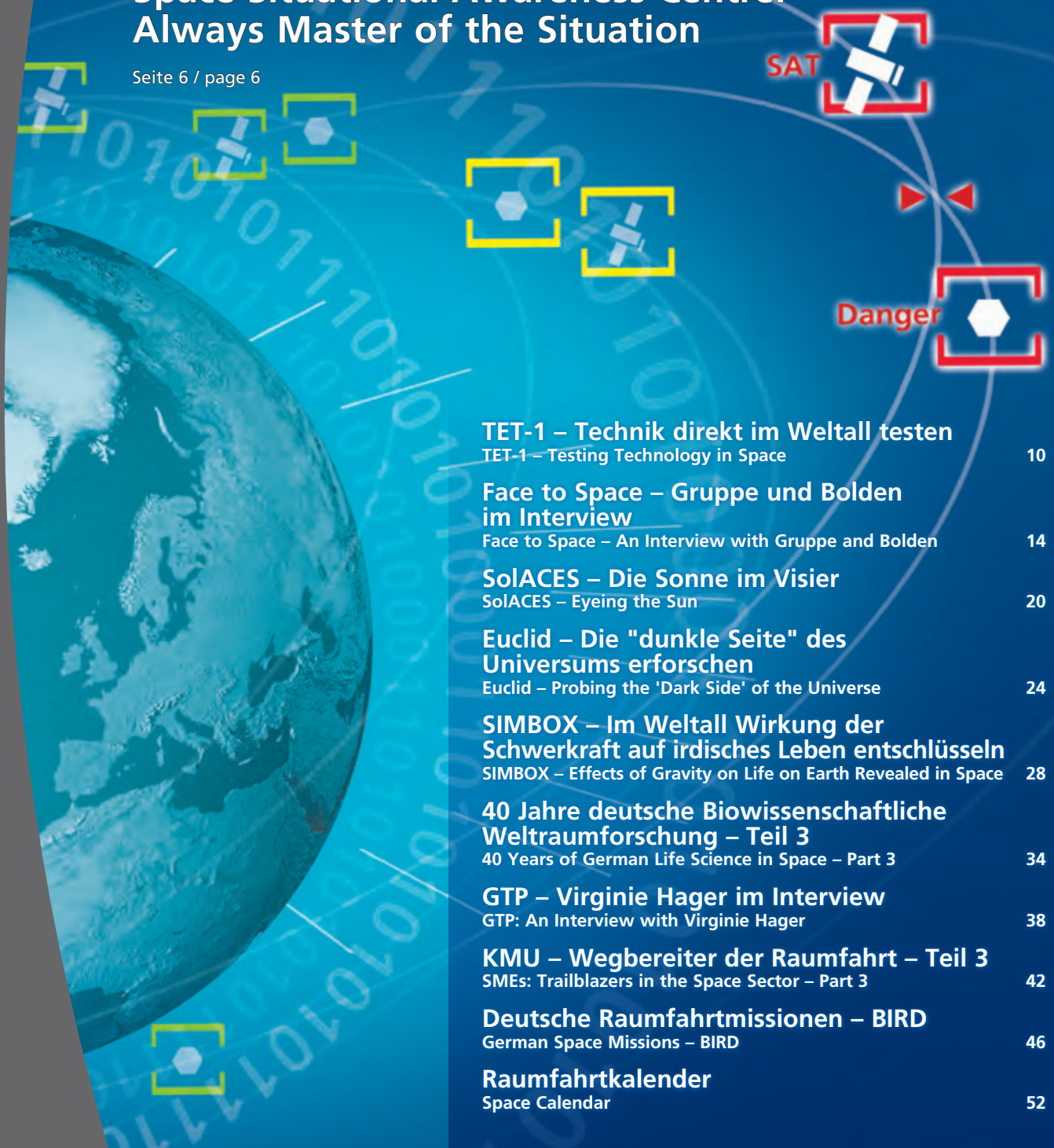


### Weltraumlagezentrum: Immer Herr der Lage

### Space Situational Awareness Centre: Always Master of the Situation

Seite 6 / page 6



<b>TET-1 – Technik direkt im Weltall testen</b> TET-1 – Testing Technology in Space	10
<b>Face to Space – Gruppe und Bolden im Interview</b> Face to Space – An Interview with Gruppe and Bolden	14
<b>SolACES – Die Sonne im Visier</b> SolACES – Eyeing the Sun	20
<b>Euclid – Die "dunkle Seite" des Universums erforschen</b> Euclid – Probing the 'Dark Side' of the Universe	24
<b>SIMBOX – Im Weltall Wirkung der Schwerkraft auf irdisches Leben entschlüsseln</b> SIMBOX – Effects of Gravity on Life on Earth Revealed in Space	28
<b>40 Jahre deutsche Biowissenschaftliche Weltraumforschung – Teil 3</b> 40 Years of German Life Science in Space – Part 3	34
<b>GTP – Virginie Hager im Interview</b> GTP: An Interview with Virginie Hager	38
<b>KMU – Wegbereiter der Raumfahrt – Teil 3</b> SMEs: Trailblazers in the Space Sector – Part 3	42
<b>Deutsche Raumfahrtmissionen – BIRD</b> German Space Missions – BIRD	46
<b>Raumfahrtskalender</b> Space Calendar	52



**Dr. Gerd Gruppe,**  
Vorstandsmitglied des  
DLR zuständig für das  
Raumfahrtmanagement

Dr Gerd Gruppe,  
Member of the DLR Executive  
Board, responsible for the  
German Space Administration

Liebe Leserinnen und Leser,  
liebe Freunde des Raumfahrtmanagements,

vom 11. bis 16. September findet mit der ILA Berlin Air Show das wichtigste Branchentreffen des Jahres statt. Die ILA ist nicht nur eine der größten Messen ihrer Art, sondern feiert in diesem Jahr auch eine doppelte Premiere: Das Ausstellungsgelände wurde neu gestaltet und der Termin auf September verschoben. Genau zwei Monate vor der ESA-Ministerratskonferenz hat die ILA damit für die Raumfahrt eine besonders hohe Bedeutung. Dabei findet die Raumfahrt auf der ILA ein immer breiteres Forum. Dies wird besonders sichtbar am „ILA Space Pavillon“, der gemeinsam von BMWi, BDL, ESA und DLR ausgerichtet wird. Dort zeigt sich die ganze Bandbreite deutscher und europäischer Raumfahrt mit ihrem spezifischen Knowhow. Besonders freue ich mich, dass mit Polen unser unmittelbarer östlicher Nachbar Partnerland der diesjährigen ILA ist. Angesichts der Erweiterung von ESA und EU, ist es dringend geboten, den Blick auch bei solchen Gelegenheiten gen Osten zu richten. Hier erwachsen uns neue interessante Partner. Deshalb engagiert sich das Raumfahrtmanagement des DLR in der polnisch-deutschen Zusammenarbeit. Diese Kooperation findet auf verschiedenen Ebenen statt. Neben grundsätzlichem Austausch auf bilateralen Konferenzen suchen wir auch die Zusammenarbeit in konkreten Projekten.

Hauptgrund für den Besuch der ILA ist die Begegnung mit den Partnern aus anderen Nationen, Wissenschaft, Forschung und Industrie. Das DLR engagiert sich mit zwei Konferenzen zu Fachthemen, die uns besonders am Herzen liegen, der Satellitenkommunikation und der Erdbeobachtung. In beiden Feldern hat das Raumfahrtmanagement in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um Deutschland für die Zukunft konkurrenzfähig und kompetent aufzustellen. In der Erdbeobachtung wird dies bei unserer Doppelmission TerraSAR-X/TanDEM-X am deutlichsten. Für die Satellitenkommunikation wird die geplante Heinrich-Hertz-Mission eine vergleichbar hohe Bedeutung bekommen. Ein wesentlicher Baustein unserer Arbeit ist die Zukunftsrichtung der deutschen Raumfahrt. Dazu gehört nach meiner tiefen Überzeugung, Impulse für schnellere und günstigere Raumfahrtprojekte in Deutschland und Europa zu setzen. Die Raumfahrt erlebt seit einigen Jahren eine besondere Umbruchphase. Das zeigt die steigende Anzahl von Akteuren, Privatisierungstendenzen und Kommerzialisierungsanstrengungen. Viele dieser Initiativen werden in den nächsten Jahren beweisen müssen, ob sie ein Weg in die richtige Richtung sind. Um die deutsche Position in der Raumfahrt zu erhalten, reicht es nicht aus, diese Entwicklungen nur zu beobachten. Vielmehr müssen wir die Raumfahrt aktiv gestalten und neue Wege gehen. Eine der Aufgaben des Raumfahrtmanagements ist daher die Förderung der deutschen Forschung und Industrie.

Deshalb gibt es auch das OOV-Programm zur „On-Orbit-Verifikationen von neuen Techniken und Technologien“. Hier sollen regelmäßig zuverlässige, sichere und kurzfristig einsetzbare Flugmöglichkeiten angeboten werden, um die Tauglichkeit und die Zuverlässigkeit von innovativer Technologie unter Welt-raumbedingungen zu demonstrieren. In der Vergangenheit wurden neue Raum-fahrtsysteme nur auf der Erde getestet. Diese Innovationen blieben bislang den Nachweis ihrer Funktionsfähigkeit im Weltraum schuldig. Deshalb war potenziellen Anwendern das Risiko eines Raumfahrteinsatzes oftmals zu hoch und viele Technologien, die mit erheblichem Aufwand entwickelt wurden, kamen häufig in der Raumfahrt gar nicht zum Einsatz. Ändern soll das unser jüngster Satellit „TET-1“. Am 22. Juli 2012 startete der deutsche Kleinsatellit vom kasachischen Weltraumbahnhof Baikonur aus ins All. Als Teil des OOV-Programms rundet TET-1 das bestehende Konzept zur Technologieförderung ab. Mit diesem Programm steht dem DLR Raumfahrtmanagement ein innovatives Förderinstrument im nationalen Programm zur Verfügung, das neue Technologien von der Grundlagenforschung bis hin zur Überprüfung im Weltall begleitet und so Raumfahrt-Innovationen eine Chance gibt.

Zukunft Raumfahrt – Seien Sie dabei

Ihr Gerd Gruppe

Dear Readers,  
dear Partners of the DLR Space Administration,

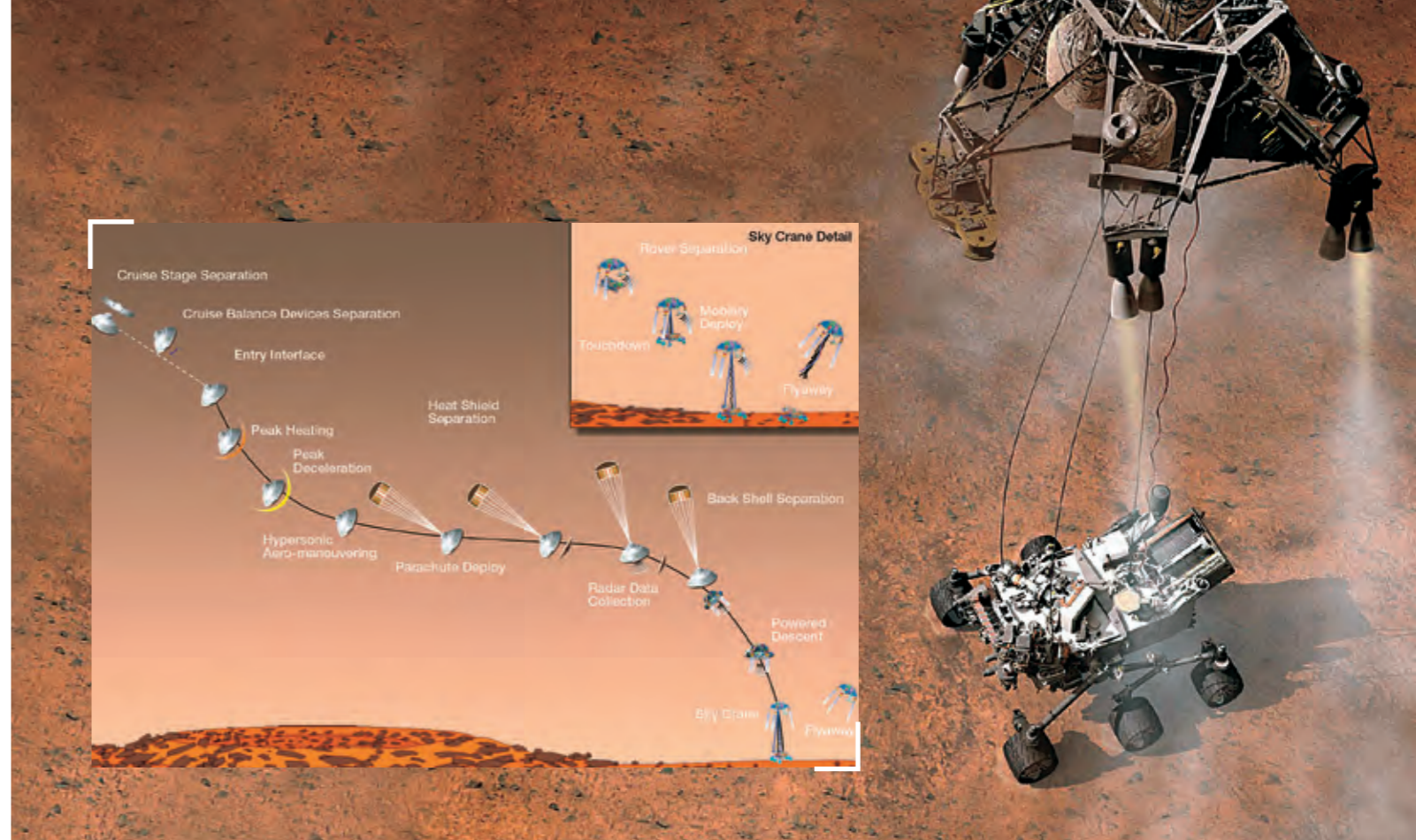
The ILA Berlin Air Show held from September 11 to 16 is this year's most important specialist event. Besides being one of the top trade fairs of its kind, this year's ILA marks a double debut: it takes place on brand-new exhibition grounds, and its date has been moved to September for the first time. This being exactly two months before the ESA Council of Ministers Conference adds to the significance of the ILA for the space industry. Space is taking an increasingly prominent position at the ILA. This becomes particularly evident in the 'ILA Space Pavilion' organised in a joint effort between BMWi, BDL, ESA, and DLR. The Space Pavilion exhibits the complete bandwidth of German and European space activities and the specific expertise that comes with it. I am particularly pleased that our direct eastern neighbour Poland is this year's ILA partner country. In view of the enlargement of the European Union and ESA it is imperative for occasions like this one to reach out to the east, too, for that is where we are likely to find new interesting partners. The DLR Space Administration is firmly committed to German-Polish cooperation. Joint activities are running on various different levels. Besides a general exchange of thoughts at bilateral conferences, we also seek cooperation on concrete projects.

One of the best reasons for visiting the ILA is the chance to meet colleagues from other nations, disciplines, research areas, and industry sectors. DLR has decided to host two conferences about themes that are particularly close to our hearts – satellite communication, and Earth observation. In both of these fields, the DLR Space Administration has made considerable efforts in the past few years to put Germany into a position of competitiveness and competence. In the field of Earth observation this is most clearly demonstrated by our double mission TerraSAR-X/TanDEM-X. In the area of satellite communication, the planned Heinrich Hertz mission is likely to earn equally high attention. A key element of our work is to move German space activities forward. I am deeply convinced that one of the main ingredients of this is to offer incentives to develop faster and more affordable space projects in Germany and Europe. In the past few years, the space sector has seen a period of radical change. Some indications are the growing number of players, and a trend towards privatisation and commercialisation. For many of these initiatives, the next few years will have to show whether or not they were steps in the right direction. To maintain Germany's position in space it does not suffice to only watch things happen. We rather have to take an active role in shaping the spaceflight sector, and break some new ground. To promote German science and industry is therefore one of the key responsibilities of the DLR Space Administration.

To underpin these efforts, a programme called OOV, or On-Orbit Verification Programme for new Techniques and Technologies, was put in place. It is to make regular, reliable, safe flight opportunities available on short notice to test the suitability and reliability of technologies for missions in space. In the past, new space systems could only be tested on Earth. Innovations thus tested lacked the final proof of their spaceworthiness. This often made their actual deployment in space too risky for potential users, and thus many technologies that had been developed at considerable expenditure never made it into space. This is to change thanks to our new satellite, TET-1. On July 22, 2012, the German micro-satellite TET-1 took off for space from the Kazakh cosmodrome at Baikonur. As part of the OOV programme, TET-1 rounds off Germany's technology funding concept. The programme gives the DLR Space Administration an innovative funding tool that is able to support a new technology from its original basic-research stage all the way to its field-testing in space, thus giving space innovation a chance.

Our future lies in spaceflight – join us!

Sincerely yours,  
Gerd Gruppe



## „Curiosity“ landet auf dem Roten Planeten

Landung der ungewöhnlichen Art: Setzten „Spirit“ und „Opportunity“ noch mit Airbags auf der Marsoberfläche auf, mussten sich die NASA-Konstrukteure für den 900 Kilogramm schweren Rover „Curiosity“ etwas Besonderes einfallen lassen. Am 6. August 2012 wurde „Curiosity“ 125 Kilometer über der Marsoberfläche in einer Kapsel, die die Form einer 4,50 Meter großen Diskusscheibe hat, in der dünnen Marsatmosphäre aerodynamisch von 21.000 Kilometern auf 1.500 Kilometern in der Stunde abgebremst. Danach sank die Sonde an einem Fallschirm weiter hinab und legte die letzten anderthalb Kilometer an einem von acht Raketentriebwerken abgebremsten und gesteuerten Himmelskran – dem „Skycrane“ – zurück. Etwa zwölf Sekunden vor dem Aufsetzen wurde das Landemodul mit Stahlseilen auf die Oberfläche abgelassen und die Räder ausgeklappt. Um 7:31 Uhr mitteleuropäischer Zeit setzte „Curiosity“ dann im Gale-Krater auf.

Dort angekommen, wird sich „Curiosity“ auf die Suche nach chemischen Bestandteilen von Leben machen. Am Landeplatz – in Äquaturnähe des Mars – ist die Chance dafür recht gut: Der Gale-Krater hat eine sehr abwechslungsreiche Topographie und der Landeplatz in der Ebene besteht vermutlich aus sehr altem Gestein. Die Wahrscheinlichkeit, Lebenszeichen zu finden, ist bei altem Gestein am größten, weil der Mars in seiner Frühzeit eine dichtere Atmosphäre und ein wärmeres, feuchteres Klima hatte. Anschließend soll der Rover sich in Richtung eines Bergs in der Mitte des 150 Kilometer großen Gale-Kraters bewegen. Dieser Berg besteht aus geschichteten Sedimenten. Der Rover könnte dort auf Mineralien stoßen, die im Zusammenhang mit flüssigem Wasser entstanden sind. Insgesamt zehn Instrumente werden dem Rover „Curiosity“ helfen, den Roten Planeten zu erkunden. Dazu gehören mehrere Kameras, Spektrometer, ein Mini-Labor für Untersuchungen von Bodenproben und das Strahlungsmessgerät RAD. Das „Filestück“ des RAD – die Sensoreinheit – stammt aus Deutschland. Mehr zu RAD erfahren Sie auf der kommenden Seite.

## 'Curiosity' Lands on the Red Planet

An unusual landing: whereas 'Spirit' and 'Opportunity' were dropped on to the surface of Mars cushioned by airbags, NASA engineers came up with a novel solution for the 900 kilogrammes heavy-weight rover 'Curiosity'. On August 6, 2012, 'Curiosity' entered the thin Martian atmosphere 125 kilometres above ground. Still encapsulated in its descent stage, which was the shape of a 4.5 metre disc, a series of aerodynamic decelerating manoeuvres brought down its speed from 21,000 km/h to 1,500 km/h. Next, the probe continued its decent on a parachute, and finally made the last kilometre and a half of its trip on a 'sky crane', decelerated and controlled by eight rocket engines. About twelve seconds before touchdown, the landing module was lowered to the ground on steel cables, and its wheels were unfolded. At 7:31 CEST 'Curiosity' finally touched down in the Gale Crater.

Once properly set up, 'Curiosity' will begin to look for chemical clues of life. At the landing site - near the Martian equator - the chances are rather good. The topography inside the Gale Crater is highly varied, and the lowlands surrounding the landing site presumably consist of very ancient rock material. Ancient rock is the most likely place to find traces of life, because Mars in its earlier days had a denser atmosphere and a warmer and more humid climate. The rover's next surface operation will be to head for a mountain located in the centre of the 150 km Gale Crater. This mountain consists of layers of sedimentary rock. There the rover might find minerals which formed in the presence of water. Ten different instruments will assist the 'Curiosity' rover in its exploration of the Red Planet. The science payload includes several cameras, spectrometers, a mini lab for analysing soil samples, and the radiation detector, RAD. The sensor head of RAD is high tech made in Germany. You can read more about RAD on the next page.

# Touchdown August 6, 2012; 07:31 CEST

## Deutsche und amerikanische Wissenschaftler messen erstmals die Strahlung auf dem Roten Planeten

6. August 2012; 07:31 Uhr mitteleuropäische Zeit: Curiosity ist auf dem Roten Planeten gelandet. Mit an Bord hat der Kleinwagen-große NASA-Rover auch deutsche Technik: Die Sensoreinheit des Strahlungsmessgerätes Radiation Assessment Detector (RAD). Das Instrument wird durch das Raumfahrtmanagement des DLR aus dem nationalen Raumfahrtprogramm gefördert. Beteiligt sind das DLR Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, die Christian-Albrechts-Universität Kiel und das amerikanische Southwest Research Institut, in dessen Händen die Gesamtverantwortung für RAD liegt. Immer wieder wurde das Instrument nach dem Curiosity-Start am 26. November 2011 eingeschaltet, um die Strahlung bereits auf dem Flug zum Mars zu messen. Drei Sonnenstürme – im Februar, März und Mai 2012 – konnten die Wissenschaftler bereits feststellen und mit ihren Messungen im Weltraum wertvolle Datensätze gewinnen, die ihnen Aufschluss über das Strahlenfeld im Sonnensystem geben. Das gerade einmal schuhkartongroße RAD funktioniert auch nach der Landung zuverlässig. In den nächsten zwei Jahren wird es die ersten Strahlungsmessungen durchführen, die jemals auf der Marsoberfläche selbst erfolgten. Wie viele Teilchen sind dort vorhanden? Welche Energie haben sie? Da der Mars kein Magnetfeld hat und nur durch eine sehr dünne Atmosphäre geschützt wird, rechnen die Forscher mit einer deutlich höheren Strahlung als auf der Erde. Mit den Ergebnissen wollen sie dann berechnen, wie sich zukünftige Marsastronauten vor der Strahlung schützen müssen.

## For the First Time, German and American Scientists Measure Radiation on the Red Planet

August 6, 2012; 07:31 CEST: Curiosity has landed on the Red Planet. The science payload carried on board the NASA rover, which is the size of a small car, includes German high tech: the sensor head of the Radiation Assessment Detector (RAD). The device was sponsored by the DLR Space Administration with funds from the national space programme. The parties involved in its development include the DLR Institute of Aerospace Medicine, Christian-Albrechts-Universität Kiel, and the US-based Southwest Research Institute, whose team had the overall responsibility for the RAD project. Ever since the launch of Curiosity on November 26, 2011, the device has been activated at regular intervals to measure radiation exposure even during the mission's cruise phase. Scientists recorded three solar storms – in February, March and May 2012 – which delivered valuable data sets on the Sun's radiation. RAD, which is just about the size of a shoe box, has been working reliably after landing. Over the next two years it will carry out the first-ever series of radiation measurements taken directly on the Martian surface. What kind of particles are there? What charge do they carry? Since Planet Mars has no magnetic field and is protected only by a very thin atmosphere, scientists expect radiation levels to be significantly higher than on Earth.



# Weltraumlagezentrum

Immer Herr der Lage

Von Thomas Cherdron und Uwe Wirt

Die Satellitenbahnen um unsere Erde sind wie unsere Autobahnen: Sie sind Lebensader und verschieden stark ausgelastet. Auch im Weltraum gibt es Unfälle zwischen Satelliten, ehemaligen Raketenteilen oder Fragmenten von alten aus-rangierten Orbitern – sogenanntem Weltraumschrott. Auf unseren Autobahnen auf der Erde wird nach diesen Kollisionen die Straße gereinigt und wieder freigegeben. Im Orbit ist das so noch nicht möglich. Daher müssen wir auf der Erde über die Lage im Weltraum genauestens informiert sein: Droht eine Kollision oder ein Eintritt in die Atmosphäre? Was wären die Folgen? Gibt es Ausweichpläne? Drohen Sonnenstürme Einfluss auf unsere Satelliten zu nehmen? Das Weltraumlagezentrum gibt Antworten auf diese Fragen. Ursprünglich eine Initiative der Luftwaffe, ist es heute ein zivil-militärisches Zentrum, das die Synergieeffekte dieser Zusammenarbeit zwischen der Luftwaffe und dem DLR Raumfahrtmanagement nutzt. Die militärischen wie zivilen Mitarbeiter liefern Status- und Funktionsübersichten von Satelliten mit deutscher Beteiligung, warnen die zuständigen Ministerien bei potenzieller Gefahr oder berechnen Ausweichszenarien – eine Aufgabe, die in Zeiten zunehmenden Weltraumschrotts immer wichtiger wird.

Space Situational Awareness Centre

Always Master of the Situation

By Thomas Cherdron and Uwe Wirt

Satellite orbits are a bit like highways: they are our life arteries, and some of them are busier than others. Collisions occur in space, too, and can involve satellites, rocket components, or fragments of defunct old orbiters, also known as space debris. On our highways on Earth, we clean up after each accident before re-opening them for traffic. This is not as yet possible in orbit. This is why we need accurate information about the situation in space. Is there an imminent threat of a collision, or is there an object about to re-enter the atmosphere? What would be the consequences? Are there any plans for an evasive manoeuvre? Is there an increasing risk of solar storms affecting our satellites? The Space Situational Awareness Centre has answers to all these questions. What originally began as an initiative of the German Air Force is today a civilian-military centre able to tap into the synergies between German Air Force and DLR Space Administration. Military and civilian staff members deliver status and functional reports of all satellites operated entirely or partly by Germany. In the case of a potential danger they issue warnings to the ministries involved or compute evasion scenarios – a job that is becoming ever more important in our times of increased space debris.

Die „Weltraumlage“ immer unter Kontrolle: Das Weltraumlagezentrum erstellte zum Wiedereintritt der russischen Marssonde Phobos-Grunt Lageberichte für alle beteiligten Ministerien.

Keeping an eye on the 'space situation': when the Russian Mars probe Phobos-Grunt re-entered the atmosphere, the Space Situational Awareness Centre issued situation reports to all ministries involved. (Sattler/Bundeswehr)



## Ernstfall 8. November 2011

Am 8. November 2011 um 20:16 UTC (Universal Time Coordinated entspricht 21:16 Uhr Mitteleuropäischer Zeit MEZ) brach die russische Marssonde Phobos-Grunt – getragen von einer Zenit-2SB-Rakete – in eine niedrige Erdumlaufbahn auf. Ausgestattet mit der neuen Antriebseinheit MDU, die von einer Fregat-Oberstufe abgeleitet wurde, sollte die Raumsonde den Weg zum Roten Planeten einschlagen. Ein Ausfall des Stern-Sensors, der für die Lageregelung der Sonde zuständig ist, verhinderte jedoch noch am gleichen Tag eine Zündung des Haupttriebwerks und somit den Einschuss in die Mars-Transferbahn. Die Sonde musste erst einmal in der Erdumlaufbahn verbleiben. Da weder Phobos-Grunt noch die Bodenstationen auf eine Kommunikation in der niedrigen Erdumlaufbahn ausgelegt waren, blieben erste Kontaktaufnahmen seitens der russischen Bodenstationen erfolglos. Weder konnten Steuerungskommandos übertragen, noch Telemetriedaten empfangen werden. Eine umgerüstete 15-Meter-ESTRACK-Antenne der europäischen Weltraumorganisation ESA in der Nähe des australischen Perth schaffte schließlich am 22. November um 20:25 UTC, mit Phobos-Grunt Kontakt aufzunehmen. Der russischen Bodenstation in Baikonur gelang es am 24. November 2011, erstmals ein Signal von der Sonde zu empfangen.

## Wenn Satelliten zu Gefahr werden

Nachdem anfänglich überhaupt kein Funkkontakt möglich war, konnten so zumindest zeitweise Telemetriedaten empfangen werden. Doch Anfang Dezember stand fest, dass Phobos-Grunt den Roten Planeten nie erreichen wird. Das Startfenster zum Mars hatte sich geschlossen. Die eigentliche Mission war gescheitert. Ein Wiedereintritt in die Erdatmosphäre war nicht mehr abzuwenden und wurde damals für Ende Januar bis Mitte Februar 2012 vorausgesagt. Da mögliche Einschläge von Trümmern auf dem Gebiet der Bundesrepublik zu diesem Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden konnten, übernahm am 30. November 2011 das Weltraumlage-

Autoren: **Thomas Cherdron** ist Referent für Sicherheitspolitik in der Strategieabteilung des DLR Raumfahrt-Managements. **Uwe Wirt** ist Leiter der Analyse im Weltraumlagezentrum und stellvertretender Leiter der Abteilung Weltraumlage des DLR Raumfahrtmanagements.

Authors: **Thomas Cherdron** is advisor for security policy in the Strategy Department of the DLR Space Administration. **Uwe Wirt** heads the analysis division of the Space Situational Awareness Centre and holds the position of deputy head of the department of Space Situation Awareness at the DLR Space Administration.

## The emergency of November 8, 2011

On November 8, 2011, at 8:16 p.m. UTC (Universal Time Coordinated; corresponds to 9:16 p.m. Central European Time, CET), the Russian Mars probe Phobos-Grunt took off for a near-Earth orbit on a Zenith-2SB rocket. Equipped with the new MDU drive unit that was derived from a Fregat upper stage, the space probe was supposed to set out for the Red Planet. On that same day, however, the star sensor that is needed to control the attitude of the probe failed, keeping the probe from firing its main drive and entering a transfer path to Mars; it had to remain in orbit around Earth for the time being. As neither Phobos-Grunt nor the ground stations had been designed for communication within the near-Earth orbit, the Russian ground stations' first attempts to make contact were unsuccessful. No control commands could be transmitted, nor was it possible to receive telemetry data. Finally, a converted 15-metre ESTRACK antenna operated by the European Space Agency (ESA) in the vicinity of Perth in Australia succeeded in making contact with Phobos-Grunt on November 22 at 8:25 p.m. UTC. On November 24, 2011, the Russian ground station at Baikonur received its first signal from the probe.

## When a satellite becomes a threat

After a time without any radio contact at all, it was now possible to receive telemetry data, at least occasionally. Early in December, however, it became clear that Phobos-Grunt would never reach the Red Planet. The time window during which the probe could have entered a transfer orbit to Mars had closed. The mission proper had failed. Re-entry into the Earth's atmosphere could no longer be averted. At the time it was predicted for the period between the end of January and mid-February 2012. As the possibility that debris might hit the territory of the Federal Republic of Germany could not then be ruled out, the federal government's Space Situational Awareness Centre began monitoring the uncontrolled re-entry of the Russian Mars probe on November 30, 2011.

Das Weltraumlagezentrum ist eine Bundeseinrichtung, die von zivilen und militärischen Mitarbeitern betrieben wird. Zusammen mit Oberleutnant Till Potinius (l.) und Oberstleutnant Thomas Blätte (m.) von der Luftwaffe verfolgt und bespricht der Stellvertretende Leiter des Zentrums, Dr. Gerald Braun (r.), die Lage von Phobos-Grunt.

The Space Situational Awareness Centre is a federal facility staffed with civilian and military employees. Together with First Lieutenant Colonel Till Potinius (l.) and Lieutenant Colonel Thomas Blätte (m.) from the German Air Force, Dr Gerald Braun (r.), the Centre's deputy director, monitors and discusses the situation of Phobos-Grunt. (Sattler/Bundeswehr)



zentrum der Bundesregierung die Überwachung des unkontrollierten Wiedereintritts der russischen Marssonde. Das Zentrum sollte Lageberichte erstellen und an die zuständigen Stellen weiterleiten. Kontinuierlich beobachteten, analysierten und bewerteten die Mitarbeiter zusammen mit externen Experten die Lage von Phobos-Grunt. Das amerikanische Joint Space Operations Center (JSpOC) und das Tracking and Imaging Radar (TIRA) des Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik- und Radartechnik – zusammen mit der französischen Radaranlage Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale (GRAVES) das einzige operationelle Weltraumradar in Europa – lieferten die Bahndaten, die Technische Universität Braunschweig die Lebensdaueranalyse. Das DLR Raumfahrtmanagement ergänzte den Lagebericht durch Ergebnisse des European Space Operations Center (ESOC) zur Berechnung des Wiedereintrittsfensters und Fragmentierungsanalysen der Hyperschall Technologie Göttingen. Im Rahmen der bilateralen Zusammenarbeitsvereinbarung mit Frankreich und den USA erfolgte ein intensiver Austausch von Informationen mit den beiden Partnern.

#### Deutscher Lagebericht für die Ministerien

Das Auswärtige Amt, das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), das Bundesministerium des Inneren (BMI), das Bundesministerium für Verteidigung (BMVg) sowie die Bundeswehr wurden auf Grundlage der Wiedereintrittsprognosen regelmäßig über den voraussichtlichen Absturzzeitpunkt von Phobos-Grunt informiert. Außerdem wurden technische Angaben zur Mission und zur Sonde übermittelt. Der Informationsfluss nahm während der Wiedereintrittsphase zu. Die Zeittaktung der Berichte wurde nach der prognostizierten Verweildauer der Sonde im Orbit ausgerichtet. Ab Dezember 2011 wurden maximal zwei Berichte pro Woche erstellt und verteilt. Ab der letzten Woche vor dem prognostizierten Wiedereintritt berichtete das Weltraumlagezentrum täglich, ab zwei Tage vor Re-Entry situationsabhängig mehrmals täglich. 24 Stunden vor Wiedereintritt begleitete eine permanente Vor-Ort-Bereitschaft

Its task was to develop situation reports and forward them to the authorities in charge. Together with external experts, the centre's employees continuously observed, analysed, and evaluated the situation of Phobos-Grunt. The American Joint Space Operations Center (JSpOC) and the tracking and imaging radar (TIRA) of the Fraunhofer Institute of High-frequency Physics and Radar Technology – the only operational space radar in Europe besides the French Grand Réseau Adapté à la Veille Spatiale (GRAVES) radar installation – supplied flight path data while the Technical University of Braunschweig analysed the remaining lifespan of the satellite. DLR Space Administration supplemented the situation report with results of the European Space Operations Centre (ESOC), which computed the re-entry window, and fragmentation analyses by Hyperschall Technologie Göttingen. Under the bilateral collaboration agreements with France and the USA, the exchange of information with the two partners was intense.

#### Situation reports for German ministries

The Foreign Office, the Federal Ministry of Economics and Technology, the Federal Ministry of the Interior, the Federal Ministry of Defence, and the Federal Armed Forces regularly received information about the expected time of Phobos-Grunt's impact on the basis of re-entry forecasts. Technical data about the mission and the probe were included as well. The flow of information increased during the re-entry phase. The timing of the reports was based on forecasts of the remaining lifespan of the probe in orbit. From December 2011 onwards, a maximum of two reports was generated and distributed per week. In the last week before the forecast re-entry, the Space Situational Awareness Centre reported daily. Two days before re-entry, it reported several times a day, depending on the situation. 24 hours before re-entry, the Russian Mars probe was observed on its way towards the Earth's atmosphere by a permanent stand-by team. This stand-by operation was kept up until it was certain that Phobos-Grunt or fragments of it would not hit



Gerald Braun hat Phobos-Grunt immer fest im Blick. Der prognostizierte Wiedereintritt der Raumsonde erfolgte über dem östlichen Pazifik nahe der chilenischen Insel Wellington – hervorgehoben durch den weißen Kreis.

Gerald Braun always keeps an eye on Phobos-Grunt. As forecast, the space probe re-entered the atmosphere above the eastern Pacific close to the Chilean island of Wellington – highlighted by the white coloured circle. (Sattler/Bundeswehr)

die russische Marssonde auf ihrem Weg in Richtung Erdatmosphäre. Diese Bereitschaft wurde so lange aufrechterhalten, bis sicher war, dass Phobos-Grunt beziehungsweise seine Bestandteile nicht auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland auftreten werden. Nach dem Wiedereintritt am Montag, den 16. Januar 2012 um 8:25 Uhr vermeldete das Weltraumlagezentrum: „Gemäß aktuell vorliegenden Informationen ist Phobos-Grunt in die Atmosphäre eingetreten. Der vermutete Ort des Wiedereintritts liegt im Südpazifik, genaue Koordinaten liegen noch nicht vor. Vermutlich wurde die Marke der 80 Kilometer Höhe um 2012/01/15 17:38 UTCG erreicht, die als Wiedereintrittszeitpunkt definierte Höhe von zehn Kilometern wurde sieben Minuten später um 2012/01/15 17:45 UTCG erreicht.“ Konkret bedeutet das: Am 15. Januar 2012 um 18:45 Uhr MEZ trat die russische Marssonde in die Erdatmosphäre ein und verglühte über dem Ostpazifik. Überreste schlugen circa 1.250 Kilometer westlich der chilenischen Insel Wellington in den Pazifik ein (46° Süd, 87° West). Die Gefahr für Deutschland war endgültig gebannt – der Auftrag des Weltraumlagezentrums erfüllt.

the territory of the Federal Republic of Germany. After the probe's re-entry on Monday, 16 January 2012, at 8:25 a.m., the Space Situational Awareness Centre reported: 'According to current information, Phobos-Grunt has entered the atmosphere. The suspected site of re-entry is situated in the South Pacific; exact co-ordinates are not yet available. It is believed that the 80-kilometre altitude mark was reached at 2012/01/15 17:38 UTCG, the altitude of ten kilometres that is defined as the time of re-entry was reached seven minutes later at 2012/01/15 17:45 UTCG.' In concrete terms, this means that the Russian Mars probe entered the Earth's atmosphere on January 15, 2012, at 6:45 p.m. CET, subsequently burning up over the Eastern Pacific. Remnants plunged into the Pacific about 1,250 kilometres west of the Chilean island of Wellington (46° south, 87° west). There was no longer any danger to Germany, and the Space Situational Awareness Centre had fulfilled its mission.

#### Aufgabenbereiche des Weltraumlagezentrums

Schutz eigener Raumfahrtssysteme:

- Warnung vor Satellitenkollisionen
- Status- und Funktionsübersicht eigener Satelliten
- Überflugwarnungen
- Eintrittswarnungen bei in die Atmosphäre eintretenden Meteoriten oder Satelliten
- Warnung vor Auswirkungen von Weltraumwetter
- Warnungen bei möglichen Störungen/Ausfällen von Kommunikationsmitteln
- GPS Unschärfe
- Status- und Funktionsübersicht fremder Satelliten

#### Neue Infrastruktur

Anfangs noch in den Räumen der Führungszentrale für Nationale Luftverteidigung untergebracht, konnte das Weltraumlagezentrum am 29. Mai 2012 in neue eigene Räume einziehen. Im Rahmen einer Interimslösung wurde in ungewöhnlich kurzer Zeit eine „Container“-Infrastruktur bezogen, die durch ihren modularen Aufbau flexibel dem räumlichen Bedarf angepasst werden kann.

#### Das „recognized Space picture“

Das Herzstück jeder weiteren Berechnung oder Lagefolgerung: Die Mitarbeiter im Weltraumlagezentrum müssen sich ein umfassendes Bild der Lage machen. Sie müssen wissen, welche Objekte sich im All in welcher Höhe und mit welcher Geschwindigkeit bewegen. Dieses Bild ist keine „Momentaufnahme“ sondern quasi ein fortlaufender Film, der ständig aktuelle Informationen bereithält. Nur wenn alle Details und Parameter korrekt vorliegen, können sie auch interpretiert und verlässliche Folgeprodukte erstellt werden.

#### Aufstellung Weltraumlagezentrum

In den Jahren 2007 und 2008 stieg das Bewusstsein um die Verwundbarkeit eigener Systeme im Weltraum. Gleichzeitig nahm das Bedürfnis zu, Positionen und Bahnen eigener wie fremder Satelliten sowie von Weltraumschrott zu kennen und über Effekte durch Weltraumwetter Bescheid zu wissen. Das Weltraumlagezentrum wurde mit Befehl des Inspektors der Luftwaffe vom 25. März 2009 als eigenständige Dienststelle unter Führung der Luftwaffe in Uedem aufgestellt. In seinen ersten Tagen bestand das Weltraumlagezentrum aus drei Personen: dem Leiter und zwei IT-Offizieren. Seitdem baut das Weltraumlagezentrum Schritt für Schritt die eigenen Kapazitäten aus: Aktuell arbeiten in Uedem elf Soldaten und zwei zivile Mitarbeiter an der Weltraumlage und den daraus ableitbaren Dienstleistungen.

#### Partnerschaft auf Augenhöhe

Schnell wurde deutlich, dass das Weltraumlagezentrum nicht nur rein militärische Erkenntnisse liefert, sondern auch für die zivile Sicherheitsvorsorge von Bedeutung ist. Ganz im Sinne der Vermeidung kostenintensiver Doppelstrukturen hat das BMWi die Chance ergriffen und ist – vertreten durch das DLR Raumfahrtmanagement – seit 2011 Partner der Bundeswehr. Aktuell führt eine zivil-militärische Doppelspitze das Weltraumlagezentrum: Am 1. Februar 2011 übernahm Oberst i.G. Olaf Holzhauer die Dienstgeschäfte des Leiters und zeichnet seitdem für den Betrieb verantwortlich. Seit 1. September 2011 ist Dr. Gerald Braun vom DLR Raumfahrtmanagement als Stellvertretender Leiter in Uedem und damit erster ziviler Mitarbeiter im Team.

#### Tasks of the Space Situational Awareness Centre

Protection of national space systems:

- Warning of forthcoming satellite collisions
- Status and functional overviews of German satellites
- Flyover warnings
- Warning of meteorites or satellites entering the atmosphere
- Warning of effects of space weather
- Warning of possible disruptions/failures of communication means
- GPS malfunctioning
- Status and functional overviews of foreign satellites

#### A new infrastructure

Initially housed on the premises of the national air defence command centre, the Space Situational Awareness Centre moved into rooms of its own on May 29, 2012. As a temporary solution, an arrangement of modular portable buildings was deployed extraordinarily quickly, which can be flexibly adapted to current space requirements.

#### The 'recognised space picture'

Employees at the Space Situation Awareness Centre must get a comprehensive picture of the situation, the core element of any subsequent calculation or conclusion. They need to know which objects are moving in space at what altitude and speed. This picture is not a snapshot but rather a movie, in a manner of speaking, constantly providing up-to-date information. Only if all the available details and parameters are correct, they can be properly interpreted, and reliable downstream products can be generated.

#### Setting up a Space Situational Awareness Centre

In 2007 and 2008, there was a growing awareness of the vulnerability of our own systems in space. At the same time, an increasingly urgent need was felt to know the positions and flight paths of German and foreign satellites as well as of space debris, and to obtain information about the effects of space weather. By order of the Chief of the Air Staff, the Space Situational Awareness Centre was set up in Uedem on March 25, 2009, as an independent unit, to be directed by the Air Force. In its first days, the Space Situational Awareness Centre had a staff of three: the director and two IT officers. Since then, the Centre has been expanding its capacities step by step: at present, eleven military and two civilian employees are monitoring the space situation from Uedem, and delivering the resulting services.

#### A well-balanced partnership

It quickly became clear that the Space Situational Awareness Centre not only supplies purely military information but is also relevant for civilian security precautions. True to the goal of avoiding cost-intensive double structures, the BMWi seized the opportunity: represented by the DLR Space Administration, it became a partner of the Federal Armed Forces, the Bundeswehr, in 2011. At present, the Space Situational Awareness Centre is led by one military and one civilian director: on February 1, 2011, Colonel (GS) Olaf Holzhauer officially took over as director and assumed responsibility for operations. Dr Gerald Braun of the DLR Space Administration has been in Uedem as deputy director since September 1, 2011, which makes him the top civilian member of the team.



Am 22. Juli 2012 startete der deutsche Satellit TechnologieErprobungs-Träger (TET)-1 mit einer Sojus-Fregat-Rakete vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur.

On July 22, 2012, the German TET-1 satellite demonstrator took off from the Russian cosmodrome of Baikonur on a Soyuz-Fregat rocket. (Kranz/DLR/Kayser-Threde)

## TET-1

Technik direkt im Weltraum testen

Von Michael Turk

**Auf der Erde kommen stets neuentwickelte Technologien zum Einsatz. In der Raumfahrt greift man jedoch vielfach auf bewährte Technik zurück. Weltraumsysteme sind besonderen Bedingungen wie Vakuum, Temperaturschwankungen und Strahlungseinflüssen ausgesetzt. Unter diesen extremen Anforderungen müssen neue Bauteile ihre Tauglichkeit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit beweisen. Doch dafür müssen neue Technologien unter diesen Bedingungen überprüft werden. Am 22. Juli 2012 um 12:41:39 Uhr Ortszeit (08:41:39 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit MESZ) startete der vom DLR Raumfahrtmanagement beauftragte deutsche Mikrosatellit TechnologieErprobungsTräger (TET)-1 mit einer Sojus/Fregat-Rakete vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur aus ins All. TET-1 ist der erste deutsche Satellit, der elf innovative Technologien direkt im Weltall testet.**

### TET-1

Testing Technology in Space

By Michael Turk

**On Earth, we use newly-developed technologies all the time. The space sector, however, often gives preference to proven technologies. Space systems are exposed to extraordinary conditions: vacuum, fluctuating temperatures, and the influence of radiation. Any new components must prove that they are reliable, durable, and capable of meeting these extreme requirements, which means that they need to be validated under exactly these conditions. On July 22, 2012, at 12:41:39 p.m. local time (08:41:39 a.m. Central European Summer Time CEST), the German microsatellite TET-1, a technology demonstrator instructed by DLR Space Administration, took off for space from the Russian cosmodrome of Baikonur on a Soyuz/Fregat rocket. TET-1 is the first German satellite on which eleven innovative technologies are being field-tested in space.**



Autor: **Michael Turk** leitet in der Abteilung Technik für Raumfahrtssysteme und Robotik des DLR Raumfahrtmanagements die Fachgruppe On-Orbit Verifikation und ist Projektleiter für die Satellitenmission TET-1.

Author: At the Department of Space System Technology and Robotics of the DLR Space Administration, **Michael Turk** heads the on-orbit verification group and acts as project manager of the TET-1 satellite mission.

### TET-1 gibt Raumfahrt-Innovationen eine Chance

In der Vergangenheit wurden neue Raumfahrtssysteme nur auf der Erde getestet. Da diese Innovationen bislang den Nachweis ihrer Funktionsfähigkeit im Weltraum schuldig blieben, war potenziellen Anwendern das Risiko eines Raumfahrt-Einsatzes zu hoch. Die Folge: Viele Technologien, die mit erheblichem Aufwand entwickelt wurden, kamen häufig in der Raumfahrt gar nicht zum Einsatz. Das soll TET-1 nun ändern. Der deutsche Satellit ist eine Säule im „On-Orbit-Verifikationen von neuen Techniken und Technologien“ (OOV)-Programm. Hier sollen regelmäßig zuverlässige, sichere und kurzfristig einsetzbare Flugmöglichkeiten angeboten werden, um die Tauglichkeit und die Zuverlässigkeit von Komponenten, Subsystemen und Bauteilen unter Beweis zu stellen. Haben sie sich erst im All bewährt, dann steht ihnen vielleicht schon bald die erste Weltraummission bevor.

### Das OOV-Programm

Das „On-Orbit-Verifikationen von neuen Techniken und Technologien“ (OOV)-Programm ruht auf zwei Säulen: Zum einen auf dem Mikrosatelliten TET und zum anderen auf den Mitfluggelegenheiten für einzelne Komponenten auf anderen Weltraumsystemen. Da dieser Bedarf nicht alleine durch ausländischen Satelliten gedeckt werden kann, ist eine direkte Testmöglichkeit durch nationale Satelliten unerlässlich: Ungefähr 75 Prozent der zu überprüfenden Komponenten können auf Mikrosatelliten untergebracht werden. Das haben Marktuntersuchungen zu neu entwickelten Technologien ergeben. Das OOV-Programm rundet das bestehende Konzept zur Technologieförderung ab. Mit diesem Programm steht dem DLR Raumfahrtmanagement ein innovatives Förderinstrument im nationalen Programm zur Verfügung. Das Programm begleitet neue Technologien von der Grundlagenforschung bis hin zur Überprüfung im Weltall und gibt so diesen Raumfahrt-Innovationen eine Chance.

### Experimente als Bausteine

Elf verschiedene Technologieexperimente sind als Nutzlasten auf TET-1 untergebracht. Neben neuartigen Solarzellen, einem Batteriesystem, neuen Kommunikationskomponenten, Datenspeichersystemen, einem GPS-Empfänger und einem Mikroantrieb-System ist eine Infrarotkamera mit an Bord. Überwacht und gesteuert werden die Technologieexperimente von einem Nutzlastversorgungssystem als Daten- und Elektronschnittstelle zwischen dem Satellitenbus und den Experimenten. Durch dieses TET-Konzept lassen sich die spezifischen Nutzlastanforderungen flexibel an die Hardware des Satelliten anpassen. Wie in einem Baukasten können für zukünftige Missionen neue Technologieexperimente eingebaut und Änderungen mit relativ geringem Aufwand umgesetzt werden. Die Nutzlasten wurden von den Beistellern nach einem TET-Standard entwickelt und gebaut. Für die TET-1-Mission wurden sie nach der Abnahme durch die Systemintegration im Mai 2010 in den Satellitenbus eingebaut.

### TET-1 gives innovative space technologies a chance

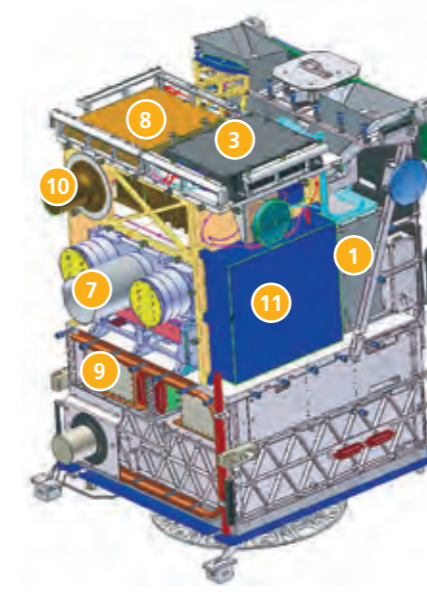
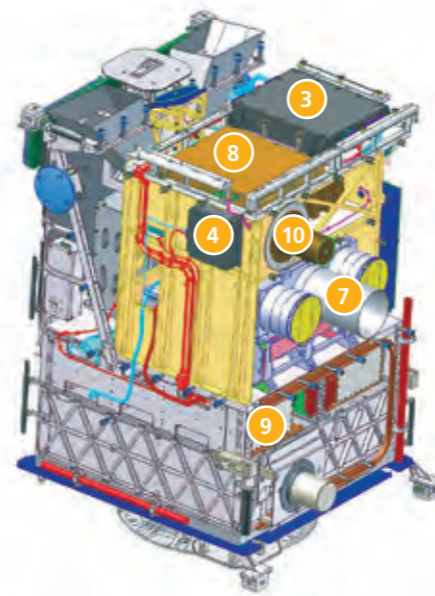
In the past, all new systems were tested on Earth. Because there was no proof that these innovations would be functionally reliable in space, potential users thought that the risk of deploying them in space was too great. The consequence: many technologies that had been developed at considerable cost were never actually used in space. TET-1 will change all that. The German satellite is one pillar of the OOV programme (On-Orbit Verification of New Techniques and Technologies). The programme is designed to offer regular flight opportunities that are reliable, safe, and available at short notice in order to validate the functionality and reliability of components, subsystems, and parts. Once they have proven themselves in orbit, their first real mission to outer space is probably not far away.

### The OOV programme

The OOV programme (On-Orbit Verification of New Techniques and Technologies) rests on two pillars: one is the TET-1 microsatellite; the other, opportunities for individual components to share a ride on other space systems. As this demand cannot be met by international satellites alone, direct testing on national satellites is indispensable: about 75 per cent of all components that need testing can be carried by microsatellites, as market studies addressing newly-developed technologies have shown. The OOV programme rounds off the existing national technology programme, providing the German Space Administration with an innovative funding instrument. The programme supports new technologies from the early basic research stage to their validation in space, thus giving a chance to new, innovative space technology developments.

### Experiments in a modular array

TET-1 serves as a platform for eleven different technology experiments. Its payload includes innovative solar cells, a battery system, new communications components, data storage systems, a GPS receiver, a micro-drive system, and an infrared camera. A payload supply system monitors and controls the technology experiments, serving as electronic and data interface between the satellite bus and the experiments. Under the TET concept, the satellite's hardware may be flexibly adapted to specific payload requirements. Because of its modular structure, new technology experiments may be integrated for future missions, and modifications implemented at relatively low expense. The payload elements were developed and built by the payload providers with a special TET standard. For the TET-1 mission, they were installed in the satellite bus after acceptance by the system integration team in May 2010.



### Der deutsche Satellit TET-1 beherbergt elf verschiedene Technologie-Experimente.

The German satellite TET-1 hosts eleven different technology experiments. (Kayser-Threde)

### Bewährter Satellit mit verbesserter Technik

Beruhet die TET-1-Technologie auf der Entwicklung des 2001 gestarteten DLR Forschungs- und Entwicklungssatelliten BIRD, so wurde dennoch einiges verändert: Neue Bestandteile, eine verbesserte Leistung, ein vergrößertes Volumen und eine erweiterte Masse für die Nutzlasten machen TET-1 leistungsfähiger: 460 x 460 x 428 Kubikmillimeter Volumen und 50 Kilogramm Masse stehen für die Technologieexperimente zur Verfügung. Mehr Redundanzen und eine höhere Bauteilqualität erhöhen zudem die Zuverlässigkeit des Systems. Der gesamte, 120 Kilogramm leichte TET-1-Satellit besteht aus dem Dienst-, dem Elektronik- und dem Nutzlastsegment. Ein Solargenerator liefert den nötigen Strom. Im Nutzlastsegment sind neben den Technologieexperimenten auch Sternkameras und GPS-Antennen untergebracht.

Hauptauftragnehmer für die Entwicklung und den Bau des Satelliten war die Firma Kayser-Threde GmbH mit den Unterauftragnehmern Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH, die gemeinsam mit dem DLR Institut für Robotik und Mechatronik und dem Institut für Raumfahrtssysteme für den Satellitenbus zuständig waren. Das DLR Oberpfaffenhofen führt die Mission durch während die russische Firma Lavoshkin Association für den Start des Satelliten verantwort-

### Proven satellite with improved technology

Although the technology of TET-1 is based on the DLR research and development satellite BIRD that was launched in 2001, some things have changed nevertheless: new components, improved performance, enlarged volume, and greater payload mass have increased the efficiency of TET-1: a volume of 460 x 460 x 428 cubic millimetres and a mass of 50 kilograms are available for technology experiments. Greater redundancy and enhanced component quality further increase the reliability of the system. Weighing no more than 120 kilograms, the TET-1 satellite comprises a service segment, an electronics segment, and a payload segment. Power is supplied by a solar generator. Besides the technology experiments, the payload segment houses stellar cameras and GPS antennas.

The prime contractor for developing and building the satellite was Kayser-Threde GmbH, with Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH as its subcontractor responsible for the satellite bus in cooperation with the DLR Institute of Robotics and Mechatronics and the Institute of Space Systems. The mission is run by DLR Oberpfaffenhofen, while the launch of the satellite has been handled by the Rus-

sian company Lavoshkin Association. The project is directed by the DLR Space Administration, assisted by the DLR Space Programme Directorate.

### Technologie-Mission unter deutscher Kontrolle

TET-1 startete als Nebennutzlast gemeinsam mit dem russischen Erdbeobachtungssatelliten Kanopus-B mit einer russischen Sojus/Fregat-Rakete. Der „Hauptpassagier“ wurde gemeinsam mit TET-1 in 500 Kilometern Höhe in einer sonnensynchronen Umlaufbahn ausgesetzt. Nach der ersten Kontaktaufnahme zwischen Bodenstation und Satellit wurden in einer ersten Betriebsphase die einzelnen Satelliten-untersysteme ausgetestet. Nach erfolgreichem Verlauf schließt sich der einjährige operationelle Betrieb an, in dem die Experimente entsprechend ihren Anforderungen eingeschaltet werden. Während der gesamten Betriebsphase ist das Deutsche Raumfahrt-Kontrollzentrum (German Space Operations Center GSOC) des DLR in Oberpfaffenhofen mit den Antennenanlagen in Weilheim für die Kontrolle, Überwachung, Planung und Steuerung der Mission zuständig. Die Nutzlastdaten werden über das Datenzentrum des DLR in Neustrelitz empfangen und von hier aus allen Experimentatoren über einen gesicherten Web-Zugang zur Verfügung gestellt.

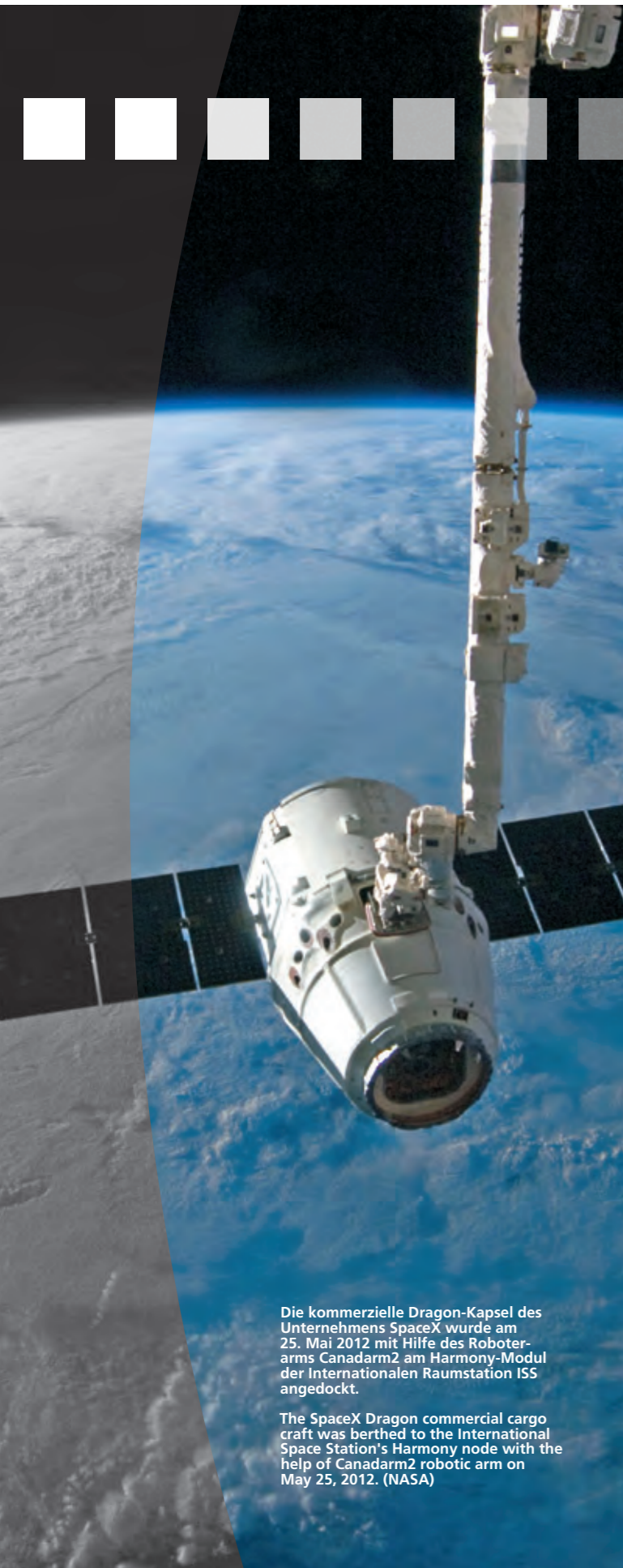
The project is directed by the DLR Space Administration, assisted by the DLR Space Programme Directorate.

### A technology mission under German supervision

TET-1 was launched as an ancillary payload on a Russian Soyuz/Fregat rocket together with the Russian Earth-observation Satellite Canopus-B. The main passenger was separated together with TET-1 and injected into a Sun-synchronous orbit at an altitude of 500 kilometres. In a first operational phase, after making contact between the ground station and the satellite, all satellite sub-systems were tested exhaustively. With these tests successfully completed, the satellite will now be run in operational mode for one year, with experiments being activated as scheduled. Mission control has been taken over by DLR's German Space Operations Centre (GSOC) at Oberpfaffenhofen, using its antennas installed at Weilheim. For the entire operational phase, GSOC will be responsible for supervising, monitoring, planning, and controlling the mission. Payload data will be received by DLR's data centre at Neustrelitz and made available to all experimenters through a secure web access.

Experiment	Kurzbeschreibung	Payload provider
1 Lithium-Polymer Batteriesystem	Mit der Nutzlast Lithium-Polymer Batteriesystem soll die Zyklenfestigkeit der Zellen und die Funktion der Überwachungselektronik (Balancing der Einzelzellen der Batterie) unter Weltraumbedingungen getestet und verifiziert werden.	ASP Equipment GmbH
2 Flexible Dünnschicht-solarzellen	Erprobung eines Solararrays mit sechs verschiedenen Typen von flexiblen Dünnschicht-solarzellen. Ziel ist die Verifikation dieser Zellen unter Weltraumbedingungen – insbesondere unter dem Einfluss der Temperaturwechsel und der UV Strahlung.	Solarion GmbH
3 Sensor-Bus-System	Erprobung eines kommerziellen Sensor-Bus-Systems zur Messwerterfassung von mehreren örtlich verteilten Sensoren. Im Praxiseinsatz unter Weltraumbedingungen sollen die Vorteile dieser Technologie gegenüber den bisherigen Raumfahrt-Lösungen demonstriert werden.	Kayser-Threde GmbH
4 Pico-Antriebe AQUAJET/MICROJET	Erprobung eines vollständigen Antriebsmoduls für Pico- und Nanosatelliten, um das Resistojet-Antriebsprinzip von AQUAJET und MICROJET, bei dem der Treibstoff aus einem beziehungsweise mehreren Tank(s) in eine Verdampfungskammer geleitet, dort verdampft und durch eine Düse expandiert wird, zu testen.	AI-Aerospace Institute
5 Solarzellen der nächsten Generation: AZUR SPACE	Erprobung von sechs Gallium-Arsenid-Solarzellen. Ziel ist dabei die Verifikation dieser Zellen unter Weltraumbedingungen – insbesondere unter dem Einfluss der Temperaturwechsel und der UV Strahlung.	AZUR GmbH
6 Solarzellen der nächsten Generation: Astrium	Erprobung von Solarzellen mit fortschrittlicher Technologie (Dünnschichtzellen und Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad), einschließlich der für die Verarbeitung notwendigen Prozessoptimierung wie Klebe- und Schweißprozesse.	EADS Astrium GmbH
7 Infrarot-Kamerasystem	Erprobung eines aus drei Kameramodulen bestehendem Infrarotsystems zur quantitativen Erfassung von Hochtemperaturereignissen auf der Erde, beispielsweise Waldbränden. Im Vergleich zur bisher auf dem BIRD-Satelliten verwendeten Kamera sollen größere Spektren im optischen Bereich erfasst und verbesserte Technologien in der Digitaltechnik getestet werden.	DLR RM-OS
8 Navigation and Occultation Experiment (NOX)	Erprobung eines kommerziellen Zweifrequenz-GPS-Receivers. Ziel ist die Demonstration, dass auch kostengünstige Systeme zur präzisen Positions- und Bahnbestimmung eines Raumfahrzeuges eingesetzt werden können.	DLR RB-RT
9 Realtime-Betriebssystem BOSS	Erprobung des Betriebssystems BOSS in einem FPGA-basierten Prozessorsystem. Demonstriert werden sollen die Stabilität von Hardware und Software unter Weltraumbedingungen.	Fraunhofer-Gesellschaft FIRST
10 Keramis-2	Erprobung von keramischen Mikrowellenschaltkreisen für die Satellitenkommunikation, die auf Mehrlagenkeramiksubstraten (LTCC) realisiert worden sind. Im Rahmen von Keramis-2 sollen diese Module für den Einsatz auf Satelliten qualifiziert und deren Tauglichkeit unter realen Umwelteinflüssen demonstriert werden.	IMST GmbH, TU Ilmenau, TU Hamburg-Harburg
11 Memory Orbit Radiation Experiment (MORE)	Erprobung von elektronischen Speicherbausteinen unter dem Einfluss von Weltraum-Strahlung, um Tests und Analysen im Labor durch reale Umweltbedingungen zu verifizieren.	IDA TU Braunschweig

Experiment	Brief description	Payload provider
1 Lithium-polymer battery system	The lithium-ion battery system has been included in the payload to test and verify its cyclic resistance and the functionality of its control electronics (balancing the battery's individual cells) under space conditions.	ASP Equipment GmbH
2 Flexible thin-film solar cells	This test serves to verify a complex solar array of six different types of flexible thin-film solar cells under space conditions, especially the influence of fluctuating temperatures and UV radiation.	Solarion GmbH
3 Sensor bus system	Examination of a commercial sensor bus system to demonstrate the superiority of this technology over traditional solutions for capturing measurements from several geographically distributed sensors in practice under space conditions.	Kayser-Threde GmbH
4 AQUAJET/MICROJET pico-drives	Examination of a complete drive module for pico and nano-satellites to test the Resistojet propulsion principle implemented in AQUAJET and MICROJET which involves piping fuel from one or more tanks into an evaporation chamber where it evaporates and expands through a nozzle.	AI-Aerospace Institute
5 Solar cells of the next generation: AZUR SPACE	Examination of six gallium-arsenide solar cells in order to verify these solar cells under space conditions, especially the influence of fluctuating temperatures and UV radiation.	AZUR GmbH
6 Solar cells of the next generation: Astrium	Examination of advanced-technology solar cells (thin-film cells and high-efficiency solar cells) which includes the optimisation of fabrication processes, such as bonding and welding.	EADS Astrium GmbH
7 Infrared camera system	Examination of an infrared system consisting of three camera modules for quantitatively measuring high-temperature events on Earth, such as forest fires. Compared to the camera used so far on the BIRD satellite, this camera system is designed to cover a wider spectrum in the visual range. In addition, improved digital technologies will be tested.	DLR RM-OS
8 Navigation and occultation experiment (NOX)	Examination of a dual-frequency GPS receiver in order to demonstrate that determining the orbit and position of a space vehicle can also be done with cost-efficient systems.	DLR RB-RT
9 BOSS real-time operating system	Examination of the BOSS operating system on an FPGA-based processor system in order to demonstrate the stability of the hardware and software under space conditions.	Fraunhofer-Gesellschaft FIRST
10 Keramis-2	Examination of ceramic microwave circuits for satellite communication involving the LTCC multi-layer ceramic substrate. The objective is to qualify these modules for satellite use and demonstrate their ability to remain functional under real-life environmental conditions.	IMST GmbH, TU Ilmenau, TU Hamburg-Harburg
11 Memory orbit radiation experiment (MORE)	Examination of electronic data storage components under the influence of cosmic radiation in order to verify laboratory tests and analyses under real-life environmental conditions.	IDA TU Braunschweig



Die kommerzielle Dragon-Kapsel des Unternehmens SpaceX wurde am 25. Mai 2012 mit Hilfe des Roboterarms Canadarm2 am Harmony-Modul der Internationalen Raumstation ISS angedockt.

The SpaceX Dragon commercial cargo craft was berthed to the International Space Station's Harmony node with the help of Canadarm2 robotic arm on May 25, 2012. (NASA)

## Face to Space

**DLR Raumfahrtmanagement und NASA über Gegenwart und Zukunft der Raumfahrt**

*Dr. Gerd Gruppe und Charles Bolden im Interview*

**Die NASA ist Deutschlands wichtigster außereuropäischer Partner in der Raumfahrt. DLR und NASA haben traditionell sehr enge, über Jahrzehnte gewachsene Kooperationsbeziehungen. Für die Zukunft haben DLR und NASA Ende 2010 ein Rahmenabkommen in Washington unterzeichnet. Im Bereich der Raumfahrt stehen Erdbeobachtung und Forschung unter Weltraumbedingungen im Mittelpunkt, ebenso Raumflugbetrieb und Planetenforschung. Die Zusammenarbeit umfasst eine gemeinsame Entwicklung von Raumfahrzeugen und Forschungsplattformen sowie das Betreiben von Forschungsraketen und -ballonen. Zusätzlich haben die Partner eine Kooperation zur gemeinsamen Erforschung des Mondes vereinbart – das so genannte Lunar Science Institute Agreement. Auch beim Deutschlandbesuch von Charles Bolden im Mai 2012 in Oberpfaffenhofen waren die zukünftige Rolle von Partnern und der Einsatz von deutscher Schlüsseltechnologie bei NASA-Missionen ein zentrales Thema.**

### Face to Space

**DLR Space Administration and NASA Speaking About the Present and Future of Space Flight**

*Dr Gerd Gruppe and Charles Bolden in interview*

**NASA is Germany's most important overseas partner in space. DLR and NASA have a long tradition of close cooperation, which has grown stronger over the decades. Concerning the future, DLR and NASA signed a framework agreement in Washington late in 2010. The joint space agenda includes Earth observation and microgravity research as well as space operations and planetary research. The two partners will cooperate on the joint development of spacecraft and research platforms as well as operating sounding rockets and balloons. It was also agreed to work out a joint programme to explore the Moon, the so-called Lunar Science Institute Agreement. When Charles Bolden came to Oberpfaffenhofen in May 2012 on his visit to Germany, among the key topics discussed were the role to be played by each of the partners under the agreement, and the use of key German technologies on NASA missions.**



In his position as head of research, innovation and technology at the Bavarian State Ministry of Economics, **Dr Gerd Gruppe** was actively engaged in positioning Bavaria as a space industry location – especially by his commitment concerning robotics, the initiation of Germany's Space Control Centre, and the European Galileo Control Centre. From April 1, 2011, he has served on the executive board of the German Aerospace Center (DLR) in charge of Space Administration. **Charles Bolden** was made a member of NASA's Astronaut Corps in 1980, and took part in four shuttle flights between 1986 and 1994 (STS-61-C, STS-31, STS-45 and STS-60). US-President Barack Obama nominated him in May 2009 for the post of NASA Administrator by US President Barack Obama in May 2009. On 15, 2009, the Senate confirmed Bolden's appointment as NASA Administrator and successor of Michael Griffin.

**Welche Bedeutung messen Sie der Privatisierung in der Raumfahrt bei?**

**Gruppe:** Die Privatisierung der Raumfahrt ist momentan ein heißes Thema. Sie ist ganz maßgeblich von der Höhe der Kosten in der Raumfahrt angetrieben. Es gilt die These: Private Unternehmen können kostengünstigere Angebote erstellen. Im Prinzip ein richtiger Gedanke, der aber einen Wettbewerb in einem funktionierenden Markt voraussetzt. Überall da, wo man staatliche oder industrielle Monopolstrukturen hat, bietet die Privatisierung keinen Vorteil. Trotzdem gilt: Private Unternehmen sehen und nutzen Marktchancen schneller und besser.

**Bolden:** Eine erfolgreiche private Raumfahrtindustrie ist ein wesentlicher Bestandteil der zukünftigen Weltraumerkundung. Denn wenn die NASA Transportaufgaben im Bereich der erdnahen Umlaufbahnen an kommerzielle Partner weiterreicht, kann sie sich auf Missionen in den Tiefen des Weltraums konzentrieren und die eigenen Möglichkeiten der Weltraumerkundung ausbauen. In der Privatwirtschaft setzt die NASA Anreize für die Entwicklung und den Betrieb sicherer, zuverlässiger und erschwinglicher Weltraumtransportsysteme. Der Flug der Dragon-Kapsel von SpaceX vor kurzer Zeit – das erste Mal, dass eine nichtstaatliche Organisation zur ISS gestartet ist und dort angedockt hat – erwies sich als eine völlig neue Möglichkeit, Ladung zur Station zu transportieren. Andere industrielle Partner entwickeln ebenfalls eigene Transportsysteme. Außerdem arbeiten wir weiterhin gemeinsam mit der privaten Industrie an innovativen Transportmitteln, mit denen Astronauten in eine erdnahe Umlaufbahn und zur Raumstation gebracht werden können. Die NASA legt weiterhin Wert darauf, amerikanische Astronauten mit Transportsystemen amerikanischer Unternehmen von den USA aus in den Weltraum zu bringen. Parallel dazu werden unsere bemannte Orion-Kapsel und die Schwerlastträgerraketen unseres Trägerraketensystems SLS, die wir gerade entwickeln, neue Maßstäbe setzen: Damit werden Menschen tiefer in den Weltraum gelangen als jemals zuvor. Der kommerzielle Transport in die erdnahen Umlaufbahnen ist ein Eckpfeiler dieser Bestrebungen und ein Katalysator der zukünftigen Erforschung des Weltraums.

**Inwiefern hilft die Vergabe von Großaufträgen an private Unternehmen, um budgetäre Engpässe in der Raumfahrt aufzufangen?**

**Gruppe:** Auf Dauer gesehen müssen budgetäre Engpässe strukturell

**Dr. Gerd Gruppe** förderte als Leiter der Technologieabteilung des Bayerischen Wirtschaftsministeriums den Ausbau des Raumfahrtstandortes Bayern – insbesondere durch seine Aktivitäten für die Robotik, den Aufbau des Deutschen Raumfahrtkontrollzentrums und seinen Einsatz für das europäische Galileo-Kontrollzentrum. Seit dem 1. April 2011 ist er im Vorstand des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) für das Raumfahrtmanagement zuständig. Im Jahr 1980 wurde **Charles Bolden** ins Astronautenkorps der NASA aufgenommen und absolvierte von 1986 bis 1994 vier Shuttle-Flüge (STS-61-C, STS-31, STS-45 und STS-60). US-Präsident Barack Obama nominierte ihn im Mai 2009 für den Posten des NASA-Administrators. Am 15. Juli 2009 wurde Bolden durch den Senat als NASA-Administrator und Nachfolger von Michael Griffin bestätigt.

**How important is privatisation in the space sector?**

**Gruppe:** At the moment, the privatisation of space activities is a hotly debated issue. It is crucially driven by the cost of space flight. The theory goes: private companies are able to work more cost-effectively. Essentially that line of reasoning is correct, provided that there is competition and a functioning market. Yet, wherever public or private-sector monopoly structures are involved, privatisation offers no benefit. What is true, however, is that private companies are quicker and better at responding to market opportunities.

„Eine erfolgreiche private Raumfahrtindustrie ist ein wesentlicher Bestandteil der zukünftigen Weltraumerkundung.“

A thriving commercial space industry is a vital component to the future of human space exploration.

**Bolden:** A thriving commercial space industry is a vital component to the future of human space exploration. As NASA hands off transport to low Earth orbit to commercial partners, it can focus on missions to deep space and developing new capabilities for exploration. NASA is stimulating efforts within the private sector to develop and operate safe, reliable and affordable commercial space transportation systems. The recent

SpaceX Dragon capsule mission – the first time anyone besides a government has launched and berthed to the International Space Station – proved an entirely new capability to transport cargo to the station, and other industry partners are also working on their own systems. We also continue to work with private industry on innovative vehicles capable of transporting astronauts to low Earth orbit and the space station. NASA is committed to launching American astronauts from the U.S. on systems built by American companies. In parallel, our Orion crew capsule and Space Launch System (SLS) heavy-lift rocket currently in development will chart a new course to send humans deeper into space than ever before. Commercial transportation to low-Earth orbit is a cornerstone in that effort and a catalyst for future exploration.

**In what way does the assignment of big contracts to private firms help when space budgets are tight?**

**Gruppe:** In the long run, budget constraints need to be addressed structurally. Privatisation can only help in individual cases. Suppliers with a lean corporate structure can obviously get extra business by offering their products at a lower price. Such one-off instances can make some missions cheaper and faster. They will not, however, remedy the underlying budgetary situation.

**Bolden:** The investments made now to stimulate the commercial space industry will create a market environment where new com-



behalten werden. Privatisierung kann nur in Einzelfällen helfen. Hat ein Anbieter eine schlanke Unternehmensstruktur, dann kann er Vorteile abschöpfen und Produkte günstiger anbieten. Solche Einzelfälle können manche Missionen kostengünstiger und schneller gestalten. Sie fangen aber keinen budgetären Engpass auf.

**Bolden:** Die derzeitigen Investitionen zur Förderung der privaten Raumfahrtindustrie werden ein Marktumfeld schaffen, in dem den Kunden sowohl des öffentlichen als auch des privaten Sektors ganz neue kommerzielle Weltraumtransportdienste zur Verfügung stehen. Es ist sehr schwierig, Mannschaften oder Fracht sicher in die Umlaufbahn zu bringen. Bis jetzt verfügten nur Staaten über die Erfahrung und die Ressourcen, um dieses Kunststück zu vollbringen. Nachdem nun die NASA die Pionierarbeit für den Einstieg in die erdnahen Umlaufbahnen geleistet hat, dienen ihre Investitionen in die kommerzielle Raumfahrtindustrie als Ansporn für innovative Entwicklung einer neuen Generation leistungsfähiger Transportmittel. Das schafft Arbeitsplätze und neue Chancen für die Wirtschaft. Aber zugleich bringt es uns dem Ziel näher, Flüge im erdnahen Orbit auch Privatpersonen zu ermöglichen, die gern einmal eine Weltraumreise unternehmen wollen.

#### Welche Chancen und Risiken sehen sie in einer fortschreitenden Privatisierung?

**Gruppe:** Die Privatisierung ist zunächst ein Schritt in Richtung Normalität. Sie bietet die Chance, dass im Raumfahrtsektor eine Industriekultur heranwächst, unter der sich Raumfahrt zum Gebrauchsgut für den Menschen entwickelt – und je mehr Raumfahrt zum Gebrauchsgut wird, umso mehr lohnt sich privates Engagement. Diese Entwicklung ist einerseits sehr positiv. Andererseits fehlt momentan noch der rechtliche Rahmen für private Unternehmen. Hier muss ein Weltraumrecht für diese Sparte etabliert werden, um verlässliche Rahmenbedingungen zu schaffen.

mercial space transportation services are available to government and private sector customers. It is difficult to send crews and cargo into orbit safely. Until now, only governments had the resources and expertise to accomplish this feat. Now, building on the path that NASA pioneered in low Earth orbit, the agency's investments in commercial space are helping to spur innovation and inspiration, and the private sector is creating a new generation of capable vehicles. That creates jobs and economic opportunity in new ways. But it also advances the path to making low Earth orbit destinations accessible to any and all who have dreams of space travel.

#### What chances and risks do you foresee if the privatisation process continues?

**Gruppe:** Fundamentally, privatisation is a step towards normality. It enables the space sector to develop an industry culture of its own, in which spaceflight becomes a regular routine activity serving the interests of mankind. The more normal spaceflight becomes, the more does it make sense to get commercially involved in it. This development, on the one hand, is a good thing. On the other hand, however, there is still no proper regulatory framework for companies to operate under. It is crucial to put in place a set of space-law rules to provide a sound legal background for the sector.

**Bolden:** NASA's commercial space strategy is a revolutionary public-private partnership. It's important when bringing partnerships together, you work to harmonize the approaches each organization takes to make and implement important decisions. In the business of space, safety is of the utmost importance and at the forefront of everyone's mind. Throughout its 50 years of spaceflight, the U.S. government and NASA structured stringent safety requirements in every aspect of our work. While new commercial providers must meet exacting requirements for safety, they are creating new spacecraft designs that will reflect their own unique philosophies and approaches. We will ensure this next generation of U.S. spacecraft are safe for our astronauts and critical cargo while allowing U.S. companies to take new, innovative approaches to enable the future of exploration. That's why we've structured the commercial space investment programs in such a way that companies are paid incrementally as they reach certain milestones. This encourages steady progress towards goals and safety while reducing costs, as both NASA and commercial partners are investing resources.

#### What role does space robotics play for you?

**Gruppe:** Robotics is a key space technology – a tool for mankind. Robotics has huge potential. It enables us to do things that humans themselves cannot master. With the aid of robots, we can test and

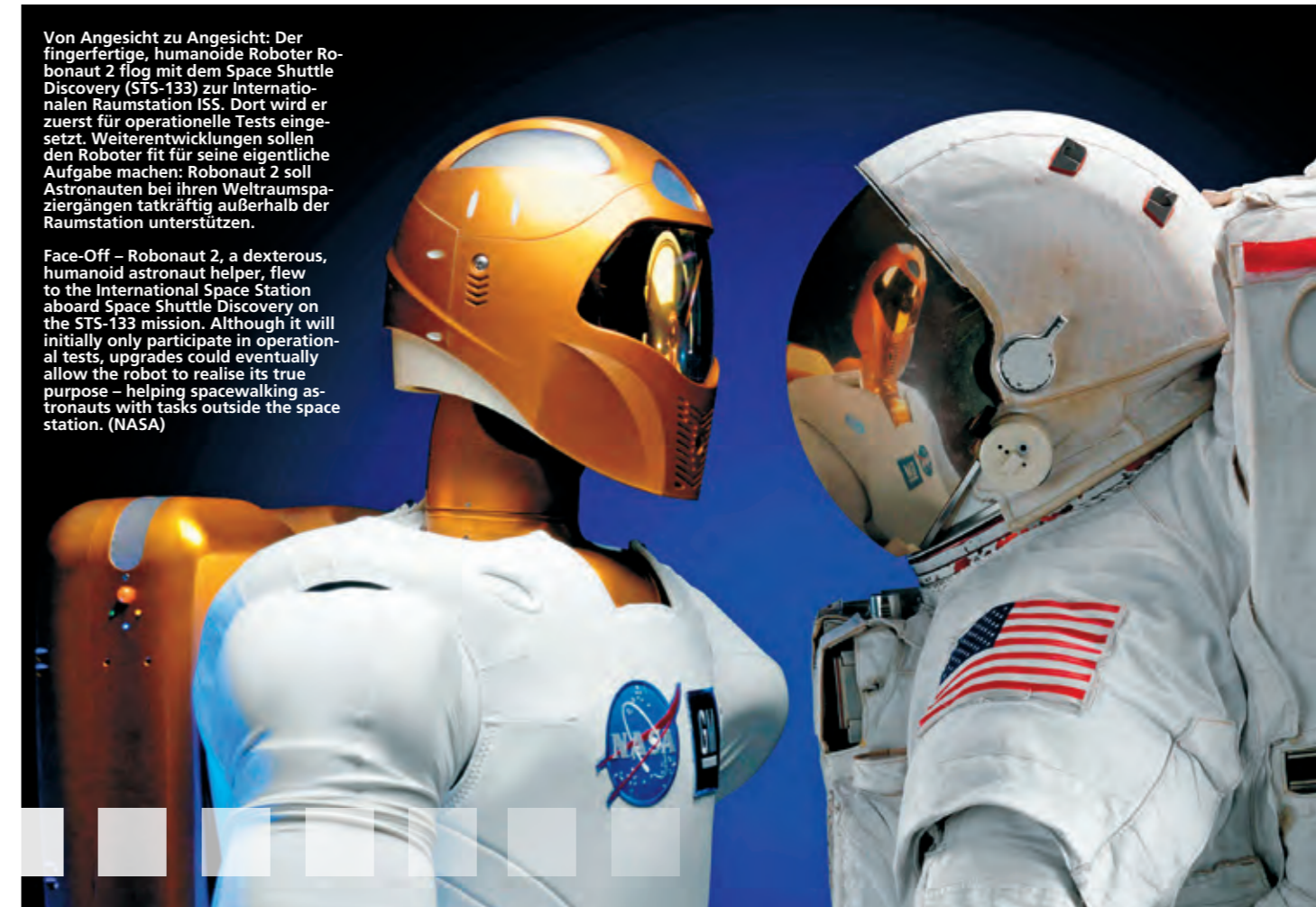
**Bolden:** Die kommerzielle Raumfahrtstrategie der NASA ist eine revolutionäre Public-Private-Partnership. Wenn man solche Partnerschaften eingeht, müssen auf jeden Fall die verschiedenen Organisationen wichtige Entscheidungs- und Umsetzungsprozesse in Einklang bringen. Im Raumfahrtgeschäft ist Sicherheit das oberste Gebot. In 50 Jahren Raumfahrt haben die Regierung der Vereinigten Staaten und die NASA ein System strengster Sicherheitsvorschriften für jeglichen Aspekt unserer Arbeit entwickelt. Neue kommerzielle Anbieter müssen so einerseits anspruchsvolle Sicherheitsanforderungen erfüllen. Andererseits haben sie die volle gestalterische Möglichkeit, neue Raumfahrzeuge nach ihrer eigenen Denkweise und Vorstellung zu bauen. Wir werden dafür sorgen, dass die amerikanischen Raumschiffe der kommenden Generation für unsere Astronauten und für das empfindliche Frachtgut sicher sind, während die amerikanischen Hersteller zugleich Spielraum für innovative Ansätze haben, um die Weltraumforschung weiter zu entwickeln. Aus diesem Grund haben wir die Investitionsprogramme in der kommerziellen Raumfahrt so eingerichtet, dass die Firmen stufenweise bezahlt werden, wenn sie bestimmte Meilensteine erreichen. Damit unterstützen wir einen stetigen Fortschritt auf bestimmte Ziele hin und sorgen für Sicherheit bei gleichzeitiger Kostenreduzierung, da beide Seiten – die NASA als auch die privaten Partner – Investitionsmittel einsetzen.

validate new technologies directly in space. Robots can be sent on pioneering missions to another planet long before a human can set foot on its surface. Technologies derived from space robotics are of concrete benefit here on Earth, too, particularly in areas like medicine, or mechanical engineering.

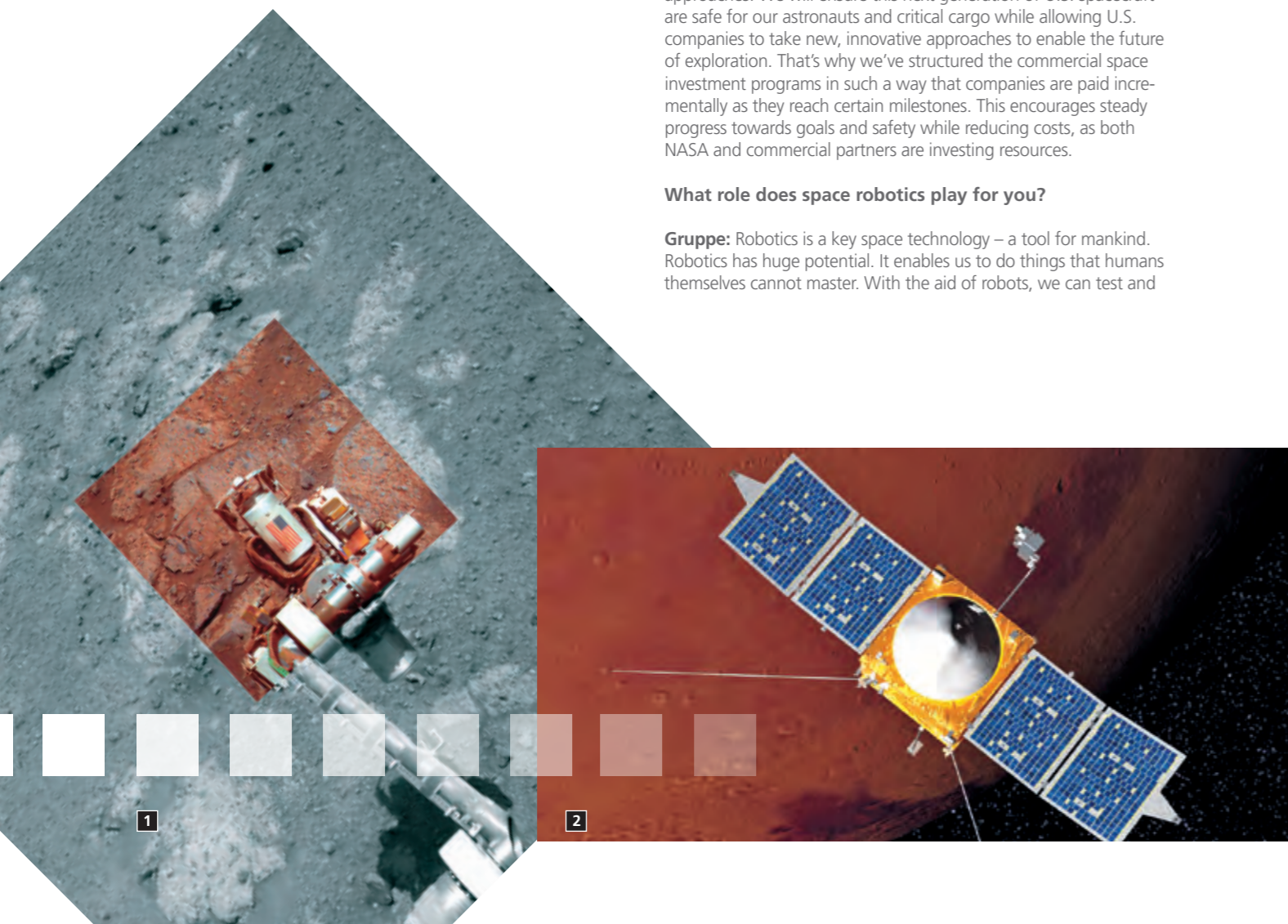
**Bolden:** Robotics help NASA explore the solar system and the universe. These include probes or spacecraft that orbit planets, the sun and other celestial objects, like comets and asteroids. This also includes rovers and landers on the surface of other planets. Robotic missions can be used as scouts to check out new areas to be explored. For example, they can take photographs and measure the terrain. This helps scientists and engineers make better plans for future exploration. Robotic missions also can be used to look for dangers and to find the best places to walk, drive, or stop. This will help astronauts work more safely and quickly. Having humans and robots work together makes it easier to study other worlds. NASA has numerous robotic spacecraft and two rovers at Mars, Spirit and Opportunity, although Opportunity is the only one currently functioning on the surface. This August, NASA's Mars Science Laboratory, Curiosity, has been landed on the planet's surface. This roving science laboratory will assess whether Mars was or is today an environment able to support life. In 2013, NASA will launch the Mars Atmosphere and Volatile Evolution (MAVEN) orbiter, the first mission devoted to understanding the Martian upper atmosphere. Robotic missions can also help demonstrate technologies for future missions, such as the precision landing technology that the Mars Science Laboratory will use to set down on the Martian surface.

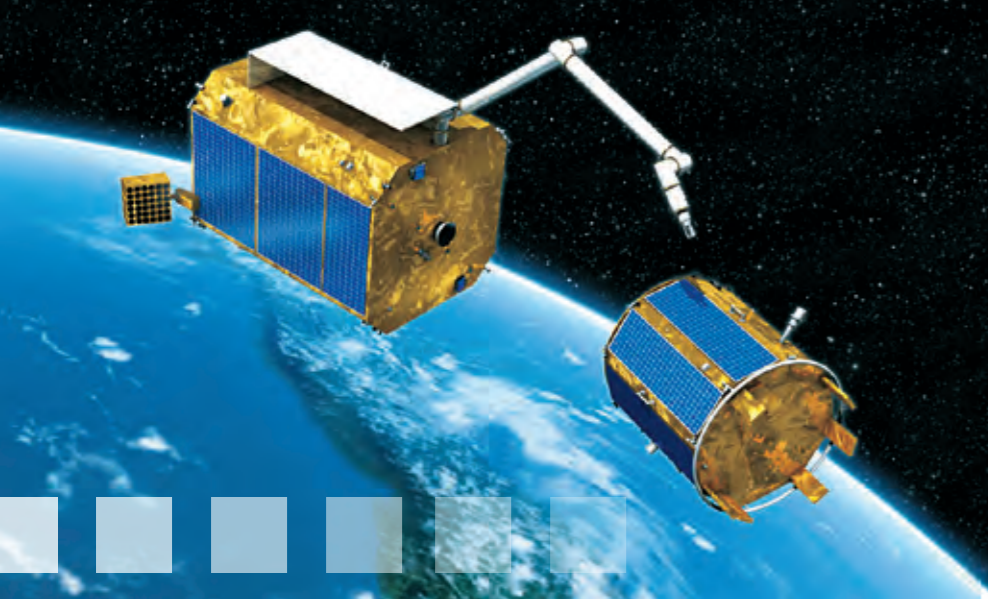
Von Angesicht zu Angesicht: Der fingerfertige, humanoide Roboter Robonaut 2 flog mit dem Space Shuttle Discovery (STS-133) zur Internationalen Raumstation ISS. Dort wird er zuerst für operationelle Tests eingesetzt. Weiterentwicklungen sollen den Roboter fit für seine eigentliche Aufgabe machen: Robonaut 2 soll Astronauten bei ihren Weltraumspaziergängen tatkräftig außerhalb der Raumstation unterstützen.

Face-Off – Robonaut 2, a dexterous, humanoid astronaut helper, flew to the International Space Station aboard Space Shuttle Discovery on the STS-133 mission. Although it will initially only participate in operational tests, upgrades could eventually allow the robot to realise its true purpose – helping spacewalking astronauts with tasks outside the space station. (NASA)



- 1 **Robotik macht's möglich:** Der amerikanische Marsrover Opportunity hinterlegte eine amerikanische Flagge auf einem Stück Metall des zerstörten World Trade Centers am 11. September 2011 – zehn Jahre nach dem Anschlag – auf dem Mars. Robotics opens up new possibilities: on September 11, 2011 – ten years after the assault on the World Trade Center – Mars rover Opportunity laid down an American flag on a piece of metal recovered from one of the destroyed twin towers on the Martian surface. (NASA/JPL-Caltech/Cornell University/Arizona State University)
- 2 **Künstlerische Darstellung des Marsorbiters MAVEN**  
Artist's impression of the MAVEN Mars orbiter (NASA/GSFC)





**In der deutschen Mission DEOS soll ein Roboter im Weltraum nach einem unkontrollierbaren Satelliten einfangen, reparieren, betanken und am Missionsende kontrolliert entsorgen.**

The German DEOS mission aims to use a robot to catch an uncontrollable satellite, repair it, fuel it, and dispose of it in a controlled manner at the end of its mission.

**Mit Gesteinsproben im Gepäck erklimmt der skorpionartige, achtbeinige Scout SpaceClimber bis zu 35 prozentige Steigungen. LUNAR Exploration Szenario (LUNARES) und Reconfigurable Integrated Multi-Robot Exploration System (RIMRES) heißen die deutschen Projekte, die das Zusammenspiel verschiedener Robotersysteme in einer künstlichen Mondlandschaft simulieren sollen.**

Carrying rock samples in its backpack, SpaceClimber, the scorpion-like, eight-legged scout can climb up slopes of up to 35 per cent inclination. LUNAR Exploration Scenario (LUNARES) and Reconfigurable Integrated Multi-Robot Exploration System (RIMRES) are the names of the two German projects, which simulate the interaction between different robot systems in a specially-built lunar landscape. The project aims to pave the way for a robotic space mission. (DFKI)

### Welche Rolle spielt für Sie die Raumfahrt-Robotik?

**Gruppe:** Die Robotik ist eine Schlüsseltechnologie in der Raumfahrt – ein Werkzeug für den Menschen. Das Potenzial der Robotik ist immens. Sie ermöglicht Dinge zu tun, die Menschen nicht leisten können. Mit ihrer Hilfe können wir neue Technologien direkt im Weltall testen und qualifizieren. Roboter können uns den Weg zu Planeten ebnen, lange bevor ein Mensch diesen Himmelskörper betreten wird. Entwicklungen aus der Raumfahrt-Robotik helfen uns aber auch konkret auf der Erde, etwa in der Medizin oder im Maschinenbau.

**Bolden:** Mithilfe von Robotertechnik erforscht die NASA das Sonnensystem und das Universum. Das sind zum Beispiel Sonden oder Raumfahrzeuge, die sich auf Umlaufbahnen um Planeten, um die Sonne oder andere Himmelskörper wie Kometen oder Asteroiden bewegen. Dazu gehören auch Rover und Landefahrzeuge auf der Oberfläche fremder Planeten. Robotermissionen können für Erkundungsaufgaben auf der Suche nach neuen zu erforschenden Gebieten eingesetzt werden. Beispielsweise fotografieren und vermessen sie das Gelände. Das ermöglicht Wissenschaftlern und Ingenieuren, die künftige Erforschung besser zu planen. Mit Robotertechnik lassen sich auch Gefahren erkennen und die Stellen im Gelände finden, wo man am besten gehen, fahren oder anhalten kann. So können die Astronauten schneller und sicherer arbeiten. Der gemeinsame Einsatz von Menschen und Robotern erleichtert die Erkundung fremder Welten. Die NASA hat bei der Mars erkundung zahlreiche Roboterfahrzeuge und zwei Rover im Einsatz, „Spirit“ und „Opportunity“. Allerdings ist zurzeit nur „Opportunity“ auf der Marsoberfläche tätig. Im August dieses Jahres landete das Mars Science Laboratory „Curiosity“ auf der Marsoberfläche. Dieses rollende Labor soll herausfinden, ob unter den Umweltbedingungen des Mars einmal Leben möglich war oder heute noch ist. 2013 wird die NASA den Orbiter MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile Evolution) starten und sich damit erstmals der Erkundung der oberen Mars-Atmosphäre widmen. Robotermissionen können auch Techniken für künftige Missionen testen, etwa die Präzisionslandetechnik, mit der das Marslabor auf der Planetenoberfläche aufsetzen wird.

### Wie werden robotische Missionen und bemannte Raumfahrt künftig zusammenspielen?

**Gruppe:** Die Robotik ist Partner für die bemannte Raumfahrt, überall dort wo eine Erkundung durch den Menschen technisch oder auch finanziell nicht möglich ist – zum Beispiel in der Exploration unseres Sonnensystems. Bei der Erkundung von Planeten ist die Robotik das Kernelement der Raumfahrt. Dazu müssen robotische Missionen weitestgehend autonom ablaufen – zum Beispiel wenn man den Mars erkunden will. Dieses Explorationsziel werden Astronauten in naher Zukunft nicht erreichen. Will man aber komplexe wissenschaftliche Fragen im erdnahen Orbit beantworten, schlägt der Mensch mit seiner Kreativität, Kognitivität und Agilität immer noch sicher jeden Roboter.



### Will there be mixed human-robotic missions in the future?

**Gruppe:** Robots are our partners in human spaceflight wherever human missions are impossible for technical or financial reasons – in space exploration of our solar system, for instance. Robots will play a key role in the exploration of other planets. Robotic missions have to be conducted largely autonomously, for instance, if one wants to explore the surface of Mars. It is unlikely that human astronauts will reach that exploration target any time soon. However, when it comes to addressing complex scientific problems in a low-Earth orbit mission, human beings with their creativity, cognitive skills and agility will beat a robot any time.

**Bolden:** NASA is developing new robots that could help people in space. For example, one is called Robonaut 2, which is currently aboard the International Space Station (ISS). Robonaut 2 looks like the upper body of a person. It has a chest, head and arms. The first humanoid robot in space was sent to ISS with the intention of eventually taking over tasks too dangerous or mundane for astronauts. For example, its first such task was monitoring air velocity. Astronauts on board ISS generally have to measure the air flow in front of vents inside the station to ensure that none of the ventilation ductwork gets clogged or blocked. The task involves holding a gauge in front of vents in five different locations on the station and taking several measurements of the air flow every 90 days or so. In the future Robonaut may be able to work outside a spacecraft, performing tasks like an astronaut on a spacewalk. With wheels or another way of moving, Robonaut 2 also could work on the moon, or another world.

**Bolden:** Die NASA entwickelt neue Roboter, um Menschen bei der Arbeit in Weltraum zu unterstützen. Einer heißt zum Beispiel Robonaut 2 und befindet sich augenblicklich an Bord der Internationalen Raumstation ISS. Robonaut 2 sieht mit Brustkorb, Kopf und Armen wie ein menschlicher Oberkörper aus. Diesen ersten menschenähnlichen Roboter hat man zur ISS geschickt, damit er am Ende Aufgaben übernehmen kann, die für die Astronauten entweder zu gefährlich oder zu eintönig sind. Seine erste Aufgabe dieser Art war zum Beispiel die Überwachung der Luftgeschwindigkeiten. Die Astronauten auf der ISS müssen regelmäßig die Luftströme vor den Lüftungsöffnungen innerhalb der Station messen, um sicherzustellen, dass die Lüftungskanäle nirgendwo verstopft oder blockiert sind. Dafür muss man etwa alle 90 Tage ein Messgerät an fünf verschiedenen Stellen in der Station vor die Lüftungsöffnungen halten und mehrere Messungen der Luftströme vornehmen. In Zukunft könnte Robonaut auch außerhalb eines Raumschiffes Aufgaben übernehmen, wie sie ein Astronaut bei einem Weltraumspaziergang ausführt. Mit Rädern oder anderen Fortbewegungshilfen könnte er sich auch auf dem Mond oder einem anderen Himmelskörper bewegen.

### Welche Raumfahrt-Robotik-Projekte sind in naher Zukunft geplant?

**Gruppe:** Unser wichtigstes nationales Robotik-Projekt ist die Deutsche Orbitale Servicing Mission (DEOS). Serviceleistungen an defekten Satelliten werden künftig eine Schlüsselrolle einnehmen. DEOS soll um das Jahr 2017 erstmals als nationale Technologiedemonstration einen taumelnden Satelliten ansteuern, an diesen andocken und ihn gezielt in die Erdatmosphäre bringen. Was mir an DEOS besonders gut gefällt, ist die Vielfalt, die bei robotischen Missionen heute möglich ist. Dort testen wir Technologien, die wir dauerhaft einsetzen können. Das machen wir auch mit der gerade gestarteten Satellitenmission TET-1 (TechnologieErprobungsTräger). Dieser Satellit wird elf autonom ablaufende Experimente durchführen, um Technologien direkt unter den speziellen Bedingungen des Weltraums zu testen. Auch autonome Exploration ist ein Thema, mit dem wir uns beschäftigen. Die Erkundung von Planeten durch mobile Roboter erfordert Systeme, die sich in unwegsamer Umgebung zurechtfinden, um in wissenschaftlich interessante Regionen vorzudringen. Mehrbeinige Roboter können ihr Laufverhalten an eine Vielzahl unterschiedlicher Böden anpassen und selbstständig unbekanntes Terrain erkunden. Das sind faszinierende Zukunftsprojekte, die uns schon heute beschäftigen.

**Bolden:** Ein weiteres Roboter-Projekt nennt sich SPHERES. Das sind kleine Roboter, die ein bisschen wie Fußballer aussehen. Die aktuellen Modelle werden gerade auf der ISS daraufhin getestet, wie gut sie sich in der Schwerelosigkeit bewegen. Eines Tages könnten ähnliche Roboter in der Station herumfliegen und die Astronauten unterstützen. Aber die NASA untersucht auch noch weitere Möglichkeiten des Robotereinsatzes. Zum Beispiel könnte eine kleinere Ausführung des großen Greifarms der ISS innerhalb der Station verwendet werden. So ein Roboterarm könnte Notfallhilfe leisten, wenn ein Astronaut schwer verletzt wäre. Dann könnte ein Arzt von der Erde aus den Roboter steuern, um eine Operation durchzuführen. Diese Technik wäre natürlich auf der Erde ebenfalls von Nutzen. Ärzte können mit ihrem Fachwissen Menschen an weit entfernten Orten helfen.

### Welche Kooperationsfelder sehen Sie in Zukunft zwischen DLR und NASA?

**Gruppe:** Die wichtigste Aufgabe ist die Internationale Raumstation ISS. Die ISS ist ein einzigartiges Labor für die Wissenschaft, in dem wir ausführliche und zeitlich aufwendige Forschung unter Weltraumbedingungen betreiben und bis mindestens 2020 noch betreiben wollen. Das fliegende Sternobservatorium SOFIA ist ebenso ein Meilenstein deutsch-amerikanischer Missionen. Unser jüngstes, gemeinsames Projekt ist die GRACE Follow-On-Mission. Sie zeigt, dass wir eng zusammenarbeiten und auch den Willen haben, die Zukunft der Raumfahrt gemeinsam zu gestalten. Die NASA bleibt mit ihrer langjährigen Raumfahrtmissions-Erfahrung für Deutschland ein idealer Partner, da wir Vieles gemein haben.

“Die wichtigste Aufgabe ist die Internationale Raumstation ISS.

The most important field is the International Space Station.”

### What space robotics projects are scheduled for the near future?

**Gruppe:** Our flagship national robotics project is Germany's Orbital Servicing Mission (DEOS). Servicing defective satellites will become increasingly important in the future. DEOS will approach its first tumbling satellite as part of a national technology demonstration in 2017. It will dock to it and perform a controlled re-entry into the Earth's atmosphere. What I particularly like about DEOS is the wide range of possibilities robotic missions offer today. We use them to test technologies before adopting them on a permanent basis. In fact, we are currently doing this on the recently launched satellite mission TET-1 (TechnologieErprobungsTräger, or technology verification platform). Eleven autonomously running experiments will be carried out on this satellite to 'field-test' technologies directly under the special conditions prevailing in space. Autonomous exploration is another area we are looking into. Exploring planets using mobile robots requires systems that are capable of finding their way through rough terrain, and penetrate into scientifically interesting regions. Multi-legged robots can adjust their locomotion mode to suit a great variety of surfaces, and reconnoitre unknown terrain autonomously. These are exciting projects for the future, and we are already working on them today.

**Bolden:** Another robot idea is called SPHERES. These are small robots that look a little like soccer balls. The current SPHERES are being used on ISS to test how well they can move in microgravity. Someday, similar robots could fly around inside the station helping astronauts. NASA also is studying the possibility of other robots. For example, a small version of the station's robotic arm could be used inside the station. A robot like that might help in an emergency. If an astronaut were seriously hurt, a doctor on Earth could control the robotic arm to perform surgery. This technology also could help on Earth, as well. Doctors use their expertise to help people in remote locations.

### In what fields can you see DLR and NASA cooperating in the future?

**Gruppe:** The most important field is the International Space Station. The ISS is a unique laboratory in which we conduct in-depth, long-term research under space conditions and would like to carry on at least until 2020. The flying observatory SOFIA is yet another milestone of US-German cooperation missions. Our most recent joint project is the GRACE Follow-On-Mission. It demonstrates that we are working closely together under a common commitment to shape the future of spaceflight together. NASA with its space experience of many years will remain Germany's ideal partner since we have so much in common.

# SolACES

## Die Sonne im Visier

Von Johannes Weppler

**Die Sonne hat den Menschen in seiner Geschichte schon immer fasziniert. Quer über den Erdball und in allen Epochen brachten Kulturen wie Ägypter, Griechen, Azteken, Germanen und Chinesen sie mit verschiedenen Gottheiten in Verbindung. Sie wollten verstehen, wie sich das hellste Gestirn an unserem Firmament seinen Weg bahnt, da diese Kulturen die elementare Bedeutung der Sonne für das Leben auf der Erde erkannt hatten. Mit dem Wissensanstieg über Umwelt und Universum lösten sich die Menschen im Laufe der Geschichte mehr und mehr von der Vorstellung einer göttlichen Kraft hinter dem Wirken unseres Zentralgestirns. Inzwischen sind wir dazu übergegangen, die Energie der Sonne zu nutzen, um unseren immer stärker wachsenden Hunger nach Energie möglichst umweltschonend zu stillen. Doch die Sonnenenergie ist nicht immer konstant und hat daher einen schwankenden Einfluss auf das System Erde. Das Experiment SOLAR Auto-Calibrating EUV/UV Spectrophotometers (SolACES) nimmt von der Internationalen Raumstation ISS aus die Sonne ins Visier, um mehr über diesen Einfluss herauszufinden.**

## SolACES

### Eyeing the Sun

By Johannes Weppler

Since the dawn of history, humans have been fascinated by the Sun. Ancient civilisations across the globe and through all epochs, Egyptians, Greeks, Aztec and Germanic tribes and the Chinese as well, have all associated the Sun with divine powers. Recognising the Sun's vital importance for life on Earth, all civilisations craved to understand how the brightest of all the heavenly bodies makes its way across the firmament. In the course of history, as humans acquired more knowledge about their environment and the universe, people increasingly abandoned the conception of a deity guiding our parent star. Meanwhile we have learnt to utilise the Sun's energy to meet the growing hunger for energy in an environmentally friendly manner. However, the energy emitted by the Sun is not constant, and therefore its influence on our planet's system varies. An experiment called SOLAR Auto-Calibrating EUV/UV Spectrophotometers (SolACES) takes a thorough look at the Sun from the International Space Station ISS to learn more about its effects on planet Earth.

Das Instrument SolACES nimmt von der Internationalen Raumstation ISS aus die Sonne ins Visier, um mehr über den Einfluss unseres Zentralgestirns auf die Erde herauszufinden.

From its position on the International Space Station ISS, the SolACES instrument 'watches' the Sun to find out more about our parent star's influence on our planet. (NASA)



Autor: **Johannes Weppler** arbeitet in der Abteilung Bemannte Raumfahrt, ISS und Exploration (RD-RM) des DLR Raumfahrtmanagements. Neben der Zukunft der bemannten Raumfahrt in Europa beschäftigt er sich auch mit der aktuellen und zukünftigen Nutzung der Internationalen Raumstation. In diesem Rahmen betreut er die vorbereitenden Arbeiten für SolACES-2 einem möglichen Nachfolgeprojekt für SolACES.

Author: **Johannes Weppler** works at the department of Human Spaceflight, ISS and Exploration (RD-RM) of the DLR Space Administration. Besides working on the future of human spaceflight in Europe, his job is to investigate current and future possibilities of utilising the International Space Station. In this capacity he oversees the preparation of SolACES-2, a possible follow-up project of SolACES.

### Die Sonne und ihre Zyklen

Die Aktivität der Sonne unterliegt unter anderem einem circa elfjährigen Zyklus. In diesem Zeitraum durchläuft zum Beispiel die Anzahl der Sonnenflecken ein Minimum gefolgt von einem Maximum. Auch wenn diese Zyklen bereits ausgiebig studiert wurden, sind dennoch zahlreiche Fragen weiterhin ungeklärt. Dazu zählt unter anderem der Einfluss der Sonnenaktivität auf die Thermo- und Ionosphäre der Erde. Letzterer entsteht durch die Absorption des kurzwelligen Sonnenlichts, der extrem ultravioletten (EUV-) Strahlung, in der Thermosphäre. Hierbei bilden sich Elektronen-Ionen-Paare. Die Rekombination dieser elektrischen Ladungen führt über Zwischenprozesse zur Erwärmung der Thermosphäre weit über 1000 Kelvin – rund 730 Grad Celsius. Das macht die solare EUV-Strahlung zum wichtigsten Energieträger des Systems Thermo-Ionosphäre. Doch diese Energiequelle unterliegt starken zeitlichen Schwankungen – wie zum Beispiel auch die Sonnenwinde. Gemeinsam bestimmen beide Energieträger das sogenannte Weltraumwetter und haben somit großen Einfluss auf die direkte interplanetare Umgebung unseres Planeten. Die Bestimmung der aktuellen und zukünftigen Weltraumwetterlage hat für unsere technisierte Gesellschaft eine elementare Bedeutung. Dehnt sich unsere Erdatmosphäre zum Beispiel durch die Sonneneinstrahlung in den interplanetaren Raum aus, werden Satelliten und Weltraumschrott in ihrem Einflussgebiet stärker abgebremst und sinken stetig. Des Weiteren beeinflusst die Dichte der Ionosphäre die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen wie GPS- und Radarsignale. Selbst kleinste Abweichungen können Ergebnisse verfälschen. Es ist daher sehr wichtig, den Einfluss der Sonne zu einem bestimmten Zeitpunkt zu kennen, um diese Störungen korrigieren zu können.

An diesem Punkt setzt SolACES an. Von der ISS aus misst das Experiment die Strahlung der Sonne im Bereich der ultravioletten (UV-) und der EUV-Strahlung in einem Wellenlängenbereich von 16 bis 220 Nanometern. Messungen früherer Satelliten wiesen durch eine fehlende Autokalibration eine Unsicherheit der absoluten Strahlungsflüsse von bis zu 400 Prozent auf. Die Ungenauigkeiten von SolACES liegen dagegen bei deutlich weniger als zehn Prozent. Die für die hohe Genauigkeit notwendige Autokalibration ermöglicht es, die über die Zeit sinkende Qualität des Spektrophotometers und seiner Komponenten zu berücksichtigen.

### Internationales Projekt

Finanziert wurde die circa neun Millionen Euro teure Entwicklung von SolACES zu 55 Prozent vom DLR. Die ESA steuerte 25 Prozent bei und die restlichen 20 Prozent bestritt die Fraunhofer-Gesellschaft. Das Fraunhofer Institut für Physikalische Messtechnik IPM in Freiburg stellt mit Dr. Gerhard Schmidtke den leitenden Wissenschaftler des Projekts. Zum Projektteam gehören auch das ebenfalls in Freiburg ansässige Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik, das Institut für Meteorologie der Universität Leipzig sowie weitere Partner in Deutschland, den USA, Frankreich und der Schweiz. Nach der knapp zehnjährigen Entwicklung wurde das Experiment im Februar 2008 zusammen mit dem europäischen Columbus-Labor vom Space Shuttle Atlantis zur ISS gebracht. Mit zwei anderen Instrumenten zur Sonnenforschung (SOVIM und SOLSPEC) bildet es das SOLAR genannte europäische Wissenschaftspaket, das auf der Columbus External Payload Facility (CEPF) montiert ist.

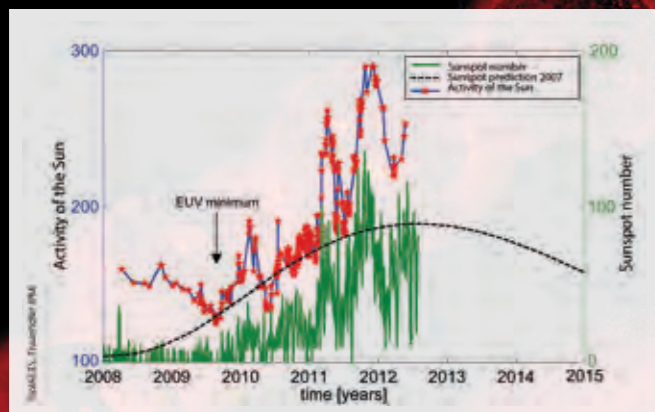
### The Sun and its cycles

The Sun's activity follows roughly an eleven-year cycle. During this period, the number of sunspots, for example, reaches a minimum and a maximum. Even if these cycles have been studied at great length, a number of questions still remains open. One of them is the influence of solar activity on the Earth's thermosphere and ionosphere. Short-wave sunlight, i.e. extreme ultraviolet (EUV) radiation, is absorbed in the thermosphere, which leads to the formation of electron-ion pairs. Passing through a number of interim processes, the recombination of these charge carriers leads to a heating up of the thermosphere to a temperature well above 1,000 Kelvin or about 730 degrees Celsius. This makes solar EUV radiation the most important energy source in the thermosphere-ionosphere. However, this energy is subject to major variation over time, as is, for example, solar wind. Together, these two factors constitute what is referred to as space weather, and thus have a great impact on our planet's immediate interplanetary environment. To be able to determine current and upcoming space weather situations is of vital importance to our technology-driven society. If, for instance, the Earth's atmosphere expands as a result of solar irradiation, this causes all satellites and space debris in its realm of influence to decelerate and to sink continuously. Moreover, the density of the ionosphere influences the propagation of electromagnetic waves, like those of GPS and radar signals. Even a tiny divergence can falsify a result. This makes it very important to understand the influence of the Sun at a given moment in time, so that any such disturbances can be corrected.

This is where SolACES comes into play. Mounted on the ISS, the experiment measures solar radiation in the 16 to 220 nanometre range of the ultraviolet (UV) and EUV bands of the spectrum. Absolute radiant flux measurements made on earlier satellite missions without auto-calibration came with an uncertainty factor of up to 400 per cent. The inaccuracy of SolACES, by contrast, is considerably less than 10 per cent. To achieve this high level of accuracy, it uses an auto-calibration system which makes it possible to account for the decrease in quality of the spectrophotometer and its components over time.

### International project

55 per cent of the nine-million euro development budget of SolACES came from DLR. ESA contributed 25 per cent, and the remaining 20 per cent were paid by the Fraunhofer-Gesellschaft. Dr Gerhard Schmidtke from the Freiburg-based Fraunhofer Institute for Physical Measurement Techniques (IPM) acts as the project's principal investigator. The team also includes scientists from the Kiepenheuer Institute for Solar Physics also based in Freiburg, the University of Leipzig's Institute of Meteorology and several other partners in Germany, the USA, France, and Switzerland. Following an almost ten-year period of development, Space Shuttle Atlantis finally carried the experiment to the ISS as part of the European Columbus laboratory in February 2008. Together with two other solar research instruments, SOVIM and SOLSPEC, it forms the European scientific instrument package called SOLAR, which is mounted on the Columbus External Payload Facility (CEPF).



Die Aktivität der Sonne unterliegt einem circa elfjährigen Zyklus. In diesem Zeitraum durchläuft zum Beispiel die Anzahl der Sonnenflecken ein Minimum gefolgt von einem Maximum. Zwischen der Anzahl der Sonnenflecken und der Sonnenaktivität besteht ein Zusammenhang: Verringert sich die Anzahl der Sonnenflecken, geht auch die Sonnenaktivität zurück. Steigt die Anzahl der Flecken, nimmt sie zu. Die Sonnenaktivität ist seit Ende 2010 deutlich gestiegen und liegt derzeit über den Vorhersagen.

The Sun's activity follows roughly an eleven-year cycle. During this period, the number of sunspots reaches a minimum followed by a maximum. The number of sunspots and the level of solar activity are closely related: Fewer sunspots indicate a decline in solar activity. If the number of sunspots increases, there is greater solar activity. The Sun's activity has been steadily increasing since the end of 2010 and is currently at a level that exceeds predictions.

Das Coarse Pointing Device (CPD) der Plattform stellt sicher, dass die Instrumente so oft wie möglich auf die Sonne gerichtet sind. Für SolACES ergeben sich dabei während jedes 90-minütigen Erdorbits der Station ein maximal etwa 20-Minuten-Zeitfenster zur Sonnenbeobachtung. Da sich die Gesamtausrichtung der Station in Bezug zur Sonne stetig ändert, folgen nach jeder etwa vierzehntägigen Messperiode zwei bis drei wöchige Beobachtungspausen. Diese Lücken in der Datenerfassung werden durch eine enge Kooperation mit amerikanischen Wissenschaftlern geschlossen. Diese stellen dafür die Daten der 2010 gestarteten Sonde Solar Dynamics Observatory (SDO) und des seit 2001 betriebenen Satelliten TIMED zur Verfügung. Obwohl SolACES ursprünglich nur für einen 1,5-jährigen Betrieb vorgesehen war, verlängerte die ESA inzwischen die Mission bis mindestens Ende 2013. Die Wissenschaftler erhalten so die Möglichkeit, über einen möglichst großen Zeitraum die Sonnenaktivitäten zu messen und somit eine bisher unerreichte Datengrundlage zu schaffen, die bei der Weiterentwicklung der heutigen Klimamodelle von unschätzbarem Wert sein wird. Die hohe radiometrische Genauigkeit bei guter spektraler Auflösung bildet dabei ein Alleinstellungsmerkmal dieses deutschen ISS-Experiments.

#### Veränderung der Sonnenzyklen

In die bisherige Messperiode von SolACES fiel auch der Übergang zwischen zwei der klassischen elfjährigen Sonnenzyklen. Im Dezember 2008 endete nach der heute gebräuchlichen Zählung der 23. Zyklus mit einem Sonnenaktivitätsminimum. Viele Sonnenforscher hatten darauf für den Beginn des 24. Zyklus eine Zunahme der Sonnenaktivitäten vorhergesagt. Stattdessen zeigen die Daten von SolACES jedoch eine weitere Abnahme der Aktivität und damit ein ungewöhnlich langes Minimum mit einem markanten Einbruch im kurzwelligen Spektralbereich. Erst Ende 2009 kam es wieder zu einem signifikanten Anstieg. Bestätigt wurden diese Messungen durch die Zählungen der Sonnenflecken als wichtigster Indikator für die Aktivität der Sonne. Das SolACES-Team prüft nun, ob ein alternativer, längerer Sonnenzyklus Ursache sein könnte. Ein solcher Zyklus könnte auch für den Beginn der sogenannten Kleinen Eiszeit vor rund 400 Jahren verantwortlich sein. Um diese These zu überprüfen und die aktuellen Klimamodelle zu verbessern, fließen die Daten von SOLAR in diese Modelle ein. Bisher hat man dafür TSI-Messungen (Total Solar Irradiance) benutzt. Sie geben jedoch nur die Aktivität der Sonne über das gesamte Spektrum integriert wieder. SolACES und SOLSPEC hingegen können TSI spektral auflösen, um zum Beispiel den Einfluss unterschiedlicher Wellenlängenbereiche in den jeweiligen Höhenschichten auf das Klimasystem der Erde zu untersuchen.

The platform's Coarse Pointing Device (CPD) ensures that the instruments are directed at the Sun for as long as possible. During the course of a 90-minute Earth orbit, this provides for a maximum 20-minute time window for SolACES during which it can monitor the Sun. The fact that the station's position relative to the Sun is changing constantly, requires the monitoring process to be interrupted for two to three weeks after each fourteen-day operational period. The resulting gaps in the data flow are filled thanks to a cooperation agreement with American scientists, who are making available their data from their space-borne Solar Dynamics Observatory (SDO) launched in 2010 and their TIMED satellite, which has been operating since 2001. Originally intending to operate SolACES only for 18 months, ESA has meanwhile extended the mission until at least the end of 2013. This enables scientists to measure solar activity for the maximum possible time, and thus create a database of unprecedented quality and quantity which will be of inestimable value for the improvement of today's climate models. The system's high radiometric accuracy and good spectral resolution make this German ISS experiment unique.

#### Variability of the solar cycles

The previous operational period of SolACES included the transition between two of the Sun's typical eleven-year cycles. Based on the numbering system commonly used, December 2008 marked the solar activity minimum at the end of the 23rd cycle. Many solar research scientists had predicted that this low would be followed by an increase in activity at the beginning of the 24th cycle. However, contrary to this expectation, SolACES data showed a further decline of activity, extending the solar minimum to an unusual length, with a significant drop in the short-wave spectrum. It was not until late in 2009 that a major increase in activity was observed. These measurements were confirmed by a sunspot count, our most important indicator of solar activity yet. Members of the SolACES team are currently trying to work out if this phenomenon might be explained by the existence of an alternative, more long-term periodicity. Conceivably, such an additional cycle might also have triggered the so-called Little Ice Age about 400 years ago. To verify this theory, and to improve our current climate studies, scientists now include data from SOLAR in climate models. They replace TSI (Total Solar Irradiance) measurements used so far for the purpose, which only delivered an indication of the Sun's activity integrated across the whole spectrum. SolACES and SOLSPEC deliver data in a spectral resolution, thus helping to determine how different wavelengths affect the Earth's climate system at various altitudes.

(National Solar Observatory)



Das Instrument SolACES ist an der Außenhülle des europäischen Columbus-Moduls der Internationalen Raumstation ISS angebracht.  
The SolACES instrument is attached to the outer skin of Europe's Columbus module on the International Space Station ISS. (ESA)



#### Probleme im Weltraum

Leider fiel der Kanal für den langwelligen Messbereich von 140 bis 220 Nanometer bereits direkt bei der Inbetriebnahme aus und konnte auch nicht wieder instand gesetzt werden. Glücklicherweise wird dieser Bereich des Spektrums teilweise auch vom französischen SOLSPEC-Instrument abgedeckt. Ein Totalausfall konnte so vermieden werden. Außerdem haben die Wissenschaftler über die Betriebsdauer einen höheren Verschleiß der SolACES-Instrumente beobachtet, als sie ursprünglich erwartet hatten. Auch wenn die Ursache noch nicht abschließend geklärt ist, machen die Forscher die Abgase und Reste von Treibstoffen von Raumfahrzeugen hierfür verantwortlich. Wahrscheinlich setzen sich freigewordene Partikel auf den Optiken des Instruments ab. Dank der Autokalibration und einiger Gegenmaßnahmen im Anschluss an die Beobachtungspausen wie zum Beispiel Ausheizung des Instruments zum Entfernen der Partikel konnten die Folgen begrenzt werden. So können auch weiterhin wertvolle Daten gesammelt werden.

#### Nachfolgeprojekt SolACES-2

Insgesamt verliefen SolACES wie auch SOLAR wissenschaftlich wie technologisch erfolgreich: Wissenschaftlich kommt zum ersten Mal ein Satz von Spektrometern im All zum Einsatz, der den gesamten Spektralbereich vom EUV bis zum IR mit hoher Genauigkeit vermisst. Technologisch konnte zum ersten Mal eine im Weltraum operierende, ständig einsetzbare Kalibriereinrichtung erfolgreich erprobt werden. Diese Projekte leisten einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Sonnenaktivität und deren Einfluss auf unsere Atmosphäre vom Boden bis zur äußeren Grenze. Um unser Zentralgestirn über einen kompletten Sonnenzyklus hinweg möglichst kontinuierlich zu beobachten, arbeitet das IPM mit einem breit gefächerten Team bereits an SolACES-2. Diese neue Generation des Forschungsinstruments wird in kompakterer Form wie SOLAR einen großen Spektralbereich miteinbeziehen. Der Grad der Abnutzung soll im Vergleich zum Vorgängerinstrument minimiert und die Gesamtbeobachtungszeit erhöht werden. Erst wenn ein Sonnenzyklus komplett beobachtet wurde, können sich periodisch ändernde von stetig zunehmenden Sonnenaktivitäten unterschieden werden. Welchen Beitrag liefert die Sonnenstrahlung zur Klimaänderung? Welcher Anteil entfällt auf menschliche Einflüsse? Diese Kernfragen unserer Zeit können dann vielleicht beantwortet werden.

#### Problems in space

Unfortunately, the long-wave channel for measurements between 140 and 220 nanometres was lost immediately after launch and could not be fixed. Yet, fortunately, that range of the spectrum is partly covered by the French SolACES instrument, too, so that total failure could be avoided. Also, scientists noticed that degradation of the SolACES instruments was greater than originally expected. Although the cause is not yet completely understood, researchers strongly suspect that the problem is caused by particles of exhaust gases and remnants of spacecraft fuel forming a deposit on the instrument's lenses. Thanks to auto-calibration and some maintenance measures following non-operational periods, such as a heating up of the instrument to remove these particles, the consequences have so far been kept to a minimum, permitting researchers to continue collecting valuable data.

#### Follow-up project SolACES-2

Both SolACES and SOLAR have been a scientific and technological success. The scientific merit of the mission is that, for the first time, a set of spectrometers is being used in space which cover the entire spectral range from EUV to IR with high precision. The mission was able to perform the first technologically successful test of a space-borne, permanently available calibration unit. The two projects make a valuable contribution to the understanding of solar activity and its influence on our atmosphere from ground level to its outer limit. To ensure continuity in the monitoring of our parent star, IPM and its broad team of experts have already begun to prepare SolACES-2. Like SOLAR, the second-generation research instrument will equally feature a large spectral range, but in a more compact form, minimizing degradation in comparison to its predecessor and with an extended total operational life. Only when a complete solar cycle has been monitored in this way, scientists will be able to distinguish between periodically varying and permanently increasing forms of solar activity. How does solar radiation affect climate change? To what extent is climate change attributable to human factors? These are some of the epochal questions of our time that the mission may be able to answer.

#### Kerndaten zu SolACES-1

<b>Start</b>	7. Februar 2008 (zusammen mit SOLAR)
<b>Ort</b>	Kennedy Space Center, Cape Canaveral, Florida (USA)
<b>Träger</b>	Space Shuttle Atlantis, Mission STS-122
<b>Plattform</b>	ISS/Columbus-Labor (SOLAR)
<b>Orbit</b>	circa 400 Kilometer (ISS)
<b>Missionsdauer</b>	bis Ende 2013
<b>Masse (SolACES allein)</b>	23 Kilogramm
<b>Abmessungen</b>	25 x 29 x 60 Zentimeter
<b>Elektrische Leistungsaufnahme</b>	< 25 Watt (typisch), 60 Watt (maximal)
<b>Datenrate</b>	circa 1 kbit/s

#### SolACES-1 mission parameters

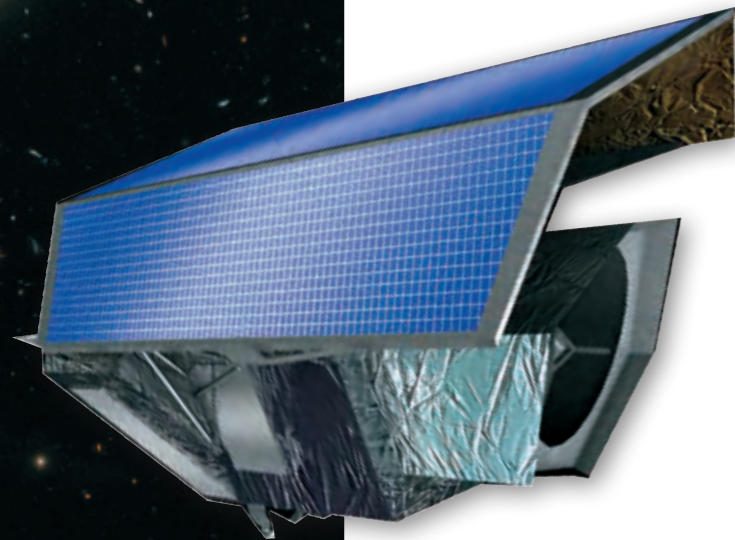
<b>Launch date</b>	February 7, 2008 (with SOLAR)
<b>Place of launch</b>	Kennedy Space Center, Cape Canaveral, Florida (USA)
<b>Launch vehicle</b>	Space Shuttle Atlantis, Mission STS-122
<b>Platform</b>	ISS/Columbus Laboratory (SOLAR)
<b>Orbit</b>	c. 400 km altitude (ISS)
<b>Mission duration</b>	Until end of 2013
<b>Mass (SolACES only)</b>	23 kg
<b>Dimensions</b>	25 x 29 x 60 cm
<b>Electrical power consumption</b>	< 25 Watt (typically), 60 Watt (maximum)
<b>Data rate</b>	c. 1 kbit/s

# Euclid

Die „dunkle Seite“ des Universums erforschen

Von Dr. Dietmar Lilienthal

**Dunkle Energie und Dunkle Materie: Diese beiden Phänomene sind für Wissenschaftler Faszination und Rätsel zugleich. In Zukunft soll das Weltraumteleskop Euclid, dessen Instrumentierung vom Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) gefördert wird, Forscher auf der ganzen Welt bei ihrer Suche nach diesen kosmischen Naturerscheinungen unterstützen. Nach dem offiziellen Startschuss der Europäischen Weltraumorganisation ESA beginnt nun die Phase der Umsetzung. Euclid soll im Jahr 2020 mit einer Sojus-Rakete vom Raumfahrtzentrum Kourou in Französisch-Guyana ins Weltall starten und die „dunkle Seite“ des Universums erforschen.**



## Euclid

Probing the 'Dark Side' of the Universe

By Dr Dietmar Lilienthal

**Dark energy and dark matter: two phenomena of fascination and mystery to scientists. In the future, Euclid, a space telescope with instruments funded by the German Aerospace Center (DLR) Space Administration is to help researchers from all over the world in their search for these cosmic natural phenomena. Having received the official go-ahead from the European Space Agency ESA, the project is now ready for implementation. Euclid is scheduled to leave Earth in 2020 on a Soyuz launched from the Kourou Space Centre in French Guiana to explore the 'dark side' of the universe.**

Ohne Dunkle Materie wären sowohl die Galaxien als auch die Galaxienhaufen – hier der Coma-Galaxienhaufen – während ihrer viele Milliarden Jahre an dauernden Entwicklung längs auseinandergedriftet. Die Dunkle Materie hält durch ihre Schwerkraftwirkung die Objekte wie Leim zusammen. Euclid soll die Dunkle Materie nun aufspüren.

Without dark matter, galaxies and clusters of galaxies – like the Coma cluster shown here – would long have drifted apart over the billions of years of their existence. The gravity of dark matter keeps objects together like glue. Euclid is now to search for that dark matter. (ESA/NASA)



Autor: **Dr. Dietmar Lilienthal** ist Physiker und Astronom und in der Abteilung Extraterrestrik im DLR-Raumfahrtmanagement zuständig für die ESA-Missionen BepiColombo, Gaia und Euclid. Während der Gründung des Deutschen SOFIA-Instituts (DSI) und dem Aufbau des SOFIA-Betriebszentrums des NASA Dryden Flight Research Centers in Südkalifornien war er Projektleiter und betreut weiterhin die deutschen SOFIA-Instrumente.

Author: **Dr Dietmar Lilienthal** is a physicist and astronomer. In his job at DLR Space Administration and Space Research departments, he is responsible for ESA missions BepiColombo, Gaia, and Euclid. He was in charge as SOFIA project coordinator when the German SOFIA Institute (DSI) was founded, and when a SOFIA operating centre was set up at NASA's Dryden Flight Research Center in Southern California. He still supervises Germany's instruments and their scientific operation on SOFIA.

### Dunkle Materie – der Leim unseres Universums

Nur rund fünf Prozent der Masse des Universums sind uns bislang bekannt. Der Rest besteht aus Dunkler Materie und Dunkler Energie. Beide sind noch gänzlich unerforscht. Doch ohne ihre Existenz lässt sich die Entwicklung und Struktur unseres Universums nicht erklären. Dunkle Materie ist unsichtbar und nur durch die Wirkung ihrer Schwerkraft zu erkennen. Diese Schwerkraft ist sozusagen der Leim, der das Weltall zusammenhält und sich auf die durch den Urknall verursachte Expansion unseres Universums bremsend auswirkt. Wissenschaftler vermuten, dass sie aus einer unbekanntem Art von Elementarteilchen besteht. Erste Hinweise auf die Existenz der Dunklen Materie ergaben sich bereits 1933. Der Schweizer Physiker und Astronom Fritz Zwicky (\* 14. Februar 1898; † 8. Februar 1974) stellte fest, dass die dynamische Masse des Coma-Galaxienhaufens viel größer ist, als sich aus den Leuchtkräften der Haufenmitglieder ergibt. Seine Erklärung: Es muss eine nicht-leuchtende, dunkle Komponente existieren, die den Rest der Masse auffüllt. Diese Erklärung wurde durch die Form der Rotationskurven von Spiralgalaxien, die sich nicht allein mit dem Newton'schen Gravitationsgesetz erklären lassen, bestätigt.

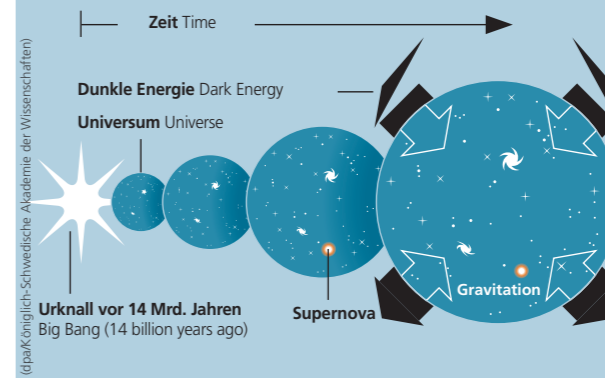
### Dark matter – the glue of our universe

Only about five per cent of the mass of our universe is known to us so far. Everything else is dark matter and dark energy. Both of these are still completely unexplored. Yet, without the prevalence of these two, the development and structure of our universe cannot be explained. Dark matter is invisible and can only be detected by its gravitational effect. Its gravity, in a manner of speaking, is the glue that holds the cosmos together and that acts as a decelerating force, counteracting the expansion of our universe caused by the Big Bang. Scientists

assume that it consists of an unknown type of elementary particles. Early indications of the existence of dark matter were found as early as 1933. The Swiss physicist and astronomer Fritz Zwicky (February 14, 1898 – February 8, 1974) discovered that the gravitational mass of the Coma cluster of galaxies was far greater than was to be expected from the luminosity of the galaxies within the cluster. His explanation: there must be a non-luminous, dark component accounting for the rest of the mass. This theory was later confirmed by the rotation curves of spiral galaxies whose shapes cannot be explained by Newton's Universal Law of Gravitation alone.

### Das Universum wächst The growing universe

Seit dem Urknall dehnt sich das Universum aus. Forscher glauben, dass sich diese Ausweitung durch die unbekannte „Dunkle Energie“ beschleunigt. The universe has grown continuously since the Big Bang. Researchers think that an enigmatical force known as dark energy is accelerating growth.



### Dunkle Energie – Beschleunigung der Universums-Expansion

Die Dunkle Energie ist ein noch größeres Mysterium. Sie sorgt dafür, dass sich das Universum seit einigen Milliarden Jahren mit zunehmender Beschleunigung ausdehnt. Keines der uns bekannten Kraftfelder kann einen solch negativen Druck ausüben. Deswegen muss noch eine weitere Energiequelle existieren. Kosmologen sprechen in diesem Zusammenhang von der Quintessenz: Laut den Pythagoreern sind die klassischen vier Elemente aus einem fünften – eben jener Quintessenz – hervorgegangen. Diese „fünfte Form des Seienden“ wird durch ein skalares Quantenfeld, dem Kosmonfeld beschrieben. Dieses ist merkwürdigerweise mit dem Higgsfeld verwandt, welches der Materie ihre Masse verleiht. Sein Feldteilchen, das sogenannte Higgsboson, konnte Anfang Juli 2012 mit dem Large Hadron Collider des CERN höchstwahrscheinlich nachgewiesen werden. Hinweise auf die beschleunigte Expansion des Universums wurden erstmals bei Untersuchungen zur Helligkeit weit entfernter Supernovae des Typs Ia gefunden. Dank ihres Entstehungsmechanismus in Doppsternsystemen sind diese Sternexplosionen – wie Standardkerzen – stets gleich energiereich und hell. Beobachtungen von Supernovae in unterschiedlichen Entfernungen zeigen nun, dass die Abnahme ihrer Helligkeit nicht mit dem Modell eines konstant expandierenden oder eines abgebremsen Universums übereinstimmt. Im Gegenteil:

### Dark energy – speeding up the expansion of the universe

Dark energy is an even bigger mystery. For the last few billion years, it has caused the universe to expand with increasing acceleration. No force field we know so far has the quality to cause that negative pressure effect. Hence there must be a further source of energy. Cosmologists in this context use the term 'quintessence'. According to the Pythagoreans, the classic four elements have been brought into being by a fifth one, i.e. the quintessence. This 'fifth form of essence' can be described by a scalar quantum field, or cosmon field equation. The cosmon field is strangely related to the Higgs field which imparts mass to matter. It is highly probable that the field particle involved, the so-called Higgs Boson, was recently detected in July 2012 by CERN's Large Hadron Collider. Indications suggesting an accelerated expansion of the universe were first discovered when studying the luminescence of remote type Ia supernovae. Originating from binary stellar systems, these stellar explosions always have a constant energy and brightness – very much like a standard candle. Observations of supernovae at various distances now show that the decrease in brightness contradicts the theory of a universe that expands at a constant rate, or that of a slowing-down of the expansion. On the contrary: the light of some very remote supernovae is fainter than expected, which points us in the direction of an accelerating expansion of the universe.



Eine Supernova vom Typ Ia verhalf Astrophysiker Saul Perlmutter zu einem Sprung auf der Karriereleiter: Zusammen mit Brian P. Schmidt und Adam Riess entdeckte er, dass sich die Ausdehnung des Weltalls weiter beschleunigt anstatt sich zu verlangsamen. Für diese Entdeckung bekamen die drei Forscher den Nobelpreis für Physik am 4. Oktober 2011 verliehen. Um die Expansion des Universums genauer untersuchen zu können, haben die Astrophysiker nach einer bestimmten Klasse von Sternexplosionen – den sogenannten Supernovae vom Typ Ia – gesucht. Sie treten nur in Doppelsternsystemen auf, die aus einem Weißen Zwerg und einem Roten Riesen bestehen. Der Weiße Zwerg – der die Masse unserer Sonne, aber nur die Größe der Erde besitzt – kann dank seiner Gravitation dem Roten Riesen permanent Masse stibitzen. Mittlerweile haben Physiker auch eine Erklärung für das Phänomen: die mysteriöse Dunkle Energie, die den gesamten Raum erfüllt.

A type Ia supernova sent astrophysicist Saul Perlmutter up the career ladder. He and his partners Brian P. Schmidt and Adam Riess discovered that the expansion of the universe accelerates rather than slowing down. For this discovery, the three scientists were awarded the Nobel Prize in Physics on October 4, 2011. To study the expansion of the universe in greater detail, the astrophysicists searched for a special class of exploding stars, so called type Ia supernovae. These only occur in binary stellar systems consisting of a white dwarf and a red giant. Thanks to its own gravitational pull, the white dwarf, which has the mass of our Sun but only the size of our Earth, is continuously 'stealing' some of the red giant's mass. Physicists have also found an explanation for another phenomenon: that mysterious dark energy which fills out the entire universe.

Sehr entfernte Supernovae sind im Verhältnis zu lichtschnach, was auf eine beschleunigte Ausdehnung des Universums hinweist.

Für die Erkenntnis, dass ab einer bestimmten Entwicklungsphase das Universum in seiner Expansionsbewegung offenbar immer schneller auseinandergetrieben wird, wurden am 4. Oktober 2011 – zeitgleich mit der Auswahl der Euclid-Mission durch die ESA – die Wissenschaftler Saul Perlmutter (Lawrence Berkeley National Laboratory), Brian Schmidt (Australian National University) und Adam Riess (John Hopkins University und Space Telescope Science Institute) mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet. Die Bedeutung der Satelliten-Mission Euclid für die Kosmologie, aber auch für die physikalische Grundlagenforschung wird durch die Entdeckung der Wissenschaftler und ihre Ehrung noch verstärkt.

#### Euclid kartiert das Universum

Euclid wird uns also dabei helfen die weißen Flecken auf der Landkarte des Universums zu beseitigen, indem das Weltraumteleskop die Ursache der bisher unverständlichen Form der Expansion des Kosmos untersucht. Hierzu durchmustert Euclid mit seinem 1,2-Meter-Korsch-Weitfeld-Teleskop und seinen zwei Instrumenten – der optischen Bildkamera Visual Imager (VIS) sowie dem Spektro- und Photometer für den nahen Infrarotbereich (Near-Infrared Spectrometer and Photometer NISP) – das Universum mit bisher unerreichter Präzision auf der Suche nach Dunkler Materie und Dunkler Energie. VIS misst die geometrischen Verzerrungen der Form der Galaxienbilder, verursacht durch die Dunkle Materie, NISP die Helligkeiten und Rotverschiebungen, also die Entfernungen der Galaxien. Konkret werden hierzu die Lichtprofile von über einer Milliarde und die Rotverschiebung von bis zu zehn Millionen Galaxien gemessen. Die Beobachtungen sollen rund die Hälfte des Himmels abdecken und bis zu zehn Milliarden Lichtjahre tief in die Weiten des Weltalls vordringen. Ziel der Mission ist es, eine dreidimensionale Massenkarte des Universums zu erstellen. Anhand der Struktur und Verteilung der

The discovery that from a certain stage of its evolution the expanding universe is driven apart faster and faster earned three scientists a Nobel Prize in Physics: Saul Perlmutter (Lawrence Berkeley National Laboratory), Brian Schmidt (Australian National University) and Adam Riess (John Hopkins University and Space Telescope Science Institute). The prize was awarded on October 4, 2011, at the very time when ESA selected the Euclid mission. The significance of the Euclid mission for cosmology but also for basic research in physics is highlighted by this recent scientific discovery and by the distinction awarded to the scientists who made the discovery.

#### Mapping the universe

So Euclid will help us remove the white spots from the map of the universe, using the space telescope to investigate the cause for the hitherto unexplained way in which the universe expands. To do this, Euclid uses its 1.2-metre Korsch wide-angle telescope and its two instruments – the optical digital camera, Visual Imager (VIS), and the Near-Infrared Spectrometer and Photometer (NISP) – to survey the universe with unprecedented accuracy to look for dark matter and dark energy. VIS measures geometric distortions of the shape of certain galaxies caused by dark matter, while NISP records light intensities and redshifts to determine the distances of galaxies. In concrete terms, this means that the system will measure the light profiles of over one billion galaxies, and the redshifts of up to ten million galaxies. These surveys are to cover nearly one-half of the sky and penetrate up to ten billion light years into the depths of the cosmos. The objective of the mission is to create a three-dimensional map of the distribution of mass in the universe. Based on the structure and distribution of the galaxies, scientists can draw conclusions regarding the history of the universe and how dark energy and dark matter work.

About 30 days after its launch Euclid will have reached its observation post at the second Lagrangian Point about 1.5 million kilome-

Galaxien können Wissenschaftler Rückschlüsse auf die Entwicklungsgeschichte des Weltalls sowie das Wirken von Dunkler Energie und Dunkler Materie ziehen.

Etwa 30 Tage nach dem Start wird Euclid seinen Beobachtungsposten am 2. Lagrange-Punkt erreichen, der sich in rund 1,5 Millionen Kilometern Entfernung von der Erde befindet. An diesem Punkt sind die Anziehungskraft von Sonne und Erde gleich stark, was eine stabile Positionierung des Weltraumteleskops ermöglicht. Rund sechs Jahre lang wird Euclid dort seinen Dienst versehen und seine Daten zu zwei Bodenstationen – jeweils einer auf der Nord- und einer auf der Südhalbkugel – senden.

#### Wissenschaftler aus ganz Europa verwirklichen die Mission

Die Mission Euclid, die nach dem antiken griechischen Mathematiker Euklid von Alexandria benannt wurde, ist Teil des ESA-Programms "Cosmic Vision 2015-2025". Gebaut wird das Teleskop von Partnern aus der Industrie. Ein Konsortium von Wissenschaftsinstituten aus ganz Europa sowie Labors in den USA stellt die Instrumente und die Software für die Raumsonde bereit und übernimmt die wissenschaftliche Leitung der Mission.

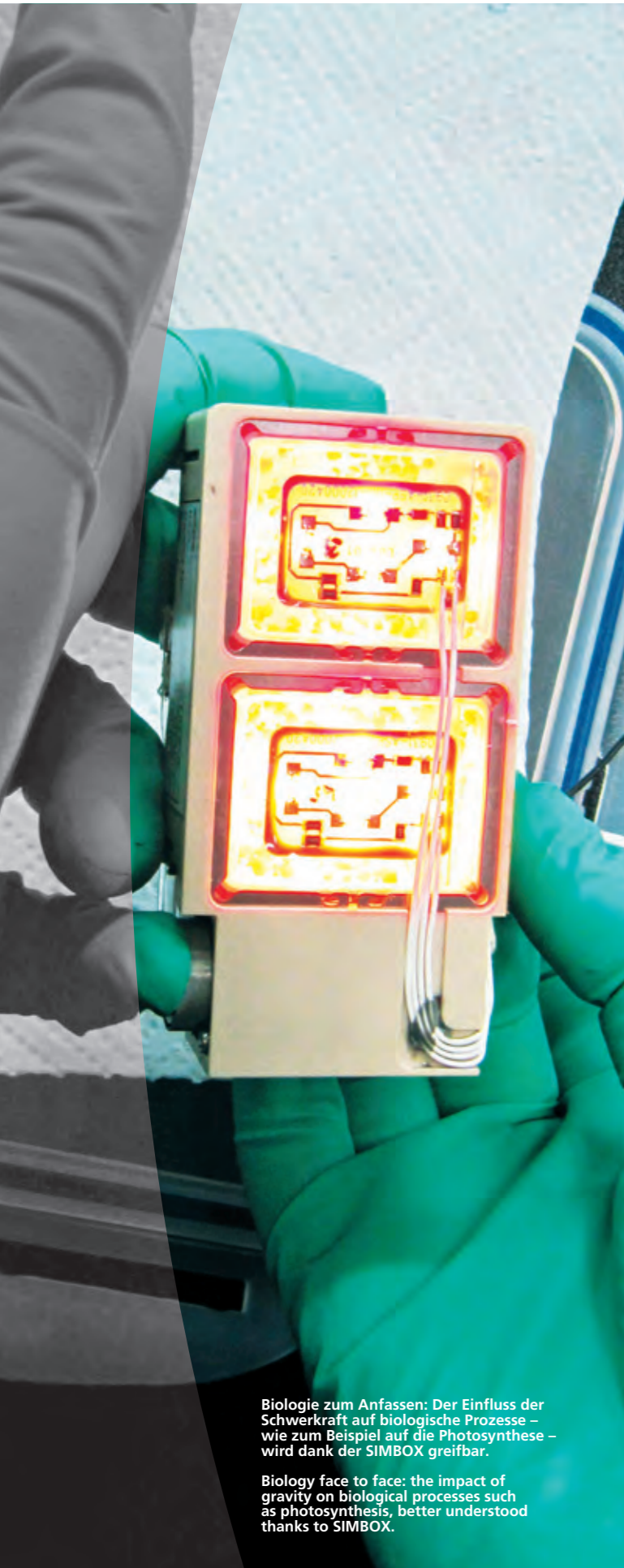
Deutsche Partner sind das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching, das Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) in Heidelberg, die Sternwarte der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München und die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Die beteiligten wissenschaftlichen Einrichtungen sind am Bau von NISP und der Entwicklung der Software für die Datenauswertung stark beteiligt. Zudem wird am MPE Garching mit den Vorbereitungen für den Aufbau des Deutschen Datenzentrums (SDC) für die Euclid-Mission begonnen. Die deutschen Missionsbeiträge werden vom Raumfahrtmanagement des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) in erheblichem Maße gefördert.

tres away from the Earth. At this point the gravitational pull of the Sun and the Earth is equal, which makes it possible to keep the space telescope in a stable position. Euclid will serve its tour of duty for about six years, transmitting its data to two ground stations on Earth, one on the northern and one on the southern hemisphere.

#### A mission involving scientists from all over Europe

The Euclid mission, named after the ancient Greek mathematician Euclid of Alexandria, forms part of ESA's 'Cosmic Vision 2015-2025' programme. The telescope will be built by industry partners. A consortium of research institutes from all over Europe as well as a number of laboratories in the USA will be providing the instruments and the software for the space probe and be in charge of the scientific direction of the mission.

The German consortium partners are the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) in Garching, the Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) in Heidelberg, the observatory of the Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in Munich and the Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn. The participating scientific institutes contributed a major share in the building of NISP and the development of the data evaluation software. Also, MPE in Garching is beginning to prepare the production of the German Data Centre (SDC) for the Euclid mission. Most of the cost of the German participation in the mission is borne by DLR Space Administration with funding from the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi).



Biologie zum Anfassen: Der Einfluss der Schwerkraft auf biologische Prozesse – wie zum Beispiel auf die Photosynthese – wird dank der SIMBOX greifbar.

Biology face to face: the impact of gravity on biological processes such as photosynthesis, better understood thanks to SIMBOX.

## SIMBOX

Im Weltall die Wirkung der Schwerkraft auf unser irdisches Leben entschlüsseln

Von Dr. Markus Braun

Vom 1. bis zum 17. November 2011 kreiste das chinesische Raumschiff Shenzhou bei seiner achten Mission mit der deutschen Experimentieranlage SIMBOX um die Erde. Zum ersten Mal überhaupt hat China erfolgreich auf wissenschaftlicher, technischer und administrativer Ebene im Rahmen eines Weltraumprojektes mit einer anderen Nation zusammengearbeitet. Durch diese deutsch-chinesische Mission wurde die Grundlage für die zukünftige Zusammenarbeit beider Länder bei der friedlichen Nutzung des Weltraums gelegt. Die sich anbahnenden und bereits beschlossenen wissenschaftlichen Kooperationen zwischen deutschen und chinesischen Wissenschaftlern sind ein weiterer Erfolg dieser ersten deutsch-chinesischen Pilotmission auf Shenzhou. Nun präsentierten die Wissenschaftler erste Ergebnisse ihrer Weltraumforschung.

## SIMBOX

Effects of Gravity on Life on Earth Revealed in Space

By Dr Markus Braun

From November 1 to 17, 2011, the Chinese spacecraft Shenzhou circled around the Earth on its eighth mission, carrying the German experimental apparatus SIMBOX. It was the first-ever occasion on which China successfully co-operated with another nation on the scientific, technical, and administrative aspects of a space project. This Sino-German mission laid the foundations for future collaboration between the two countries on the peaceful exploitation of outer space. New agreements on cooperation between German and Chinese scientists are in progress or have already been concluded as a result of this first Sino-German pilot mission on Shenzhou. Scientists have now begun to present the results of their experiments.

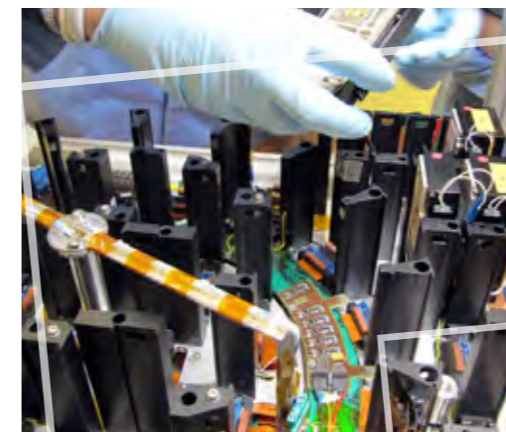


Autor: **Dr. Markus Braun** ist deutscher Projektleiter der bilateralen SIMBOX-Mission. Er arbeitet direkt mit den chinesischen Partnern, den beteiligten Universitäten und der Industrie zusammen, um das deutsch-chinesische Pionierprojekt für das DLR Raumfahrtmanagement in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen zu koordinieren.

Author: As the German project manager, **Dr Markus Braun** supervises the German part of the bilateral SIMBOX mission. Working in the microgravity research department, he directly co-operates with our Chinese partners, the participating universities, and industry to coordinate the Sino-German pioneer project for the DLR Space Administration.

Die SIMBOX – eine Art Wärmeschrank mit einer Zentrifuge – beherbergt die Hardware für neun chinesische, sechs deutsche und zwei deutsch-chinesische biomedizinische Experimente. In den insgesamt 40 Experimenteinheiten – Zigarettenschachtel-kleine Einschübe – wurde der Einfluss der Schwerkraft auf grundlegende biologische und biomedizinische Prozesse, Zellen und Organismen untersucht. Hierzu nutzen die Wissenschaftler die Möglichkeit, die Schwerkraft im Erdorbit komplett ausschalten zu können. Das SIMBOX-Flugmodell arbeitete zuverlässig. Die vorprogrammierten Funktionen wie zum Beispiel die chemische Fixierung der Proben, der Austausch von Nährlösung, die Beleuchtungsregelung (Tag-, Nachtzyklus), die Rührfunktion und die Infrarot-Messung des Pflanzenwachstums liefen vollautomatisiert ab. Nach 17-tägiger Mission und zwei erfolgreichen Dockingmanövern mit dem Raumstationsvorläufermodul Tiangong-1 landete die Shenzhou-8-Kapsel planmäßig rund 500 Kilometer nordwestlich von Peking in der innermongolischen Wüste. Nach der Rückkehr der SIMBOX begannen die Wissenschaftler mit der Analyse der Proben. Nun liegen erste Ergebnisse vor.

SIMBOX – a kind of heating cabinet with a centrifuge – houses the hardware for nine Chinese, six German, and two German-Chinese biomedical experiments. A total of 40 experiment modules – complex hardware units the size of a cigarette pack – served to investigate the influence of gravity on fundamental biological and biomedical processes, cells, and organisms. Scientists were taking advantage of the opportunity to completely eliminate gravity in orbit. The SIMBOX flight model worked reliably. Programmed functions, such as fixating samples chemically, replacing nutrient solutions, controlling the illumination (day/night cycle), stirring samples, and measuring plant growth by infrared were carried out autonomously. After a mission of 17 days and two successful docking manoeuvres with the precursor module of the space station Tiangong-1, the Shenzhou-8 capsule landed on schedule around 500 kilometres north-west of Beijing in the desert of Inner Mongolia. Scientists began analysing the samples directly after the return of SIMBOX. Now, the first results have become available.




Zurück auf der Erde: Deutsche und chinesische Wissenschaftler entnehmen der SIMBOX-Apparatur ihre Proben und untersuchen sie im Labor.

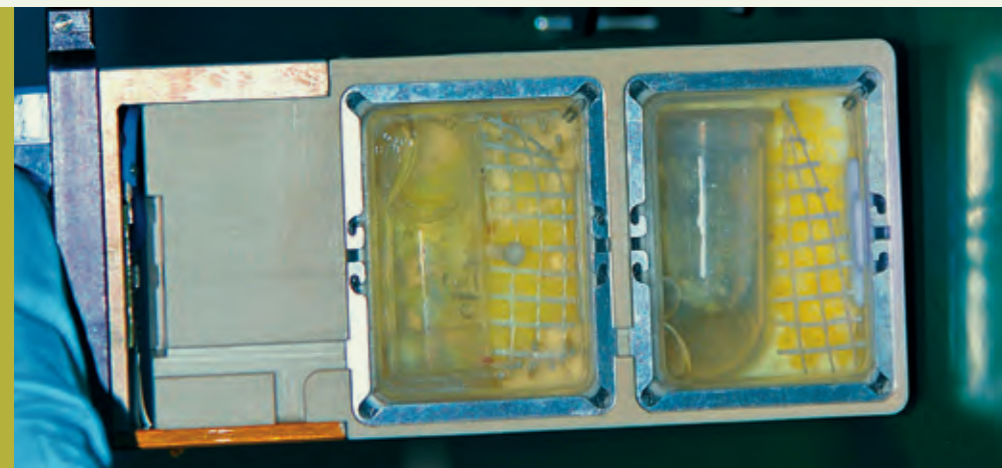
Back on Earth: German and Chinese scientists removing their samples from the SIMBOX apparatus for examination in a laboratory.

 **Zellen reagieren auf  
Schwerkraftveränderungen**  
Experimentatoren: Cai, Zheng, Sun, Hampp

Pflanzen können sich sehr schnell veränderten Umgebungsbedingungen anpassen. Vermehren sich die Reis- und Arabidopsis-Zellen im Weltraum schneller oder langsamer als auf der Erde? Gibt es Besonderheiten im Zellteilungsprozess unter Schwerelosigkeit? Verändert sich das Zellskelett? Um diese Fragen zu beantworten, wurden die Zellen im Orbit chemisch fixiert und nach Rückkehr zur Erde mikroskopisch und molekularbiologisch untersucht. In zwei Experimenten mit Arabidopsis thaliana, der Ackerschmalwand, fanden die Wissenschaftler Hinweise auf eine massive Änderung der Genaktivitäten; das heißt bei der Umsetzung der genetischen Information in RNA und der Proteinbiosynthese dieser Pflanzenzellen. Einige Veränderungen konnten die Forscher auf den direkten Einfluss der Schwerelosigkeit zurückführen. Die Gene, die sowohl bei Reis- als auch bei den Arabidopsis-Zellen stark auf die besonderen Weltraumbedingungen reagierten, sind in Regulationspro-

 **Plant cells respond to  
gravity changes**  
Experimenters: Cai, Zheng, Sun, Hampp

Plants are able to adapt very quickly to changing environmental conditions. Do rice and Arabidopsis cells proliferate more quickly or more slowly in space than on Earth? Are there any irregularities in the division of cells in microgravity? Does the cytoskeleton change? To answer these questions, cells were chemically fixated in orbit and subjected to a microscopic and molecular-biological examination after their return to Earth. In two experiments with Arabidopsis thaliana, the mouse-ear cress, scientists found indications of a massive change in gene activity, namely in the transcription of genetic information into RNA and in the protein biosynthesis of the plant cells. Researchers were able to trace the cause of some changes directly to the influence of microgravity. Those genes which, in rice as well as in Arabidopsis cells, responded particularly strongly to the special conditions of space are involved in the processes that regulate gene transcription and gene metabo-



In dieser SIMBOX-Apparatur wurden Reis- und Arabidopsis-Zellen auf Veränderungen durch die Schwerkraft untersucht.


Changes caused by gravity in rice and Arabidopsis cells were investigated in this SIMBOX apparatus.

zesse der Gen-Transkription, des Gen-Metabolismus, der Signalgebung, des Zellskeletts und der Zellwand eingebunden. Für die Wissenschaftler sind besonders die Genaktivitätsveränderungen im Bereich des Zellskeletts und der Zellwand interessant, da sie für schnelle Reaktionen der Pflanzen auf veränderte Umweltbedingungen und Schwerelosigkeit verantwortlich sind. Die Forscher analysieren jetzt die Funktionen dieser Gene und Proteine, um zu einem besseren Verständnis der Wahrnehmung und Verarbeitung von Schwerkraft zu kommen.

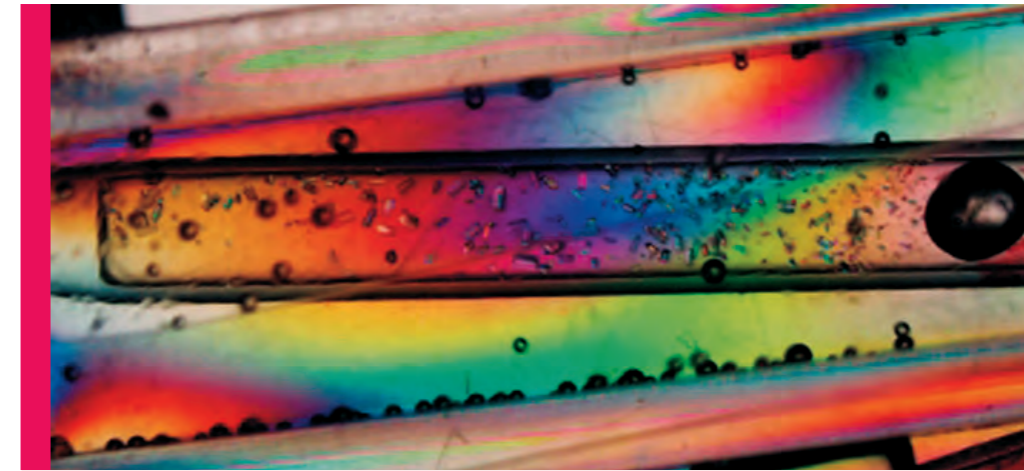
lism, the generation of signals, the cytoskeleton, and the cell wall. Scientists were particularly interested in gene activity changes related to the cytoskeleton and the cell wall because these are responsible for a plant's quick response to changing environmental conditions and microgravity. Researchers are now analysing the functions of these genes and proteins in order to arrive at a better understanding of how gravity affects biological processes and of the way in which gravity is perceived.

 **Große Kristalle machen neue  
Medikamente möglich**  
Experimentatoren: Cang, Betzel

Um effizientere Medikamente gegen Krankheiten wie Malaria herzustellen, müssen wir die Bauweise der spezifischen Bindungstaschen bestimmter Proteine der Krankheitserreger kennen. In vielen Fällen erreicht man die gewünschte biologische Wirkung, wenn eine Substanz sich präzise in diese Bindungstaschen einfügen lässt. Eine Substanz ist also dann wirkungsvoll, wenn sie komplementär zu der Taschenstruktur aufgebaut ist (Schlüssel-Schloss-Prinzip). Verbinden sich Wirkstoffsubstanzen und das Krankheitserregerprotein, kann das die biologische Funktion des Proteins blockieren, was im besten Fall zum Absterben des Erregers führt. Mittels Kristallstrukturanalyse von Proteinkristallen lässt sich die Struktur exakt bestimmen. Doch für diese Untersuchung braucht man möglichst

 **Large crystals enable  
new medicines**  
Experimenters: Cang, Betzel

To produce more effective medication for diseases like malaria, we need to know the construction of the specific binding pockets of certain pathogen proteins. In many cases, the desired biological effect can be obtained if a substance fits precisely into these binding pockets. Therefore, a substance is effective if its structure complements that of the pocket (key-lock principle). Bonding between an active substance and the protein of a pathogen may block the protein's biological function, which in the best of worlds causes the pathogen to die. The structure of a protein crystal may be determined exactly by crystallographical structural analysis, but the crystals used in such an examination should be as large as possible. Membrane and other proteins are difficult to crystallise




Große Kristalle können nur in Schwerelosigkeit gezüchtet werden. Zurück auf der Erde können sie uns zum Beispiel bei der Entwicklung neuer Medikamente helfen.


Large crystals can be grown only in microgravity. Back on Earth, they may assist us in the development of new medicines.

große Kristalle. Bestimmte Eiweiße wie Membranproteine sind auf der Erde schwierig zu kristallisieren, weil sie zu kleine und zu unreine Kristalle bilden, um ihre Struktur untersuchen zu können. In der SIMBOX ist den Wissenschaftlern die Kristallisation von hochreinen Proteinen in Schwerelosigkeit gelungen. Die Strukturanalysen werden zurzeit mit Synchrotron- und Neutronenstrahlung durchgeführt. Die Kristallqualität lässt Ergebnisse erwarten, die zur Entwicklung von Wirkstoffen gegen Malaria-Erreger und den gefährlichen multiresistenten Krankenhauskeim Staphylococcus aureus beitragen.

on Earth because the crystals that form there are too small and impure for a structural analysis. SIMBOX enabled scientists to crystallise high-purity proteins in microgravity. Their structures are currently being analysed with the aid of synchrotron and neutron radiation. Because of the quality of the crystals, we may expect results that will help to develop active substances to combat malaria pathogens and the dangerous multi-resistant nosocomial germ Staphylococcus aureus.

 **Genaktivitätsveränderung bei  
Fadenwürmern**  
Experimentatoren: Sun, Wang

Wie beeinflusst eine Veränderung der Schwerkraft von Hypergravitation zu Mikrogravitation den Stoffwechsel und die Entwicklung von Fadenwürmern? Wirken sich die veränderten Schwerkraftverhältnisse auf Genaktivität, Wachstum und Fortpflanzungsprozesse der winzigen Fadenwürmer aus? Der Fadenwurm Caenorhabditis

 **Gene activity changes in  
threadworms**  
Experimenters: Sun, Wang

How does a gravity change from hyper to microgravity influence the metabolism and development of threadworms? Does such a change in gravity affect the gene activity, growth, and propagation of these minute worms? The nematode Caenorhabditis elegans is a popular model organism for research in molecular genet-



Wie beeinflusst die Schwerkraft Stoffwechsel und Entwicklung? In dieser SIMBOX-Experimenteinheit wurden Fadenwürmer auf diese Fragestellung hin untersucht.

How does gravity influence metabolic and development processes? In this SIMBOX experimental unit, threadworms were studied to answer this question.

elegans ist ein beliebter Modellorganismus für molekulargenetische und entwicklungsbiologische Forschung. Für das Experiment wurde die Hälfte der Fadenwürmer nach zehn Tagen in Schwerelosigkeit chemisch fixiert und somit getötet. Die andere Hälfte überlebte den Flug. Alle nicht fixierten Würmer zeigten ein normales Wachstum in Schwerelosigkeit. Zurück auf der Erde erfreuten sie sich bester Gesundheit. Die Analyse der Lebenszeiten und Fortpflanzungsprozesse ergab keinen Unterschied zwischen All und Erde, obwohl einige recht drastische Änderungen von Genaktivitäten in Schwerelosigkeit festgestellt wurden.

ics and developmental biology. For the experiment, half of the nematodes were chemically fixated and thus killed after ten days in microgravity, while the other half survived the flight. All worms that had not been fixated were found to have grown normally in microgravity. Back on Earth, they were in very good health. An analysis of lifetimes and propagation processes revealed no difference between space and Earth, although some fairly drastic gene activity changes were found to have occurred in microgravity.



## Schwerkraft greift in den Photosynthese-Prozess ein

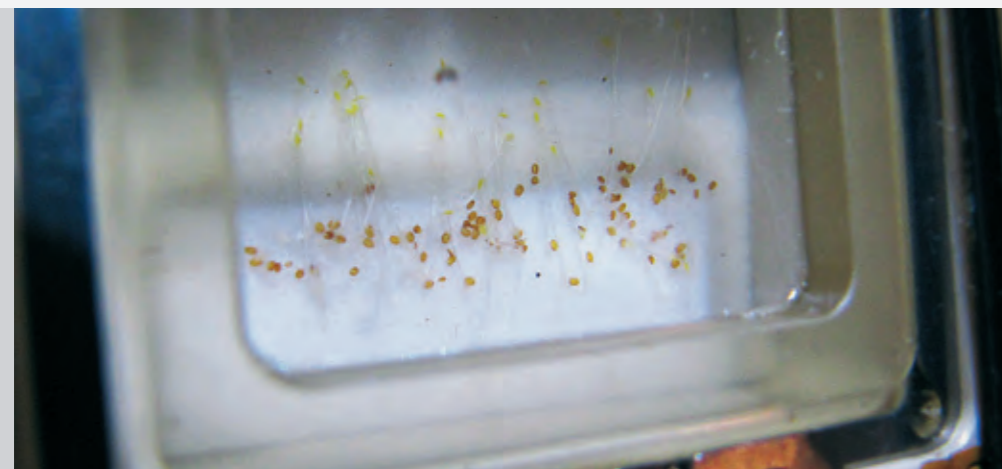
Experimentatoren: Hu, Wen, Liu, Palme

Die Photosynthese gehört zu den wichtigsten biochemischen Prozessen auf der Erde. Sie produziert Energie und Sauerstoff und nimmt damit erheblichen Einfluss auf unser Leben. Im Weltraum können Photosynthese-betreibende Pflanzen beispielsweise als Komponente von Lebenserhaltungssystemen eine wichtige Rolle als Sauerstoff- und Energielieferanten für Langzeitmissionen spielen. Um den Einfluss der Schwerelosigkeit auf den Photosynthese-Prozess zu untersuchen, wurden 16 Tage alte Reiskeimlinge den Bedingungen des Weltraums ausgesetzt und mit Proben verglichen, die im Weltraum auf einer Zentrifuge erdähnlichen Schwerkraftbedingungen ausgesetzt waren. Dabei wurde untersucht, ob Schwerelosigkeit einen Einfluss auf Pflanzenwachstum, Chloroplasten-Struktur, Chlorophyll-Konzentration und Photosynthese-Aktivität hat. Die Forscher stellten fest, dass das Photosynthese-Maximum im All im Vergleich zur Erde

## Gravity interferes with the photosynthesis process

Experimenters: Hu, Wen, Liu, Palme

Photosynthesis is one of the most important biochemical processes on Earth. Producing energy and oxygen, it considerably influences our life. In space, for example, photosynthesising plants might play an important part in life support systems as providers of oxygen and energy for long-term missions. To investigate the influence of microgravity on the process of photosynthesis, 16-day-old rice sprouts were exposed to space conditions and then compared to others, which had been exposed in space to quasi-terrestrial gravity in a centrifuge. The aim was to see whether microgravity has any influence on plant growth, the structure of chloroplasts, the concentration of chlorophyll, and the activity of photosynthesis. Researchers found that compared to Earth, the photosynthesis maximum was only slightly lower in space. One of the causes might be structural changes in the thyla-



Wie entwickeln sich Pflanzen unter den extremen Bedingungen des Weltalls? In dieser Experimenteinheit wurden Reiskeimlinge der Schwerelosigkeit ausgesetzt und Veränderungen beobachtet.

How do plants develop in the extreme conditions of space? In this experimental unit, rice sprouts were exposed to microgravity and any resultant changes observed.

nur leicht abfiel. Strukturelle Veränderungen der für die Lichtreaktion der Photosynthese zuständigen Thylakoid-Membranstackel innerhalb der Chloroplasten – den sogenannten Grana – könnten eine der Ursachen sein. Die Forscher wollen nun untersuchen, ob diese Absenkung des Photosynthese-Maximums durch diese Veränderung unter Weltraumbedingungen entsteht. Es spricht einiges für diese Vermutung, da in diesen runden Membranausstülpungen die Chlorophyll-Moleküle lagern, die wiederum maßgeblich für den Photosynthese-Prozess verantwortlich sind. Künstlich hervorgerufene Schwerelosigkeit durch Rotation um eine horizontale Achse im Klimostaten scheint dagegen doch stärkere Nebenwirkungen wie verringerte Photosyntheseraten, strukturelle Veränderungen an Chloroplasten und Zellwänden, Membranen et cetera nach sich zu ziehen. Grund hierfür könnte die Vibration des Gerätes sein. Ein Beweis dafür, dass Experimente in „realer Schwerelosigkeit“ im Orbit nicht einfach durch Simulationen auf der Erde ersetzt werden können.

koid membrane stacks within the chloroplasts. Called grana, they are the site of the light-dependent reactions of photosynthesis. Researchers now want to see whether this decline in the photosynthesis maximum is caused by these changes under space conditions. One argument in favour of this theory is that these round membrane protuberances house chlorophyll molecules which are largely responsible for the photosynthesis process. However, artificial microgravity induced by rotation around a horizontal axis in a clinostat appears to entail relatively strong side effects, such as lower photosynthesis rates and structural changes in chloroplasts, cell walls, membranes, etc., possibly because of the vibrations of the apparatus. Once again, this proves that experiments in 'real microgravity' in orbit cannot be simply replaced by simulations on Earth.

## Mini-Ökosystem als Vorreiter für Lebenserhaltungssysteme im All

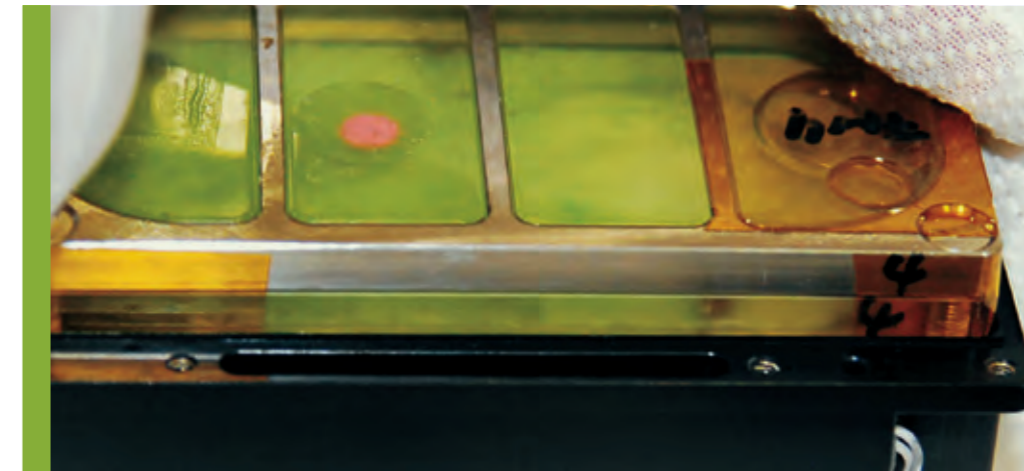
Experimentatoren: Yongding, Lebert

Das kleinste Ökosystem mit geschlossenem Nährstoff- und Gaskreislauf, das jemals im erdnahen Orbit war, hat funktioniert: Die Schnecken haben den durch deutsche und chinesische Wissenschaftler gemeinsam betreuten Weltraumausflug unbeschadet überstanden. Die einzellige als Augentierchen bekannte Alge Euglena hat den dafür notwendigen Sauerstoff geliefert und das von den Schnecken produzierte Kohlendioxid aufgenommen. Die Analysen der RNA-Extrakte der pflanzlichen Zellen erfordern noch einige Zeit und lassen weitere Einblicke in die Auswirkungen der Weltraumbedingungen auf biologische

## Mini ecosystem as a pioneer for life support systems in space

Experimenters: Yongding, Lebert

The smallest ecosystem with a closed nutrient and gas cycle ever to reach a near-Earth orbit did the job: the snails it contained survived their trip into space without suffering any harm, jointly supervised by German and Chinese scientists. Euglena, a species of single-celled algae, supplied the requisite oxygen and absorbed the carbon dioxide produced by the snails. Analysing the RNA extracts of the plant cells will take some more time, promising further interesting insights into the effects of space conditions on biological processes. Moreover, supplementing physical/chemical



Aquarium im Zigaretten-schachtelformat: Wie greift die Schwerelosigkeit in dieses Mini-Ökosystem ein? Wie ändern sich diese Stoff- und Energieflüsse? In dieser Experimenteinheit wurde ständig die Sauerstoffkonzentration und das Wachstum der Algenpopulation bestimmt.

An aquarium the size of a cigarette box: how does microgravity interfere with this mini ecosystem? In this experimental unit, the oxygen concentration and the growth of the algal population were measured continuously.

Prozesse erwarten. Darüber hinaus werden diese künstlichen Ökosysteme – in Ergänzung zu physikalisch-chemischen Systemen – als sogenannte bioregenerative Lebenserhaltungssysteme zur Produktion von Sauerstoff, von Nahrung und zur Wasseraufbereitung in der Raumfahrt sowie auch für terrestrische Anwendungen immer wichtiger.

systems, these artificial ecosystems are growing more and more important as so-called bio-regenerative life support systems producing oxygen, food, and clean water in astronautics as well as in terrestrial applications.

## Schwächt Schwerkraft das Immunsystem?

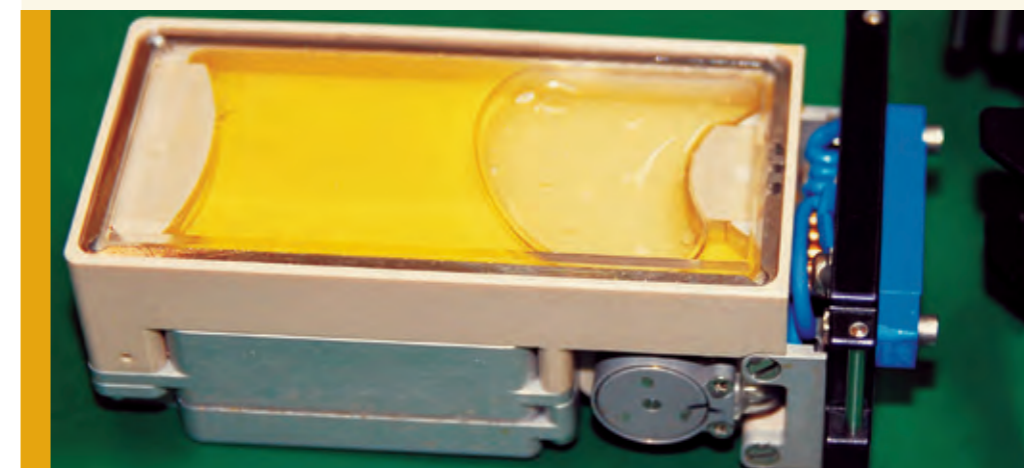
Experimentatoren: Hanke, Grimm, Ullrich

Das Immunsystem wird auf einem Raumflug stark beeinträchtigt und könnte daher dem Weltraumaufenthalt des Menschen Grenzen setzen. Die Ursache dieser Störung liegt wahrscheinlich auf Zellebene. Wie verändert sich die molekulare Architektur menschlicher „Fresszellen“ – eines wichtigen Zelltyps der Immunabwehr – nach einem mehrtägigen Aufenthalt in Schwerelosigkeit? Sind sie nach dieser Veränderung noch in der Lage, uns vor Krankheiten zu schützen? Es zeigte sich, dass die komplexe Architektur von wichtigen Zellskelettelementen nach einem mehrtägigen Aufenthalt in Schwerelosigkeit zusammengebrochen war. Fresszellen sind ohne intaktes Zellskelett nicht mehr in der Lage, Krankheitserreger unschädlich zu machen und sich im Gewebe zu bewegen. Erschwerend für die Zellen kam hinzu, dass sie auch wichtige Moleküle auf der Zelloberfläche verlie-

## Does gravity weaken the immune system?

Experimenters: Hanke, Grimm, Ullrich

The fact that a flight in space gravely impairs the human immune system might impose certain limits on the length of a stay in space. The solution to the problem is probably to be found at cellular level. In what way does the molecular architecture of human phagocytes, a type of cell that is important for our immune defence, change after a stay of several days in microgravity? Are they still able to protect us from illness after this change? It could be shown that the complex architecture of important elements of the cytoskeleton had collapsed after several days in microgravity. With their cytoskeleton no longer intact, phagocytes are no longer able to render pathogens harmless and move around in tissue. For the cells, the situation was aggravated by the fact that they lost important molecules at their surface which are needed for com-

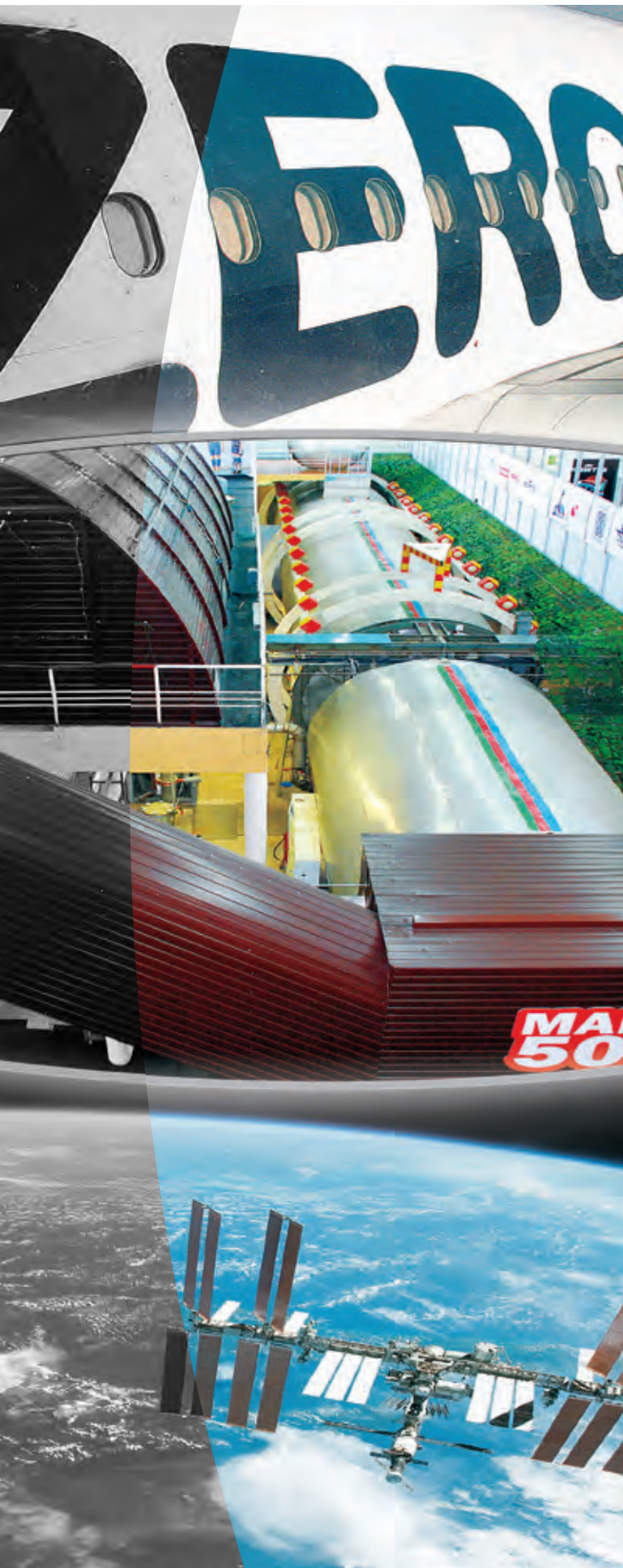


In dieser SIMBOX-Experimenteinheit wurden Schilddrüsentumorzellen der Schwerelosigkeit ausgesetzt, um die Reaktion auf Mikrogravitation dieser Krebszellen zu studieren.

In this SIMBOX experimental unit, thyroid tumour cells were exposed to microgravity in order to study the reaction of these cancer cells to microgravity.

ren, die für die Kommunikation mit anderen Zellen notwendig sind oder der Erkennung von Krankheitserregern dienen. Auch menschliche Nerven- und Schilddrüsentumorzellen verändern im All: Tumorzellen verhalten sich weniger aggressiv als auf der Erde. Die Krebszellen neigen im Weltraum zur Bildung von sogenannten Sphäroiden – kugelförmige Aggregate, die aus mehreren tausend Tumorzellen entstehen. Das Verständnis dieses Zellaggregationsprozesses ist von großem Interesse für sogenanntes „Tissue Engineering“, pharmakologische Tests und für die plastische und rekonstruktive Chirurgie.

munication with other cells and/or the identification of pathogens. Cells from human nerves and thyroid tumours also changed in microgravity: tumour cells behave less aggressively than on Earth. In space, thyroid cancer cells are inclined to form so-called spheroids – spherical aggregates comprising several thousand tumour cells. Understanding this process of cellular aggregation is essential for what is called tissue engineering as well as for pharmacological tests and plastic and reconstructive surgery.



## Biowissenschaften

**40 Jahre deutsche Weltraumforschung  
Teil 3: Parabelflüge, Simulationsstudien,  
Internationale Raumstation und SIMBOX**

Von Prof. Günter Ruyters

Als im Jahr 1972 Apollo 16 zum Mond aufbrach, begann gleichzeitig die biowissenschaftliche Forschung im Weltraum durch die Bundesrepublik Deutschland: Mit dem Experiment BIOSTACK des DLR Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin verlegten deutsche Wissenschaftler erstmals Labor und Messgeräte in den Weltraum, um Intensität und Zusammensetzung der Strahlung zu messen. Nach dem Ende der Spacelab-Ära und dem kontrollierten Absturz der russischen Raumstation MIR richtete sich beim Jahrtausendwechsel die ganze Aufmerksamkeit auf den Aufbau und die zukünftige Nutzung der Internationalen Raumstation ISS. Zusätzlich wurden 1999 Parabelflüge als neues Element in das DLR-Programm aufgenommen. Auch die Bedeutung terrestrischer Simulationsmethoden wie Bettruhe- oder Isolationsstudien nahm deutlich zu. Schließlich konnte im letzten Jahr mit dem Projekt SIMBOX/Shenzhou-8 China als neuer Kooperationspartner für biowissenschaftliche Weltraumforschung gewonnen werden – Zeit für einen programmatischen Rückblick.

### Life Sciences

**40 Years of German Research in Space  
Part 3: Parabolic Flights, Simulation Studies,  
the International Space Station, and SIMBOX**

By Prof. Günter Ruyters

1972, the year in which Apollo 16 set out for the Moon, also marked the beginning of space-based life sciences research by the Federal Republic of Germany: BIOSTACK, an experiment devised by the DLR Institute of Aerospace Medicine to measure the intensity and composition of cosmic radiation, was the first project under which German scientists moved their laboratory and measuring equipment to space, in a manner of speaking. After the end of the Spacelab era and the controlled re-entry of the Russian space station MIR, everyone's attention was focussed on the construction and future exploitation of the International Space Station at the beginning of the new millennium. In addition, parabolic flights were added to DLR's programme as a new element in 1999. The importance of terrestrial simulation methods, such as bedrest or isolation studies, increased markedly as well. Now that China has been gained last year as a new co-operation partner on space life sciences research under the SIMBOX/Shenzhou-8 project, it is time to look back.



Autor: Prof. Günter Ruyters leitet in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements das Programm Biowissenschaften (Biologie, Medizin).

Author: Prof. Günter Ruyters heads the Life Sciences programme in the department of Microgravity Research (life and physical sciences) of the DLR Space Administration.

### Forschung auf Parabelflügen – 22 Sekunden im freien Fall

Viele Raumfahrtagenturen setzen seit Jahrzehnten auf Parabelflüge für Forschung in Schwerelosigkeit. Auch die europäische Weltraumorganisation ESA veranstaltet seit Mitte der achtziger Jahre regelmäßig Parabelflüge für wissenschaftliche Untersuchungen – erst in Kooperation mit der NASA, seit 1989 mit Novespace – einer Tochterfirma der französischen Raumfahrtagentur CNES. Das DLR Raumfahrtmanagement bietet seit 1999 deutschen Wissenschaftlern diese Forschungsmöglichkeit auf eigenen Parabelflugkampagnen mit dem Airbus A-300 ZERO-G an. Eine Kampagne besteht in der Regel aus drei Flugtagen, an denen jeweils 31 Parabeln geflogen werden. Dabei steigt das Flugzeug aus dem horizontalen Flug bis zu 47 Grad steil nach oben, drosselt die Schubkraft der Turbinen und fliegt dabei eine Bahn, die einer Wurfparabel entspricht. Dabei befindet sich die Maschine im freien Fall. Für etwa 22 Sekunden herrscht nun annähernde Schwerelosigkeit. Vor und nach dieser Phase sind die Passagiere jeweils für etwa 20 Sekunden fast der doppelten Schwerkraft ausgesetzt.

Programmatisch dienten die Parabelflüge bis in die 1980er-Jahre eher dem Astronautentraining sowie dem Test von Technologien und Geräten in Vorbereitung auf spätere Weltraummissionen. Das änderte sich in den 1990er-Jahren. Mehr und mehr wurde das Potenzial als eigenständige Flugmöglichkeit für Experimente unter veränderten Schwerkraftbedingungen erkannt. Dazu haben die Entwicklung neuer Analysetechnologien sowie die Untersuchung schneller Effekte in der Wahrnehmung und Verarbeitung von Schwerkraft maßgeblich beigetragen. Zudem sind Parabelflüge neben bemannten Weltraummissionen die einzige Möglichkeit, raumfahrtmedizinische Forschung an Menschen in Schwerelosigkeit durchzuführen – wenn auch nur für kurze Zeit.

Das DLR hat im Rahmen des nationalen Raumfahrtprogramms im Zeitraum von 1999 bis Februar 2012 neunzehn eigene Parabelflugkampagnen durchgeführt. Die Zwanzigste ist für September 2012 geplant. Der schnelle Zugang zur Schwerelosigkeit, Forschung mit laborüblichen Geräten sowie die Mitflugmöglichkeit als Operator und als Testperson für medizinische Experimente haben die Parabelflüge zu einer interessanten Forschungsplattform für Forscher gemacht. Rund 180 biowissenschaftliche Experimente wurden insgesamt von 1999 bis heute durchgeführt – etwa die Hälfte davon zu Themen der Schwerkraftwahrnehmung und -verarbeitung bei Mikroorganismen, Fischen und Pflanzen auf zellulärer und molekularer Ebene. Die andere Hälfte beschäftigte sich mit schnellen Veränderungen in der Physiologie des Menschen wie Flüssigkeitsverschiebung, Kreislaufregulation, neurophysiologische und neurokognitive Veränderungen und Bewegungskoordination.

### Simulationsstudien am Boden – Vorbereitung auf den Weltraum

Wegen der begrenzten Forschungsmöglichkeiten im Weltraum suchen Wissenschaftler auch nach geeigneten Simulationsmöglichkeiten auf der Erde. Biologen versuchen beispielsweise auf Klinostaten die Effekte der Schwerkraft auf Organismen auszuschalten. Mediziner simulieren in Betruhestudien bei einer sechs Grad Kopftieflage des

### Research on parabolic flights – 22 seconds of free fall

Space agencies have been relying on parabolic flights for research in microgravity for decades. One of these is the European space organisation ESA, which has regularly organised parabolic flights for scientific studies since the mid-80s, co-operating with NASA at first and then, from 1989 onwards, with Novespace, a subsidiary of the French space agency CNES. The DLR Space Administration has been offering this research opportunity to German scientists since 1999, running its own parabolic flight campaigns on the Airbus A300 ZERO-G. A campaign normally comprises three flight days, with 31 parabolas being flown on each day. The aircraft steeply ascends from the horizontal at an angle of up to 47 degrees and then throttles back its turbines to enter a parabolic path that corresponds to a ballistic trajectory. At this time, the plane is in free fall, and microgravity prevails for about 22 seconds. Before and after this phase, passengers are exposed to nearly double the Earth's gravity for about 20 seconds.

Until the 1980s, parabolic flight programmes mainly served to train astronauts and test technologies and equipment in preparation for later missions. This changed in the 1990s, when their potential as an independent flight opportunity for experiments under modified gravity conditions was increasingly recognised, helped along by the development of new analytical technologies and the investigation of rapid effects in the perception and transduction of gravity. Moreover, parabolic flights offer the only opportunity – besides crewed space missions – of conducting medical research on humans in microgravity – even if only for brief timespans.

During the period from 1999 to February 2012, DLR has run nineteen parabolic-flight campaigns of its own under the national space programme. The twentieth campaign is scheduled for September 2012. Rapid access to microgravity, research with standard laboratory equipment, and the opportunity to share a ride for operators and subjects for medical experiments have turned parabolic flights into an interesting research platform for scientists. A total of around 180 life-science experiments have been conducted between 1999 and the present, of which about half dealt with issues relating to the perception and transduction of gravity by micro-organisms, fish, and plants at the cellular and molecular level. The other half was concerned with rapid changes in human physiology, such as the movement of body fluids, cardiovascular regulation, neuro-physiological and neuro-cognitive changes, and movement co-ordination.

### Simulation studies on the ground – preparations for space

Because research opportunities in space are limited, scientists always look for suitable simulation options on the ground. Biologists, for example, try to eliminate the effects of gravity on organisms in clinostats. To examine the effects of gravity on humans, medical researchers keep test subjects supine in bed with their heads inclined at an angle of six degrees below the horizontal. In



**Erst auf dem Parabelflieger – dann auf der ISS: Parabelflüge bereiten oft Experimente – in diesem Fall HealthLab – vor, bevor sie dann auf der Internationalen Raumstation durchgeführt werden. Dennoch haben sie als eigenständige Flugmöglichkeit für Experimente unter veränderten Schwerkraftbedingungen großes Potenzial.**

**First on the parabolic-flight aircraft, then on the ISS: parabolic flights are often used to pre-test experiments – HealthLab, in this case – before they are implemented on the International Space Station. Still, they have their own great potential as an independent flight opportunity for experiments under modified gravity conditions. (NASA)**

Probanden die Wirkungen der Schwerelosigkeit auf den Menschen. In Isolationsstudien oder in Studien an extremen Orten (zum Beispiel Antarktis, U-Booten, Mars500) untersuchen Wissenschaftler vor allem die psychologischen Herausforderungen an den Menschen während eines Raumflugs. Simulationsstudien testen also auf der Erde bestimmte Aspekte einer Weltraummission und bereiten diese vor. Die am Boden gewonnenen Ergebnisse und erarbeiteten wissenschaftlichen Konzepte werden dann in der realen Schwerelosigkeit überprüft. Simulationsstudien sind damit wichtiger Teil der Missionsvorbereitung und ein zentraler Bestandteil des Raumfahrtprogramms und erbringen wichtige Ergebnisse auch für den Menschen auf der Erde.

#### Internationale Raumstation – Labor im Weltraum

Ergebnisse von Parabelflügen und Simulationsstudien bereichern ohne Zweifel die biowissenschaftliche Forschung. Dennoch können auf der Erde erarbeitete Konzepte und Hypothesen ohne Weltraummissionen und bemannte Raumstationen nicht in realer Schwerelosigkeit auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Hierbei spielt die Internationale Raumstation ISS, die seit Ende 2000 ununterbrochen Astronauten an Bord hat, die Schlüsselrolle. Seit Anfang 2001 wird das Labor im All bereits für deutsche bio- und materialwissenschaftliche Experimente genutzt. Ermöglicht wurde dies durch erfolgreiche bilaterale Kooperationen mit den Raumstationspartnern USA, Russland und Kanada. Im Februar 2008 bekam die Forschung mit dem Betrieb des europäischen ISS-Labors Columbus nochmals einen neuen Schub.

Das bisherige Forschungsspektrum auf der ISS umfasst biowissenschaftliche Projekte aus der Gravitations-, Strahlen- und Astrobiologie, der Biotechnologie (Proteinkristallisation) sowie aus der Raumfahrtmedizin. Deutsche Wissenschaftler spielen hier im europäischen Rahmen eine führende Rolle: Mehr als 40 Prozent der ISS-Experimente stammen aus deutschen Forschungsinstituten. Dies sollte auch zukünftig so bleiben. Über Ziele und Ergebnisse dieser Projekte wurde in früheren Ausgaben von COUNTDOWN bereits ausführlich berichtet.

#### SIMBOX – deutsch-chinesische Kooperation im All

Als Anfang November 2011 die deutsche SIMBOX-Experimentanlage mit 17 biomedizinischen Experimenten im chinesischen Raumschiff Shenzhou-8 vom chinesischen Weltraumbahnhof Jiuquan startete und wenig später an Tiangong 1 – dem ersten Modul der chinesischen Raumstation - andockte, war eine Weltraumpremiere der

isolation studies or studies at extreme locations (for example the Antarctic, submarines, Mars500), scientists mainly investigate the psychological challenges which humans face during a space flight. Thus, simulation studies on Earth serve to test and prepare for specific aspects of a space mission. Subsequently, the knowledge and scientific concepts gathered and developed on the ground are validated in real weightlessness. Consequently, simulation studies are important in preparing for a mission, forming a key element of the space programme and yielding insights that are also important for people on Earth.

#### The International Space Station – a laboratory in space

There can be no doubt that life sciences research is enriched by the results of parabolic flights and simulation studies. Nevertheless, concepts and hypotheses developed on Earth cannot be validated in real weightlessness without space missions and manned space stations. In this validation, the International Space Station, which has been continuously staffed with astronauts since the end of 2000, plays the leading part. This laboratory in space has been used for German experiments in life and materials sciences since the beginning of 2001, facilitated by successful bilateral co-operation with the ISS partner countries USA, Russia, and Canada. In February 2008, research received a boost when the European ISS laboratory Columbus went into operation.

So far, the bandwidth of life sciences research on the ISS has included projects from gravitational, radiation, and astrobiology, biotechnology (protein crystallisation), and space medicine. On the European plane, German scientists play a leading part: more than 40 per cent of the experiments run on the ISS come from German research institutes, and this should be the same in the future. The objectives and results of these projects have been covered in some detail in earlier editions of COUNTDOWN.

#### SIMBOX – Sino-German co-operation in space

It was a special kind of debut when, early in November 2011, the German SIMBOX experimental apparatus housing 17 biomedical experiments took off in the Chinese Shenzhou-8 spaceship from the Chinese spaceport of Jiuquan and docked fairly soon afterwards on Tiangong 1, the first module of the Chinese space station: the world's first bilateral co-operation project with China

besonderen Art geglückt: Das weltweit erste bilaterale Kooperationsprojekt mit China in der bemannten Raumfahrt hatte begonnen. Bei der Nutzung von Shenzhou - dem Kernstück der bemannten chinesischen Raumfahrt - kooperiert die chinesische Raumfahrtorganisation China Manned Space Engineering Office (CMSEO) erstmals mit der Agentur einer anderen Nation.

Während der zweieinhalbwöchigen Mission wurden Pflanzen, Fadenwürmer, Schnecken, Bakterien und menschliche Krebszellen der Schwerelosigkeit und der Strahlung des Weltraums ausgesetzt (siehe Seite 28 bis 33), um Mechanismen der Wahrnehmung und Verarbeitung dieser Faktoren zu untersuchen. Mit dem erfolgreichen Ende der Pioniermission SIMBOX wurde eine Tür zur Raumfahrt-Kooperation mit China aufgestoßen. Diese Chance gilt es nun in weiteren Kooperationsprojekten zu nutzen, um die Möglichkeiten deutscher Wissenschaftler zur Forschung im Weltraum zu erweitern.

#### 40 Jahre Biowissenschaftliche Weltraumforschung – Forschung für den Menschen auf der Erde

Biowissenschaftliche Forschung im Weltraum hat zu einer Fülle von wichtigen Erkenntnissen über die Rolle der Schwerkraft vom einfachsten Organismus bis zum Menschen geführt. In manchen Fällen konnte jahrzehntelanger Disput beigelegt werden. Nicht selten wurde Lehrbuchwissen umgeschrieben. Publikationen in den hochrangigen wissenschaftlichen Zeitschriften belegen die Qualität der Forschung und der Wissenschaftler: Die Vergabe von mehreren Leibnizpreisen an vom DLR geförderte Wissenschaftler sowie des Nobelpreises für Chemie im Jahre 2009 an Frau Prof. Yonath sind Zeugnis dafür.

Auch wichtige Therapie- und Trainingsmethoden sowie Geräte für die nicht-invasive medizinische Diagnostik – ursprünglich für die Raumfahrt entwickelt – finden mehr und mehr Eingang in den klinischen Alltag oder die ärztliche Praxis. Der sogenannte Eye Tracker zur Messung der Augenbewegungen, ein neuer Thermosensor zur Messung der Körperkerntemperatur, Pulmovista500 zur Lungendiagnostik sind nur einige Beispiele.

Noch wichtiger - wenn auch nicht so spektakulär - sind die vielen kleinen Fortschritte im Verständnis des menschlichen Körpers, des Zusammenspiels seiner verschiedenen Systeme, seiner Anpassungsprozesse, des Alterungsprozesses ganz allgemein. Gerade für den alternden Menschen in der heutigen mobilen Gesellschaft sind Erkenntnisse und Technologien, die sein Leben lebenswert erhalten, von großer Bedeutung. Biowissenschaftliche Raumfahrtforschung in Deutschland wird auch in Zukunft hierzu – nicht zuletzt durch die intensive Nutzung der ISS – wichtige Beiträge liefern. Deswegen hat die biomedizinische Forschung ihren berechtigten Platz im Raumfahrtprogramm der Bundesregierung.

in manned space flight had begun. For the first time ever, the China Manned Space Engineering Office (CMSEO) is co-operating with another nation on the exploitation of Shenzhou, the core element of manned space flight in China.

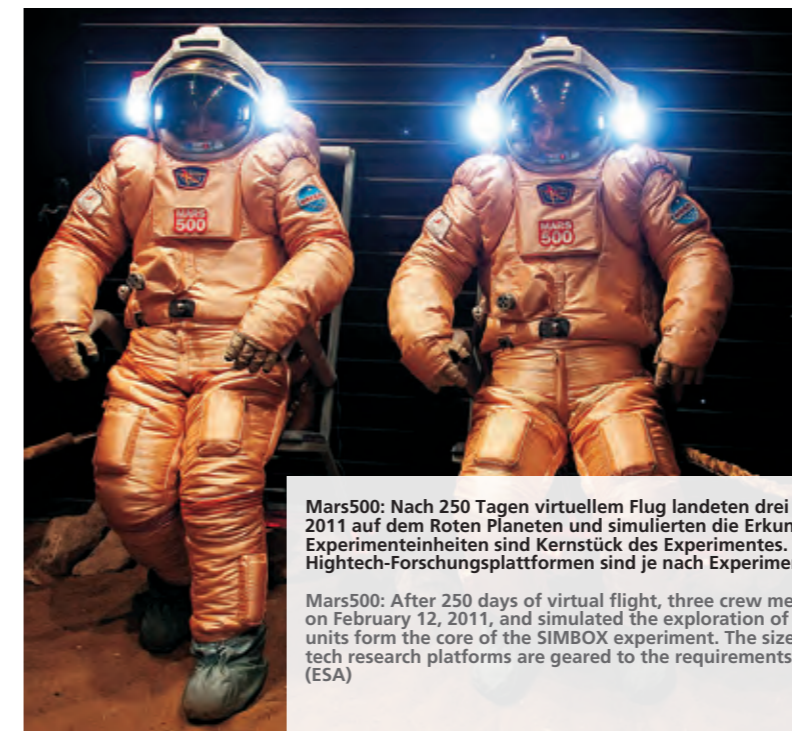
During the two weeks and a half for which the mission lasted, plants, threadworms, snails, bacteria, and human cancer cells were exposed to the weightlessness and radiation of space (see pages 29-33) in order to study the mechanisms that serve to perceive and assimilate these factors. The successful outcome of the pioneering mission SIMBOX has opened a door to co-operating with China in space. We must now make the most of this chance in further co-operation projects to boost German scientists' research opportunities in space.

#### 40 years of life sciences in space – research to the benefit of humankind on Earth

Life sciences research in space has given us a wealth of important revelations about the part played by gravity for all living things, from the simplest organisms to human beings. In some cases, it helped to settle decade-old disputes. On quite a few occasions, textbooks had to be rewritten. Publications in highly esteemed scientific journals document the quality of both researchers and research, witness the award of several Leibniz prizes to scientists promoted by DLR and the Nobel Prize for chemistry to Prof. Yonath in 2009.

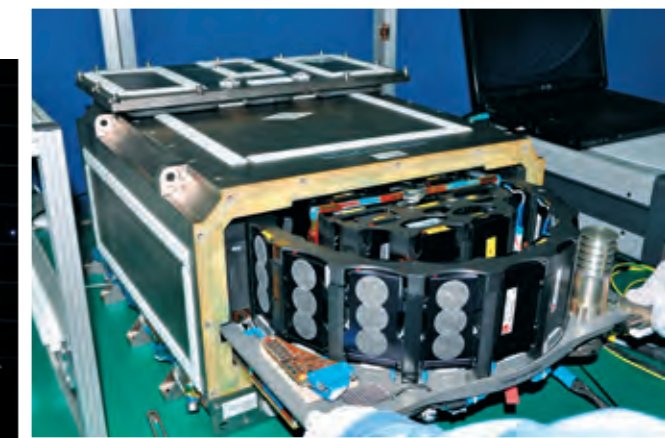
Similarly, important therapeutic and training methods as well as equipment for non-invasive medical diagnostics that were originally developed for space are being increasingly used in clinical or general day-to-day medical practice, including the so-called eye tracker to measure eye movements, a new thermosensor to measure body core temperatures, and Pulmovista500 for pulmonary diagnosis, to quote only a few examples.

What is even more important – though not quite as spectacular – are the many small steps ahead in our understanding of the human body, the interplay between its various systems, its adaptation processes, and the process of ageing in general. In today's mobile society, ageing people in particular depend very much on insights and technologies that keep their life worth living. German life sciences research in space will continue to make important contributions in this regard, thanks not least to the intensive exploitation of the ISS. This is why it is right that biomedical research has established its firm place in the Federal Government's space programme.



**Mars500: Nach 250 Tagen virtuellem Flug landeten drei Crewmitglieder am 12. Februar 2011 auf dem Roten Planeten und simulierten die Erkundung des Mars. SIMBOX: 40 Experimenteinheiten sind Kernstück des Experimentes. Die zigarettenstachelgroßen Hightech-Forschungsplattformen sind je nach Experiment unterschiedlich angepasst.**

Mars500: After 250 days of virtual flight, three crew members landed on the Red Planet on February 12, 2011, and simulated the exploration of Mars. SIMBOX: 40 experimental units form the core of the SIMBOX experiment. The size of a cigarette pack, these high-tech research platforms are geared to the requirements of the respective experiments. (ESA)





Raumfahrtbegeistert: Virginie Hager hat das German Trainee Programme erfolgreich absolviert und arbeitet nun bei der ESA.

Keen young talent: Virginie Hager has successfully completed the German Trainee Programme and is now working with ESA. (Hager)

## GTP

### Raumfahrt im Blut

Virginie Hager im Gespräch mit COUNTDOWN-Redakteur Martin Fleischmann

Das German Trainee Programme (GTP) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der europäischen Weltraumorganisation ESA bietet jungen, talentierten Nachwuchsingenieuren ein Sprungbrett in die europäische Raumfahrt. In den verschiedenen wissenschaftlich-technischen Raumfahrtbereichen bei der ESA stellt der akademische Nachwuchs sein Können unter Beweis und erhält die Möglichkeit, sich „on the job“ zu qualifizieren. Gefördert wird das Projekt vom DLR Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Virginie Hager hat ihre Chance genutzt. Sie hat ihr GTP erfolgreich beendet und arbeitet nun bei dem European Space Research and Technology Centre (ESA-ESTEC) in Noordwijk (Niederlande). Im Gespräch mit COUNTDOWN spricht sie über Ihre Erfahrungen mit dem GTP und ihren neuen Job bei der ESA.

## GTP

### A Passion for Space Technology

Interview with Virginie Hager by COUNTDOWN editor Martin Fleischmann

The German Trainee Programme (GTP) run by the German Aerospace Center (DLR) and the European Space Agency (ESA) offers young, talented, up-and-coming engineers a stepping stone into the world of European spaceflight. Trainees can demonstrate their abilities and acquire new on-the-job skills on ESA's various scientific and technological projects. The programme is sponsored by the DLR Space Administration with funds provided by the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi). Virginie Hager seized this opportunity. She successfully completed her GTP and is now working for the European Space Research and Technology Centre (ESA-ESTEC) in Noordwijk (Netherlands). In an interview with COUNTDOWN she speaks of her GTP experience and her new job at ESA.



Martin Fleischmann, Redakteur des DLR Raumfahrtmanagements sowie des Newsletters COUNTDOWN, führte das Gespräch zum German Trainee Program mit Virginie Hager. Sie arbeitet bei der europäischen Weltraumorganisation ESA im Direktorat Human Spaceflight and Operations am niederländischen Stützpunkt ESTEC. Dort plant sie das Zeitfenster, in dem europäische Experimente von den ISS-Crewmitgliedern durchgeführt werden können.

Martin Fleischmann, editor of DLR Space Administrations as well as editor of the COUNTDOWN newsletter, conducted an interview with Virginie Hager on DLR's German Trainee Programme. Virginie Hager works at the Directorate of Human Spaceflight and Operations at the Dutch site of the European Space Agency ESA, ESTEC. Her job is plan the time slots during which ISS crew members can execute European science experiments. rocket projects in atmospheric research.

### Seit wann interessieren Sie sich für Raumfahrt und wie kam es dazu?

Hager: Schon immer. Meine ganze Familie ist Raumfahrt-begeistert: Meine jüngere Schwester hat ihren Vornamen der europäischen Trägerakete Ariane zu verdanken. Meine Eltern fanden den Namen zwar beide schön. Dennoch kam er durch die Raumfahrtaffinität meines Vaters zustande. Er ist Dozent an der Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik der Technischen Universität in Dresden und unterrichtet dort Triebwerkstechnik, Raumfahrtgeschichte sowie interplanetare Raumfahrt. Mein Vater ist zu Raumfahrttagungen gefahren und hat mich oft mitgenommen. In den Ferien bin ich oft in der Universität gewesen. Ich bin also mit der Raumfahrt aufgewachsen. Sie liegt mir sozusagen im Blut.

### Was fasziniert Sie besonders an der Raumfahrt?

Hager: Das Universum und die bemannte Raumfahrt. Mein Vater hat uns von klein auf an alles erklärt: Sternbilder, Planeten, wie das Universum entstand. Die bemannte Raumfahrt ist natürlich besonders spannend: Direkt von einem Astronauten mit leuchtenden Augen zu erfahren, was er während seiner Missionen im Weltall erlebt hat, ist wahnsinnig inspirierend – dieser Funke sprang vor langer Zeit auf mich über. Diese Euphorie war der Grund Luft- und Raumfahrttechnik zu studieren. Der Entschluss fiel 1998: Im Geburtsort von Sigmund Jähn, in Morgenröthe-Rautenkranz (Vogtland), fanden damals die Raumfahrttage statt. Dort präsentierten die beteiligten Länder mit Vertreter von NASA, ESA und JAXA ihre ISS-Beiträge. Seitdem war für mich klar, dass ich ein Teil dieser Gemeinschaft sein möchte.

### Sie haben an der TU Dresden Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Luft- und Raumfahrttechnik studiert. Haben Sie sich von Anfang an für diesen Schwerpunkt entschieden?

Hager: Ja, dieser Schwerpunkt stand für mich von Anfang an fest. Das Maschinenbaustudium bietet zwar viele Vertiefungsrichtungen von Automobil- bis Verfahrenstechnik an. Die Raumfahrt stand aber nie außer Frage. Das allumfassende Studium des Maschinenbaus mit seinen Grundlagenfächern wie Materialwissenschaften oder Statik habe ich später in der Raumfahrt wirklich gut anwenden können.

### Wie haben Sie vom GTP erfahren?

Hager: Durch den DLR-Aushang an meiner alten Fakultät. Nach dem Studium bin ich nach Holland ausgewandert und habe als Projektingenieurin und Konstrukteurin im Bereich Luftfahrt gearbeitet. Ich war aber mit meinem Job unzufrieden, weil mein Herz mehr für die Raumfahrt schlägt. Schon während meines Studiums hatte ich mit dem YGT-Programm der ESA geliebäugelt – das europäische Young-Graduate-Trainee-Programm. Dazu kam es damals leider nicht. Mein Vater war dann der Initialzündler. Er hat mir berichtet, dass das DLR auch ein Trainee-Programm anbietet. Ich fand die Stellen sehr interessant und ich war bereits in Holland. Da war der Weg zu ESTEC – für mich die interessanteste ESA-Niederlassung – nicht weit. Dementsprechend habe ich mich dann natürlich direkt auf die ESTEC-GTP-Stelle beworben und wurde eingeladen. Ich gehörte zum ersten GTP-Jahrgang und war nur eines von zwei Trainees, die ESTEC als Standort gewählt hatten. Von daher habe ich hier Pionierarbeit im DLR-Trainee-Programm geleistet.

### Since when have you been interested in spaceflight and why?

Hager: Always have been. My whole family is into spaceflight: my younger sister was actually named after Ariane, the European launcher. Both my parents thought the name was pretty, but in the end it was my father's passion for space that led to the decision. He's a lecturer at the Institute of Aerospace Engineering at Dresden University of Technology, teaching Propulsion Technology, History of Astronautics, and Interplanetary Space Missions. My father often took me along to space conferences. During school holidays I often spent time at the university. So I literally grew up with spaceflight. One could say it's in my blood.

### What is it that you find particularly fascinating about astronautics?

Hager: The universe and human space travel. My father explained it all to us from when we were toddlers: the constellations, planets, how the universe came into being. Human spaceflight is of course particularly exciting: to be told as a young girl by an astronaut with shining eyes what he experienced during his missions in space is tremendously inspiring. So I caught the spark very early in life. It was this spark that made me want to study for a degree in aerospace engineering. My final decision came in 1998, at the Aerospace Days held at Sigmund Jähn's home town Morgenröthe-Rautenkranz (Vogtland), where people from the participating states including representatives of NASA, ESA, and JAXA were reporting on their respective contributions to the ISS. That is when it became clear to me that I definitely wanted to be a part of that community.

### At Dresden University of Technology you took a degree in mechanical engineering, with specialisation in space systems. Was it clear to you from the beginning that this would be your line?

Hager: Yes, this focus was fixed in my mind from the beginning. There are many institutes within mechanical engineering faculty, ranging from automotive to process engineering. But taking something other than aerospace engineering was never up for debate. Mechanical engineering is a very comprehensive discipline, and my knowledge of its constituent subjects such as material science and structural engineering has come in really useful later in my space systems engineering job.

### How did you first learn about GTP?

Hager: From a DLR poster at my old university. After my studies I moved to Holland and worked as a project and design engineer in the field of aeronautics. But I was not very happy with my job, because my heart really is more in space systems. Even as a student I had been toying with the idea of applying for ESA's Young Graduate Trainee Programme. Unfortunately I wasn't selected at that time. My father told me that DLR started a similar national trainee programme. The open trainee opportunities were very interesting and I was already in Holland at the time. ESTEC, which to me is the most attractive ESA site, was very close. So, of course, I directly applied for the GTP vacancy at ESTEC, and was admitted. 2010, the year I started as a trainee, was the first year of the DLR GTP and I was one



**Virginie Hager vor dem Space Shuttle Endeavour am 28. April 2011: Einen Tag später sollte der Raumtransporter zu seinem letzten Flug (Mission STS-134) in Richtung ISS abheben. Unglücklicherweise musste der Start auf den 16. Mai 2011 verschoben werden.**

**Virginie Hager in front of the Space Shuttle Endeavour on April 28, 2011: one day later, the shuttle should start its last flight (Mission STS-134) towards ISS. But unfortunately the launch was delayed and shifted to May 16, 2011. (Hager)**

#### Was haben Sie im Rahmen des GTP bei ESTEC gemacht?

**Hager:** Ich bin im ATV-Programm gelandet und habe den Struktur- und Thermalingenieur, der für das Frachtmodul Integrated Cargo Carrier (ICC) – dem Herzstück des ATV – zuständig ist, unterstützt. Hier habe ich direkt an der Hardware gearbeitet und stand ständig mit der Industrie in Kontakt. Als ich angefangen habe, ist gerade ATV-2 in Kourou angekommen und wurde auf den Start vorbereitet. ATV-3 und -4 waren schon in der Produktion und ATV-5 in Planung. Dadurch bekommt man die gesamte Bandbreite des Technologieprojektes mit: Alle Schritte von der Planung über die Produktion zur Implementierung, Tests, Verifizierung, Start und Docking. Das war eine spannende Zeit. Außerdem habe ich ein 3D-Modell der ISS erstellt, um die für das autonom dockende ATV unverzichtbare GPS-Datenübertragung sicherzustellen. Dafür müssen die Sensoren immer Sichtkontakt zu den Satelliten haben. Das Problem bei der ISS: Die Solarpanel decken einen großen Anteil des Sichtfeldes ab. Dadurch werden Signale reflektiert und abgeschattet. Um das zu verhindern und ein perfektes Docking zu simulieren, brauchen wir ein Modell der Raumstation. Außerdem habe ich eine Machbarkeitsstudie geleitet, die in Zusammenarbeit mit dem ZARM in Bremen und weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen weltweit die Entflammbarkeit von Materialien unter Mikrogravitation untersuchen sollte. Da man auf der ISS natürlich kein Feuer zünden kann, sollten die Proben nach dem ATV-Abdocken von der ISS gezündet werden. Das Ganze sollte auf dem Rückweg eines ATV bis zu seinem Verglühen in der Erdatmosphäre gefilmt und die Daten dann übertragen werden.

#### Was hat Ihnen das GTP gebracht?

**Hager:** Eine Menge Erfahrungen und meinen Job bei der ESA: Ich habe in einem tollen Umfeld immer eng mit den Industriepartnern zusammen gearbeitet. Ich habe gelernt, was eine Raumfahrtagentur von der Industrie und was die Industrie von uns erwartet. Ich habe innerhalb von zwei Jahren an einem komplexen Vehikel gelernt, was Systemengineering bedeutet, welche Auswirkungen meine Arbeit hat und wie schnell die Produktion gehen kann und muss. In diesem Programm hat man stets einen Bezug zum Maschinenbau-Studium und ständig neue Herausforderungen zu bewältigen. Zwei Jahre nach Studienabschluss kann man hier als Systemingenieur sehr viel lernen. Das ist mir wichtig, weil ich von Herzen Maschinenbauer bin. Mich hatte als Schülerin und später auch als Studentin der Gedanke fasziniert, einmal für die europäische Raumfahrtbehörde zu arbeiten. Durch das GTP habe ich einen Fuß in die Tür bekommen und das hat ja dann auch geklappt.

#### Was sind Ihre neuen Aufgaben bei der ESA?

**Hager:** Ich arbeite im Direktorat Human Spaceflight and Operations in der Abteilung, in der die Implementierung der europäischen Experimente für die jeweiligen Inkremente geplant werden. Unser Team plant das Zeitfenster, in dem Experimente von den ISS-Crewmitglie-

of two trainees who had chosen ESTEC as their placement. So I did a bit of pioneering work as a DLR trainee.

#### What kind of work did you do as part of your GTP at ESTEC?

**Hager:** I got a trainee position in the ATV programme supporting the structural and thermal engineer in charge of the Integrated Cargo Carrier (ICC), the 'heart' of the ATV. I was very lucky to have had the opportunity to work close to the ATV hardware itself and was continuously in touch with our prime and subcontractors. When I started, ATV-2 had just arrived in Kourou and was in its pre-launch preparations. ATVs 3 and 4 were already in the production phase and ATV-5 in preparation. This is how I got to know the entire bandwidth of the technology process, every step from planning to production to implementation, testing, verification, launch, and docking. It was an exciting time. I also made a 3D model of the ISS to ensure full GPS data coverage, which is a vital part of the ATV's autonomous docking process. To ensure this, sensors must always be fully in the satellite's line of sight. With the ISS, the specific challenge is that its solar panels tend to overshadow a major part of the field of sight, reflecting or blocking the signal. To prevent this and to simulate a perfect docking manoeuvre, we needed an up-to-date model of the space station. I also led a feasibility study for a fire safety experiment which investigates the flammability of materials under microgravity conditions in cooperation with ZARM in Bremen and a number of international scientific research institutes. Obviously it is not an option to light a fire on the ISS itself, so samples were to be ignited after the undocking of an ATV from the ISS. The entire process was to be filmed during the ATV's return flight to Earth until its reentry in the Earth's atmosphere, and the data were to be transmitted to Earth.

#### What personal benefit did you get from the GTP?

**Hager:** Lots of experience in a great working atmosphere and a job with ESA. I learnt what the European Space Agency expects from industry and what industry expects from us. Working on a complex vehicle taught me during these two years what it means to do systems engineering, what impact my work has, and how quick manufacturing can and should be. This programme always refers to all basic fields of mechanical engineering, while at the same time there are new challenges. At school and later at university, I always dreamt of working for the European Space Agency one day. Thanks to the GTP I managed to get a foot in the door and my dream has now come true.

#### What are your new tasks at ESA?

**Hager:** I am working in the Directorate for Human Spaceflight and Operations. My section is responsible for planning the implementation of the European experiments in the various mission increments. Our team is responsible for assessing the time frames during which ISS crew members can execute specific experiments. We make

den durchgeführt werden können. Man kann über einen Zeitraum von sechs Monaten – einem Inkrement – planen, wie viele Astronauten und Crewzeit sowie Ressourcen für die Experimente zur Verfügung stehen. Die ESA verfügt über eine bestimmte Crewzeit, in der wir die Astronauten in Anspruch nehmen können. Diese Zeitspanne muss natürlich mit den gesamten Experimenten, dem Platz in einem der Weltraumlabor, den Transportmöglichkeiten zur ISS und teilweise wieder zurück zur Erde in Einklang gebracht werden. Jeder einzelne Schritt ist speziellen Regularien unterworfen. Wir müssen hierbei genau sagen, wie wir ausgelastet sind, wo wir Platz, Kapazitäten oder Überkapazitäten haben. Fällt ein Experiment aus, muss die Lücke neu gefüllt werden. Dauert ein Experiment unerwartet länger, werden andere Experimente verzögert. Das ist ein sehr dynamisches Feld, in dem man sehr viel kalkulieren und planen muss. Da ich erst seit Mai diesen Jahres dabei bin, mache ich mich derzeit mit den verschiedenen Experimenten sowie internen und externen Abläufen vertraut.

#### In Deutschland wird immer wieder Kritik daran laut, dass verhältnismäßig wenig deutsche Mitarbeiter bei der ESA beschäftigt sind. Ist das GTP ein guter Weg, etwas daran zu ändern?

**Hager:** Sicher ist das GTP ein guter Ansatz dafür. Das DLR leistet gerade auch bei der Stellenauswahl und in der Rekrutierung gute Arbeit. Dennoch wünscht sich die ESA prinzipiell Mitarbeiter mit Industrieerfahrung. Man muss einfach verstehen, wie die Industrie arbeitet. Wenn man das beherzigt und sich spezialisiert, hat man wahnsinnig viele Möglichkeiten. Das GTP ist auf jeden Fall der richtige Weg. Es kommt natürlich darauf an, was der Trainee aus dieser Chance macht. Sie haben mal gesagt: „Der Raumfahrt bleibe ich auf jeden Fall treu“.

#### Zieht es Sie vielleicht irgendwann in ein anderes Land oder könnten Sie sich vorstellen in der Raumfahrtindustrie zu arbeiten?

**Hager:** Ja, ich bleibe der Raumfahrt treu. Ich möchte mich erst einmal in meine Position einfinden und mich dort beweisen. Momentan stehen wir unmittelbar vor der Ministerratskonferenz. Dazu kommt die Finanzkrise. Für die europäische wie auch die weltweite Raumfahrt bleibt es also spannend. Ich genieße meine neuen Herausforderungen und meine Stelle innerhalb der Raumfahrt. Langfristig würde es mich reizen irgendwann einmal an einem futuristischen, interplanetaren Raumfahrtprojekt zu arbeiten. Im Moment fühle ich mich hier bei ESTEC heimisch. Ich bin ja auch schon vier Jahre in Holland. Grundsätzlich schließe ich nicht aus, nach Spanien, Italien oder Frankreich zu wechseln. Die einzelnen ESA-Niederlassungen haben jedoch verschiedene Schwerpunkte und da mir die Arbeit im Direktorat Human Spaceflight viel Spaß macht, fühle ich mich hier in Noordwijk sehr wohl. Außerdem bin ich ja auch erst sechs Wochen im neuen Job.

#### Raumfahrt hat den Ruf, eine Männerdomäne zu sein. Wahrheit oder Klischee?

**Hager:** Ganz ehrlich? Klischee. Ein Beispiel: Mein derzeitiges Team besteht aus vier Personen. Drei davon sind Frauen. Raumfahrt ist also ebenso weiblich. Ich habe hier bei ESTEC nicht das Gefühl in einer Männerdomäne zu arbeiten. In den höheren Managementebenen mag das vielleicht noch so sein – aber das kann sich ja in Zukunft ändern.



**Der DLR-Vorstandsvorsitzende Prof. Jan Wörner überreicht Virginie Hager am 6. Mai 2010 den GTP-Vertrag.**

**Prof. Jan Wörner, Chairman of the DLR Executive Board, handing Virginie Hager her GTP contract on May 6, 2010. (Hager)**

feasibility investigations for the various increments concerning our resources. ESA has been assigned a certain amount of crew time during which the astronauts are available to us. What is done in the ISS modules like Columbus obviously has to be aligned with all other experiments, available capacity in the space laboratories as well as upload and download facilities. Every single step follows a set of requirements. If one experiment is cancelled, the gap needs to be filled. If an experiment is delayed, this will affect other experiments as well. We are working in a highly dynamic environment where a lot of scheduling and managing is needed. As I am very fresh in my new position, I am currently making myself familiar with the various experiments and internal and external procedures.

#### In Germany it is often heard that there are relatively few German employees working at ESA: Is the GTP a good way to change this?

**Hager:** The GTP is certainly a good start. DLR is doing an excellent job in selecting and recruiting people. But ESA as a matter of principle prefers experienced staff with an industry background. People simply need to understand how industry works. If you keep this in mind and if you have the right kind of specialisation, you have incredible opportunities here. The GTP is definitely the right thing to do. Of course it is up to the trainee to make the best out of this opportunity.

#### You have once said: 'I will stay in space engineering under all circumstances.' Would you perhaps consider working in another country, or could you see yourself working for the space industry at some point?

**Hager:** Yes, I will stay in the space sector. First I will grow into my new position and prove myself. At the moment we are in the run-up to this November's Ministerial Council. Additionally encumbered by the financial crisis, ESA is facing a challenging time. I am enjoying my new tasks and my job at ESA. Concerning my long-term wishes it would be exciting to work on a future interplanetary space project. Right now I am very happy at ESTEC. Having lived in the Netherlands for four years already, I feel very much at home here. But I will not necessarily rule out moving to Spain, Italy, or France. But each ESA site has different specialisations, and since I am very much enjoying my job at the Human Spaceflight Directorate, I feel great here in Noordwijk. And, of course, I have only been on my new job for six weeks so far.

#### Spaceflight has the general reputation of being a male domain. Truth or stereotype?

**Hager:** Frankly, stereotype. Let me give you an example: my current team consists of four persons, three of them are women. Spaceflight is as much female as male. Here at ESTEC I never have the feeling that I am working in a male domain. It might still be at the senior management level. But that may well change in the future.

# KMU

## Wegbereiter der Raumfahrt Teil 3: vH&S und ASP

Von Dr. Sabine Klinkner und Thomas Hintze

Denkt man an Raumfahrttechnik in Deutschland, zum Beispiel an das Columbus-Labor der Internationalen Raumstation oder die Satellitenmissionen TerraSAR-X, TanDEM-X und Galileo, dann erscheinen sofort die Namen der Hauptauftragnehmer EADS Astrium GmbH und OHB AG. Doch diese beiden Unternehmen sind nicht alleine im Raumfahrtgeschäft. Ohne kleine und mittlere Unternehmen – den sogenannten KMU – wären diese Missionen nicht möglich, denn sie sind wichtige und unentbehrliche Zulieferer für Hauptauftragnehmer. Der Arbeitskreis Raumfahrt KMU (AKRK) im DLR Raumfahrtmanagement am Standort Bonn ist die Stimme dieser Unternehmen. Er sorgt dafür, dass die deutschen Raumfahrt-KMU besser in die nationalen sowie ESA- und EU-Raumfahrtprogramme eingebunden werden und stärkt damit ihre Wettbewerbsfähigkeit im industriellen Umfeld. Grundsatz hierbei: Hilfe zur Selbsthilfe – keine dauerhaften Subventionen. Diese Artikelserie stellt die 30 KMU und ihre Zusammenarbeit mit dem DLR vor. In diesem Heft lesen Sie mehr über die Firmen von Hoerner & Sulger GmbH (vH&S) und Advanced Space Power Equipment GmbH (ASP).



Autoren: **Dr. Sabine Klinkner** arbeitet seit 2002 bei der Firma von Hoerner & Sulger GmbH (vH&S) und ist verantwortlich für den Bereich Robotische Systeme, sowie mechanisches und thermisches Design. **Dipl.-Ing. Thomas Hintze** verfügt über einen langjährigen Hintergrund in der Automobil-Branche mit verantwortlichen Aufgabenstellungen. Seit 2009 ist er bei dem mittelständischen Unternehmen ASP Equipment GmbH beschäftigt, wo er den Bereich Geschäftsentwicklung leitet. Authors: **Dr. Sabine Klinkner** has been working for von Hoerner & Sulger GmbH (vH&S) since 2002. In her firm she is responsible for robotic systems and mechanical and thermal design. **Dipl.-Ing. Thomas Hintze** is an engineer with many years of experience in the automotive sector, where he held a number of senior positions. Since 2009 he has been working for ASP Equipment GmbH where he is in charge of business development.

### Der Blick für die Details

Seit über 40 Jahren behauptet sich die Firma von Hoerner & Sulger GmbH (vH&S) als kleines Systemhaus mit dem Schwerpunkt wissenschaftliche Raumfahrt zwischen den Großen der Raumfahrtindustrie. Hierbei hat sich die Firma in einer Vielzahl von Fachgebieten etabliert: Raketenexperimente zur Erforschung der Erdatmosphäre, Kameratele, In-Situ-Instrumente für Planetenoberflächen und Kometenstaub gehören zu ihrem Portfolio. Das Unternehmen betreut die Entwicklung wissenschaftlicher Instrumente von ersten Machbarkeitsstudien über die Qualifikation bis hin zum Flugmodell. Im Jahr 1971 von Dr. Hanna von Hoerner gegründet, ist die Liste an Missionen mit Instrumenten aus dem Hause vH&S inzwischen beachtlich lang. Neben den Raumfahrtprojekten entwickelt die Firma auch verschiedene Systeme für die Medizintechnik oder industrielle Anwendungen.

Die Erfolgsgeschichte des Schwetzingener Unternehmens hat mit dem Bau von Raketenexperimenten begonnen und begleitet sie bis heute. In den vergangenen 40 Jahren hat vH&S 34 Raketenexperimente im Auftrag von Instituten für die Atmosphärenforschung gebaut. Finanziert werden diese Experimente durch das DLR.

Im Jahr 1986 flogen drei Spektrometer der Firma vH&S zum Kometen Halley, um dessen Staub chemisch zu analysieren: PIA auf der europäischen Sonde Giotto sowie PUMA 1 und 2 auf den russischen Sonden VEGA 1 und 2. Alle Instrumente entstanden in enger Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg und wurden von der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA, heute DLR Raumfahrtmanagement) in Auftrag gegeben. Als Folge der erfolgreichen Missionen entstand eine lange Serie von Kometenstaubspektrometern: Das CIDA-Spektrometer – ebenfalls finanziert vom DLR – flog erfolgreich auf der amerikanischen Stardust Mission. Im Jahr 1999 gestartet, tauchte die Sonde im Januar 2004 durch den Schweif des Kometen Wild 2. und hat bis ins Jahr 2011 interstellaren Staub vermessen. Ein weiteres CIDA war Teil der NASA-Mission CONTOUR. Im Jahr 2014 wartet vH&S nun auf Daten des COSIMA-Spektrometers – zurzeit mit der europäischen Sonde Rosetta auf dem Weg zum Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko.

Initiiert durch ein DLR-Projekt ist die Firma vH&S schon seit den frühen 90er Jahren in der Raumfahrtrobotik tätig. In Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Chemie entwickelte sie ein miniaturisiertes Kettenfahrzeug, den Nanokhod. Er dient dem Transport von wissenschaftlichen Instrumenten (Systemmasse: drei Kilogramm, Nutzlast: ein Kilogramm), und sollte zunächst die Umgebung des MARS-96-Landers erkunden. Später wurde das Konzept für verschiedene Missionen wie Mond und Merkur überarbeitet. Trotz der langen Entwicklungsgeschichte ist das Fahrzeug durch die geringe Masse noch heute aktuell und derzeit in Planung für eine Mission zum Mond Südpol. Neben dem Nanokhod baut vH&S auch mobile Systeme der größeren Roverklassen: Der für eine Marsstudie konzipierte Solero besitzt durch sein passives Chassis vorzügliche Kletterfähigkeiten. Darauf aufbauend folgte die Beteiligung am ExoMars-Projekt mit dem Bau von zwei Chassis-Modellen und der Flugelektronikentwicklung für das Rover-Antriebssystem.

### An eye for detail

For over 40 years, the company of Hoerner & Sulger GmbH (vH&S) has been standing its ground among the big ones of the space industry as a small-scale system developer specialising in instruments for scientific space missions. The company has established itself in many different fields. Its portfolio includes rocket-borne experiments to investigate the Earth's atmosphere, camera systems, and instruments for the in-situ analysis of planetary surfaces and cometary dust. The company covers the development of scientific instruments from early feasibility studies via the qualification campaign to the flight model. Founded by Dr. Hanna von Hoerner in 1971, the company can pride itself in having produced instruments for a long list of missions. Besides making instruments for space applications, the company also makes various systems for medical and industrial applications.

Rocket experiments started the success story of the firm based in Schwetzingen, and have been part of its business until today. In the past 40 years vH&S has built 34 rocket experiments commissioned by various atmospheric research institutes. The funding for these experiments came from the DLR Space Administration.

In 1986, three spectrometers built by vH&S went to the comet Halley to analyse its dust chemically: PIA on the European probe Giotto as well as PUMA 1 and 2 on the Russian probes VEGA 1 and 2. All instruments were built in close collaboration with the Max Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg and commissioned by the German Space Agency (DARA, the predecessor of today's DLR Space Administration). A long series of comet dust spectrometers were built following these successful missions: the CIDA spectrometer – also financed by DLR – was successfully deployed on the American Stardust mission. Launched in 1999, the probe took a dive through the tail of comet Wild2 in January 2004 and continued to analyse interstellar dust until 2011. Another CIDA instrument flew as part of NASA's CONTOUR mission. In 2014, vH&S is expecting to receive data from the COSIMA spectrometer – which is currently on its way to Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko on board the European Rosetta probe.

It was a DLR project that got vH&S involved in space robotics already in the early nineties, by developing a miniature tracked vehicle, the Nanokhod, in cooperation with the Max Planck Institute for Chemistry. The Nanokhod serves the purpose of transporting scientific instruments (system mass: three kilograms, payload: one kilogram). It was first designated to explore the immediate surroundings of the Mars-96 lander. Later the concept was revised for various other mission targets such as the Moon and Mercury. Despite its long development history, the vehicle is still state of the art given its low mass, and is currently being considered to go on a mission to the Moon's South Pole. In addition to the Nanokhod, vH&S also manufactures mobile systems for the bigger class of rovers: Solero, conceived for a Mars study, has excellent climbing capabilities thanks to its passive chassis. Building on that, the company participated in the ExoMars project, building two chassis models and developing the flight electronics for the locomotion system.

## SMEs

### Trailblazers in the Space Sector Part 3: vH&S and ASP-Equipment

By Dr. Sabine Klinkner and Dipl.-Ing. Thomas Hintze

A lot of big enterprises sustain their position in space. Thinking of programmes in Germany such as the Columbus laboratory on the International Space Station, or the TerraSAR-X, TanDEM-X, and Galileo satellite missions, the names that immediately appear at the horizon are those of the big firms, EADS Astrium and OHB Systems. Yet these two players are not alone in the space sector. Big missions would not be possible without small and medium sized enterprises – or, for short, SMEs – sending innumerable parts down the main contractor's supply chain. The voice of these firms in Germany is a group called AKRK (Arbeitskreis Raumfahrt KMU, or SME Working Group on Space Technology). The body aims to ensure that small German space industry suppliers get a fair share of business out of German, ESA, and EU space programmes and helps them become more competitive within the sector. It operates under the 'aid for self-help' principle and awards no long-term subsidies. This series of articles will present 30 SMEs and the part they play in DLR projects. In this issue you can read more about von Hoerner & Sulger (vH&S) and Advanced Space Power Equipment GmbH (ASP).



In den letzten Jahren wurden Kameraentwicklungen bei vH&S zunehmend wichtiger. Nach dem erfolgreichen Einsatz der Stereokamera für den Roboterarm ROKVISS auf der Internationalen Raumstation ISS entwickelt vH&S die Kameraelektronik und JPEG-Kompression für das VIBANASS-System. Weiterhin ist vH&S Teil des DEOS-Teams und entwickelt das Kamerasystem für die Docking- und Berthingmanöver.

Im Rahmen der deutschen EnMAP-Mission ist vH&S verantwortlich für Entwicklung und Bau der Detektorelektronik für den Infrarotsensor. Die Vielzahl der Projekte und Themengebieten werden durch ein breites und interdisziplinäres Wissen der Mitarbeiter ermöglicht. Das kleine Team von 20 Leuten – vorwiegend Ingenieure und Physiker – erlaubt gute Kommunikation und solide Lösungen mit dem Blick für die Details.

#### Stromversorgungen für die Luft- und Raumfahrt

„Infinite Possibilities for your Power Supply Solutions“ ist der Slogan des mittelständischen Hochtechnologie-Unternehmens Advanced Space Power Equipment GmbH (ASP): Wie dieser Slogan erkennen lässt, hat sich das Unternehmen auf Leistungselektronik spezialisiert. Über 60 Fachkräfte mit bis zu 25-jähriger Raumfahrterfahrung gehen mit Ihren Entwicklungen an die physikalisch machbaren Grenzen für Wirkungsgrad, Gewicht, Bauraum und Genauigkeit bei gleichzeitiger höchster Zuverlässigkeit, um Elektronikprodukte für die Luft- und Raumfahrt herzustellen. Dafür steht dem Unternehmen eine nach EN9100:2009 zertifizierte und lückenlose Prozesskette – angefangen bei der Entwicklung, über Analyse bis hin zur Produktion und Test – zur Verfügung. Dadurch lassen sich die Produkte schnell und kosteneffizient herstellen.

Positive Erfahrung hat das Unternehmen mit der stetig wachsenden Fertigungstiefe bei der Leistungselektronik-Produktion gemacht: Der firmeneigene Anteil am Endprodukt wächst stetig. Die Kernprozesse sind das Handlöten bedrahteter (THT) Bauteile und das teilautomatisierte Löten oberflächenmontierbarer (SMD) Bauteile nach ESA-Richtlinien. Eine nachhaltige Investition war die im Juli 2012 fertiggestellte Erweiterung des Reinraums der Klasse ISO 8 auf knappe 200 Quadratmeter. Damit steht ausreichend Platz für die Fertigung laufender und neuer Projekte zur Verfügung. Mit der Gründung einer eigenen Abteilung für Digitalelektronik hat das Unternehmen sein Portfolio erweitert: Mit den Schwerpunkten der Hardwareentwicklung und der Programmierung von FPGA's und Mikroprozessoren stellen die Ingenieure den Spannungsversorgungen intelligente Schnittstellen zur Verfügung.

Um im Umfeld der Luft- und Raumfahrt erfolgreich bestehen zu können, braucht ASP verlässliche Partner. Gerade die Zusammenarbeit mit dem DLR Raumfahrtmanagement ist dabei ein konstanter Schlüssel. Einerseits wegen der transparenten Informationspolitik für geplante Beschaffungen im Hinblick auf deutsche und europäische Missionen. Andererseits spielt das DLR bei der Förderung im

In the past few years, camera development has become an increasingly important line at vH&S. Following the successful deployment of the stereo camera on ROKVISS, the robotic arm on the International Space Station, vH&S is developing the camera electronics and JPEG compressor on the VIBANASS system. Moreover, vH&S is a member of the DEOS team and develops the camera systems for the docking and berthing manoeuvre.

In the framework of the German EnMAP mission, vH&S is responsible for the development of the detector electronics for the infrared sensor. The variety of projects and topics is made possible by the wide and interdisciplinary knowledge of the staff. The small team of 20 people – mostly engineers and physicists – results in good communication and sound solutions with an eye for detail.

#### Space and avionics power equipment

'Infinite Possibilities for your Power Supply Solutions' runs the slogan used by the high-tech manufacturer Advanced Space Power Equipment GmbH (ASP): as the motto indicates, the company is specialised in power supply electronics. Over 60 specialists with up to 25 years of experience in the space industry take electronic systems to their physical limits in terms of efficiency, weight, size, and precision, while at the same time delivering maximum reliability. The company's process chain is fully certified according to EN9100:2009 – from development to analysis to production and test. This makes production quick and cost-effective.

The company has done extremely well in power supply electronics thanks to its continually increasing production depth: the share of in-house manufacturing steps in the end product is increasing steadily. The core processes include manual soldering of wired THT components and semi-automatic soldering of surface-mountable (SMD) components according to ESA specifications. A worthwhile investment was the extension of the company's Class-ISO-8 clean room facility to nearly 200 square metres, completed in July 2012. This means that there is sufficient production floor space now to accommodate both current and new projects. The company extended its portfolio by setting up a department entirely dedicated to digital electronics: while focussing mainly on hardware development and the programming of FPGAs and microprocessors, the engineers integrate smart interfaces into the power supply systems.

In order to maintain its position in the aerospace business, ASP needs reliable partners. An important cornerstone has been ASP's cooperation with DLR Space Administration. On the one hand, because of the Space Administration's open and transparent information policy with regard to its procurement plans for future German and European missions. On the other hand, DLR, acting on behalf of the Ministry of Economics and Technology (BMW), plays an important part in funding research. ASP has implemented a number of fundamental, industrial application oriented research

Auftrag des BMWi eine bedeutsame Rolle. Bislang hat ASP mehrere Themen industrieller anwendungsorientierter Grundlagenforschung im Auftrag des DLR umgesetzt. Die Ergebnisse fließen in spätere Produktentwicklungen ein und sichern damit die Technologieführerschaft und Arbeitsplätze am Standort Deutschland. Ein gelungenes Beispiel erfolgreicher Technologieentwicklung ist der „Low-Voltage/High-Current Converter“ für digitale Endverbraucher. Bei modernen Raumfahrtrechnern beziehungsweise Massenspeichern sind kleine Spannungen und hohe Ströme von durchaus 20 bis 30 Ampere erforderlich. Akzeptable Wirkungsgrade lassen sich mit dieser Kombination technisch nur schwer erreichen. Dieses Problem haben ASP-Ingenieure mit Hilfe intensiver Grundlagenentwicklung gelöst. Als Ergebnis wurde von ASP eine neue effiziente Schaltungstechnologie mit Hilfe einer Fördermaßnahme des DLR geschaffen. Heute gibt es auf Basis dieser Technologie einige Produktrealisierungen in Europa und Asien – zum Beispiel Sentinel 2, Kompsat 3 und 3a.

Ein weiteres Beispiel für die Zusammenarbeit mit dem DLR Raumfahrtmanagement ist der Abschluss der Technologieentwicklung für eine standardisierte Hochspannungsversorgung für unterschiedliche Spannungsniveaus im Bereich von 2 bis 15 Kilovolt und 12 Watt Leistung. Das Besondere an diesem Konzept: Die abgeschlossene Entwicklung eines Engineering-Modells inklusive eines vollumfänglichen Analysenpakets beschränkt die Produktkosten für Kunden nahezu vollständig auf die reine Hardwareproduktion.

ASP wertet darüber hinaus kommerzielle Li-Ion-Zellen mit eigener Prozesstechnologie auf, so daß diese Raumfahrttauglichkeit erhalten: Am 22. Juli 2012 starteten diese Zellen gemeinsam mit einem eigens dafür entwickelten Batteriemanagementsystem und zehn weiteren Technologieexperimenten anderer Firmen auf dem deutschen TechnologieerprobungsTräger TET-1, um Ihre Weltraum-Tauglichkeit direkt im All unter Beweis zu stellen.

ASP ist jedoch auch mit anderen innovativen Themen beschäftigt. Neben einem Electronic Power Conditioner (Raumfahrt-EPC) für Kommunikationsanwendungen entwickelten die Ingenieure im Jahr 2011 erstmals auch ein Raumfahrt-EPC für Radar Hochleistungsverstärker mit der Nennleistung von 750 Watt (6 Kilowatt Kurzzeitleistung) und einem Gewicht von nur 7,5 Kilogramm. Auch für zukünftige brennstoffzellenbasierte Bordnetze in Linienflugzeugen ist ASP beteiligt: Effiziente Leistungswandler bis 60.000 Watt und Wirkungsgraden von über 93 Prozent befinden sich in der Entwicklung. ASP ist fest davon überzeugt, dass diese Technologie auch in anderen Industriebereichen Anwendung finden wird.

projects commissioned by DLR. The results are now being used in subsequent product development, thus securing Germany's jobs and technology leadership. A 'Low-Voltage/High-Current Converter' for digital appliances is one example of the company's successful technology development activities. Most modern space computers and mass storage systems work on low voltages but strong currents of some 20 to 30 amperes. Realising acceptable efficiencies under this combination of requirements is technically very difficult. After some intensive basic research ASP engineers succeeded in resolving this problem. Their research eventually led up to a new efficient circuitry solution, created by ASP with research funding from DLR. A number of products based on this technology have meanwhile been realised in Europe and Asia, which fly or will fly on satellites such as Sentinel 2, and Kompsat 3 and 3a.

Another example of the firm's good cooperation with DLR Space Administration is the recently completed technology development for a standardised 'High-Voltage Power Supply System' for different voltages ranging from 2 to 15 kilovolts and 12 watts. What makes this concept special: ASP delivers a complete engineering model including a comprehensive analysis package, which means that the client's product cost are hardly more than the actual cost of hardware production.

Moreover, ASP upgrades commercial off-the-shelf Li-ion cells using its own process technology to make them spaceworthy. On July 22, 2012, such cells were launched into orbit on Germany's technology testing platform TET-1 with a battery management system specifically developed for the purpose, along with ten other technology experiments built by other companies, to prove their suitability for space applications.

However, ASP also has other innovative business to work on. Besides an electronic power conditioner (Space EPC) for communication applications, in 2011 the engineers developed a unique EPC for high-power radar with 750 watts rated power (6 kilowatts peak power) weighing just 7.5 kilograms. Another area ASP is working in is future fuel cell based on-board power systems for use on airliners: power converters of up to 60,000 watts and more than 93 per cent efficiency are currently being developed. ASP is convinced that this technology will make its way also into other fields of industry.



**Die vH&S-Rover-Familie: Der Phase-B1-Rover wurde für die ExoMars-Mission entwickelt. Der Mini-Rover Solero ist extrem beweglich und dient als Konzept für autonome Exploration. Der Micro-rover "NANOKHOD" wurde für Extremsituationen gebaut und soll ebenfalls auf fernen Planeten zum Einsatz kommen.**

The vH&S Rover family: the Phase-B1-Rover was developed for the ExoMars mission. Mini Rover Solero is extremely agile and is used as a concept vehicle for future autonomous exploration missions. NANOKHOD is a micro-rover built for use in emergency situations. It may as well be used on remote planets. (vH&S)



**Die Firma ASP hat sich auf die Entwicklung und die Herstellung von Leistungselektronik spezialisiert. In der Vergussanlage (l.) werden Baugruppen unter Vakuum mit einem ESA-zertifizierten Spezialharz für Ihre Aufgabe als Hochspannungsversorgung bis 30 Kilovolt vergossen. Im Mikroschlifflabor (r.) werden die Ergebnisse der eigenen Produktionsprozesse detailliert sichtbar gemacht, um die Einhaltung der hohen Qualitätsstandards dauerhaft zu sichern.**

ASP is specialised in the development and manufacturing of power equipment: For their application as a 'High Voltage Power Supply' up to 30 kilovolt components are immersed and filled with an ESA certified casting resin under vacuum conditions in a resin dispensing unit (l.). To secure the high quality standards enduringly, the results of the company's manufacturing process are shown in detail in the company's micro-section lab (r.). (ASP)

Der deutsche „Feuer-Satellit“ BIRD spürte im August 2003 Waldbrände in Portugal auf.

BIRD, the German 'fire satellite', detected forest fires in Portugal in August 2003. (ESA)



## Deutsche Raumfahrt-Missionen

Teil 9: BIRD

Von Dr. Niklas Reinke

**Deutschland hat sich in den letzten 50 Jahren zu einer anerkannten Raumfahrtnation entwickelt. Seine Kompetenzen bringt es in allen Bereichen der Raumfahrt ein und ist so maßgeblich an der Erforschung des Weltraums und der Forschung im Weltraum beteiligt. Innovative Anwendungen für die Verbesserung des Lebens auf der Erde werden in den Bereichen Kommunikation, Erdbeobachtung und Navigation erzielt. Deutsche Ingenieure sind an Entwicklung und Konstruktion modernster Trägerraketen und Weltraumsysteme beteiligt. Hierbei engagiert sich die Bundesrepublik national, europäisch und international. Diese Artikelserie stellt wegweisende historische Missionen der deutschen Raumfahrt-Geschichte vor.**

### German Space Missions

Part 9: BIRD

By Dr Niklas Reinke

**In the course of the last 50 years, Germany has come to be recognised as a space nation. Its competence extends to all spheres of astronautics: Germany plays a key role in the exploration of space as well as in space-based research. Innovative applications in communication, Earth observation, and navigation serve to improve living conditions on Earth. Moreover, German engineers are involved in the development and construction of leading-edge launchers and space systems. In all these fields, Germany is engaged not only on the national but also on the European and international plane. This series of articles presents landmark missions in the history of German astronautics.**



Autor: **Dr. Niklas Reinke** ist Politikwissenschaftler und Historiker. Von 2004 bis 2009 leitete er die Öffentlichkeitsarbeit des DLR Raumfahrtmanagements. Seit 2010 ist er in der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik zuständig für astronautische Raumfahrt/ISS, Trägersysteme und Infrastrukturen. Weiterhin vertritt er das DLR im IAA Committee on History.

Author: **Dr Niklas Reinke** is a political scientist and a historian. From 2004 to 2009, he headed the DLR Space Administration's public relations department. Responsible for astronautics/ISS, launch systems, and infrastructure, he has been working in the Space Strategy and Programme department since 2010. Furthermore, he represents DLR at the IAA Committee on History.

Die Feuerwehr ist auch im All unterwegs. Löschen muss sie zwar immer noch vom Boden oder aus der Luft, doch können ihr hierbei Wachmänner im Orbit helfen. Dies ist besonders wichtig, da Vegetationsfeuer wie Wald- oder Buschbrände einen großen Einfluss auf die Ökosysteme der Erde und das menschliche Leben haben. Alleine Europa wird jährlich von etwa 45.000 Waldbränden heimgesucht. Dabei fallen im Mittelmeerraum 500.000 Hektar Wald den Bränden zum Opfer. Der ökonomische Schaden beläuft sich nach Schätzungen der Europäischen Kommission auf bis zu 5.000 Euro je Hektar. Betrachtet man diese Schäden global, wird die gesellschaftliche Dimension mit ihren Auswirkungen auf Umwelt und Klima schnell bewusst.

Bis zu Beginn dieses Jahrhunderts verhinderte das Fehlen globaler Messsysteme die genaue Erforschung solcher Brände. Insbesondere ihre Entstehung und ihre frühe Ausdehnung waren kaum dokumentiert, da sie gerade in entlegenen Regionen oft viel zu spät vom Erdboden aus entdeckt wurden.

#### Weltweit erster „Feuer-Satellit“

Um dies zu ändern, entwickelte das DLR eine neuartige Infrarot-Sensorik, die es erstmals erlaubte, Feuertemperaturen und -flächen aus dem Weltall zu bestimmen. Der deutsche Brandschützer war ein kleiner Würfel von 60 Zentimeter Kantenlänge mit Namen BIRD: Bi-spectral Infra-Red Detection. Das heißt, der deutsche Satellit konnte Hitzequellen auf der Erde in zwei Spektralbereichen erfassen. Damit war er ideal für das Aufspüren von Waldbränden ausgelegt.

BIRD zog als weltweit erster Feuer-Satellit seine Bahnen um die Erde. Er erkannte Brände über die Strahlung im infraroten Wellenlängenbereich. Das DLR entwickelte dazu eine neue Generation von Infrarotsensoren, die auf die Feuerfernerkundung zugeschnitten sowie für den Einsatz auf Kleinsatelliten geeignet sind. Diese Sensoren wurden zuvor erfolgreich im Labor und auf Flugzeugen erprobt.

#### Hightech Made in Germany

Mit dem Projekt zur Infrarot-Fernerkundung der Erde demonstrierte das DLR-Institut für Weltraumsensorik in Berlin-Adlershof erstmals sein Know-how als Systemführer bei Missionen mit Kleinsatelliten. DLR-seitig waren in das Projekt zudem das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum (Missionskontrolle), das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (Datenempfang und Auswertung) sowie die DLR-Simulations- und Softwaretechnik eingebunden. Weitere Partner waren Fraunhofer

The fire fighters are taking their job to new heights. Although the actual extinguishment of fires is still done at ground level or from the air, fire brigades are now assisted by guardians in orbit. This is vital because the Earth's ecosystems as well as human life are seriously affected by forest and bush fires. About 45,000 forest fires occur every year in Europe alone, devastating 500,000 hectares of woodland in the Mediterranean region. The European Commission estimates that the resulting economic damage may be as high as 5,000 euros per hectare. If we look at the damage on a global scale, we soon become aware of the social dimension and the impact on the environment and the climate.

Until the beginning of this century, it was impossible to study such fires in detail because there were no global measuring systems. Especially their origin and their early propagation had hardly ever been documented because they were often discovered far too late from the ground, particularly in remote regions.

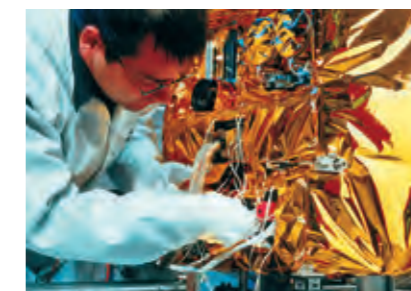
#### The first 'fire satellite' worldwide

To remedy this situation, DLR developed an innovative infrared sensor technology with which the temperature and size of fires could for the first time be measured from space. The German fire-watcher was a small 60-centimetre cube called BIRD: Bi-spectral Infra-Red Detection. In other words: a satellite using two spectral bands to detect heat sources on Earth. This made it an ideal device for tracking down forest fires.

The world's first fire satellite followed its path around Earth, identifying fires by their radiation in the infrared spectral range. DLR developed a new generation of infrared sensors tailor-made for remote fire sensing and designed for use on small satellites. The sensors had previously been successfully tested in laboratories and on aircraft.

#### High-tech made in Germany

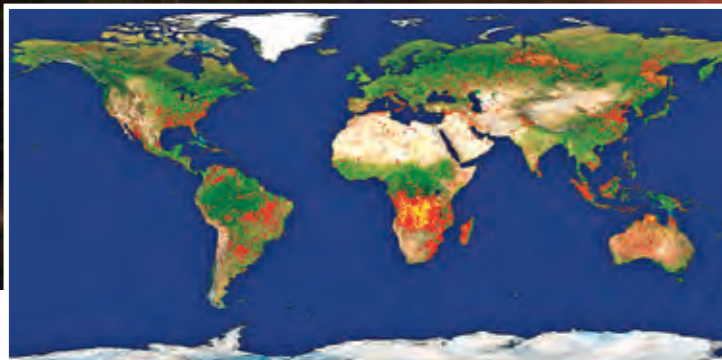
This remote infrared sensing project was the first occasion for the DLR Institute of Space Sensor Technology in Berlin-Adlershof to demonstrate its capabilities as a system leader in small satellite missions. On the DLR side, the German Space Operations Control Center (mission control), the German Remote Sensing Data Center (data reception and evaluation), and DLR Simulation and Software Technology were also involved in the project. Further partners included Fraunhofer



BIRD wurde im Reinraum des DLR-Instituts für Weltraumsensorik und Planetenerkundung in Berlin-Adlershof elektrischen und Vakuum-Tests unterzogen.

BIRD was subjected to electrical and vacuum tests in the clean room of the DLR Institute of Space Sensor Systems and Planetary Exploration in Berlin-Adlershof.





Die Universität Freiburg erstellt auf Grundlage der MODIS-Daten der NASA im Rahmen der International Strategy of Disaster Reduction (ISDR) eine Weltfeuerkarte, die alle zehn Tage aktualisiert wird. Hier sind die Waldbrände vom 19. bis zum 28. Juli 2012 zu sehen.

Under the International Strategy of Disaster Reduction (ISDR), the University of Freiburg regularly develops a global fire map based on NASA's MODIS data which is updated at ten-day intervals. This map shows forest fires during the period from July 19 to 28, 2012. (NASA)

FIRST (Bordrechnersystem), Jena-Optronik GmbH (Sternsensoren), das Global Fire Monitoring Center in Freiburg, die Astro- und Feinwerktechnik GmbH (Drallräder) sowie die TU Berlin. Die BIRD-Mission war auf ein konsequentes Sparkonzept ausgerichtet: Die Gesamtsumme von 15 Millionen Euro – verteilt auf sechs Jahre – war im Vergleich zu anderen Satelliten-Missionen außerordentlich niedrig.

Mit BIRD wurde nicht nur technologisches Neuland im Bereich neuartiger Sensoren betreten. Auch das Missionskonzept mit kurzer Projektlaufzeit, kleinem Management-Team und minimalen Entwicklungs- sowie Betriebszeiten setzte eine Zäsur im Satellitenbetrieb. Der dabei anvisierte Kostenaufwand pro Gewichtseinheit war ebenso bemerkenswert wie das Nutzlast/Satelliten-Massenverhältnis von 33 Prozent – bis dahin typisch waren eher 15 Prozent.

Der ursprünglich für Ende 1998 geplante Start erfolgte aufgrund von Programmverzögerungen schließlich am 22. Oktober 2001. Von Indien aus wurde der Feuerwächter gemeinsam mit dem Technologieerprobungssatelliten PROBA der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) auf seinen 572 Kilometer hohen Erdorbit geschossen.

#### Brandschutz aus dem All

Durch die Kombination der Erdbeobachtungskamera Wide Angle Optical Stereo Scanner (WAOSS) aus dem Berliner Institut für Kosmosforschung (IKF) mit neuartigen Infrarot-Sensoren bot sich während der Mission ein breites/vielseitiges Anwendungspotenzial in den Bereichen Klimatologie, Meteorologie und Feuerökologie.

Im Rahmen der Versuchsphase lief im Jahr 2003 das Experiment DEMOBIRD, dessen Ergebnisse in das ESA-Erdbeobachtungsprogramm FUEGOSAT einfließen. BIRD hielt bei seinem vierminütigen Überflug von Galizien die Hot-Spot-Situation im Mittelmeerraum fest. Die Empfindlichkeit der Sensoren erkannte bereits kleinere Feuer im Meterbereich. Größere Waldbrände konnten so frühzeitig erkannt werden. Die Daten wurden direkt zu der bei Madrid gelegenen ESA-Bodenstation Villafranca übertragen. Von dort gelangten sie – über weitere Stationen und eine exakte kartografische Aufbereitung – nach 92 Minuten an die Feuerwehren vor Ort, die sofort ausrückten. Das klingt noch nicht besonders schnell, war aber bereits ein großer Fortschritt. In Zukunft sollen Waldbrand-Daten via Satellit bereits nach 60 Minuten zur Verfügung stehen.

#### Wissenschaftliches Studium von Waldbränden

Die wissenschaftliche Untersuchung ausgewählter Hochtemperaturphänomene mit der neu entwickelten Zweikanal-Infrarot-Sensorik stand im Mittelpunkt der BIRD-Mission. In Form eines Pilotprojektes wurden international erstmalig ausreichend Feuerdaten wie Feuer-temperaturen, Feuerflächen, abgestrahlte Leistung, Feuerausbreitung und -verteilung aus dem Weltraum gewonnen. Mit einer Bodenauf- lösung von knapp 200 Metern und einer Breite der aufgenommenen Geländestreifen von 190 Kilometern galt BIRD im Vergleich zu mete- orologischen Satelliten als hochauflösend im infraroten Wellenlän- genbereich. Eine weitere Besonderheit war der Dynamikbereich: Von etwa -10 bis etwa 1000 Grad Celsius konnte BIRD Temperaturen auf der Erdoberfläche messen.

In engem Zusammenhang mit der neuen Sensortechnik wurden geeignete wissenschaftliche Auswertemethoden zur Ableitung

FIRST (providing the on-board computer system), Jena-Optronik GmbH (star sensors), the Freiburg Global Fire Monitoring Centre, Astro- und Feinwerktechnik GmbH (momentum wheels), and TU Berlin. The BIRD mission was geared to strict economy: its total budget of 15 million euros spread over six years was extraordinarily low compared to other satellite missions.

BIRD was a pioneer not only in the field of innovative sensors: featuring a short project runtime, a small management team, and minimal development and operating times, the concept of the mission marked a turning point in satellite operations. The cost per unit of weight it envisaged was as remarkable as the payload/satellite mass ratio of 33 per cent; 15 per cent had been typical until then.

Originally scheduled for the end of 1998 but deferred because of programme delays, the launch finally took place on October 22, 2001. Sharing a ride with the PROBA technology demonstrator of the European Space Agency (ESA), the satellite took off from India for its 572-kilometre orbit.

#### Fire protection from space

Because the satellite combined its innovative infrared sensors with the wide-angle optical stereo scanner (WAOSS) developed by the Berlin Institute of Cosmos Research, it offered a wide range of poten- tial applications in climatology, meteorology, and fire ecology in the course of its mission.

During the test phase, the DEMOBIRD experiment was run in 2003, the results of which were incorporated in ESA's FUEGOSAT Earth observation programme. Flying over Galicia in four minutes, BIRD recorded the hotspot situation in the Mediterranean region. Its sensors were sensitive enough to detect even relatively small fires in the metre range, so that larger fires could be identified at an early stage. The data were transmitted immediately to ESA's ground station at Villafranca near Madrid. Having passed various other stations and been developed into exact maps, the data took a total of 92 minutes to reach the fire brigades on the spot, which went into action immediately. While this does not appear particularly fast it was a long step ahead nevertheless. In the future, forest fire data from satellites should become available within no more than 60 minutes.

#### Scientific investigation of forest fires

The BIRD mission revolved around the scientific investigation of selected high-temperature phenomena with the newly-developed bi- spectral infrared sensor system. For the first time ever, adequate volumes of data were gathered in space under a pilot project, describing the temperature, area, radiation emission, spread, and distribution of fires. With its ground resolution of nearly 200 metres and a swath width of 190 kilometres, BIRD was classed as a high-resolution system in the infrared spectral band compared to meteorological satellites. Its dynamic range was unusual, too: BIRD was capable of measuring temperatures ranging from -10 to about 1,000 degrees Celsius on the Earth's surface.

Simultaneously with the new sensor technology, suitable scientific evaluation methods for deriving geophysical parameters from BIRD data were developed, tested, applied, and verified. The so-called

#### BIRD Kerndaten

<b>Beschluss</b>	1996
<b>Start</b>	22. Oktober 2001
<b>Startbasis</b>	Shriharikota
<b>Träger</b>	PSLV-C3
<b>Masse</b>	94 Kilogramm
<b>wissenschaftliche Instrumente</b>	2
<b>Missionsende</b>	2006
<b>Kosten</b>	15 Millionen DM (7,5 Millionen Euro)

von geophysikalischen Parametern aus den BIRD-Daten entwickelt, getestet, angewendet und bestätigt. So ermöglichte zum Beispiel die Anwendung der sogenannten Dozier-Methode die Auflösung von Feuerparametern im Subpixelbereich: BIRD hatte zwar im Infrarot eine Bodenabtastweite von knapp 200 Metern, er konnte aber unter Anwendung der Bispektral-Methode ein Feuer von nur 50 Quadrat- metern Fläche und einer Temperatur von circa 800 Grad Celsius von einem Feuer, welches das gesamte Pixel bedeckt und eine niedrigere Temperatur hat, unterscheiden. Heute kommt so eine Technologie auch auf der Erde zum Einsatz. In Form von auf Masten installierten Kameras überwacht das Projekt FireWatch einen Großteil des brand- gefährdeten deutschen Waldbestandes. Das Projekt hat das Ausmaß der Landerstörung durch Waldbrände in Deutschland um fast 90 Prozent reduziert. Damit hat es die vom DLR entwickelte Technologie als erstes nicht amerikanisches Projekt in die „Space Technology Hall of Fame“ geschafft – eine Bestenliste für Raumfahrtprodukte, die auf der Erde eingesetzt werden.

#### Folgemission geplant

Der High-Tech-Würfel mit rund 94 Kilogramm Gewicht und zwei Solarsegeln arbeitete noch nicht im Routine-Betrieb. Vielmehr ging es darum, neue Technologien für ein Infrarot-Frühwarnsystem und für Kleinsatelliten generell zu erproben. BIRD wies aber erfolgreich nach, dass sich Waldbrände – insbesondere ihre Ausdehnung und die auftretenden Flammentemperaturen – frühzeitig aus dem Weltraum bestimmen lassen.

Dies hatte nachhaltigen Erfolg: Die BIRD-Technologien waren bald weltweit gefragt. Mehrere Raumfahrtagenturen – unter anderem aus Brasilien, Argentinien und Mexiko – wollten sie nutzen. Die getestete neue Branderkennung aus dem All sollte in ein weltweit arbeitendes Frühwarnsystem einfließen. Hierfür gab es bei der ESA zwei Szena- rien. Zum einen wurde ein Feuermelde-Satelliten namens FUEGO (Feuer) untersucht, zum anderen ein Infrarot-Sensor zur Branderken- nung für die Internationale Raumstation ISS. Beide Projekte wurden allerdings nicht verwirklicht.

In Deutschland blieb man dem eingeschlagenen Weg jedoch treu: Seit dem 22. Juli 2012 fliegt eine vom DLR konstruierte fortschrittli- che Infrarot-Kamera auf dem deutschen Technologieerprobungssatel- liten TET-1. Danach wird der deutsche Satellit TET-1 als Feuermelder weiter genutzt. Die Feuerwehr kann also auch in Zukunft mit schnel- ler und zuverlässiger Hilfe aus der Raumfahrt rechnen.



Um Mitternacht des 26. Oktobers 2002 öffneten sich an der Süd- flanke des Ätna Eruptionsspalten, aus denen mit großer Heftigkeit Lava austrat. Die Eruptionsspalten wurden auch von den BIRD-In- strumenten am 2. und 3. November 2002 und von der internationalen Raumstation ISS aus aufgenom- men.

At midnight on October 26, 2002, eruption fissures opened in the southern slope of Mount Etna, releasing an extremely violent flow of lava. The fissures were re- corded by the instruments of BIRD on November 2 and 3, 2002, as well as at the International Space Station. (NASA)

#### BIRD core data

<b>Adopted</b>	1996
<b>Launch</b>	October 22, 2001
<b>Launch base</b>	Shriharikota
<b>Launcher</b>	PSLV-C3
<b>Mass</b>	94 kilogrammes
<b>Scientific instruments</b>	2
<b>End of mission</b>	2006
<b>Cost</b>	15 million DM (7.5 million Euros)

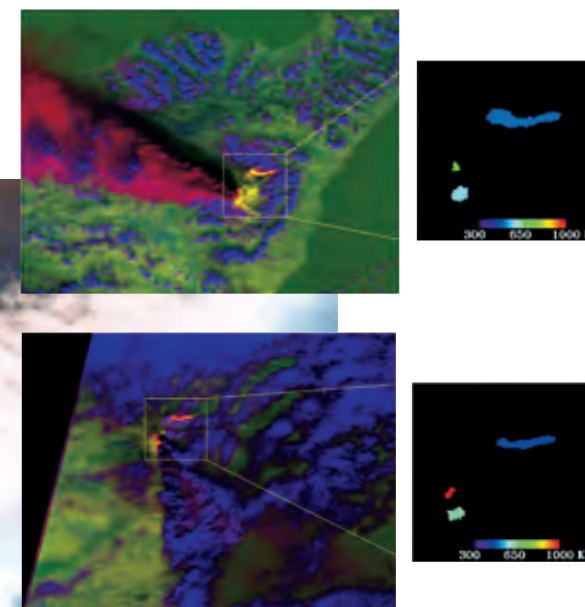
Dozier method, for example, permitted resolving fire parameters in the sub-pixel range: although BIRD's ground resolution in the infrared was nearly 200 metres, its bispectral technology enabled it to distin- guish between a fire with an area of no more than 50 square metres and a temperature of circa 800 degrees Celsius and another fire with a lower temperature which covered an entire pixel. The same tech- nology is now also used in terrestrial applications. By means of cam- eras installed on masts, FireWatch monitors the particularly endan- gered German forests in large part. The project has cut down the rate of forest fire related landscape destruction by nearly 90 per cent. This is how the technology developed by DLR was the first non-American project to enter the 'Space Technology Hall of Fame', a list of excel- lent space technologies that have been put to use here on Earth.

#### Plans for a successor mission

The high-tech cube weighing around 94 kilogrammes and equipped with two solar panels did not go into routine operation. Rather, the mission was about testing new technologies for an infrared early warning system and for small satellites in general. However, BIRD did prove that it is possible to detect forest fires from space in their early stage and to measure their spread and their flame temperature.

With lasting success: soon, there was a worldwide demand for BIRD technologies. Space agencies from several countries, including Brazil, Argentina, and Mexico, wanted to use them. There were plans to integrate the new method for detecting fires from space into a global early warning system. In this context, ESA had two scenarios: a fire alarm satellite called FUEGO (fire) was investigated, as was an infra- red fire-detection sensor for use on the International Space Station. Neither project was realised, however.

Germany, on the other hand, faithfully followed the path it was on: since July 22, 2012, an advanced infrared camera designed by DLR has been flying on the German technology demonstrator TET-1. Moreover, the German satellite TET-1 should be used as an orbital fire detector afterwards. Thus, our firemen can rely on quick and reliable assistance from space also in the future.



# Business Launch

Der DLR-Vorstandsvorsitzende, Prof. Jan Wörner, unterhält schon zu früher Stunde das Publikum im Deutschen Raumfahrt-Kontrollzentrum (German Space Operations Center GSOC) in Oberpfaffenhofen mit seinem Vortrag zum deutschen Satellit TET-1.

Early in the morning, Prof. Jan Wörner, Chairman of the DLR Board, entertains the audience at the German Space Operations Centre (GSOC) in Oberpfaffenhofen with his speech about Germany's TET-1 satellite.



Projektdirektor des DLR Raumfahrtmanagements, Christoph Hohage (m.), erklärt bei der TET-1-Startveranstaltung am 22. Juli 2012 im Deutschen Raumfahrt-Kontrollzentrum (German Space Operations Center GSOC) in Oberpfaffenhofen dem Publikum die nationale Bedeutung des TechnologieErprobungsTrägers.

DLR Space Administration project director Christoph Hohage (m.), addressing the audience, commenting on the national significance of the technology experiment carrier at the TET 1 launch event at the German Space Operations Center (GSOC) in Oberpfaffenhofen on July 22, 2012.



Dr. Eckhardt Wulf, Bereichsleiter Programmatik bei der Firma Kayser-Threde GmbH, erläuterte den Aufbau des TET-1-Satelliten.

Dr Eckhardt Wulf, programme director at Kayser-Threde GmbH, explaining the structure of the TET-1 satellite.

Große Anspannung schon in frühen Morgenstunden: Am 22. Juli 2012 um 08:42:39 Uhr verfolgten die Besucher der TET-1-Startveranstaltung im Deutschen Raumfahrt-Kontrollzentrum (German Space Operations Center GSOC) in Oberpfaffenhofen den Start des deutschen Satelliten.

A tense moment in the early hours of the morning: at 08:42:39 a.m. on July 22, 2012, visitors attending the TET-1 launch event at the German Space Operations Center (GSOC) in Oberpfaffenhofen watch the German satellite lift off into space.

# Raumfahrtskalender

Termin Ereignis

## 2012

3.-16. September	20. DLR-Parabelflug (3.-14. September in Bordeaux/Frankreich, 15.-16. September auf der ILA in Berlin)
11.-16. September	Internationale Luft- und Raumfahrtausstellung (ILA) in Berlin
19. September	Start Wettersatellit METOP-B mit Sojus 2-1a von Baikonur (Kasachstan)
19. September	Start Ariane 5ECA von Kourou (Französisch-Guyana) mit den Kommunikationssatelliten Astra-2F und GSat-10
20.-30. September	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 14/15 in Esrange (Nordschweden)
Oktober	Erstflug Antares von Wallops Island (Virginia/USA)
5. Oktober	Start Falcon 9 von Cape Canaveral (Florida/USA), erster ISS-Versorgungsflug
8. Oktober	Start Sojus 2-1b Fregat von Kourou mit zwei Galileo IOV-Satelliten
15. Oktober	Start Sojus 32S von Baikonur (ISS Expedition)
November	Beginn des ersten Beobachtungszyklus mit dem Stratosphären-Observatorium SOFIA
November/Dezember	3. CCF-Experimentkampagne von DLR und NASA auf der ISS
1. November	Start Progress 49P von Baikonur (Versorgung ISS)
5.-15. November	Studenten-Raketenkampagne REXUS 11 in Esrange
13. November	Start der ESA Earth-Explorer-Mission SWARM mit Rockot von Plesetsk (Russland)
Dezember	Start des Picosatelliten First-MOVE (TU München) mit dem russischen Träger Dnepr
Dezember	Start Antares mit Cygnus-Transporter (COTS-Demo 1) von Wallops Island
3.-14. Dezember	2. DLR/CNES/ESA-Partial-G-Parabelflug-Kampagne in Bordeaux
5. Dezember	Start Sojus 33S von Baikonur (ISS Expedition)
21. Dezember	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, 2. ISS-Versorgungsflug (Dragon C4)
26. Dezember	Start Progress 50P von Baikonur (Versorgung ISS)

## 2013

Februar	Erste Startkampagne des Projektes WADIS (IAP) von Andoya Rocket Range (Norwegen), Start einer Nike-Improved-Orion Höhenforschungsrakete und zwölf kleiner Loki-Datasonden
März	Studenten-Raketenkampagne REXUS 13/14 von Esrange
12. März	Start des europäischen Raumtransporter ATV-4 "Albert Einstein" mit Ariane von Kourou
April	Start des russischen Rückkehr-Satelliten Bion-M1 mit der Experimentanlage Omegahab sowie den Picosatelliten BEESAT-2, BEESAT-3 (TU Berlin) und SOMP (TU Dresden) auf Sojus von Baikonur
2. April	Start Sojus 34S mit deutschem Experiment SKIN B von Baikonur (Versorgung ISS)
12. April	Start TEXUS 50 (DLR) von Esrange mit vier deutschen Experimenten
19. April	Start TEXUS 51 (DLR) von Esrange mit vier deutschen Experimenten
26. April	Start Progress 51P von Baikonur (Versorgung ISS)
29. Mai	Start Sojus 35S von Baikonur (ISS Expedition)
10. Juni	Start Raumtransporter HTV-4 "Kounotori-4" vom japanischen Raumfahrtzentrum Tanegashima
Juli	Start Progress 52P von Baikonur (Versorgung ISS)

# Space Calendar

Date Event

## 2012

September 3-16	20 <sup>th</sup> DLR parabolic flight campaign (September 3-14 in Bordeaux/France, September 15-16 at the ILA in Berlin/Germany)
September 11-16	ILA 2012 – International Aerospace Exhibition in Berlin
September 19	Launch of Soyuz 2-1a; carrying the weather satellite METOP-B from Baikonur (Kazakhstan)
September 19	Launch of Ariane 5ECA; carrying the communication satellites Astra-2F and GSat-10 from Kourou (French-Guiana)
September 20-30	Student balloon campaign BEXUS 14/15 in Esrange (North of Sweden)
October	First flight of Antares from Wallops Island (Virginia/USA)
October 5	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA), first ISS logistics flight
October 8	Launch of Soyuz 2-1b Fregat; carrying two Galileo IOV satellites from Kourou
October 15	Launch of Soyuz 32S from Baikonur (ISS Expedition)
November	Launch of the first observation cycle with the Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy SOFIA
November/December	3 <sup>rd</sup> CCF experimental campaign of DLR and NASA at the ISS
November 1	Launch of Progress 49P from Baikonur (ISS logistics)
November 5-15	Student rocket campaign REXUS 11 in Esrange
November 13	Launch of the ESA Earth Explorer Mission SWARM with Rockot from Plesetsk (Russia)
December	Launch of Dnepr; carrying the Pico satellite First-MOVE (TU Munich)
December	Launch of Antares; carrying the Cygnus-Transporter (COTS-Demo 1) from Wallops Island
December 3-14	2 <sup>nd</sup> DLR/CNES/ESA partial G parabolic flight campaign in Bordeaux
December 5	Launch of Soyuz 33S from Baikonur (ISS Expedition)
December 21	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, 2nd ISS logistics flight (Dragon C4)
December 26	Launch of Progress 50P from Baikonur (ISS logistics)

## 2013

February	First campaign of WADIS (IAP) from Andoya Rocket Range (Norway), on a Nike-Improved-Orion sounding rocket; carrying twelve small Loki-data probes
March	Student rocket campaign REXUS 13/14 from Esrange
March 12	Launch of Ariane; carrying the space transport vehicle ATV-4 'Albert Einstein' from Kourou
April	Launch of Soyuz; carrying the Russian reusable satellite Bion-M1 with the experimental device Omegahab as well as the Pico satellites BEESAT-2, BEESAT-3 (TU Berlin), and SOMP (TU Dresden) from Baikonur
April 2	Launch of Soyuz 34S; carrying the German experiment SKIN B from Baikonur (ISS logistics)
April 12	Launch of TEXUS 50 (DLR); carrying four German experiments from Esrange
April 19	Launch of TEXUS 51 (DLR); carrying four German experiments from Esrange
April 26	Launch of Progress 51P from Baikonur (ISS logistics)
May 29	Launch of Soyuz 35S from Baikonur (ISS Expedition)
June 10	Launch of the space transport vehicle HTV-4 'Kounotori-4' from the Japanese spaceport Tanegashima
July	Launch of Progress 52P from Baikonur (ISS logistics)



## 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 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

## Impressum

Newsletter COUNTDOWN – Aktuelles aus dem DLR Raumfahrtmanagement  
Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Sabine Göge  
(ViSdP)

Redaktion:  
Martin Fleischmann (Redaktionsleitung)  
Diana Gonzalez (Raumfahrtkalender)

Hausanschrift:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn  
Telefon: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-Mail: martin.fleischmann@dlr.de  
www.DLR.de/rd

Druck: KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH  
53117 Bonn-Buschdorf

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

ISSN 2190-7072

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier. Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## DLR at a glance

DLR is Germany's national research centre for aeronautics and space. Its extensive research and development work in Aeronautics, Space, Energy, Transport and Security is integrated into national and international cooperative ventures. As Germany's space agency, DLR has been given responsibility for the forward planning and the implementation of the German space programme by the German federal government as well as for the international representation of German interests. Furthermore, Germany's largest project management agency is also part of DLR.

Approximately 7000 people are employed at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also operates offices in Brussels, Paris, and Washington D.C.

## Imprint

Newsletter COUNTDOWN – Topics from the DLR Space Administration  
Publisher: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Sabine Göge  
(responsible according to the press law)

Editorial office:  
Martin Fleischmann (Editor in Chief)  
Diana Gonzalez (Space Calendar)

Postal Address:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn, Germany  
Telephone: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-mail: martin.fleischmann@dlr.de  
www.DLR.de/rd

Print: KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH  
53117 Bonn-Buschdorf, Germany

Layout: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf, Germany  
www.cdonline.de

ISSN 2190-7072

Reprint with approval of publisher and with reference to source only. Printed on environment-friendly, chlorine-free bleached paper. Copyright DLR for all imagery, unless otherwise noted. Articles marked by name do not necessarily reflect the opinion of the editorial staff. Published quarterly, distribution free of charge.

Supported by:



Federal Ministry  
of Economics  
and Technology

on the basis of a decision  
by the German Bundestag