsexperimente mit Experimentcockpit in der Kabine
1999-2005	Modernisierung des Versuchssystems (u. a. neue Computer, LCD-Displays)
2001	Erweiterung des Flugbereichs der Fly-by-Wire-Steuerung auf Landemanver
2001-2011	Diverse Messkampagnen, u. a. In-Flight-Simulation Do728 und Nurfgler sowie Wirbelschleppenvermessung
2012	Außerdienststellung, Überführung ins Deutsche Museum, Flugwerft Schleißheim
2013	Umbau in der gläsernen Werkstatt der Flugwerft Schleißheim



Weitere Informationen:  
<http://s.DLR.de/169j>



Punktgenau setzt ATTAS in Schleißheim auf



Der Luftfahrtkurator des Deutschen Museums Dr.-Ing. Ludwig Dorn (Mitte) bei der Absprache mit den Einsatzkräften der Feuerwehr, von denen die Landung abgesichert wurde



Signatur auf ATTAS' Bugradklappe: DLR-Flugversuchingenieur Michael Pre fügt seine Unterschrift zu denen seiner beiden Piloten-Kollegen hinzu



In Parkposition vor dem historischen Gebäude der Flugwerft Schleißheim

Bild: Bundespolizei





# Mysterium im Land der Elche

Bahnfahren innerhalb Europas ist nicht immer nervenschonend. Besonders dann nicht, wenn der Hochgeschwindigkeitszug an einer Grenze halten muss, weil die Lok oder gar der Lokführer zu wechseln ist. Der Grund: Europas Staaten nutzen verschiedene Sicherungssysteme. Das einheitliche europäische Zugbeeinflussungssystem ETCS (European Train Control System) soll hier helfen. Das DLR verfügt mit RailSiTe® (Railway Simulation and Testing) über ein anerkanntes Prüflabor für solche Systeme. Derzeit arbeitet es unter anderem für die schwedische Bahn.

## Für störungsfreien Bahnbetrieb simulieren Forscher die Strecken

Von Lennart Asbach

Das DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik verfügt mit dem RailSiTe® (Railway Simulation and Testing) über das einzige deutsche akkreditierte ETCS-Prüflabor. Mit dem RailSiTe® können die DLR-Wissenschaftler komplette Zugfahrten mit realen Bordcomputern unterschiedlicher nationaler Hersteller simulieren und sind in der Lage, die gesamte Kommunikation zwischen Strecke und Zug, vom Stellwerk bis zum Triebfahrzeugführer, abzubilden. Nur, wenn die Technik jederzeit reibungslos funktioniert, ist ein sicheres und schnelles Reisen möglich.

Da ETCS von verschiedenen Herstellern entwickelt wird, kann es zu einer Inkompatibilität der verschiedenen Geräte kommen: Der Zug von Hersteller A fährt nicht auf der Strecke von Hersteller B. In Schweden hat der Infrastrukturbetreiber Trafikverket bei bereits im Betrieb befindlichen neuen ETCS-Strecken genau dieses Problem erfahren: Nach wenigen hundert Kilometern Fahrt fallen die Züge regelmäßig aus. Die Ursache kann in der Realität nicht ermittelt werden. Ein Fall für das Braunschweiger RailSiTe®.

Dazu wurde das Bahnlabor um die Leit- und Sicherungstechnik des schwedischen Bahnsystems erweitert und der Rechner einer schwedischen Lokomotive in die Simulation integriert. Die Laborumgebung simuliert nun den Zugrechner an allen vorhandenen Schnittstellen. Der schwedische Rechner fährt dadurch „gefühlte“ durch Schweden und ist kritischen Situationen ausgesetzt, die auf einer realen Bahnstrecke vorkommen können. Die Sicht nach draußen ist für die Versuchsdurchführung nicht notwendig. Die virtuelle Zugfahrt durch Schweden kommt ganz ohne Visualisierung, ohne Natur und Elche aus.

Ziel dieser Versuche ist die Reproduktion von Ausfallszenarien, um die Fehlerquelle zu finden. Die Streckendaten werden dabei mittels einer neu entwickelten Methode aus den Fahrtenschreibern, den sogenannten Juridical Recording Units (JRU), der schwedischen Züge extrahiert. Die JRU zeichnen alle



Lennart Asbach im nachgebildeten Führerstand des RailSiTe®

relevanten Ein- und Ausgaben sowie Bewegungsparameter fortlaufend auf. Diese formalen Fahrdaten werden durch DLR-Tools in die Szenariodaten überführt. Liegen die Szenarien einmal vor, werden zukünftig auch Zugrechner anderer Hersteller zuerst im Labor auf Interoperabilität mit der Strecke geprüft. Dadurch können funktionale Abweichungen bereits im Labortest auffallen.

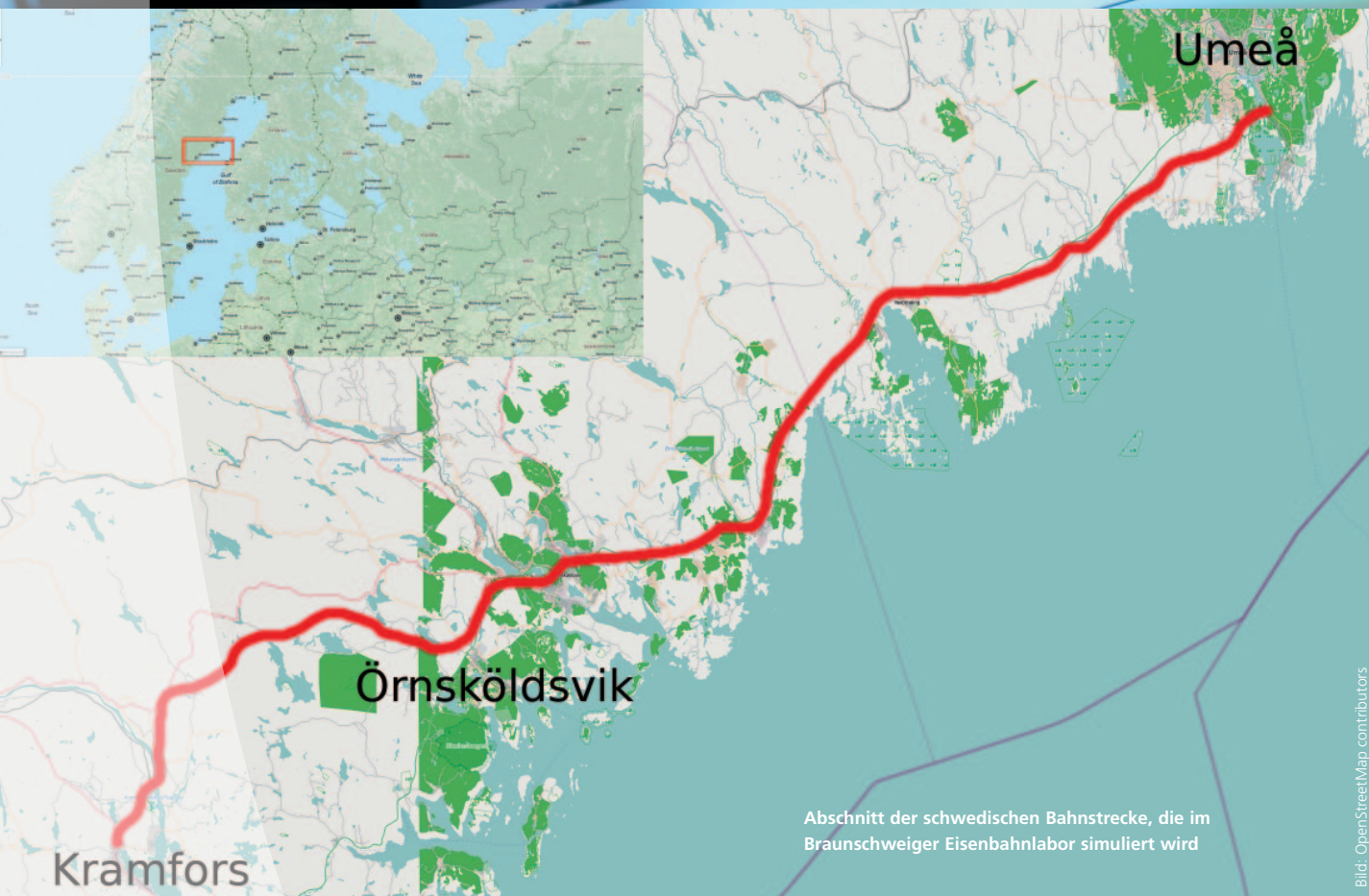
Bleibt zu hoffen, dass die in dieser Simulation fehlenden Elche nicht schlussendlich als hauptsächliche Ausfallursache identifiziert werden ... ●

### Autor:

Lennart Asbach ist Diplom-Ingenieur im Bahnbereich des Instituts für Verkehrssystemtechnik in Braunschweig. Er untersucht und entwickelt neue Methoden und Werkzeuge zur Simulation und Validation der Leit- und Sicherungstechnik für zukünftige Eisenbahnen.



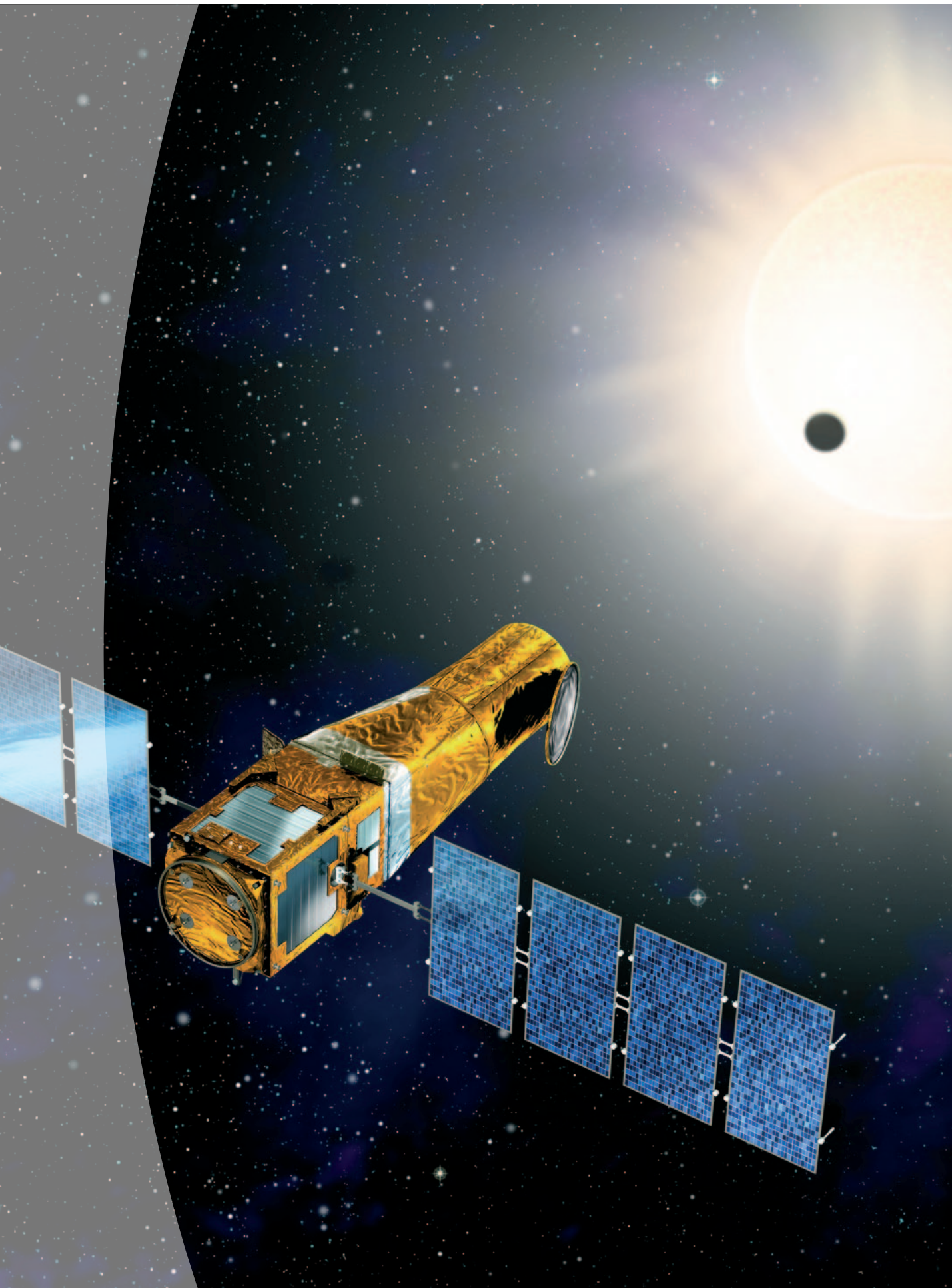
Weitere Informationen:  
[www.DLR.de/ts](http://www.DLR.de/ts)



Abschnitt der schwedischen Bahnstrecke, die im Braunschweiger Eisenbahnlabor simuliert wird

Bild: OpenStreetMap contributors





# Der „Body-Mass-Index“ ist entscheidend

Seit dem Jahr 2006 ist das Satellitenteleskop CoRoT (Convection, Rotation and Planetary Transits) im Weltall unterwegs. Auf einer Umlaufbahn in 900 Kilometer Höhe ist CoRoT auf der Suche nach Planeten, die um andere Sterne kreisen. 28 neue Himmelskörper hat CoRoT schon erspäht, insgesamt wurden 862 extrasolare Planeten entdeckt (Stand vom 31. Januar 2013). Aber nicht die Menge der Neuentdeckungen lässt die Herzen der Berliner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler höher schlagen. Vielmehr besteht der Reiz darin, mehr über diese fernen Welten zu erfahren. Und dabei geht es vor allem um die Dichte der Himmelskörper.

Gesucht wird:  
Extrasolarer Planet mit lebensfreundlichen Bedingungen

Von Melanie-Konstanze Wiese

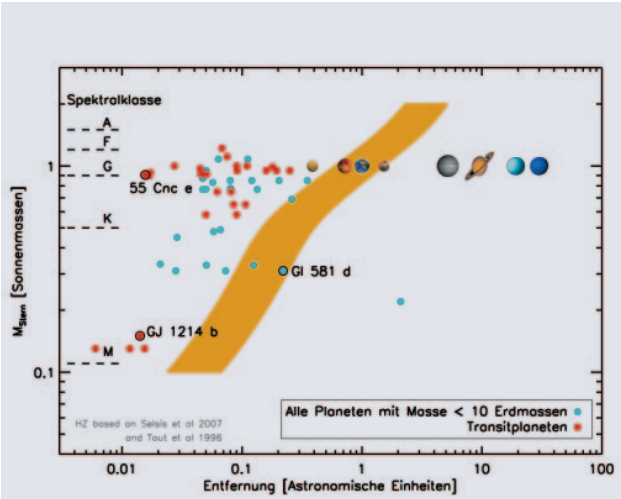
Die Zahl der Entdeckungen wächst. Auch wenn heutzutage die Nachricht über einen neuen extrasolaren Planeten keine Sensation mehr ist, begeistert sie dennoch jedes Mal die Planetenforscher. Was können uns diese Himmelskörper erzählen? Das Team um Professor Heike Rauer, Leiterin der Abteilung Extrasolare Planeten und Atmosphären im DLR-Institut für Planetenforschung, hofft, Antworten auf die Fragen zu finden, wie sich das Sonnensystem entwickelt hat und wie verschieden oder ähnlich diese Planetensysteme im Vergleich zu unserem sind.

## Der Satellit CoRoT

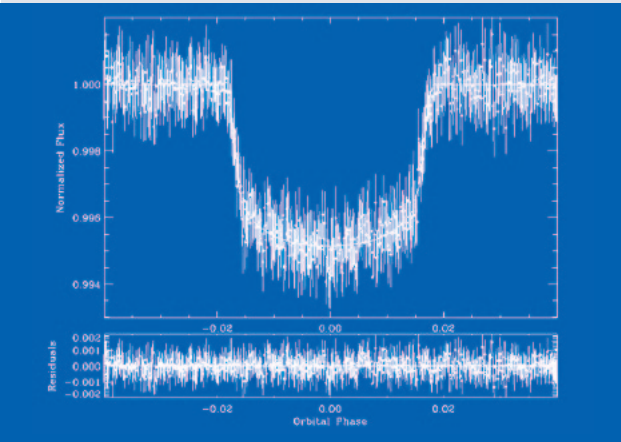
CoRoT ist ein astronomischer Satellit, der im sichtbaren Wellenbereich des Lichts Helligkeitsschwankungen von Sternen misst. Am 27. Dezember 2006 brachte eine russische Sojus-Fregat-Trägerrakete CoRoT vom Weltraumbahnhof Baikonur aus auf seine polare Umlaufbahn. CoRoT ist eine Weltraummission der französischen Raumfahrtagentur CNES unter Beteiligung Österreichs, Belgiens, Deutschlands, Spaniens, Brasiliens sowie der Europäischen Weltraumorganisation ESA.

Bei ihrer Suche gehen die Wissenschaftler nach der sogenannten Transitmethode vor. Das Prinzip scheint relativ einfach: Jedes Mal, wenn ein Planet auf seiner Umlaufbahn an seinem Stern vorbeizieht, wird das Sternenlicht geschwächt. Dieses Ereignis kann man sich als eine Art Mini-Sonnenfinsternis vorstellen, ähnlich dem Venustransit, der zuletzt am 6. Juni 2012 zu beobachten war. Während der Venustransit mit Teleskopen von der Erde aus sehr deutlich beobachtet werden konnte, ist der Transit eines Exoplaneten aufgrund der Entfernung nicht in gleicher Weise sichtbar und der Helligkeitsabfall ist auch nur sehr gering. Der Transit ist daher nur anhand von Lichtkurven, die mit großer Lichtempfindlichkeit aufgenommen wurden, zu entdecken. Und dennoch gewinnen die Planetenforscher durch diese Methode wichtige Erkenntnisse. Dazu untersucht und analysiert das Team die Lichtkurven von mehr als 170.000 Sternen.

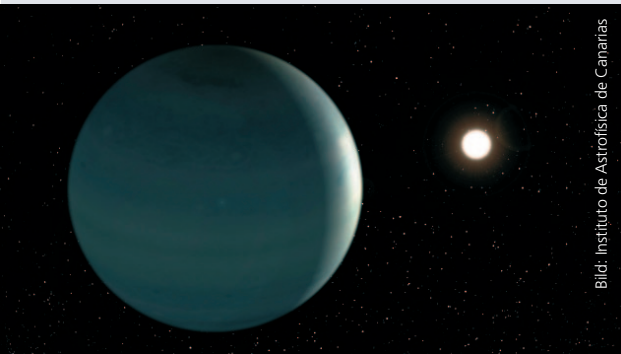




Die Darstellung zeigt alle Planeten mit einer Masse kleiner als zehn Erdmassen (Stand September 2012). Auf der horizontalen Achse ist die Entfernung zum Zentralstern und auf der vertikalen Achse die Masse des Zentralsterns abgebildet. Zum Vergleich sind die Planeten unseres Sonnensystems mitaufgenommen. Das gelbe Band gibt den Bereich der bewohnbaren Zone für die verschiedenen Spektralklassen an.



Transitmesskurve von CoRoT 3a: Deutlich zu sehen ist der Helligkeitsabfall des Sterns CoRoT 3a, der durch das Vorbeiziehen des Planeten CoRoT 3b erzeugt wird



Der Exoplanet CoRoT-9b hat eine Umlaufzeit von 95 Tagen um seinen Stern. Im Gegensatz zu den bisher entdeckten Planeten ist die Entfernung zwischen Planet und Stern relativ groß und die Temperaturen auf CoRoT-9b sind gemäßigt.

Masse ist nicht gleich Masse

Neben der bloßen Existenz des Planeten können die Lichtkurven Aufschluss über die Größe des Planeten geben, denn aus der Stärke des Lichtabfalls lässt sich dessen Durchmesser bestimmen. Verfolgt man den Transit über mehrere Umlaufperioden hindurch, so kann man mit bekannter Sternmasse den Bahnradius errechnen. Die Dauer eines Transits hilft wiederum, die Neigung der Bahnebene zu bestimmen. Vergleicht man nun die Messungen der Transit- und Radialgeschwindigkeit miteinander, so erhält man die Masse eines Planeten. Zusammen mit dem errechneten Durchmesser kommt man dann auch auf die Dichte. Und hier wird es interessant: Erst die Dichte lässt Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des Planeten zu. Handelt es sich um einen Gasplaneten oder etwa einen Gesteinsplaneten? Gerade die Gesteinsplaneten liegen im Fokus der Forscher, denn die Beschaffenheit eines Planeten bildet den Rahmen für mögliches Leben. Indizien für Leben, wie es auf der Erde vorkommt, wären beispielsweise Wasser, Tektonik oder ein Magnetfeld.

Bisher konnte man mit dieser Methode die Parameter von mehr als 292 extrasolaren Planeten bestimmen. 69 Planeten haben eine Masse, die kleiner ist als das Zehnfache der Erde. Sie wurden daher als sogenannte Super-Erden eingestuft. Bei einigen von ihnen könnte es sich tatsächlich um Gesteinsplaneten handeln, auf deren Oberfläche flüssiges Wasser möglich wäre und damit vielleicht auch lebensfreundliche Bedingungen. Voraussetzung für das Vorkommen von Wasser ist, dass der Planet weder einen zu geringen noch zu großen Abstand von seinem Zentralstern aufweist, weil das Wasser sonst entweder verdunstet oder aber gefrieren würde. Die idealen Bedingungen für flüssiges Wasser auf einer Planetenoberfläche bezeichnet man als habitable Zone. Darüber hinaus bedarf es natürlich auch einer entsprechenden Atmosphäre, die konstante Bedingungen überhaupt erst ermöglicht.

Gute Kandidaten sind rar

Super-Erden mit einer habitablen Zone sind bisher noch rar. Das Planetensystem um den Stern Gliese 581 könnte so ein Kandidat sein. Gliese 581 ist etwa 20 Lichtjahre entfernt und hat mindestens vier Planeten, darunter drei Super-Erden. Einer von denen, Gliese 581d, umkreist den Stern in einem Abstand, der eine habitable Zone zulassen würde. Wäre dann auch noch die Atmosphäre dicht genug und hätte sie zudem einen hohen Gehalt an Treibhausgasen, wäre ein Planet gefunden, der die Bedingungen für Leben aufweist. Das bedeutet aber noch nicht, dass es dort tatsächlich Leben gibt. Ausgerechnet dieser Planet ist aber nun kein Transitplanet, der in seinen Umlaufbahnen regelmäßig seinen Stern bedeckt. Somit lässt sich dessen Planetenatmosphäre leider auch nicht untersuchen, er muss also leider von der Kandidatenliste zunächst gestrichen werden.

Damit bleibt die Suche nach extrasolaren Planeten weiter spannend und es ist zu hoffen, dass die Zahl neu entdeckter Himmelskörper auch in Zukunft so rasant ansteigt. Die Mission zur Suche nach Signalen von extrasolaren Himmelskörpern ging im März 2013 in seine zweite Verlängerung. Das haben die französische Raumfahrtagentur CNES und ihre Partner, darunter das DLR, im Oktober 2012 entschieden. Und sollte CoRoT irgendwann einmal nicht mehr arbeiten und keine Daten mehr aus dem Orbit senden, so hinterlässt er dem Team des Instituts für Planetenforschung noch genügend Arbeit. Bei der Auswertung der Daten von tausenden Kandidaten könnte doch noch der Gesuchte auftauchen: ein Gesteinsplanet, der sich in der habitablen Zone seines Sterns befindet. ●



Weitere Informationen:  
[www.DLR.de/corot](http://www.DLR.de/corot)  
[www.corot.de](http://www.corot.de)

Von CoRoT entdeckte extrasolare Planeten

(Stand Januar 2013)

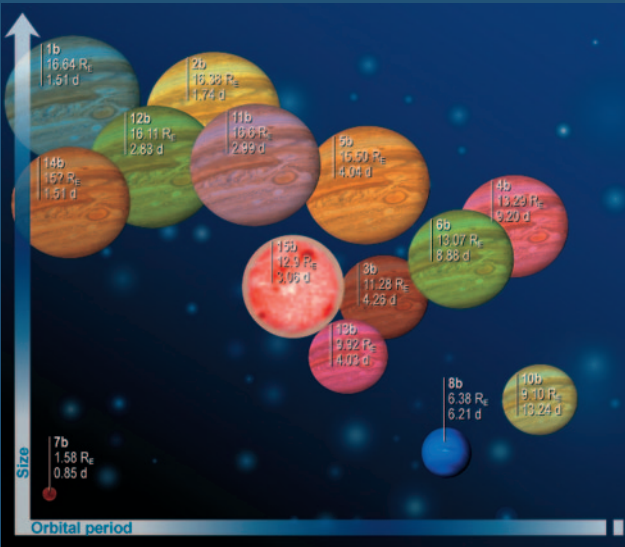
Name	Masse [M-Jupiter]	Radius [R-Jupiter]	Periode [Tage]
CoRoT-1b	1.03	1.49	1.50
CoRoT-2b	3.31	1.47	1.74
CoRoT-3b	21.66	1.01	4.26
CoRoT-4b	0.72	1.19	9.20
CoRoT-5b	0.467	1.39	4.04
CoRoT-6b	2.96	1.17	8.89
CoRoT-7b	0.023	0.15	0.85
CoRoT-7c	<0.0264	-	3.70
CoRoT-7d	0.052	-	9.02
CoRoT-8b	0.22	0.57	6.21
CoRoT-9b	0.84	1.05	95.27
CoRoT-10b	2.75	0.97	13.24
CoRoT-11b	2.33	1.43	2.99
CoRoT-12b	0.917	1.44	2.83
CoRoT-13b	1.308	0.885	4.03
CoRoT-14b	7.6	1.09	1.51
CoRoT-15b	60	0.8	3.0
CoRoT-16b	0.535	1.17	5.35
CoRoT-17b	2.45	1.02	3.77
CoRoT-18b	3.47	1.31	1.90
CoRoT-19b	1.11	1.45	3.90
CoRoT-20b	4.24	0.84	9.24
CoRoT-21b	2.53	1.30	2.72
CoRoT-22b	<0.15	0.52	9.76
CoRoT-23b	2.8	1.05	3.63
CoRoT-24b	<0.1	0.33	5.11
CoRoT-24c	0.13	0.44	11.76

Anmerkungen  
Den Hinweis auf den zweiten Planeten, CoRoT-7c, gaben die Transitmessungen von CoRoT-7b. Bestätigt wurde der zweite Planet durch Radialgeschwindigkeitsmessungen. Aus ihnen kann man keinen Radius ableiten. Die Bahnlage von CoRoT-7c erlaubt keine Transitbeobachtung.

1 Erdmasse = 0,00314 Jupitermassen  
1 Jupitermasse = 317,83 Erdmassen  
1 Jupiterradius = 11,209 Erdradien



Anfang 2009 entdeckten Forscher mit dem europäischen Satelliten CoRoT (Convection, Rotation and Planetary Transits) den ersten Gesteinsplaneten außerhalb unseres Sonnensystems. CoRoT 7b war die erste Super-Erde mit bekanntem Radius.



Die ersten 15 Exoplaneten, die von CoRoT gefunden und bestätigt wurden





# Mit der Taktik eines Schleimpilzes

Eigentlich hätte er gerne was mit Kunst gemacht. Grafikdesigner zum Beispiel. Oder Schilder- und Lichtreklamehersteller. Jetzt räumt Dirk Stiefs im DLR\_School\_Lab Bremen Stühle hin und her. Stapelt hier. Schiebt nach rechts. Und stellt sie dann doch wieder dahin, wo sie herkamen. Ein Fotograf soll kommen und ein Panoramabild vom jüngsten DLR\_School\_Lab aufnehmen. Dafür soll alles perfekt aussehen. Also werden die Stühle wieder geschoben und dieses Mal im Halbkreis angeordnet. Stiefs leitet das Schülerlabor und befasst sich seit April 2011 statt mit Kunst und Grafik mit Experimenten zum Raketenbau, mit der Schwerelosigkeit oder mit kleinen Rovern für die Fahrt über künstliche Marslandschaften. Von Routine ist das Team, bestehend aus Dirk Stiefs, Silke Zierenberg und bis zu 15 Studierenden, allerdings weit entfernt. „Jeden Tag kommt etwas Neues dazu“, sagt der 33-Jährige. Und findet das mehr als gut.

## Dirk Stiefs hat im DLR\_School\_Lab Bremen seinen Traumjob gefunden

Von Manuela Braun



Dirk Stiefs leitet das neue DLR\_School\_Lab Bremen. Gemeinsam mit seinem Team entwickelt er auch die Experimente für die Schülergruppen.

Die 18 Schülerinnen und Schüler einer siebten Klasse frieren brav ihre Bewegungen für das Panoramafoto ein. Schließlich ist die Aufnahme im Kasten, jetzt steht der letzte Programmpunkt an: Raketenstarten im Freien. „Ok, jetzt erst mal wieder alle leise werden!“ Dirk Stiefs steht im weißen Wissenschaftler-Kittel vor der Ausgangstür. Mit seinen 1,90 Meter überragt er Lehrer, Schüler und Studenten um ihn herum. „Wenn wir jetzt zum Startplatz gehen, bin ich vorne und keiner läuft vor mir. Und der Bollerwagen ist ganz hinten – und keiner bleibt weiter zurück.“ Kurze Pause, deutlicher Blick. Die freundlich-bestimmte Ansage zeigt Wirkung. Relativ geordnet geht es bis zu einem offenen Feld, auf dem die selbstgebastelten Raketen in den Himmel schießen sollen.

### Einzeller als Vorbild

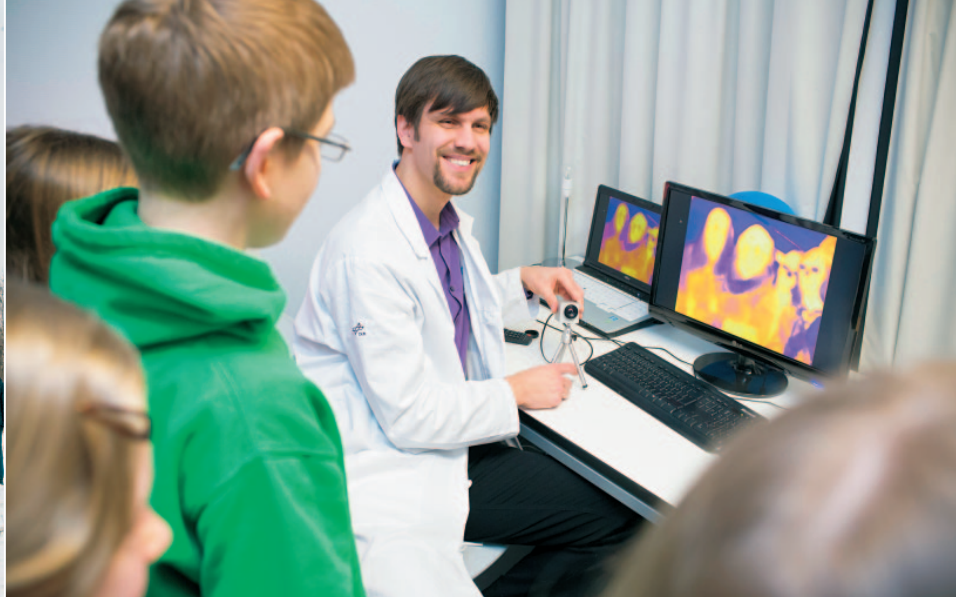
Der studierte Physiker ist eher zufällig zu seinem Job als Leiter eines DLR\_School\_Lab gekommen. „Also eigentlich bin ich so eine Art Schleimpilz“, sagt er. Laut Wikipedia sind Schleimpilze – oder wissenschaftlich ausgedrückt Eumycetozoa – Einzeller, die im Laufe ihres Lebens mehrere morphologisch extrem verschiedene Stadien durchlaufen. Ihr jeweiliges Erscheinungsbild ist untrennbar mit ihrem Lebenszyklus verbunden. Dirk Stiefs lacht, wenn er sich selbst zum Schleimpilz macht. Mit beiden Händen gestikuliert er. „Schleimpilze breiten sich immer dahin aus, wo es Nahrung gibt.“ Die Hände spreizen sich in der Luft.

Kurz vor dem Start: Mit selbstgebauten Raketen lernen die Schüler, wie Antriebe funktionieren





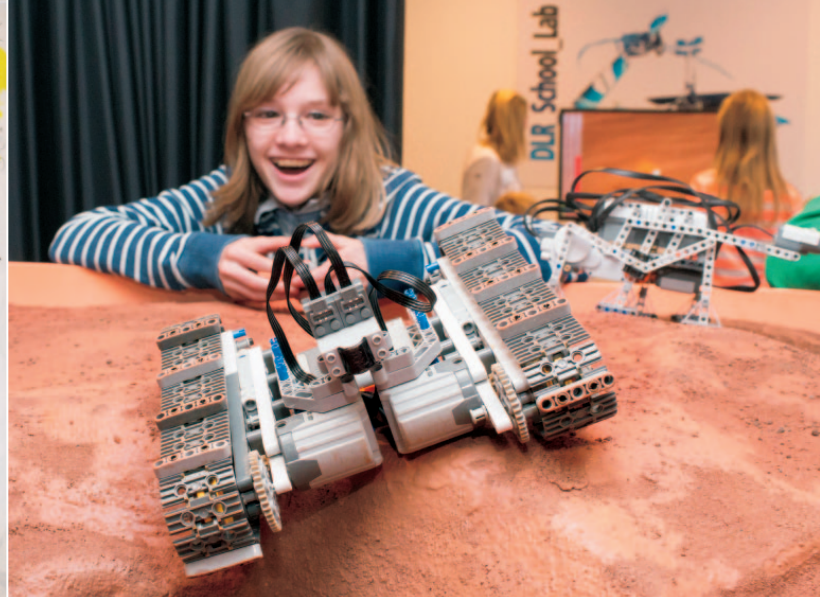
Feldversuch geglückt: Wenn die Rakete fliegt, ist aus der Theorie funktionierende Praxis geworden



Mit der Wärmebildkamera entdecken die Schüler, wo ihr Körper besonders viel Energie abstrahlt



Bei Dirk Stiefs bekommt selbst DLR-Vorstandschef Jan Wörner eine Rolle, um Wissenschaft spielerisch zu vermitteln



Auch eine Testfahrt auf dem Roten Planeten gehört im DLR\_School\_Lab Bremen zum Programm

„Das ist eine gute Taktik“, sagt Stiefs und nickt begeistert. Was er damit meint, ist einfach: Er ist offen für Neues, ergreift die Gelegenheiten, die sich ergeben, und ist nicht auf Altbewährtes festgelegt.

Physik? Das hat er studiert, weil er es konnte. Schließlich hatte er an seinem Gymnasium in Wilhelmshaven Leistungskurse in Physik und Kunst belegt. Comic-Zeichner hätte es also auch sein können. Im Studium hat er deshalb ein Buch illustriert: „Was Studierende davon abhalten kann, fleißig zu sein: Ausreden für das Noch-Nicht-Schreiben von wissenschaftlichen Arbeiten“. Aber mit der Kunst Geld verdienen zu müssen, schien ihm nicht gerade verführerisch. Überhaupt hätte er sich auch vorstellen können, nicht zu studieren – und halt Schilder- und Lichtreklamehersteller zu werden. Allerdings setzte ihn die Berufsberatung dann auf die Schiene, die ihn bis ins DLR gebracht hat: „Die haben in einem Test festgestellt, dass bei mir vor allem das logische, räumliche Denken gut funktioniert“. Herausgekommen ist ein Lebenslauf, der gradliniger kaum wirken könnte: Abitur, Physikstudium in Oldenburg, Promotion in Oldenburg und Amsterdam, Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme in Dresden. Zwischendrin ließ er sich an seiner Oldenburger Universität noch für die Hochschuldidaktik qualifizieren. 200 Seminarstunden, viele Vorträge und Lehrstunden gehörten dazu, um zu lernen, wie man Inhalte gut vermittelt. Wenn er wollte, könnte er an einer Universität unterrichten.

#### Countdown zum Raketenstart

„Letztendlich hab ich mit dem DLR\_School\_Lab aber die Schokoladenseite erwischt“, ist sich Stiefs sicher. „Keine Schularbeiten, keine Prüfungen, keine Noten! Es kommt nur darauf an, zu motivieren und zu faszinieren.“ Auf dem Weg zum Raketenstartplatz steigt bei den Siebtklässlern die Aufregung. Ein wenig sieht Dirk Stiefs wie das Klischee des irren Wissenschaftlers aus, wenn er in seinem flatternden Kittel durch den Schnee stapft und die Sicherheitsbrille auf der Nase hat. „Du kriegst die Luftpumpe, du löst ihn ab, und du darfst die Rakete starten.“ Ratzfatz hat Stiefs die quirligen Schüler eingeteilt. „Wer misst die Höhe, die die Rakete erreicht?“ Noch wird zwar gekichert und geschubst bei denen, die gerade nicht beteiligt sind – als es dann ernst wird, lässt der School\_Lab-Leiter lautstark den Countdown herunterzählen. Mit drei Kapiolen in der Luft absolviert die Rakete Marke Eigenbau ihren Flug und schlägt dann wieder auf dem Boden auf. Der Wind zerrt am weißen Kittel, während Dirk Stiefs die Prozedur auch noch mit zwei weiteren

Schülergruppen durchzieht. „Das ist schon spannend, wenn so ein Siebtklässler dann Physik besser versteht, weil er sie selbst angewendet hat.“ Die Experimente für das School\_Lab hat Stiefs zusammen mit seinem Team ausgeknobelt und schon vor dem Start in Bremen mit Schülergruppen getestet.

#### Von Schneehasen und Luchsen

Das Abwegige, Ungewöhnliche hat er sich immer wieder gern gesucht. „Für meine Doktorarbeit in Physik habe ich mich mit Schneehasen und Luchsen beschäftigt.“ Nur abstrakt, das versteht sich bei diesem Fach von selbst. „Superschwer zu erklären, was ich da genau gemacht habe.“ Stiefs macht es dennoch. Aus der Theorie der mathematischen Modelle wird ruckzuck etwas Anschauliches. „Für das Verhältnis von Räubern und Beute gibt es ja verschiedene Parameter, die es beeinflussen.“ Wieder gehen die Hände in die Luft. Innerhalb von Sekunden zeigt Stiefs, was ein Parameterraum ist und was das mit den Schneehasen und den Luchsen zu tun hat. An der Universität Dresden hat er das Modell dann weiter verfeinert. Und dieses Mal die Knochenbildung und den Zellstoffwechsel im menschlichen Körper mit Parametern abgebildet. Der 33-Jährige erklärt gerne – und möglichst ungewöhnlich.

Immerhin hat ihm das auch schon die „Goldene Kopfnuss“ eingebracht. Dafür stand er für den Science Slam „kurz & klug“ in Dresden auf der Bühne. „Plagen, Pest und Chaos“ hieß damals sein Thema, für das er das mit Goldfarbe besprühte Gehirn aus Plastik gewonnen hat. Wissenschaftlich ausgedrückt ging es um Bifurkationen in dynamischen ökologischen Netzwerken. In der Praxis erklärte Stiefs mit Jonglierbällen zum Beispiel, wie Ratten auf einer Insel von importierten Katzen gefressen werden und es den Katzen für einige Zeit ziemlich gut geht. Beim Science Slam des DLR stand er dann wieder auf der Bühne – um jonglierend zu erklären, was in seinem School\_Lab so alles stattfindet.

#### Jonglieren mit dem Vorstand

Bälle, eine rote Mütze, eine Taschenlampe, ein leerer Bilderrahmen, Stiefs hatte in der Nacht zuvor einen kleinen Raubzug durch das Zimmer seiner beiden Kinder gemacht. Aus drei Bällen werden beim Jonglieren die flexiblen Räder des Marsrover, selbst den Roboterarm der LAMA-Anlage im Bremer Institut für Raumfahrtssysteme kann der Physiker mit Spieltrieb jonglierend nachahmen. „Weltretter“ steht auf seinem T-Shirt. Schwerelosigkeit? „Stellen Sie sich mal vor, Sie stehen auf einer Waage

und springen mit ihr aus dem Fenster ...“. Simple Erklärungen sind die besten und sprudeln aus Stiefs einfach so raus. „Herr Wörner, Sie sind heute nicht in der Jury, kommen Sie doch mal nach vorne.“ Der Vorstandschef des DLR muss mitmachen, braucht aber nur die Arme hinter dem Rücken zu verschränken, das Jonglieren übernimmt der Hobbyjongleur für ihn. „Ah, ich sehe schon, der Vorstandsvorsitzende ist lernfähig, die Faszination ist übergesprungen.“ Dirk Stiefs lächelt. Um Worte ist er selten verlegen. Im Rennen um den Sieg im Science Slam musste er sich dann aber dem Berliner DLR-Kollegen Attila Wohlbrandt geschlagen geben.

Dabei hatte Dirk Stiefs vor gut zwei Jahren noch nicht einmal geahnt, dass er später einmal jonglierend die Experimente in seinem School\_Lab anschaulich machen würde. Damals hatte er gerade seinen Vertrag an der Dresdner Universität unterschrieben. „Nach der Zusage vom DLR habe ich direkt meine Stelle als wissenschaftlicher Mitarbeiter und meine Wohnung dort gekündigt.“ Die richtige Entscheidung, findet er. Denn bereut hat er den Wechsel nicht. „Das School\_Lab war schon für ein halbes Jahr ausgebucht, bevor es überhaupt eröffnet war“, sagt er stolz. „Das ist schon ein Traumjob für mich.“

#### Ein Smilie für die Wissenschaft

Vom Raketenstartplatz geht es zurück ins Institut. „Nicht vergessen, vorne ich, hinten der Bollerwagen, und ihr dazwischen“, verkündet er ein letztes Mal. „Können wir noch einmal die Rakete starten lassen?“, bittelt ein Siebtklässler. „Bitte!“ In der Stimme liegt der rechte Ton zum Quengeln. Dirk Stiefs lächelt nachsichtig. „Nein, wir müssen jetzt zurück.“ Entschlossen stapft er durch den Schnee zum Bürgersteig. Kinder brauchen Grenzen, sagt er später. Über kann er das bei seinen beiden, zwei und sechs Jahre alt. Da gibt es auch mittlerweile schon die ersten wissenschaftlichen Fragen. „Von den eigenen Kindern kann man auch gut lernen“, meint Stiefs.

Im Institut gibt es noch für jede Schülerin und jeden Schüler einen Bewertungsbogen. Stiefs und sein Team wollen wissen, ob sie die Faszination für die Wissenschaft wecken konnten. Jacken fliegen über die Stuhllehnen, alle kitzeln auf den Bögen herum. Für jeden hat das School\_Lab-Team eine Urkunde mit dem jeweiligen Namen vorbereitet. Wer bei den Experimenten gut mitgemacht hat, soll etwas in den

Händen halten, wenn er nach Hause kommt. „Wem hat es heute gefallen?“ Überall gehen die Hände hoch. Als zusätzliche Belohnung gibt es noch eine Frisbee-Scheibe vom School\_Lab-Leiter persönlich. Schließlich ist der letzte Schüler durch die Tür. Keiner hat etwas liegenlassen. 18 Mädchen und Jungen wissen jetzt mehr darüber, wie Schwerelosigkeit entsteht, wie Satelliten ihre Lage regeln können und wie Raketen funktionieren. Stille macht sich in den Räumen des Bremer Labors breit. Dirk Stiefs zieht sich gelassen seinen Kittel aus. „Laut? Echt, war’s eben laut? Das ist mir gar nicht aufgefallen.“ ●



**Weitere Informationen:**  
[www.DLRscienceslam.de](http://www.DLRscienceslam.de)  
[www.DLR.de/schoollab](http://www.DLR.de/schoollab)



Mit dem Teleskop zeigt Dirk Stiefs die kosmische Strahlung, die auf die Erde trifft – Physik einmal ganz anders



# Schwelgen im Sammelsurium

Im Jahr 1810 wird das Museum für Naturkunde zunächst in Berlin Unter den Linden gegründet. Aber schon 1880 platzt es aus allen Nähten, mittlerweile füllen die Sammlungen zwei Drittel des Berliner Universitätsgebäudes. Kaiser Wilhelm II. persönlich eröffnet den neuen Museumsbau in der Invalidenstraße. Seitdem verfolgt das Naturkundemuseum vor allem zwei Ziele: sammeln und forschen. Dabei schafft es das über 200 Jahre alte Haus, mühelos den Flair aus einer Zeit aufrechtzuerhalten, in der Museen belehrten und erstaunten. Über 30 Millionen Sammlungsstücke befinden sich im öffentlichen Ausstellungsteil und schlummern in Sammlungen, die nur Forschern zugänglich sind: 10 Millionen Wirbellose, 15 Millionen Insekten, 130.000 Fische, 180.000 Säugetiere, 120.000 Tonaufnahmen im Tierstimmenarchiv ...

## Zwischen Nostalgie und Moderne: ein Rundgang durch das Berliner Museum für Naturkunde

Von Manuela Braun

Ambatoarinit aus Abi-Kambana/Madagaskar. Phosgenit aus Monteponi, Sardinien/Italien. Grünlich schimmernder Malachit aus der Provinz Shaba in der Demokratischen Republik Kongo. Oder halt Eisen aus Bühl bei Kassel in Hessen. Schon die Namen zergehen auf der Zunge, zeugen von Ferne und Nähe – und davon, wie akribisch Wissenschaft sein muss. 312.000 Proben lagern in der mineralogisch-petrographischen Sammlung des Berliner Museums für Naturkunde. In dem meterhohen Raum müsste es eigentlich anders riechen, mehr nach Geschichte, nach Staub und vergangenen Zeiten, eher ein wenig muffig. Doch die Reinigungskräfte der Moderne lassen das nicht zu.

Und so sind es die ehrwürdigen Vitrinen, auf Hochglanz poliert, und die sorgfältig beschrifteten Ausstellungsstücke, die den Besucher ins 19. Jahrhundert befördern. Kleine Knäufe zieren die hölzernen Vitrinenrahmen, hinter deren Scheiben präzise aufgereiht die verschiedenen Mineralien präsentiert werden, liebevoll mit kleinen Zetteln beschriftet. Auf Ausziehbrettern könnten Unterlagen oder Sammlungsobjekte abgelegt werden. Jedes Räuspern und jeder noch so kleine Nieser hallen laut durch den hohen Raum und werden wieder zu den Besuchern zurückgeworfen. Ganz besondere Ausstellungsstücke wie zum Beispiel ein riesiger, violetter Amethyst aus Brasilien thronen auf dunklen Holzsockern.

### Knochiger Rekord

Das größte Ausstellungsstück des Naturkundemuseums passt allerdings nicht auf einen Holzocker: Über dem Skelett eines mächtigen Saurierrumpfs schwebt in 13,27 Meter Höhe winzig klein der Kopf des Brachiosaurus-Skeletts. Nur wer den Kopf in den Nacken legt und entlang des dünnen Knochenhalses nach oben blickt, sieht, wo einst das Hirn des Urtiers gesessen hat. Damit selbst der kleine Kopf noch mit Blut versorgt wurde, muss in der Brust des Sauriers wohl ein 400 Kilogramm schweres Herz geschlagen haben. Von 1909 bis 1913 ging die Expedition zum Tendaguru-Berg im heutigen südöstlichen Tansania, bei der die Forscher auf das bislang größte, vollständig erhalte-

ne Dinosaurierskelett weltweit stießen und insgesamt 250 Tonnen versteinerte Saurierknochen nach Berlin brachten. „Tallest mounted dinosaur skeleton“ – eine offizielle Urkunde erklärt den Berliner Brachiosaurus zum Guinness World Record. Wie blank poliertes Holz wirken die riesigen Knochen des Vegetariers, der fast die gesamte Haupthalle mit dem matten Glasdach einnimmt.

Das Museum macht es seinen Besuchern leicht und überschüttet sie nicht mit Unmengen an Fakten. Kurz und knapp heißt es: „Der Dinosaurier Brachiosaurus hatte gigantische Ausmaße: so hoch wie ein vierstöckiges Haus und so schwer wie zehn große Elefanten. Das Tier wog vor seinem Tod etwa 50 Tonnen.“ Eine anschauliche Beschreibung, denn welcher Besucher kennt sich mit Dinosauriern und ihrem Gewicht aus? Mehrstöckige Häuser und große Elefanten sagen jedem etwas.

Überhaupt: Das Naturkundemuseum hat ein geschicktes Händchen, wenn es die Brücke zwischen altherwürdigen Sammlerstücke und modernen Ansprüchen schlägt. Gute Vergleiche, der Verzicht auf zu detaillierte, ermüdende Fakten und originelle Methoden vermitteln Wissen – ohne laut oder reißerisch zu sein. Zum Beispiel können vier „Ferngläser“ auf die verschiedenen Saurierskelette der Halle gerichtet werden und erkennen, welches Urtier gerade im Blick ist. Dann beginnt eine Animation, bei der sich die Knochen des jeweiligen Dinos virtuell mit Fleisch füllen, Muskeln von Gelenk zu Gelenk wachsen und schließlich der fertige Saurier grasend durch die Natur schreitet. Je nachdem, welchen Saurier der Besucher mit seinem sogenannten „Juraskop“ anpeilt, wird die entsprechende Animation gestartet.

Fast feierlich wird es dann in dem kleinen Kabinett, in dem das Museum den Urvogel Archaeopteryx lithographica ausstellt. Mal fällt das Licht von links auf die reliefartige Versteinierung, mal von rechts – und jedes Mal wird der Urvogel noch plastischer und somit fast ein wenig lebendig. Keine schlechte Leistung für das 150 Millionen Jahre alte entwicklungsgeschichtliche Bindeglied zwischen Vögeln und Sauriern.



Bekannt ist das Museum für Naturkunde vor allem für sein über 13 Meter hohes Dinosaurierskelett, das es bis zum Guinness World Record brachte





Ob Krokodil oder Koralle, die Biodiversitätswand versammelt alles, was kriecht und fliecht



Prachtstücke wie der riesige Amethyst aus Brasilien sind in der mineralogischen Sammlung zu sehen



Nostalgisch, aber nicht verstaubt liegen die Sammlungsstücke in ihren historischen Vitrinen

## Reise ins Weltall

Selbst den Weltraum bringt das Naturkundemuseum mit einer ganz eigenen Methode dem Besucher näher. Auf einer großen, runden Bank liegen die Planetenfreunde im abgedunkelten Raum. Über ihnen schwebt eine Kuppel, auf die das Weltall projiziert wird. Vorüberziehende Planeten, Asteroidengürtel, Gesteinsbrocken, die aufeinanderprallen und sich dabei zu Himmelskörpern formen – dazu erzählt eine angenehme Stimme, wie sich das Universum formte und was die verschiedenen Planeten ausmacht. Eine genüssliche „Märchenstunde“ für Weltraumfreaks, die gerne mitfliegen würden, wenn es durchs Weltall geht. Das Licht in der Halle bleibt dabei schummrig – nur leuchtende Planeten auf Stelen und das Licht des Weltraum-Spielfilms sind Orientierungspunkte im Raum. Das sorgt für die richtige Atmosphäre und bietet beim Museumsbesuch auch schlichtweg einmal die Möglichkeit zur Pause. Nach hinten legen, den Blick entspannt nach oben richten und von Bildern und Fakten berieseln lassen. Anschließend können in kleinen ausgeleuchteten Vitrinen mit Meteoritenteilen jene Objekte bewundert werden, die ihren Weg aus dem Weltall zur Erde gefunden haben.

## Das Leben als Leuchtwand

Saal für Saal eröffnet sich eine andere Atmosphäre – und nach dem Ausflug zu den Planeten türmt sich eine meterhohe Biodiversitätswand vor dem Besucher auf. Wie bei einem Suchbild wandern die Augen des Betrachters über farbige Seesterne, Fische, Krokodile, Schildkröten und Korallen, die bis zur Raumdecke reichen. Weil die Wand nun mal deutlich höher als der vor ihr staunende Besucher ist, gibt es alles auch im Taschenformat: An einem Tisch fährt man mit der Lupe über eine Abbildung der Wand und zoomt sich so die interessantesten Tiere heran.

Einmal um die Meeresbewohner im Hochformat gegangen und man steht vor Beutelwölfen, Zebras oder einem mittlerweile ausgestorbenen Quagga. Auge in Auge mit einem lebensgroßen Känguru findet man diese Tiere dann auch nicht mehr ganz so niedlich, sondern vielmehr beeindruckend. Und auch hier gibt es Wissenswertes gut verpackt: Schildkröte, Pinguin und Robbe schweben wie schwimmend durch die Luft – von einer Seite der Vitrine aus ist die Außenhaut zu sehen, von der anderen Seite gesehen offenbart sich das Skelett im Inneren. Was von außen fast gleich aussieht, ist bei Weitem nicht dasselbe. Die Flosse der Meeresschildkröte zeigt den Knochenbau eines Reptilienbeins, die Robbe hat ein Säugerlaufbein und der Pinguin einen Vogelflügel. Flosse ist eben nicht gleich Flosse.

Weiter geht's. Kurze Schrifttafeln erklären, dass der Zweipunkt-Marienkäfer auch dann noch ein Zweipunkt-Marienkäfer bleibt, wenn er mehr Punkte hat oder wenn er schwarz statt rot ist. Das ist nämlich eher der Temperatur der Region, in der der Käfer heimisch ist, geschuldet als der Artenvielfalt. Wie nah sich Mensch und Affe sind, erkennt man an den beiden Skeletten, die auf hohen Podesten den Abschluss des Saals bilden. Links den Affen, rechts den Menschen, geht es in den nächsten Saal.

## Augen zu und durch?

Nur: All die schönen ausgestellten Tiere sind nicht nur die reine Kunst. In ihnen steckte auch einmal Leben, bevor sie präpariert wurden. Eigentlich will man das gar nicht so detailliert wissen, andererseits gehört so etwas nun einmal zu einem Museum dazu. Und deshalb sieht man dann auch das abgebalgte Eichhörnchen, muss kurz mal darüber schlucken, wie abschreckend ein gehäutetes Hörnchen mit dem Fell daneben aussehen kann, und blickt als nächstes auf einen toten Vogel. Nein, die Dauerausstellung „Präparation“ ist nicht schön – aber spannend. Das Naturkundemuseum thematisiert nicht nur die Natur, son-

dern auch, wie man die Kunde ebendieser vermittelt. Wer eingelegte Fische und abgebalgte kleine Tiere überstanden hat, darf anschließend die Insektenmodelle von Alfred Keller kennenlernen. Nie sah ein Hausmückenweibchen in Flughaltung bedrohlicher aus als hier, wo sein Modell groß wie ein Pudel in der Vitrine ausgestellt wird. Oder erst recht die Buckelzikade, die mit ihren seltsam stacheligen Auswüchsen auf dem Kopf mehr nach Science-Fiction als nach realem Insekt aussieht. In der Natur gerade einmal sechs Millimeter groß, zeigt das 100-fach vergrößerte Plastikmodell aus den Fünfzigerjahren die bizarre Schönheit der Bocydium globulare.

## Insassen eines Gruselkabinetts

Und dann gibt es zum Abschluss noch 81.880 Liter Alkohol. Abgefüllt in 276.000 Gläser. In der Museumssprache heißt das, was den Besucher bei 15 bis 18 Grad Celsius Raumtemperatur erwartet, schlichtweg Nass-Sammlung. Doch sie schimmert und leuchtet, Regalbrett über Regalbrett bis in fünf Meter Höhe. Gelblich bricht sich das Deckenlicht in den länglichen Gläsern mit einem ganzen Gruselkabinett an Insassen. Glubschäugige Fische, die – eingelegt in Alkohol – den Betrachter anschauen, ein Hammerhai, der selbst konserviert noch skeptisch aus dem Glas blickt, verblüffte Rochen und Reptilien. Und auch hier fühlt man sich wie im 19. Jahrhundert. Weit gefehlt: Die Forschungssammlung wird in Teilen erst seit September 2010 in einem neuen Gebäudeflügel hinter gläsernen Wänden präsentiert, sie war bis dahin der Öffentlichkeit verborgen.

Über 200 Jahre Geschichte haben das Naturkundemuseum nicht verstauben lassen – wurden aber auch zum Glück nicht über Bord geworfen. Die Sammlungen des Grafen Johann Centurius von Hoffmannsegg und des Sibirien-Reisenden Peter Simon Pallas, des Freiherrn von Schlotheim, Leopold von Buchs und Alexander von Humboldts kommen immer noch zu ihrem Recht, werden mit Licht weich ausgeleuchtet und in den Mittelpunkt gerückt. Dass zu den Exponaten der „Gazelle“-Expedition, der Valdivia-Tiefsee-Expedition und der Tendaguru-Expedition nach Tansania auch der Weltraum gerückt ist oder der multimediale Globus im Saal „System Erde“, führt nicht zum Stilbruch. Alexander von Humboldt würde sich heute sicherlich über die neomodische Technik wundern – aber das Berliner Naturkundemuseum von 2013 würde ganz sicher sein Gefallen finden. ●

## Museum für Naturkunde

Invalidenstraße 43  
10115 Berlin  
[www.naturkundemuseum-berlin.de](http://www.naturkundemuseum-berlin.de)



## Öffnungszeiten

Di bis Fr: 9:30 – 18 Uhr, Sa, So und an Feiertagen:  
10 – 18 Uhr, Mo geschlossen.

## Eintritt:

Erwachsene: 5,- Euro, Ermäßigt: 3,- Euro

## Kontakt

Telefon: +49 (0)30 2093-8591  
E-Mail: [info@mf-n-berlin.de](mailto:info@mf-n-berlin.de)  
Führungen: +49 (0)30 2093-8550



In der Nass-Sammlung sind Reptilien und Fische für die Ewigkeit aufbewahrt



Glas an Glas reiht sich ein erstaunliches Lebewesen an das andere



Das Museum für Naturkunde ist seit zwei Jahrhunderten eine Institution. 30 Millionen Sammlungsstücke ruhen in dem altherwürdigen Bau in der Berliner Invalidenstraße.



# So dumm oder so clever?

## Präzise Argumente in Sachen Mondlandung

Ob man an die Mondlandung glaubt oder nicht, hängt von der Antwort auf eine einzige Frage ab: Wie dumm ist die NASA eigentlich? So dumm, dass sie bei ihren aufwändigen Studioaufnahmen die Scheinwerfer vergisst und das Universum seltsam sternlos erscheint? So dumm, dass es die Landefüße der Mondfähre aus Plastik und Holz baut – und sie später mühsam mit Glitzerfolie verhüllen muss? Und dann schafft es Alan Bean, der vierte Mann auf dem Mond, auch noch, die einzige Farbkamera zu zerstören und auch die Apollo-12-Mission zu Bildern in Schwarz-Weiß zu verdammen. Ärgerlich. Oder auch vielleicht wieder ganz raffiniert von der NASA. Vielleicht waren die einfach so klug, in ihre jahrelange schauspielerische Mission auch Astronautenfehler einzubauen. Das macht alles dann so authentisch. Fehlende Sterne, wehende Flaggen, verwackelte Bilder, schräge Schatten werden von denen bemüht, die von einem ganz fest überzeugt sind: Es hat niemals ein Mensch auf dem Mond gestanden. Das Mondgestein kommt nicht vom Mond. Die drei Apollo-Astronauten, die 1967 bei einer Routineübung verbrannten, wurden so von der NASA zum Schweigen gebracht. Die ganze Mondlandung – eine einzige Täuschung, durchgeführt von einer großen Gruppe von Verschwörern.

Thomas Eversberg ist Teil dieser Verschwörung: Der Wissenschaftler arbeitet im Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Er glaubt nicht nur daran, dass die Mondlandung stattgefunden hat, sondern steht auch noch wortreich dazu. Für die Mondlandungsleugner kein ernstzunehmender Gegner. Schließlich ist der Mann vorbelastet, wenn er schon in der Raumfahrtforschung mitmischte. Eversberg kann damit leben, aber nachdem auch Freunde – „intelligente Menschen, die durchaus in der Lage sind, seriöse Argumente von Phantastereien zu unterscheiden“ – ihn nach der Wahrheit über die Mondlandung fragten, hat der Astrophysiker sich hingesezt und ein Buch geschrieben: **Hollywood im Weltall – Waren wir wirklich auf dem Mond? (Springer Spektrum).**

Waren wir? Und woher weiß er das? Eversberg hat sich die Kritik der Mondlandungsgegner Stück für Stück vorgenommen. Manchmal helfen Badezimmerkacheln, manchmal Stäbe, ab und zu eine Kamera, um deren Argumente zu widerlegen. Immer allerdings logisches Denken. Dann dröselte der Autor sorgfältig die verworrenen Fäden der Verschwörungstheoretiker auf. Hackt sie klein, kaut sie genüsslich durch und kommt mit jedem der verständlich geschriebenen Kapitel zu dem Schluss: Auch das ist kein Argument gegen die Realität der Mondlandung. Nächste Seite, nächstes Kapitel, nächstes Gefecht mit Theorien, die keinen Bestand haben. Klugerweise hat er nicht nur historische Fotos als Belege herausgesucht, sondern lässt auch Bewegtbild sprechen: Einmal kurz mit dem QR-Code-Scanner des Smartphones auf die Buchseite gezielt und Armstrong steigt aus der Mondlandefähre, John Young springt salutierend neben der amerikanischen Fahne in die dünne Luft des Mondes und die Funksignale zwischen Mond und Erde rauschen aus dem Lautsprecher. Die Originalaufnahmen sind als YouTube-Videos hinterlegt.



Die NASA hat bisher auf die Vorwürfe der hartnäckigen Zweifler nicht reagiert. Das reicht Thomas Eversberg nicht. „Es ist möglich, sich gegen unwahre Behauptungen zu schützen. Dies ist angesichts einer extremen Medienflut auch dringend nötig, selbst wenn es Zeit kostet.“

Peinlich ist allerdings, dass die NASA die Originalaufnahmen der ersten Mondlandung nicht mehr finden kann. Aber selbst wenn man glaubt, dass die NASA eine der teuersten Filmproduktionen mit so vielen Fehlern gleich neunmal auf die Beine stellt – und dabei bis zum Schluss nicht klüger wird und immer noch unfähige Regisseure und Techniker in Brot und Lohn hält: Könnten wirklich so viele Mitwisser über so lange Zeit hinweg bei einer der größten Lügen der Welt dichthalten? Für Eversberg ein weiterer Beleg dafür, dass bei der Mondlandung Hollywood nicht im Spiel war.

Astronaut Buzz Aldrin hatte noch ein ganz anderes Argument. Ein schmerzhaft Deutliches. Als der hartnäckige Verschwörungstheoretiker Bart Sibrel ihn im Jahr 2002 öffentlich drängt, auf die Bibel zu schwören, und ihn als Lügner beschimpft, teilt der Mann, der einst auf dem Mond stand, aus. Mit der Faust ins Gesicht des Gegners. Nicht so fein wie Eversbergs Argumente. Aber auch präzise.

Manuela Braun



## Sehnsucht nach der unentdeckten Welt

Bartolomeo Columbus hat eine große Begabung: Er kann winzige und zugleich akkurate Buchstaben schreiben. Eine Kunst, die ihn zu einem begehrten Mitarbeiter der Kartografen in Portugal werden lässt. Und er hat einen berühmten Verwandten: seinen Bruder Cristóbal Columbus. Der Erzähler verspricht viel: „Als sein Bruder, der ihn als Einziger seit seiner frühesten Kindheit kannte, sah ich, wie seine Idee geboren wurde und sein Fieber stieg.“ Doch Autor Erik Orsenna nimmt seine Leser in **Cristobal oder die Reise nach Indien (C. H. Beck)** definitiv nicht mit auf die Reise. Statt von knarrenden Schiffsplanken und aufregenden Landgängen erzählt Bartolomeo von Kartografen, ankommenden Schiffen im Hafen und der Wissenschaft im 15. Jahrhundert – verschnörkelt, philosophisch und immer bereit, abzuschweifen.

Wie sammelten die Forscher das Wissen für ihre Landkarten? Wie sollte man mit den unbekannten Tieren, Pflanzen und Menschen, die die Schiffe von ihren Reisen mitbringen, umgehen? Was heute selbstverständlich erscheint, öffnete damals die Tür in eine ganz neue, unbekannte Welt. Anlass für Bartolomeos Lebensbeichte ist die Predigt eines Kirchenmannes, der die grausame Behandlung der Indianer anprangert. Und so stellt sich auch für Bartolomeo die Frage: „Warum entdecken, wenn man die tötet, die man entdeckt?“ Orsennas historischer Roman ist keine Abenteuergeschichte, sondern eine philosophische, eher etwas versponnene Erzählung aus einem sehr ungewöhnlichen Blickwinkel.

Manuela Braun



## Sonnenfludern und Himmelskekse

„Bitte vorlesen!“ Das hat mein zehnjähriger Sohn schon lange nicht mehr eingefordert. Aber als wir **Mit der Sonne fliegen** von Martina Ward (**Daedalus**) lasen, stand das abendliche Vorlesen fest auf dem Programm. Inspiriert von einer ägyptischen Sonnenbarke träumt die zehnjährige Mila in dem Buch von einem Sonnenluftschiff. Von ihrer Mutter erhält sie den Auftrag, selbst über ein solches Gefährt zu recherchieren und alles in einem Buch zusammenzutragen. Mila kommt erstaunlich gut voran, ihr Onkel ist Physiker, ihre Mama Anthropologin, zudem hat sie zwei schlaue große Brüder und eine weitgereiste Oma. So erfährt Mila sehr schnell alles über die Energie der Sonne, über Sonnenstrahlen, Sonnenöfen und Solarzellen. Und dank ihrer Mutter auch von Mythen und alten Kulturen, in denen die Sonne eine wichtige Rolle spielt.

Martina Ward vermittelt in ihrem 190-Seiten-Buch (inklusive eines 20 Seiten umfassenden Glossars) Wissen über die Energiespenderin Sonne, von der Astronomie über die Geologie bis zur Sonnenuhr und der Himmelsscheibe von Nebra. Sie scheut sich nicht, die Rayleigh-Streuung oder den Unterschied zwischen einem solarthermischen Kraftwerk und Fotovoltaikzellen zu erklären. Das alles tut sie immer in engem Bezug zur Lebenswelt von Acht- bis Zehnjährigen. Das Buch bietet sich zum Vorlesen geradezu an, man kommt mit seinem Kind ins Gespräch, buchstäblich über Gott und die Welt: Wie haben sich die alten Ägypter das Jenseits vorgestellt? Welche Energie können wir in Zukunft nutzen? Wie kann ökologisches Wohnen aussehen? Interessanterweise haben meinen technisch interessierten Zehnjährigen dann doch die Mythen und Märchen über die Sonne aus aller Welt, die am Ende eines jeden Kapitels stehen, am meisten interessiert.

Dorothee Bürkle



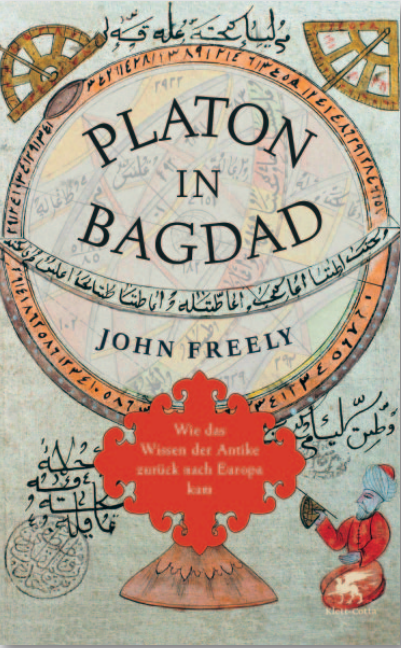


Der Vorteil des freien Blicks

Täglich grüßt Europa, der Rundfunkmeldung folgt die Nachricht im Fernsehen, Symbolbild und Karte manifestieren das Bild im Kopf, bis hin zum Wetterbericht. Irgendwann haben wir ein europäisch geprägtes Bild von der Welt verinnerlicht. Die Dominanz Europas galt und gilt in der Tat für viele Bereiche: In den Wissenschaften gaben europäische Gelehrte bis weit ins 20. Jahrhundert hinein den Ton an. Noch heute hört man im Kanon des Schulwissens die Behauptung, (erst) in der Renaissance seien die Antike und damit auch die antiken wissenschaftlichen Erkenntnisse wieder entdeckt und für die Zukunft bewahrt worden. Weit gefehlt: Europäische Kultur beruht nicht zuletzt auch auf mindestens 700 Jahren persischer und arabischer Weisheit; sie erreichte weit vor der Renaissance eine Qualität, die bei „uns im Okzident“ die Renaissance erst ermöglichen sollte.

Es ist dem britischen Wissenschaftshistoriker Jim Al-Khalili zu verdanken, dass mit seinem Buch **Im Haus der Weisheit (S. Fischer Verlag)** die äußerst spannende Geschichte vorliegt, wie Perser und Araber das antike Wissen retteten und, weit mehr noch, belegt ist, welche wissenschaftlichen Höchstleistungen sie vollbrachten und welche bahnbrechenden Erkenntnisse sie der Menschheit schenkten. Es nimmt danach fast wunder, weshalb in Europa bis heute Kulturgeschichte noch immer nahezu gleichgesetzt wird mit okzidentaler Geschichte. Wissenschaftshistoriker wie Al-Khalili besitzen glücklicherweise den Vorteil des freien Blicks. Al-Khalili lehrt uns, dass es die großen Fortschritte in der Renaissance ohne persische und arabische Denker nie gegeben hätte, auch und gerade nicht in der Wissenschaft.

Peter Zarth



Der Nutzen des zweiten Blicks

Manchmal haben Verlage Pech: Da legt **Klett-Cotta** das wirklich gute Buch **Platon in Bagdad** von John Freely auf deutsch vor, aber einige Monate, nachdem der S. Fischer-Verlag mit „Im Haus der Weisheit“ von Jim Al-Khalili dasselbe Thema auf dem Markt platziert hatte (siehe oben), und das ganz hervorragend. Der Untertitel des 2009 erstmals auf englisch veröffentlichten Buchs von Freely gibt im Grunde für beide Publikationen das Thema vor: wie das Wissen der Antike zurück nach Europa kam.

Was zunächst wie ein verlegerischer Unfall aussieht, entpuppt sich indes schon beim Lesen des Inhaltsverzeichnisses als Glücksfall. Freely wählt nämlich die entgegengesetzte Perspektive zu Al-Khalili. Hatte der die Sichtweise der persischen und arabischen Welt in den Fokus genommen, so beginnt Freely in Ionien mit den Naturphilosophen, führt uns über das klassische Athen nach Alexandria und Konstantinopel, bevor auch er, aber mit einem eher kurzen Kapitel, ins Haus der Weisheit nach Bagdad und zur Übertragung des Griechischen ins Arabische gelangt. Überschneidungen sind natürlich unausweichlich, doch in jedem Fall ist das Thema auch in diesem Buch spannend und erhellend aufbereitet. Leider ist noch immer zu wenig bekannt, dass der Okzident und das heutige, moderne wissenschaftliche Wissen und Denken auf Säulen steht, die in der islamischen Welt gründen. Dieses Wissen sollte in jede politische Kulturdebatte rund um den Islam als eine Selbstverständlichkeit mit eingehen.

Peter Zarth



Wissenschaft in pinkfarbenem Samtmantel

Ein Neuophysiker, ein Astrophysiker und ein Satiriker hinter den Bergen bei den Wissenschaftszwergen tun sich zusammen. Fortan erobert die selbst ernannte schärfste Science Boygroup Bühnen, Internetplattformen, den Buch- und Hörbuchmarkt. Sie werden geliebt oder verachtet. Geliebt wegen ihrer pointierten Plaudereien, ihrer respektlosen Annäherung an Themen, die bis dato im Comedy-Bereich – nun sagen wir mal – nicht eben heimisch waren. Gescholten, weil sie allzu biergartensalopp mit Weisheiten umgehen und auch vor Klamauk nicht zurückschrecken.

**Hanser** hat nun ein Buch der „Science Buster“ aufgelegt. Sein Titel **Gedankenlesen durch Schneckenstreicheln** hält, was er verspricht. In pinkfarbenem Kuschel-Velours-Einband erwartet uns eine heiter-satirische Betrachtung von Himmel und Hölle (ja, auch Raumfahrt), der hehren Wissenschaft hinter allzu Menschlichem, pardon, besser: hinter Tierischem, denn schließlich geht es um das „Was wir von Tieren über Physik lernen können“. Dafür haben die Kapitel eine lehrreiche Fact Box. Doch Werner Gruber, Heinz Oberhammer und Martin Puntigam geht es nicht in erster Linie um neue Erkenntnisse. Ihren assoziativen, launigen Texten fügen sie eine Prise Kulinarisches hinzu. Reizvoll ergänzt durch hintergründige Zeichnungen offerieren sie Bekanntes in neuem Licht, lassen erst schmunzeln, dann nachdenken.

Wer nach dem ersten Satz weiterliest, hat 282 Seiten lang Lese- und Lernspaß. Wer allerdings die eingangs gestellte Frage, ob er lieber Seehase, Wasserbär oder Wurmgrunzer hätte werden wollen, einfach zu dämlich findet und aussteigt, hat halt keinen ..., was schade wäre.

Cordula Tegen



So einfach ist das!?

Sich über ein Wissenschaftsthema zwischen zwei U-Bahn-Stationen zu informieren, hat seinen Reiz. **Weltall für Eierköpfe (rororo)** von dem amerikanischen Wissenschaftsjournalisten J. R. Minkel gibt jedem Thema nicht mehr und nicht weniger als zwei Seiten, keine Illustration. Konsequenz über 240 Seiten. An jedem Abschnittsende zwei, drei „Fakten zum Angeben“. Das macht Laune.

So mutig-knapp wurde Wissenschaft selten in Szene gesetzt: Elf Kapitel zu komplexen Themengebieten, die jedes für sich sonst ganze Buchbände füllen, wie „Das Sonnensystem“ oder „Teilchenphysik“, werden in kleinen appetitlichen Häppchen verabreicht. Unter „Fakten“ rangieren auch schon mal Anekdoten oder überraschende Vergleiche. Geschmückt mit nicht allzu ernst zu nehmenden Fragen (Haben sich die Aliens selbst zerstört? Sind sie schüchtern?) düst Minkel durchs Universum. Auf seine ganz eigene, an die schnellelebige Zeit angepasste Weise will er Hürden auf dem Weg zu Astronomie und Physik abbauen. Und so saust er vom Quark zum Pulsar, am Higgs-Boson vorbei zu Strings und Multiversen. So leichtfüßig, so flüchtig.

Cordula Tegen



## Das DLR im Überblick

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

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

## Impressum

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

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

Redaktion: Sabine Hoffmann (ViSdP)  
Cordula Tegen (Redaktionsleitung)  
An dieser Ausgabe haben mitgewirkt:  
Manuela Braun, Dorothee Bürkle, Falk Dambowsky,  
Melanie-Konstanze Wiese, Elisabeth Mittelbach,  
Michel Winand sowie Peter Zarth

DLR-Kommunikation  
Linder Höhe  
51147 Köln  
Telefon: 02203 601-2116  
Telefax: 02203 601-3249  
E-Mail: [kommunikation@dlr.de](mailto:kommunikation@dlr.de)  
[www.DLR.de/dlr-magazin](http://www.DLR.de/dlr-magazin)



Druck: Druckerei Thierbach,  
45478 Mülheim an der Ruhr

Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf, [www.cdonline.de](http://www.cdonline.de)

ISSN 2190-0094

Onlinebestellung:  
[www.DLR.de/magazin-abo](http://www.DLR.de/magazin-abo)



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

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

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



Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt