

**Das DLR im Überblick**

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

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

**Impressum**

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

Sabine Hoffmann  
Leiterin DLR-Kommunikation (ViSdP)

Redaktion:  
Andreas Schütz (Imprimatur)  
Elisabeth Mittelbach (Teamleitung)  
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: [countdown@dlr.de](mailto:countdown@dlr.de)  
[DLR.de/rd](http://DLR.de/rd)

Druck: M&E Druckhaus,  
49191 Belm  
[www.me-druckhaus.de](http://www.me-druckhaus.de)

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

Quelle des Titelbildes: Ulrich Dahl/© TU Berlin

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:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**DLR at a glance**

DLR is the national aeronautics and space research centre of the Federal Republic of Germany. Its extensive research and development work in aeronautics, space, energy, transport, and security is integrated into national and international cooperative ventures. In addition to its own research, as Germany's space agency, DLR has been given responsibility by the federal government for the planning and implementation of the German space programme. DLR is also the umbrella organisation for the nation's largest project management agency.

DLR has approximately 8,000 employees 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 has offices in Brussels, Paris, Tokyo, and Washington D.C.

**Imprint**

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

Sabine Hoffmann  
Director DLR Corporate Communications  
(responsible according to the press law)

Editorial office:  
Andreas Schütz (Imprimatur)  
Elisabeth Mittelbach (Team Leader)  
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: [countdown@dlr.de](mailto:countdown@dlr.de)  
[DLR.de/rd](http://DLR.de/rd)

Print: M&E Druckhaus,  
49191 Belm, Germany  
[www.me-druckhaus.de](http://www.me-druckhaus.de)

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

Source of the cover picture: Ulrich Dahl/© TU Berlin

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:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag



**Aufstand der Zwerge –  
30 Jahre Kleinsatelliten-  
entwicklung in Berlin**  
**The Dwarfs Are Rising –  
30 Years of Small Satellite  
Construction in Berlin**

Seite 8 / page 8

**Facing Space – Interview mit Menachem Kidron, ISA-Generaldirektor**  
Facing Space – Interview with Menachem Kidron, Director General of the Israel Space Agency 4

**ALL.täglich! – Neue Raumfahrtausstellung in Berlin eröffnet**  
ALL.täglich! – New Space Exhibition Opened in Berlin 16

**Rosetta – Ein Jahr am Kometen**  
Rosetta – One Year in Close Contact with the Comet 24

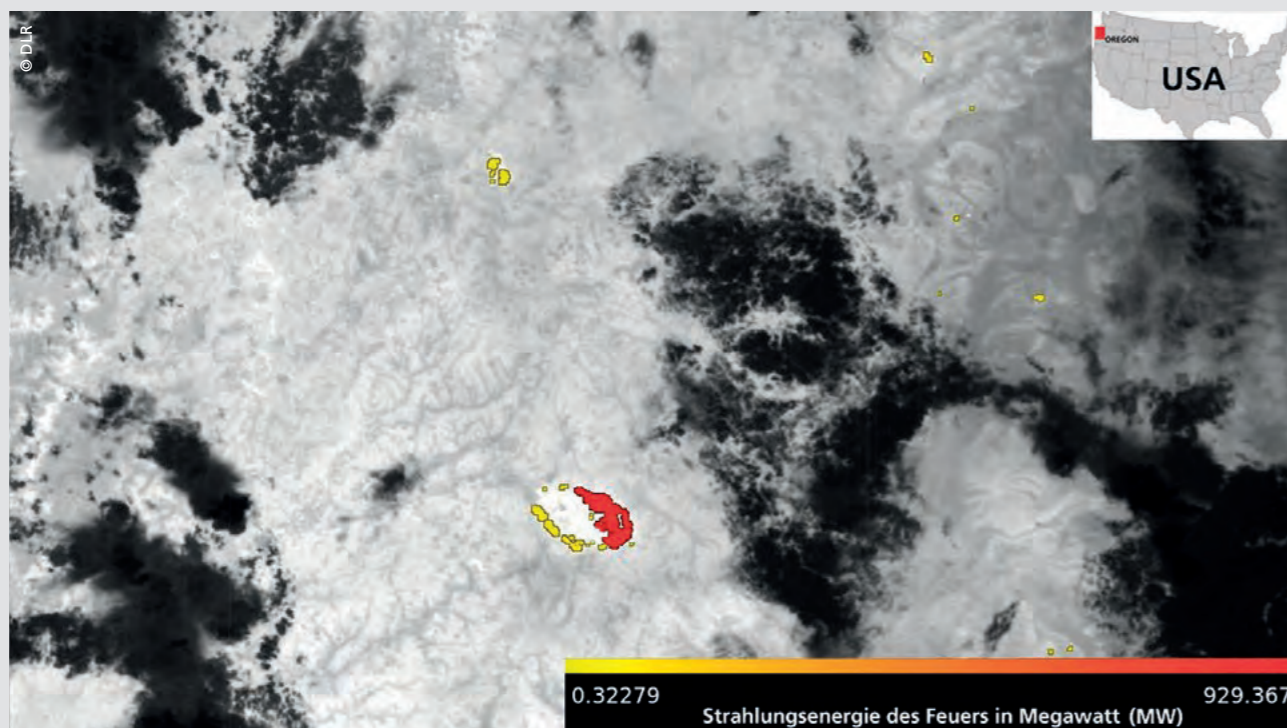
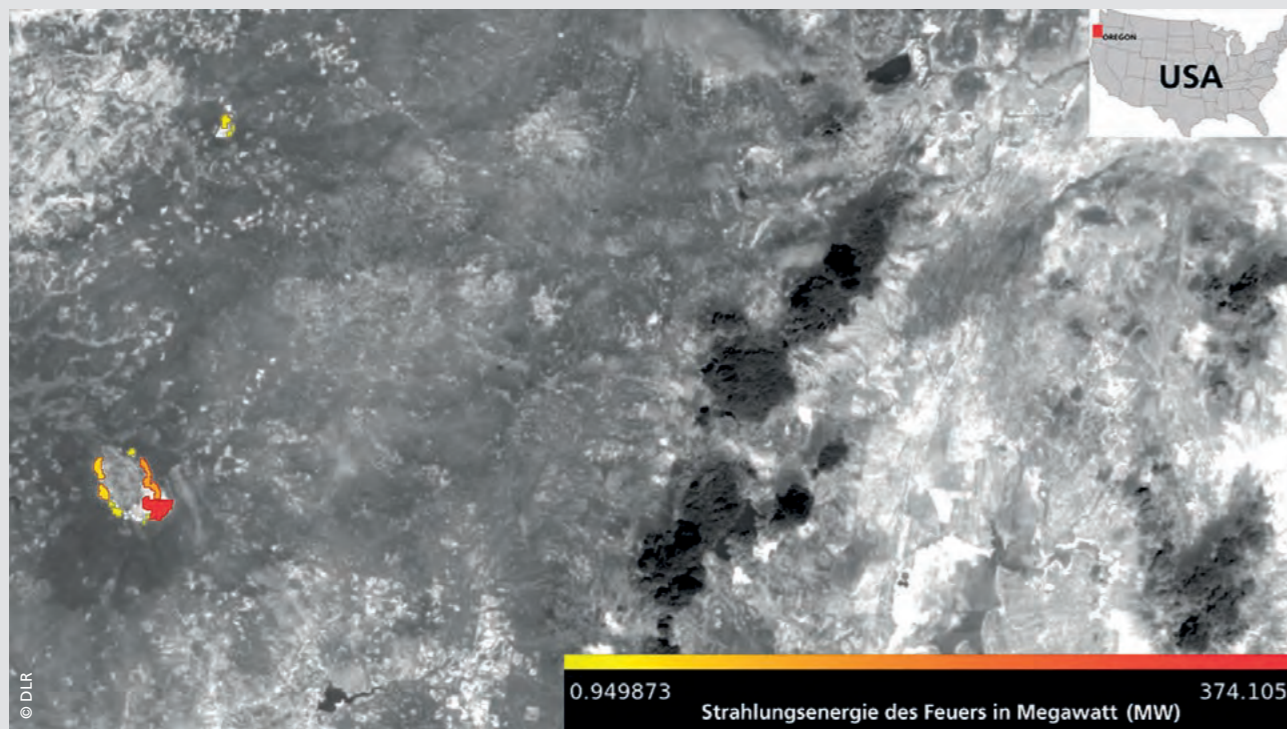
**Lebenserhaltung – Photobioreaktor für die ISS**  
Life Support Systems – Photobioreactor for the ISS 28

**T-AOGS – Datentransfer in Lichtgeschwindigkeit**  
T-AOGS – Data Transfer at the Speed of Light 32

**Beschützer der Erde – Dominosteine für afrikanischen Regenwald**  
Earth Guardian – Dominoes to Help the African Rain Forest 36

**Weltraumrecht – Idee und aktuelle Trends**  
Space Law – Idea and Current Trends 40

**Raumfahrtkalender**  
Space Calendar 46



Innerhalb von wenigen Stunden konnte der Kleinsatellit TET-1 die Entwicklung eines großen Brandherds im Süden von Oregon (USA) beobachten. Mit der präzisen Beobachtung von Großbränden leistet der vom DLR Raumfahrtmanagement entwickelte Satellit einen entscheidenden Beitrag zum Klima- und Ressourcenschutz. Die Satellitenbilder zeigen die Dimension der Feuersbrunst: Binnen zwölf Stunden hat sich das Feuerband um das Dreifache sowohl in der Fläche als auch in seiner Intensität ausbreitet. Neben der Größe der betroffenen Fläche liefern die Messdaten des Satelliten zugleich die Energieintensität des Feuers. Die Angabe in Megawatt lässt das ganze Ausmaß dieses Großbrands erahnen. Am 1. August 2015 hat das Feuerband eine Größe von rund neun mal eins Kilometern. Die Strahlungsenergie beträgt fast 400 Megawatt. Am folgenden Tag hat das Feuer eine Größe von circa zehn mal drei Kilometern. Die Strahlungsenergie ist nach zwölf Stunden auf über 900 Megawatt angestiegen. Zusätzlich konnte TET-1 noch einige weitere kleinere Feuer beobachten.

Within a matter of hours, the small satellite TET-1 was able to capture the development of a major fire in the south of the state of Oregon (USA). Thanks to its precise monitoring capability, the satellite developed by the DLR Space Administration is able to watch out for large fires and deliver important input for the protection of the Earth's climate and resources. The satellite images show the dimensions of the blaze: within twelve hours, the band of fire grew by a factor of three both in size and intensity. Besides measuring the extent of a fire, the satellite can also deliver an indication of its intensity, stated in megawatts. This gives us an idea of the area coverage of big fires. On August 1, 2015, the band of fire had extended over an area of nine by one kilometres. The heat radiation it emitted was nearly 400 megawatts. On the following day, the fire had grown to a size of ten by three kilometres. After twelve hours, the radiation intensity had risen to over 900 megawatts. TET-1 additionally watched various other, smaller fires.



**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,

es erfüllt uns mit Stolz, seit fast zehn Jahren aus der weiten Welt der Raumfahrt zu berichten. Sie halten die 30. Ausgabe der COUNTDOWN in Händen. Das nehme ich zum Anlass, allen Mitwirkenden an dieser wunderbaren Publikationsreihe zu danken. Dieser Dank richtet sich zuallererst an die Redaktion. Aber er geht auch an die vielen Kolleginnen und Kollegen, die mit Begeisterung aus ihrem Arbeitsgebiet berichten.

Die COUNTDOWN zeigt die große Bandbreite unserer Aufgaben. Sie steht für umfassende Berichterstattung über die Raumfahrt und Aktuelles aus der Arbeit des DLR Raumfahrtmanagements. Von Beginn an ist die COUNTDOWN international angelegt. So haben wir uns für einen zweisprachigen Newsletter entschieden, der es auch den weltweiten Partnern ermöglicht, Einblicke in die deutsche Raumfahrt zu erlangen. Genauso große Bedeutung hat aber auch der internationale Blick von außen, der sich insbesondere in unserer Reihe „Facing Space“ zeigt. In dieser Rubrik berichten Verantwortungsträger anderer Agenturen – in dieser Ausgabe Menachem Kidron, der Direktor der Israel Space Agency.

Wesentlicher Bestandteil der deutschen Raumfahrtaktivitäten ist unser Engagement in der ESA. Deshalb räumen wir ESA-Projekten einen hohen Stellenwert ein. Zu den ESA-Ministerratskonferenzen erscheinen Sonderausgaben, in denen die Ergebnisse der Konferenzen übersichtlich dargestellt werden. Thematisch reicht das Spektrum von anwendungsorientierten Gebieten wie Erdbeobachtung und Navigation bis zur Grundlagenforschung. Ein Schwerpunkt ist die Nutzung der ISS und die bemannte Raumfahrt. Für die ISS stehen 2016 wichtige Entscheidungen an – über die Finanzierung und die weitere Nutzung nach 2020. Ein weiteres Kernelement der COUNTDOWN sind die Autoren. Dabei handelt es sich immer um Fachleute, die tagtäglich am Thema sind; entweder aus dem DLR Raumfahrtmanagement oder Partnerinstitutionen wie Universitäten, Großforschungseinrichtungen oder der Industrie.

Auch in dieser Ausgabe haben wir wieder aus unserer Sicht spannende Themen für Sie aufbereitet. So feiert das Institut für Luft- und Weltraumrecht der Universität zu Köln in diesem Jahr sein 90-jähriges Bestehen. Im Interview mit dem Institutsleiter, Herrn Professor Stephan Hobe, erfahren Sie etwas über die rechtlichen Aspekte der Raumfahrt und weshalb ein verlässlicher Rechtsrahmen für die aktuellen Entwicklungen unserer Branche so eine immense Bedeutung hat. Ende August fand in Moskau der Internationale Luft- und Raumfahrtsalon MAKS statt. Ein besonderer Höhepunkt des deutschen Raumfahrtskalenders war der Tag der Luft- und Raumfahrt am 20. September 2015. Die internationale Raumfahrtbranche wird sich im Oktober beim IAC in Jerusalem treffen.

Viel Vergnügen bei der Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Gerd Gruppe

### Dear readers,

Being able to look back on almost ten years of reporting from the vast realm of spaceflight fills us with pride. What you hold in your hand is the 30th edition of COUNTDOWN, an occasion for me to thank all those who have laboured to make this a wonderful series of publications. My gratitude goes to the editorial team first and foremost, but also to those many colleagues who have been reporting about their respective field of work with enthusiasm. COUNTDOWN mirrors the bandwidth of what we do. It stands for comprehensive reporting about spaceflight and about current activities of the DLR Space Administration.

From day one, COUNTDOWN has been designed for an international audience. Consequently, we opted for a bilingual newsletter to provide our partners worldwide with insights into Germany's space activities. Outside views, however, are just as important, as our 'Facing Space' series shows particularly clearly. Under this general heading we present the opinions of leading persons in charge from other agencies; in this edition, it is Menachem Kidron, the director of the Israel Space Agency.

Our commitment within ESA forms an essential element of Germany's space activities. This is why we accord high priority to ESA's projects. Whenever ESA's Ministerial Council meets, we publish special editions, which clearly outline the outcomes of these conferences. The bandwidth of subjects ranges from application-oriented fields like Earth observation and navigation to basic research, with a focus on the exploitation of the ISS and human spaceflight. In 2016, important decisions regarding the ISS are pending; they concern its funding and its future exploitation after 2020. Another core element of COUNTDOWN is its authors. All of them are experts who work in their respective fields day after day, belonging either to the DLR Space Administration or partner institutions, such as universities, large research institutes, or industrial companies.

In this edition, again, we have prepared some exciting topics from our point of view for you to read. For instance, the Institute of Air and Space Law at Cologne University celebrates its 90th anniversary this year. Our interview with its director, Professor Stephan Hobe, tells you about the legal aspects of spaceflight and the reasons why a reliable legal framework is of such immense importance for current developments in our sector. The International Aviation and Space Salon (MAKS) took place in Moscow end of August. An outstanding highlight in the German space calendar was the Aerospace Day on September 20, 2015. In October, the international space sector will meet at the IAC in Jerusalem.

Have a good read!

Yours, Gerd Gruppe

## Facing Space –

„Facing Space – Die Meinung unserer internationalen Partner“ – In dieser Ausgabe: Menachem Kidron, Generaldirektor der Israelischen Raumfahrtagentur ISA

‘Facing Space – the opinion of our international partners’ – in this edition: Menachem Kidron, Director General of the Israel Space Agency, ISA

**Menachem Kidron ist seit 2012 Generaldirektor der ISA. Die israelische Raumfahrtagentur wurde 1983 gegründet und wird vom Ministerium für Wissenschaft, Technologie und Raumfahrt gefördert. Sie unterstützt wissenschaftliche Forschung und Entwicklungen mit echtem wirtschaftlichem Potenzial. Vom 12. bis 16. Oktober 2015 ist Israel auch Gastgeber des „International Astronautical Congress“ (IAC).**

**Herr Kidron, was bedeutet es für Sie, Gastgeber des weltweit führenden Raumfahrtkongresses IAC zu sein?**

**Kidron:** Der Staat Israel ist geografisch klein, aber seine Bevölkerung ist sehr kreativ und innovativ. Es ist deshalb eine natürliche Wahl für uns, in Wissenschaft und Technologie zu investieren. Die Raumfahrt ist der am stärksten von Wissenschaft und Technik geprägte Sektor und ist eng mit allen Bereichen unseres Alltags verbunden. Sich mit der Raumfahrt zu beschäftigen heißt, sich mit Fragen der Zukunft der Menschheit zu beschäftigen – Stichworte sind hier Nachhaltigkeit, Klimawandel, die Suche nach alternativen Lebensräumen für die Menschheit ... und vieles mehr. Gastgeber des IAC zu sein, ist eine Ehre und zugleich Anerkennung unserer Leistungen durch die internationale Raumfahrtgemeinschaft. Diese Leistungen möchten wir vorstellen. Zu sehen sein werden Beispiele für Israels hohe Kompetenz in der Raumfahrt, der Grundlagenforschung, der Kultur, der Geschichte oder des Bildungswesens.

**Der Felsendom ist ein Wahrzeichen von Jerusalem. In der israelischen Hauptstadt findet vom 12. bis zum 16. Oktober 2015 der International Astronautical Congress (IAC) statt.**

The Dome of the Rock is one of Jerusalem's landmarks. The International Astronautical Congress (IAC) will take place in the Israeli capital from October 12 – 16, 2015.

**Menachem Kidron has been Director General of ISA since 2012. ISA has been established in 1983 and is funded by the Ministry of Science, Technology and Space. The Agency supports scientific research and development with a real economic potential. Israel is the host of the next International Astronautical Congress (IAC) from October 12 – 16, 2015.**

**Mr Kidron, what does it mean to you being the host of the world's leading Astronautical Congress?**

**Kidron:** The State of Israel is tiny geographically, but rich in creativity and innovation of its population, so our natural choice is investing in science and technology – space is the richest discipline that is associated with every field in our daily life. While dealing with space, in all its relevant aspects, we are dealing with humankind's future challenges such as long-term sustainability, climate change, future alternative living environments for humankind, and more. Hosting the IAC in Israel is a tribute to our achievements by the international space community. Those achievements will be exposed and demonstrated during the congress such as the advanced space capabilities, pure science, culture, history, education, and much more.

**What is the general mission and agenda of ISA and what are the most important challenges?**

**Kidron:** ISA is in the middle of a transformation while our general mission and agenda is promoting the Israeli Civil Space Sector by: strengthening and preservation of the scientific, industrial, and technological infrastructure; support for the development of space industry's competitiveness, attractiveness, and business promotion; promoting industrial applications of space technology by centres of excellence. For instance, we support business incubators and initiatives like Spacell (landing on the Moon competition) as well as the lunar XPRIZE competition sponsored by Google. We also support start-up companies in developing advanced on-board microprocessors for space qualified computers. Another example has to do with facilitation of monitored bio-tech research experiments in space that require microgravity conditions. We encourage Israeli entrepreneurs to invest in space by offering attractive financial conditions, or to take place in the 'Horizon 2020' Space Programme of the EU. We also encourage Israeli application developers to partake in international initiatives like the Satellite Masters Conference or the European Satellite Navigation Competition (ESNC) that will take place in October in Berlin. We promote and create international partnerships with space agencies all over the globe and international organisations such as the European Commission (EC), IAF, ISU, and UNOOSA. We create the conditions for effective collaboration between the industries themselves, academia, and research institutes, for example, by developing, launching, and operating three nano satellites flying in formation. We encourage and develop the Israeli society awareness of space science subjects, in student's education and in the community, while strengthening the public's ties with the academia and the industry. For instance, over the last years we have invested in many public events like the annual International Ilan Ramon

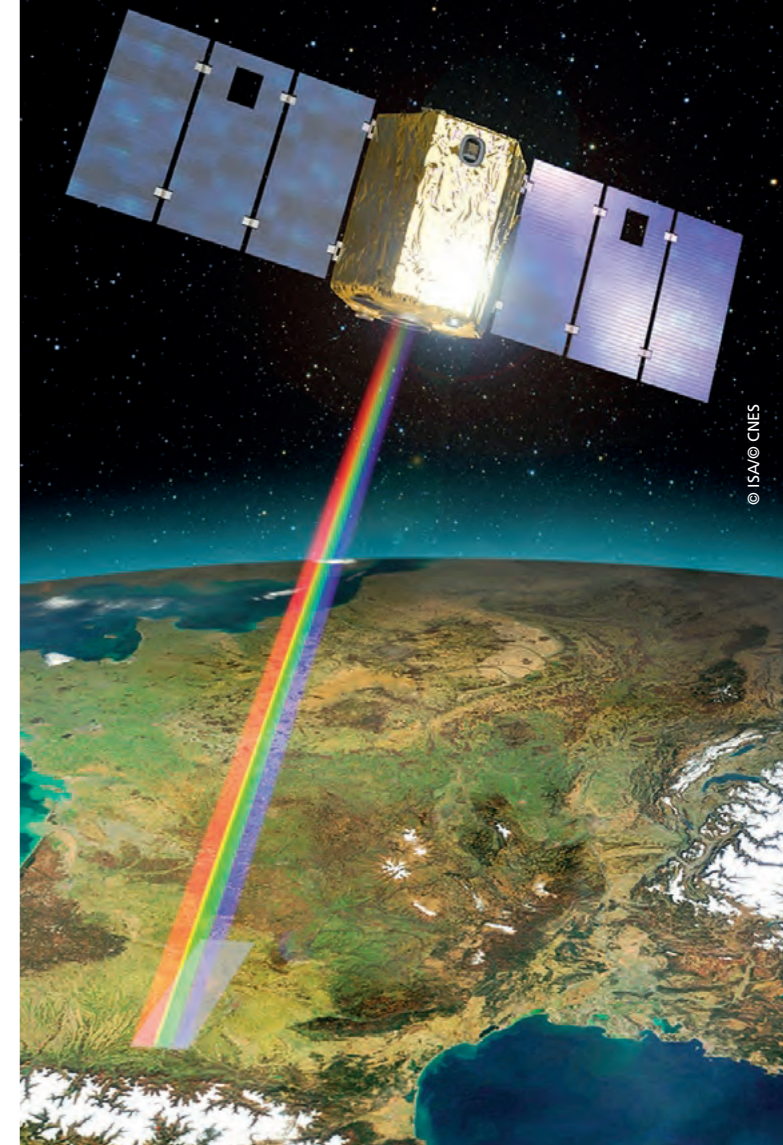


**Was ist die generelle Mission und Agenda der ISA, und was sind ihre größten Herausforderungen?**

**Kidron:** Die ISA steckt zurzeit in einer Umbruchphase. Generell lautet unser Auftrag, die zivile Raumfahrt in Israel in folgender Weise zu fördern: Erhalt und Ausbau der wissenschaftlichen, industriellen und technologischen Infrastruktur; Stützung der Weiterentwicklung der Wettbewerbsfähigkeit, der Attraktivität und der Marktchancen der israelischen Raumfahrtindustrie; Förderung industrieller Technologieanwendungen aus der Raumfahrt durch den Aufbau sogenannter Excellence Centres. Wir fördern zum Beispiel die Einrichtung von Gründerzentren und Initiativen wie Spacell (Wettbewerb zur Mondlandung) sowie die Teilnahme an dem von Google geförderten Wettbewerb Lunar XPRIZE. Auch unterstützen wir Startup-Unternehmen, etwa bei der Entwicklung neuer Mikroprozessoren für weltraumtaugliche Bordcomputer. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Gebiet der biotechnologischen Experimente unter Weltraumbedingungen, die in Schwerelosigkeit durchgeführt werden. Über attraktive Finanzierungsangebote, gestützt auch durch das Weltraumprogramm „Horizon 2020“ der EU, fördern wir die Bereitschaft israelischer Unternehmen, in Raumfahrt zu investieren. Israelischen Anwendungsentwicklern bieten wir die Möglichkeit, an internationalen Veranstaltungen teilzunehmen, zum Beispiel dem Europäischen Wettbewerb zur Satellitennavigation (ESNC) oder der Satellite Masters Conference, die im Oktober in Berlin stattfindet. Wir bilden und fördern internationale Partnerschaften mit Weltraumagenturen und mit Organisationen wie der Europäischen Kommission (EC), der IAF, ISU und UNOOSA. Wir schaffen Rahmenbedingungen für eine effektive Zusammenarbeit zwischen Industrie, Wissenschaft und Forschungseinrichtungen. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung, der Start und der Betrieb dreier Nanosatelliten, die die Erde im Formationsflug umkreisen. Wir fördern das Bewusstsein für Raumfahrt in der Öffentlichkeit, unterstützen Schulen und Gesellschaft und schaffen einen engen Austausch zwischen Bürgern, Wissenschaft und Industrie. So haben wir eine Reihe öffentlicher Veranstaltungen durchgeführt, wie zum Beispiel die internationalen Ilan-Ramon-Konferenzen. Die „Israel Space Week“ hat sich inzwischen als Tradition etabliert. Einige unserer Aktivitäten werden in Kooperation mit unseren Partneragenturen durchgeführt. Hierzu zählt auch eine gemeinsame Vortragsveranstaltung, die zeitgleich in Mailand, München und Jerusalem stattfindet sowie Live-Schaltungen zur Internationalen Raumstation ISS.

**Eine Maßnahme zur Stärkung der Zusammenarbeit zwischen dem DLR und der ISA sind die für November geplanten ersten deutsch-israelischen Raumfahrttage.**

**Kidron:** Wir freuen uns sehr, die Teilnehmer der deutschen Raumfahrtindustrie zu diesem Treffen mit ihren israelischen Kollegen zu begrüßen, bei dem die Möglichkeit besteht, gemeinsam Felder einer möglichen Zusammenarbeit zu erörtern. In diesem Jahr jährt sich zum 50. Mal die Aufnahme diplomatischer Beziehungen zu Deutschland. Diese hat auf vielen Gebieten zu großen Erfolgen geführt. Nun ist es an der Zeit, auch unsere Raumfahrtindustrie an dem Erfolg teilhaben zu lassen.



**VENUS (Vegetation and Environment monitoring on a New Micro-Satellite) ist das erste israelisch-französische Erdbeobachtungsprogramm der Raumfahrtagenturen ISA und CNES. ISA ist für den Satellitenbus, die Integration und das Satellitenkontrollzentrum inklusive Missionskontrolle verantwortlich. CNES kümmert sich um das Nutzerzentrum und die Superspektalkamera. Der Satellit soll 2016 mit einer Vega-Rakete vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou (Französisch-Guyana) aus ins All starten.**

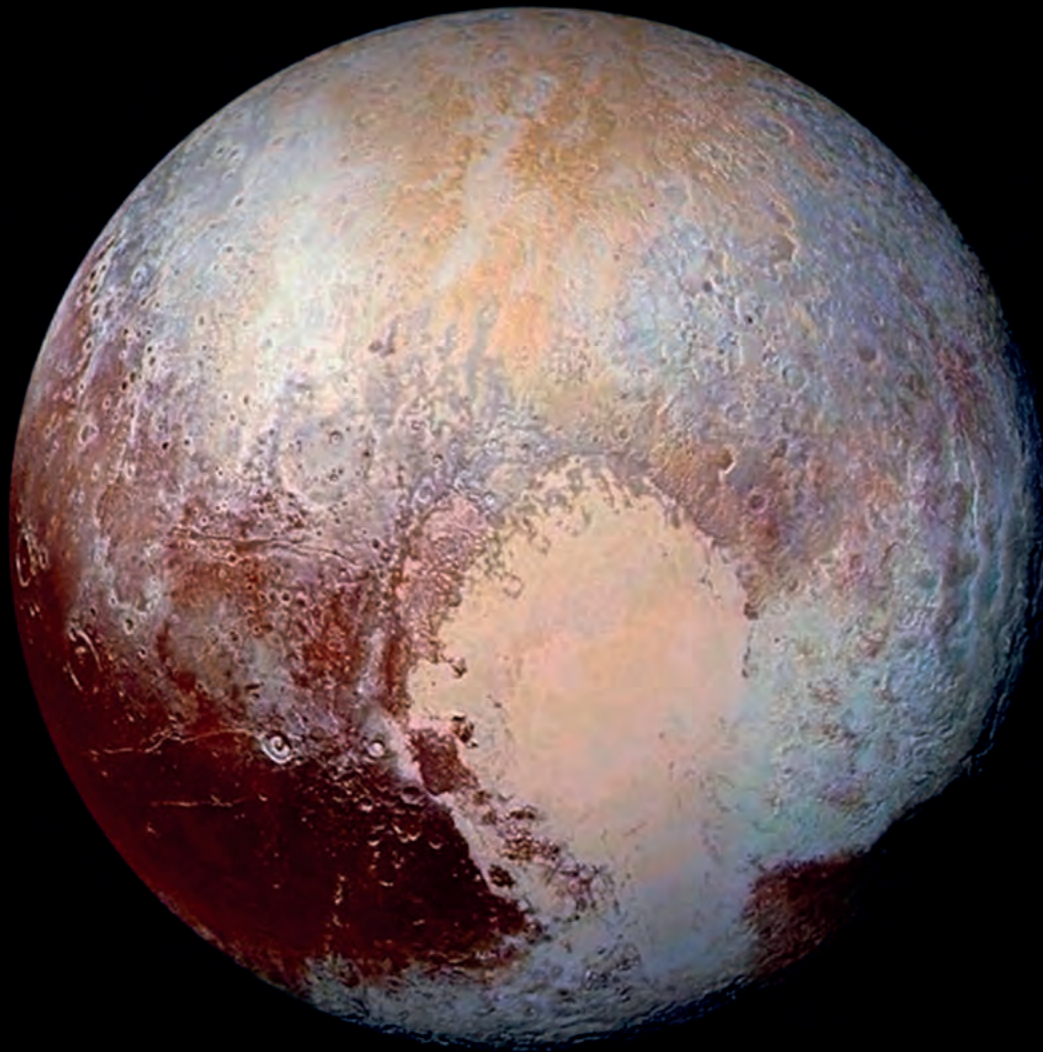
VENUS (Vegetation and Environment monitoring on a New Micro-Satellite) is the first cooperative Earth observation programme of Israel (ISA) and France (CNES). ISA is responsible for the satellite bus, satellite integration, and satellite control centre including mission operations. CNES is responsible for the science mission centre and also provides the superspectral camera. In 2016, the satellite is scheduled to be launched on a Vega rocket from the European space port Kourou (French-Guiana).

Conferences. The 'Israel space week' meanwhile became a tradition. Parts of our activities are conducted in collaboration with our partnering space agencies, such as the joint lectures given simultaneously in Milan, Munich, and Jerusalem, and live communication with the ISS.

**One activity to reinforce the cooperation between DLR and ISA is the first German-Israeli Space Days planned for November.**

**Kidron:** We are very pleased to welcome the German space industry's delegates to meet their Israeli colleagues to find potential fields for collaboration. This year, we celebrate the 50th anniversary of the establishment of diplomatic relations with Germany which is considered a great success story in so many fields – this is the time to make our space sectors become part of this success.

# Zum Pluto in Rekordgeschwindigkeit



Nach einer neuneinhalb Jahre langen Reise ist die NASA-Raumsonde New Horizons am 14. Juli 2015 um 13:50 Uhr Mittlereuropäischer Sommerzeit und etwa 4,8 Milliarden Kilometer von der Erde entfernt am Zwergplaneten Pluto vorbeigeflogen. Gestartet ist sie am 19. Januar 2006 von Cape Canaveral (Florida). Am 28. Februar 2007 wurde die knapp 500 Kilogramm schwere Sonde durch einen Nahvorbeiflug am Jupiter auf ihre endgültige Reisegeschwindigkeit beschleunigt. Danach entfernte sie sich mit 83.600 Kilometern pro Stunde von der Sonne, ehe sie an Pluto und Charon mit einer relativen Geschwindigkeit von 50.400 Stundenkilometern vorbeiraste – damit ist New Horizons die schnellste Raumsonde, die je im Sonnensystem unterwegs war. Mit an Bord ist auch ein deutsches Experiment, das vom DLR Raumfahrtmanagement gefördert wurde. Das Radioexperiment (REX) der Planetenforscher des Rheinischen Instituts für Umweltforschung an der Universität zu Köln hat mit Radiowellen die Atmosphären sondiert. Damit wurden zum ersten Mal Radiosignale von der Erde zur Raumsonde gesendet – üblicherweise werden Signale analysiert, die von einer Sonde zur Erde gefunkt wurden. Dieses Mal sollte eine Ablenkung und Schwächung der Signale, die von der Erde durch eine möglicherweise dünne Atmosphäre von Pluto und Charon beeinflusst und dann von REX aufgezeichnet werden, Aufschluss über Temperatur und Druck der Atmosphäre in der Nähe der Oberflächen geben. Während der Vorbeiflugphase wurden insgesamt sieben wissenschaftliche Experimente, Fotos, Spektren und physikalische Messwerte, aufgezeichnet: Neben drei optischen Geräten – dem UV-Spektrometer Alice sowie den hochauflösenden Kamerasystemen LORRI und Ralph –, befinden sich zwei Plasma-Instrumente (PEPSSI und SWAP), ein Staubdetektor (Venetia) und REX auf der Sonde. Es war das erste Mal, dass der ehemals „neunte Planet“ des Sonnensystems Besuch bekam und aus der „Nähe“ – sprich aus rund 12.500 Kilometern Distanz – erforscht werden konnte.

## Heading for Pluto at Record Speed

Nine and a half years into its voyage at a distance of some 4.8 kilometres away from Earth, NASA's space probe New Horizons flew past dwarf planet Pluto on July 14, 2015 at 13:50 CEST. It had been launched from Cape Canaveral, Florida, on January 19, 2006. The 500-kilogramme vehicle swung by Jupiter on February 28, 2007, thereby picking up the necessary acceleration needed to reach its final cruising velocity. Following this manoeuvre, it has been moving away from the Sun at 83,600 kilometres per hour and recently zoomed past Pluto and Charon at a relative velocity of 50,400 kilometres per hour. This makes New Horizon the fastest spacecraft ever to travel through the Solar System. Its payload includes a German-built experiment funded by the DLR Space Administration. REX, a radio experiment created by a team of planetary scientists from the Department of Environmental Sciences of Cologne University, which was designed to perform measurements in the planetary atmospheres. It is the first experiment of its kind in which signals are radioed from Earth to a space vehicle and not vice versa – the usual sequence being that space probes send signals to Earth to be analysed. The idea was for REX to record the deflection and attenuation of signals from Earth sent through Pluto's and Charon's thin atmospheres to obtain some indication of atmospheric temperatures and pressures close to the surface. At the time of the probe's closest approach, seven scientific experiments were carried out, recording images, spectra, and physical data. The probe carries three optical devices – the UV spectrometer Alice and the high-resolution camera systems LORRI and Ralph – as well as two plasma instruments (PEPSSI and SWAP), a dust detector (Venetia), and REX. It was the first time for the heavenly body formerly known as the 'ninth planet' of the Solar System to have a visitor and to be explored from close by, i.e. from a distance of about 12,500 kilometres.

# Aufstand der Zwerge

In Berlin werden seit drei Jahrzehnten Kleinsatelliten entwickelt und gebaut

Von Martin Fleischmann

Satelliten werden immer kleiner und ergänzen große Plattformen. Immer mehr dieser Kleinsatelliten kreisen um unsere Erde. Die sogenannte Pico-Klasse hat gerade einmal eine Kantenlänge von zehn Zentimetern und wiegt weniger als ein Kilogramm. Das macht die Starts dieser Satelliten sehr günstig. Diese Entwicklung gibt Firmen und Universitäten die Möglichkeit, eigene Weltraummissionen ins All zu bringen. In Amerika drängt zum Beispiel Google seit dem Jahr 2013 immer stärker, per Kleinsatellit „die restlichen drei Milliarden“ Menschen ohne Internet mit der Online-Welt zu verbinden. In Deutschland hat die Technische Universität Berlin schon viel früher den Sprung ins Weltall geschafft. Bereits im Juli 1991 kreiste mit TUBSAT-A der erste Berliner Kleinsatellit um unsere Erde. Das DLR hat den Lehrstuhl für Raumfahrttechnik am Institut für Luft- und Raumfahrt auf seinem Weg ins All von damals bis heute begleitet.

## The Dwarfs Are Rising

For Three Decades, Small Satellites Have Been Developed and Built in Berlin

By Martin Fleischmann

Ever smaller satellites are being built to complement existing large platforms. More and more of these small satellites orbit our Earth. Barely measuring ten centimetres along their edges, satellites of the so-called pico class weigh less than a kilogramme, which makes them very economical to launch. This development provides companies and universities with opportunities to conduct their own space missions. In America, for example, Google has been urging ever since 2013 to employ small satellites to connect 'the remaining three billion' people who are without internet access to the online world. In Germany, Berlin's Technical University performed its leap into space much earlier. As far back as July 1991, TUBSAT-A was the first small satellite from Berlin to orbit our planet. From that time to the present day, DLR has been supporting the Chair of Space Technology at the Aerospace Institute in its space-bound aspirations.

Winzige Weltraumwürfel: Kleiner als jeder handelsübliche Computer und leichter als eine Wasserflasche – mit gerade einmal zehn Zentimeter Kantenlänge und weniger als einem Kilogramm Gewicht senkt die sogenannte Pico-Klasse die Satellitenstartpreise. So können auch Universitäten und kleine Unternehmen ihre Technologie ins Weltall bringen.

Tiny cubes in space: smaller than any computer and lighter than a bottle of water – at an edge length of just ten centimetres, satellites of the so-called pico class come at affordable launch prices, making it possible for universities and small companies to deploy their technology in orbit.



Autoren: **Martin Fleischmann** betreut als Redakteur die Inhalte und das Layout von Printtiteln und Broschüren des DLR Raumfahrtmanagements sowie des Newsletters COUNTDOWN. Er hat den Projektleiter für Raumfahrtmissionen, **Cem Avsar**, an der TU Berlin besucht und mit ihm über Berliner Kleinsatellitenmissionen gesprochen.

Authors: **Martin Fleischmann** is the editor in charge of the content and layout of the DLR Space Administration's printed publications and brochures as well as the COUNTDOWN newsletter. He visited TU Berlin's space mission project manager **Cem Avsar** to discuss Berlin's small satellite missions.

Ein Büro im fünften Stock eines Universitätsgebäudes mitten in Berlin-Charlottenburg. Die Spree liegt in Laufnähe, der Tiergarten ist nicht weit weg. Rechts neben der Tür steht ein Besprechungstisch, links ein Schrank. Daran lehnt eine Startrampe für Raketen – natürlich im Miniaturformat. Hinten vor dem Fenster türmen sich Kisten – vollgestopft mit technischen Gerätschaften. Daneben teilt ein Schreibtisch, auf dem zwei Monitore ruhen, den Raum. Vor diesem recht aufgeräumten Arbeitsplatz steht eine Liege – ja, eine Liege. Das Zimmer gehört Cem Avsar, verrät das unscheinbare Schild im Unistyle rechts neben der Tür. Avsar ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter für Raumfahrtmissionen an der TU Berlin. Sein Büro riecht nach Kreativität. Auf der Liege liegt meistens nicht er, sondern einer seiner Studenten. Hier tauscht man sich aus. Hier entstehen Ideen, die dann zu Projekten und dann wiederum oft zu Missionen werden – auch zu Kleinsatellitenmissionen. Sie sind das Steckpferd des im Jahr 1963 gegründeten Fachbereichs Raumfahrttechnik am Institut für Luft- und Raumfahrt der TU Berlin.

Schon seit der Lehrstuhlgründung „Raumfahrtgeräte und -anlagen“ durch Prof. Udo Renner im Jahr 1985 bauen die Berliner Kleinsatelliten. Der erste sollte in Zusammenarbeit mit der University of Utah auf einem US-amerikanischen Space Shuttle ins All starten. Das Challenger-Unglück legte diese Startpläne 1986 dann aber erst einmal auf Eis, sodass der 35 Kilogramm schwere Kommunikationssatellit TUBSAT-A als eine Beistellnutzlast des europäischen Erdbeobachtungssatelliten ERS-1 auf einer Ariane 4 am 17. Juli 1991 ins All startete – der Beginn der Berliner Kleinsatellitengeschichte. Gefördert wurde der Flug damals von

An office on the fifth floor of a university building right in the middle of Berlin-Charlottenburg. The river Spree is in walking distance, Tiergarten Park is not far away. A conference table is standing to the right of the door and a cabinet to the left. Leaning on the cabinet is a launch pad for rockets – in miniature, of course. At the back, in front of the window, there are stacks of boxes stuffed with technical equipment. Next to these, a desk supporting two monitors separates the room. In front of this fairly tidy workplace is standing a couch – yes, a couch. An inconspicuous sign bearing university-style lettering to the right of the door tells us that the room belongs to Cem Avsar. A scientific assistant, Avsar is the project manager for space missions of TU Berlin. His office smells of creativity. The couch is mostly used not by him but by one of his students. This is where views are exchanged. This is where ideas are hatched which develop into projects and, later on, frequently into missions – including small-satellite missions. They are the hobby horse of the Space Technology Department founded in 1963 at the Aerospace Institute of Berlin TU.

The Berlin scientists began building small satellites as early as 1985, when the Chair of Space Equipment and Systems was established by Professor Udo Renner. The first satellite was scheduled to take off for space on an American space shuttle in collaboration with the University of Utah. However, these plans were shelved after the Challenger disaster of 1986, and the 35-kilogramme TUBSAT-A communications satellite ultimately took off on July 17, 1991 on an Ariane 4 as an extra payload of the European ERS-1 Earth observation satellite, marking the



Von der Liege in den Weltraum: Auch dank der lockeren Atmosphäre in Cem Avsars (rechts) Büro entstehen in Zusammenarbeit mit Kollegen und Studenten neue Ideen für Kleinsatellitenprojekte.

A couch to dream up space stuff: the informal atmosphere in Cem Avsar's (right) office makes cooperation among co-workers and students easy, and helps produce new ideas for small satellite projects.



Sascha Weiß, Doktorand am Institut für Luft- und Raumfahrt, arbeitet am Lehrstuhl für Raumfahrttechnik der TU Berlin an Kleinsatellitenprojekten und war auch an den BEESAT-Missionen beteiligt. Im Bild testet er Flugmodelle dieser Pico-Satelliten.

Sascha Weiß, doctoral student at the Chair of Space Technology of TU Berlin, works on small satellites and was also involved in the BEESAT missions. In the picture, he is testing flight models of these pico satellites.

der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA) – dem Vorläufer des DLR Raumfahrtmanagements. So hat die Geschichte der Zusammenarbeit zwischen der TU Berlin und dem DLR im Bereich Kleinsatelliten begonnen, das viele dieser studentischen Projekte bis heute begleitet und fördert.

#### TUBSAT – der Beginn der Berliner Satellitengeschichte

Am Anfang waren die Kleinsatelliten noch etwas größer und brachten 35 bis 56 Kilogramm Einsatzgewicht auf die Waage. Die eher leichten TUBSAT-N und N1 mit ihren acht Kilogramm sind gleich in zweifacher Hinsicht eine Ausnahme: Sie waren nicht nur leichter, sondern auch die allerersten Kleinsatelliten, die im Juli 1998 von einem russischen Unterseeboot auf einer umgerüsteten Interkontinentalrakete vom Typ Submarine-Launched Ballistic Missile (SLBM) starteten – ein Berliner Beitrag zur atomaren Abrüstung. Ihnen folgte dann auch der Start des DLR-TUBSAT – einer direkten Zusammenarbeit zwischen der TU Berlin und dem DLR in Berlin-Adlershof. An Bord des kleinen, 45 Kilogramm schweren Erdbeobachtungssatelliten befand sich eine Kamera mit einem Meter Brennweite. Sie sollte starke Umweltkatastrophen aus einem sonnensynchronen Orbit in einer Höhe von 720 Kilometern über der Erde aufzeichnen. Das DLR war für die Nutzlast verantwortlich, die Universität für den 32 Kubikzentimeter großen Satellitenbus. Die Mission endete im Frühling 2008. Nach dem DLR-TUBSAT startete die Universität noch zwei weitere Modelle – eines in Zusammenarbeit mit Marokko und eines in Kooperation mit der indonesischen Raumfahrtagentur LAPAN. Vier indonesische Ingenieure kamen nach Berlin, um direkt vor Ort ausgebildet zu werden. Nach dem Start des LAPAN-TUBSAT im Januar 2007 wird im Oktober 2015 der erste eigene indonesische Satellit ins Weltall aufbrechen – ein Ergebnis der Ausbildungsmission.

#### BEESAT – Miniaturisierung „made in Berlin“

Das Jahr 2003 markiert einen Wendepunkt in der Berliner Satellitengeschichte. Prof. Klaus Briß kam vom DLR an die TU Berlin und übernahm die Leitung des Lehrstuhls Raumfahrttechnik. Führt Briß von 1996 bis 2003 die erste Kleinsatellitenmission (BIRD) des DLR noch zum Erfolg, so trieb er nach seinem Wechsel die Miniaturisierung der Kleinsatelliten voran. Direkt nach

beginning of the history of small satellites built in Berlin. At the time, the flight was sponsored by DARA, the German Agency for Space Flight Affairs, the predecessor of the DLR Space Administration. This was the beginning of the history of the small-satellite collaboration between TU Berlin and DLR, which has supported and funded many of these student projects to this day.

#### TUBSAT – the beginning of the Berlin satellite story

In the early days, small satellites were still rather on the large side, weighing 35 to 56 kilograms. Weighing eight kilograms each, the somewhat lighter TUBSAT-N and N1 were doubly exceptional: not only were they lighter, they were the very first small satellites to take off from a Russian submarine on a refitted ICBM of the SLBM type (submarine-launched ballistic missile) – one of Berlin's contributions towards nuclear disarmament. In due course, they were followed by the DLR TUBSAT, the result of direct collaboration between TU Berlin and DLR's facility at Berlin-Adlershof. The small, 45-kilogramme Earth observation satellite was equipped with a camera with a focal length of one metre, which was intended to capture images of major environmental disasters from a sun-synchronous orbit at an altitude of 720 kilometres above Earth. DLR was responsible for the payload while the university was in charge of the 32-cubic centimetre satellite bus. The mission ended in spring of 2008. After DLR TUBSAT, the university built two further models, one in collaboration with Morocco and the other in co-operation with the Indonesian space agency LAPAN. Four Indonesian engineers came to Berlin to receive on-site training. Following the launch of LAPAN TUBSAT in January 2007, Indonesia's first own satellite will head for space in October 2015 – a result of the training mission.

#### BEESAT – miniaturisation made in Berlin

2003 marked a turning point in the history of satellites from Berlin. Professor Klaus Briß from DLR was appointed by Berlin TU as head of the Space Technology Chair. Having led DLR's first small-satellite mission (BIRD) to success from 1996 to 2003, his next aim after his transfer to Berlin was to advance the miniaturisation of small satellites. Shortly after his move to TU Berlin,



Auf Herz und Nieren getestet: Bevor die Kleinsatelliten ihre Reise ins Weltall antreten, werden sie in den Laboren des Instituts für Luft- und Raumfahrt ausgiebig getestet. Im Bild werden Messungen am Ingenieur-Qualifikationsmodell des Picosatelliten BEESAT-2 durchgeführt.

In-depth scrutiny: before a small satellite sets out on its journey to space, it is subjected to thorough testing at the lab of the Aerospace Institute. The picture shows measurements being conducted on the engineers' qualification model of the pico satellite BEESAT-2.



Zwei Doktoranden am Fachgebiet Raumfahrttechnik, Merlin Barschke (links) und Sascha Weiß, führen Messungen an einem BEESAT-Satelliten durch ...

Two doctoral students at the space tech department, Merlin Barschke (left) and Sascha Weiß, performing measurements on a BEESAT satellite...



... Sie gehören zu einem gemischten Team aus Wissenschaftlichen Mitarbeitern und Studenten, das – je nach Mission – in seinem Umfang variiert. Am aktuellen BEESAT-4-Projekt arbeiten ein Projektleiter, ein Entwickler und ein weiterer Mitarbeiter, der in der finalen Phase im September 2015 zur Unterstützung eingestellt wurde. Zwei studentische Hilfskräfte ergänzen das BEESAT-4-Team.

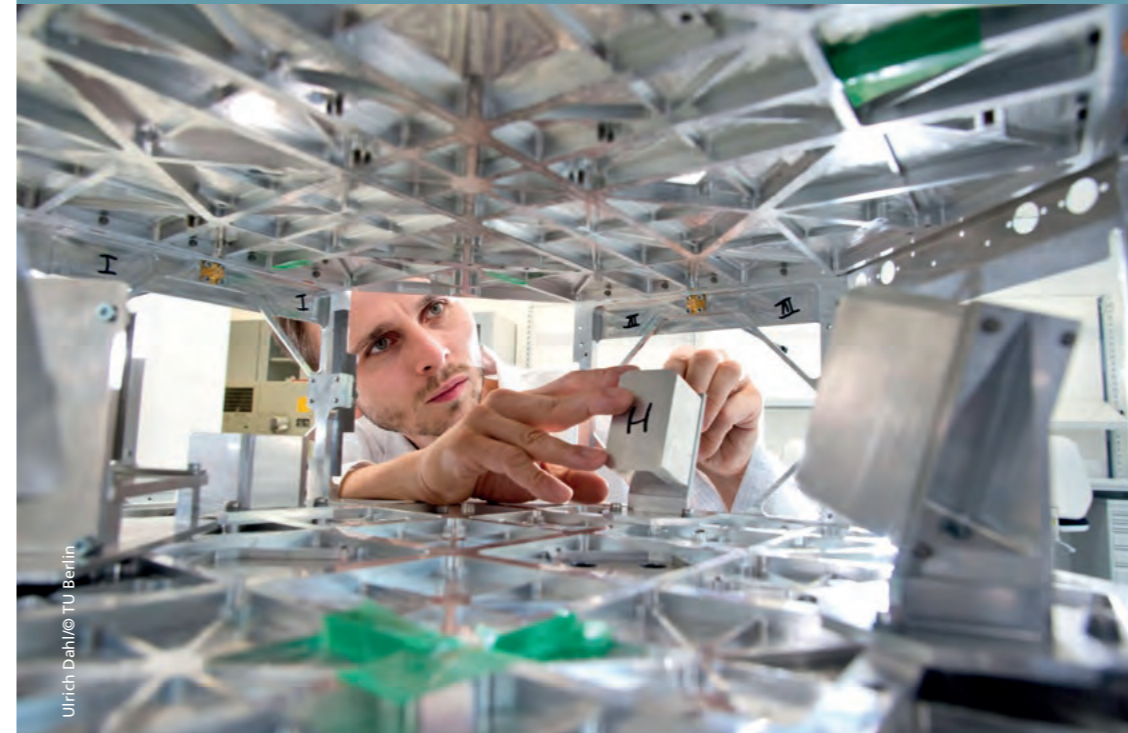
...They belong to a mixed team of research staff and students. The team size varies with the mission at hand. The current project, BEESAT-4, is staffed with one project manager, one developer and one other staff member who was hired for the final phase in September 2015, plus two student assistants.

seinem Einstieg an der TU Berlin wurde die Satellitenreihe BEE-SAT ins Leben gerufen. Der erste dieser kleinen Würfel mit zehn Zentimeter Kantenlänge und einem Gewicht von weniger als einem Kilogramm startete nach sechs Jahren Entwicklungszeit im September 2009 mit einer indischen PSLV-Rakete. Mit an Bord: das erste drei-Achsen-stabilisierte Lageregelungssystem für einen so winzigen Satelliten überhaupt. Magnetometer vermessen das Erdmagnetfeld und Sonnensensoren bestimmen die einfallende Sonnenstrahlung. Halbsekündlich werden diese Daten an Bord mit errechneten Referenzvektoren aus mathematischen Modellen verglichen. Daraus wird die Orientierung des Satelliten im Raum bestimmt. Zustandsregler setzen diese Lageinformation in Steuerbefehle an die kleinen Reaktionsräder um, die dafür sorgen, dass sich der Satellit stabil auf seine Umlaufbahn in 725 Kilometer Höhe ausrichtet, nicht ins Taumeln gerät und sich kontrolliert ausrichtet. Diese Technologie erstmals bei so kleinen Satelliten einzusetzen, war auch der Anreiz der Berliner Ingenieure, die BEESAT-Reihe überhaupt zu entwickeln. Sie umfasst momentan neben BEESAT drei weitere Satelliten.

Am 19. April 2013 startete BEESAT-2 zusammen mit BION-M1 sowie vier weiteren Kleinsatelliten mit einer Sojus-Rakete vom kasachischen Weltraumbahnhof Baikonur zu seinem Orbit in 580 Kilometer Höhe. Während der geplanten Missionsdauer von einem halben Jahr wurden erstmals Lageregelungsexperimente an Bord eines Picosatelliten mit den in Berlin entwickelten Reaktionsrädern durchgeführt. Die Folgemission BEESAT-3 hebt sich von allen anderen Berliner Missionen ab. Hier sollte ein Satellit ins All fliegen, der vom Anfang bis zum Ende von Studenten entwickelt wurde. Über vier Semester hinweg haben insgesamt 100 Studenten an der Entwicklung dieses Cubesats gearbeitet. Jedes Semester stand für eine Phase der Missionsentwicklung – also Phase A, B, C und D. Für Studenten, die später einmal in der Raumfahrtindustrie oder bei nationalen sowie bei internationalen Agenturen Fuß fassen wollen, ist Phasendenken unverzichtbar. Daher lernen die Berliner Studenten diese Schritte in Vorlesungen oder bei BEESAT-3 direkt anhand einer Satellitenmission. Zu Beginn wurden Konzepte überlegt, die dann in Reviews präsentiert werden mussten. Danach wurden Konzepte

the BEESAT satellite series was born. The first of these small cubes, measuring ten centimetres in edge length and weighing less than one kilogramme, took off after six years of development on an Indian PSLV rocket in September 2009, equipped with the first triaxially stabilised attitude control ever to be installed in such a tiny satellite. Its magnetometers survey the Earth's magnetic field, and solar sensors measure the incident radiation of the Sun. At intervals of half a second, these data are compared on board with reference vectors computed from mathematical models to determine the satellite's orientation in space. Status controllers convert this attitude information into control commands for the small reaction wheels, which ensure that the satellite's attitude remains stable in its orbit at an altitude of 725 kilometres, does not begin to wobble, and aligns itself under controlled conditions. The idea of employing this technology in such a tiny satellite for the first time was one of the incentives for the Berlin engineers to develop the BEESAT series in the first place. At present, the series comprises three other satellites besides BEESAT.

On April 19, 2013, BEESAT-2 took off together with BION-M1 and four other small satellites on a Soyuz rocket from the Kazakhian space port of Baikonur to be released into its orbit 580 kilometres up. During the six months which the mission was scheduled to last, attitude-control experiments involving the reaction wheels developed in Berlin were, for the first time ever, carried out on board a pico-satellite. The successor mission, BEESAT-3, is different from all previous Berlin missions, in that the satellite to be launched into space was entirely developed by students. A total of 100 students spent four semesters developing this cubesat. Every semester represented one phase of the mission's development, i.e. phase A, B, C, and D. Thinking in terms of phases is indispensable for students aiming for a career in the space industry or with national or international agencies. Consequently, the Berlin students are taught these steps in lectures or, in the case of BEESAT-3, through hands-on experience in a real satellite mission. To begin with, proposals needed to be worked out, which subsequently had to be presented in a review process. Next, proposals were selected and translated



Ulrich Dahl/TU Berlin

Die Mitarbeiter im Fachbereich Raumfahrttechnik setzen alles daran, dass der Kleinsatellit TechnoSat im Jahr 2016 starten kann, um neue Technologien direkt im Weltraum zu erproben.

Staff at the space technology department do their level best to get the TechnoSat project launched as scheduled in 2016, to try out new technologies directly in space.

ausgewählt und in konkrete Schaltpläne sowie Hard- und Softwareentwicklung umgesetzt. Alle diese Entwicklungen wurden von den Studenten neu erdacht – das Hauptziel dieser Mission. Sie sollten von der Pike auf lernen, was alles zu einem Entwicklungsprozess in der Raumfahrt gehört.

Nach diesem besonderen Studentenprojekt ist BEESAT-4 nun gerade in der Entwicklung und soll im Jahr 2016 starten. Entwicklungsmodelle und das Flugmodell sind bereits fertiggestellt. Das geschieht im Institut. In einer Metallwerkstatt im Erdgeschoss werden für alle Berliner Satellitenmissionen die Strukturen gefertigt, in den Integrationslaboren des Instituts verschiedene Satellitenbus-Systeme selbst integriert und die Funktionen getestet. 80 bis 90 Prozent eines Satelliten stellen die Berliner selbst her. Bauteile wie zum Beispiel Batterien, Microcontroller oder Solarzellen kaufen sie bei anderen Firmen oder Universitäten ein. So verwenden sie bei den BEESATs auf jeder Außenseite zwei kleine Azur-Solarzellen, die dem Satelliten gerade einmal jeweils ein Watt zur Verfügung stellen. Das reicht aber für alle Instrumente an Bord aus, da nicht alle Bauteile im Satelliten im Dauerbetrieb arbeiten müssen. Die kleinen Würfel bestehen aus einem Energieversorgungssystem, einem Thermalkontrollsystem, einem Bordrechner, dem Lageregelungssystem, einer Kamera und einer Nutzlastdatenverarbeitung, die die Kameradaten verarbeitet, programmiert und dann über das Kommunikationssystem zur Erde sendet. Der Satellit kann auch Kommandos von der Bodenstation aufnehmen und verarbeiten. Diese gesamte Technologie wurde am Berliner Institut entwickelt – ebenso wie die gesamte Missionsbetriebsarchitektur, die Software und die Telemetrie-Datenbanken. Das Neue an BEESAT-4 ist ein GPS-Empfänger. Er soll dabei helfen, das Missionsziel zu erreichen: Der vierte Berliner Picosatellit soll gemeinsam mit einem DLR-Satelliten BIROS starten und mit ihm gemeinsam in einem engen Formationsflug fliegen.

#### TechnoSat, TUBIN und S-NET – neue Satellitenkonzepte auf kleinen Satelliten

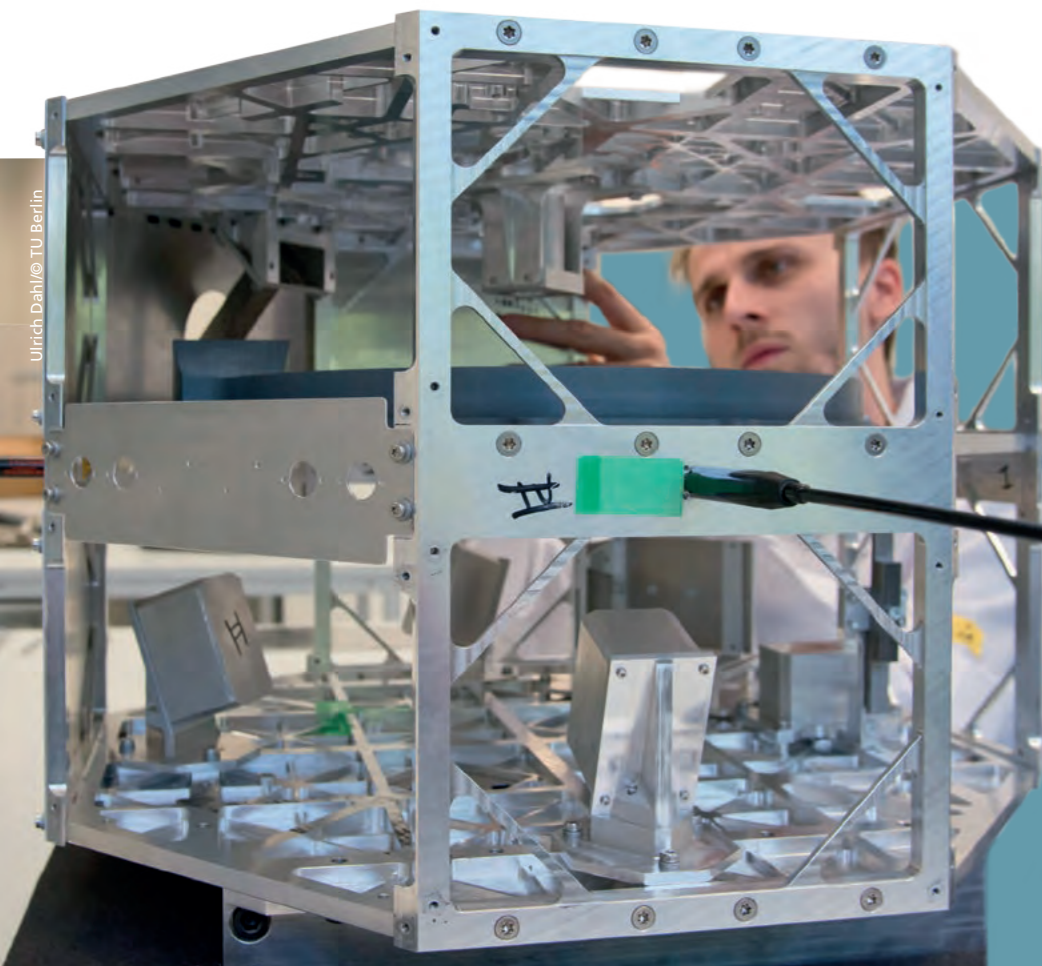
Viele Firmen – besonders Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU) – möchten ihre Raumfahrttechnologie direkt im Orbit unter Original-Umgebungsbedingungen testen. Bis jetzt sind solche Technologieerprobungsmissionen allerdings sehr kostspielig. Kleinsatelliten könnten hier eine Wende bringen. Der

into concrete wiring diagrams and hardware/software design. All these developments were based on new ideas that came from the students themselves – the chief objective of the mission. They were supposed to learn from scratch about all the steps that typically make up a development process in the space sector.

The successor of this special student project will be BEESAT-4, which is being developed right now and scheduled for launch in 2016. A number of tentative models and the flight model have already been built at the Institute. The structures for all Berlin satellite missions are made in a metal workshop on the ground floor. Various satellite bus systems are integrated and tested in the institute's own integration lab. 80 to 90 percent of every satellite is made by the Berliners themselves. Components such as solar batteries, microcontrollers, or solar cells are purchased from other companies or universities. Each outer surface of a BEESAT satellite features two small Azur solar cells that provide just about one watt each for the satellite, which is enough to power all instruments on board since not all satellite components need to operate permanently. The little cubes comprise a power supply system, a thermal control system, an on-board computer, an attitude control system, a camera, and a payload data processor by which the data from the camera are processed, programmed, and downlinked to Earth via a communication subsystem. Besides, the satellite is able to receive and process commands from the ground station. All this technology was developed at the Berlin institute, as was the entire mission operation architecture, the software, and the telemetry database. What is new about BEESAT-4 is a GPS receiver. It is intended to help reach the mission's objective: the fourth pico-satellite is to take off together with a DLR satellite (BIROS) and fly with it in close formation.

#### TechnoSat, TUBIN, and S-NET – new concepts for small satellites

Many companies, particularly small and medium-sized enterprises (SMEs), wish to test their space technologies in orbit under original environmental conditions. However, such technology demonstrator missions have so far been very expensive. Small satellites might change that. The launch of DLR's technology experiment carrier programme, TET-1, in July 2012 was a first



Merlin Barschke, Doktorand am Fachgebiet Raumfahrttechnik, baut an dem Satelliten TechnoSat. Auf diesem 15 Kilogramm leichten und 30 mal 45 mal 45 kleinen Satelliten werden eine Kamera, ein 5-Band-Sender, Laser-Retroreflektoren, ein Solar-Generator, ein Sternsensor, ein Reaktionsradsystem und ein sogenannter fluiddynamischer Aktuator im Orbit getestet und verifiziert. Barschke ist einer von insgesamt acht wissenschaftlichen Mitarbeitern, die gemeinsam mit vier studentischen Hilfskräften an den Projekten TechnoSat und TUBIN arbeiten. Beide Missionen haben denselben Satellitenbus und daher auch den gleichen Projektleiter.

Merlin Barschke, doctoral student at the department of space technology, is working on a satellite called TechnoSat. The 15-kilogramme, 30 by 45 by 45 centimetres small satellite will be used in a mission to test and verify a camera, an S-band transmitter, some laser retro reflectors, a solar generator, a star sensor, a reaction wheel system and a so-called fluid dynamic actuator. Barschke is one of eight scientific staff members who, together with four student assistants, work on the TechnoSat and TUBIN projects. Both missions use the same satellite bus and, hence, are run by the same project manager.

Start des Technologie-Erprobungs-Trägers TET-1 des DLR im Juli 2012 war ein erster Schritt in diese Richtung. Auf dem 115 Kilogramm schweren und 88 mal 65 mal 55 Zentimeter großen Mikrosatelliten wurden elf Technologien im Weltraum getestet und qualifiziert. Dadurch erhöht sich ihr Reifegrad und die Firmen können diese Technologien nun auf dem Weltmarkt als weltraumgeprüft anbieten. Die TU Berlin möchte nun mit TechnoSat einen weiteren Schritt in diese Richtung gehen und auf dem 15 Kilogramm leichten und 30 mal 45 mal 45 Zentimeter großen Satelliten eine Kamera, den S-Band Sender HISPICO, Laser-Retroreflektoren, den Solar Generator „Impact Detector“, den Sternsensor STELLA, ein Reaktionsradsystem und einen sogenannten fluiddynamischen Aktuator im Orbit testen und verifizieren. Über diesen fluiddynamischen Aktuator kann ein Satellit ausgerichtet werden. Gegenüber den Reaktionsrädern zur Lageregelung hat diese Eigenentwicklung der TU Berlin einige Vorteile: Reaktionsräder sind mechanische Systeme, bei denen sich die Räder nahezu durchgehend drehen. Verschleiß und eine etwas erhöhte Störanfälligkeit sind unvermeidlich. Zudem liegen die Reaktionsräder – und damit auch deren Masse – im Inneren des Satelliten. Der fluiddynamische Aktuator ist so aufgebaut, dass der gesamte Satellitenbus mit einem Röhrensystem umgeben ist. Dadurch kann ein höheres Drehmoment mit entsprechend weniger Aufwand entwickelt werden. Die Drehung selbst wird über Magnetismus erzeugt: In diesen Röhren fließt eine metallische Flüssigkeit, die durch Magnetspulen ange regert wird. So kann ein Satellit auf eine neue Art in seiner Lage ausgerichtet werden, um zum Beispiel bestimmte Bilder von der Erde aufzunehmen. Auch TUBIN ist ein neues Projekt der TU Berlin. Die Nutzlast des 15 Kilogramm schweren Brandwächters besteht aus zwei Infrarot- Kameras sowie einer Kamera für den sichtbaren Wellenlängenbereich. Ein ganz anderes Berliner Projekt ist die S-NET-Mission. Hier wird ein kleiner Schwarm aus vier acht Kilogramm leichten Würfelsatelliten mit einer Seitenlänge von 24 Zentimetern auf einen Orbit in 650 Kilometer Höhe geschickt. Dort angekommen, sollen sie über das sogenannte S-Band Daten untereinander austauschen – ein Modellversuch für die Kommunikation in einem Satellitenschwarm, der 2017 weltweit erstmals so durchgeführt wird.

step in this direction. Weighing 115 kilograms and measuring 88 by 65 by 55 centimetres, this micro-satellite served to test and qualify eleven technologies in space. Thus raised to a higher level of maturity, these technologies can now be offered on the world market as space-proof. TU Berlin now aims to take another step in that direction. On board TechnoSat, a satellite that weighs no more than 15 kilograms and measures 30 x 45 x 45 centimetres, the institute plans to test and verify the HISPICO S-band transmitter, laser retroreflectors, the 'Impact Detector' solar generator, the STELLA star sensor, a reaction-wheel system, and a so-called fluid-dynamic actuator. This fluid-dynamic actuator serves to realign a satellite. Compared to using reaction wheels for attitude control, this proprietary development of TU Berlin offers some advantages: reaction wheels are mechanical systems whose wheels rotate nearly permanently. Inevitably, these systems are therefore slightly more vulnerable and wear out more quickly. Moreover, reaction wheels – and their mass – are housed within the satellite. The fluid-dynamic actuator is designed so that the entire satellite bus is surrounded by a system of tubes, which makes it possible to produce a greater torque by a correspondingly smaller effort. Rotation itself is caused by magnetism: a metallic fluid flows through the tubes, which is excited by magnetic coils. This constitutes a new way of aligning a satellite and changing its attitude, enabling it, for example, to capture specific images of Earth. TUBIN, too, is one of TU Berlin's new projects. The payload of the 15-kilogramme firespotter consists of two infrared cameras and a camera for the visible wavelength range. The S-NET mission is a very different Berlin project. It involves sending a small swarm of four eight-kilogramme cube satellites with an edge length of 24 centimetres into an orbit 650 kilometres up. Once arrived, they are to exchange data amongst themselves via the so-called S-band – a model experiment to explore communication in a satellite swarm, to be conducted for the first time in 2017.

#### 40 years of experience in satellite operation

Satellite missions need controlling. The combined operating hours of TU Berlin's satellites add up to a total of 40 years. This is probably unique in a world-wide comparison. Of course, there

#### 40 Jahre Erfahrung im Satellitenbetrieb

Satellitenmissionen müssen gesteuert werden. Zählt man die Betriebsjahre aller Satelliten der TU Berlin zusammen, kommt man auf insgesamt 40 Jahre Satellitenbetriebs erfahrung durch eine Universität. Das dürfte weltweit einmalig sein. Ein Kontrollzentrum gab es an der TU Berlin seit dem Start des TUBSAT-A 1991, doch war das erste recht rudimentär ausgestattet. Später gab es Erweiterungen: für damalige Verhältnisse riesengroße Monitore, auf denen schon Videodaten laufen konnten, und ein Joystick – das war alles. Unter Prof. Brieß wurde dieses Kontrollzentrum durch ein zweites ergänzt und erweitert. Im Jahr 2014 wurde für die künftigen Aufgaben im ersten Stock des Institutsgebäudes ein komplett neues Kontrollzentrum eingerichtet. Hinter einer zunächst recht unscheinbaren Tür verbirgt sich auf insgesamt 350 Quadratmetern nun das Nanosatellitenzentrum der TU Berlin. Direkt links hinter der unscheinbaren Tür liegt das neue Kontrollzentrum, rechts ein Meeting-Raum und ganz hinten ein großer Integrationsraum für Satelliten – alles zusammen auf einer Ebene. Sogar Multimissionsbetrieb ist von hier aus möglich. In der vorlesungsfreien Zeit sind die Monitore allerdings meistens schwarz, da die abgeschlossenen, aber noch aktiven Missionen BEESAT-1 und -2 und der LAPAN-TUBSAT dezentral und nach Bedarf gesteuert werden. In der Vorlesungszeit wird das Kontrollzentrum für die praxisnahe Ausbildung der Studenten im Missionsbetrieb genutzt. Doch wenn Satellitenstarts anstehen, werden Mitarbeiter und Studenten gemeinsam den Kontrollraum füllen. 2016 werden zunächst BEESAT-4 und TechnoSat starten, im Jahr darauf dann TUBIN und die vier S-NET-Satelliten. Alle Satelliten werden in der Anfangsphase ihres Betriebs von hier aus gesteuert und überwacht. Die nötigen Antennenanlagen stehen auf dem Dach: Eine S-Band-Antenne mit drei Meter Durchmesser für die schnellen Daten sowie mehrere UHF-Antennen, die die Satelliten automatisch nachverfolgen, ragen über dem fünften Stock in den Berliner Himmel.

has been a control centre at TU Berlin ever since the 1991 launch of TUBSAT-A, but its equipment was rather rudimentary at first: two monitors, enormous by the standards of the time and capable of showing video data, and a joystick – that was all. Later, the facility was extended. Under Professor Brieß, a supplementary control centre was installed. To meet future requirements, a completely new control centre was installed on the first floor of the institute building in 2014. Hidden behind a door, rather inconspicuous at first glance, lies TU Berlin's nano-satellite centre on a floorspace of 350 square metres. Immediately to the left of the inconspicuous door lies the new control centre, a meeting room is to the right, and, at the back, there is a large integration room for satellites – all on one level. Even multiple missions may be operated from here. Between terms, the monitors are mostly dark – TU Berlin's missions BEESAT-1 and -2 and LAPAN-TUBSAT, although still active, have officially ended, and are now controlled on a decentralised basis and only sporadically. During terms, the control centre is currently used as a practice training facility for students. As soon as new satellite launches are under way, the control room will once again be teeming with staff and students. The first launches in 2016 will be those of BEESAT-4 and TechnoSat, followed by TUBIN and the four S-NET satellites in the year after that. All satellites will be controlled and monitored from here during their early operation phase. The requisite antennas have already been mounted on the roof: an S-band antenna measuring three metres in diameter for high-speed data and several UHF antennas, which track satellites automatically, rear up into the sky of Berlin from above the fifth floor.



Prof. Klaus Brieß (links) und Cem Avsar sitzen an einem Arbeitsplatz im neuen Missionskontrollzentrum der TU Berlin. Es ist Teil des Nanosatellitenzentrums, das sich auf insgesamt 350 Quadratmetern im ersten Stock des Universitätsgebäudes erstreckt. Ab dem Jahr 2016 wird hier wieder Hochbetrieb herrschen, denn dann starten zunächst BEESAT-4 und TechnoSat, im Jahr darauf folgen dann TUBIN und die vier S-NET-Satelliten, die alle zunächst im Multimissionsbetrieb von hier aus gesteuert und überwacht werden.

Professor Klaus Brieß (left) and Cem Avsar at a workstation in the new mission control centre at TU Berlin. The room is part of a nano satellite centre that occupies an area of 350 square metres on the second floor of the university building. From 2016, the place will be buzzing with life because of the launch of BEESAT-4 and TechnoSat, followed by TUBIN and the four S-NET satellites the year after. All of these will initially be controlled and monitored from here in a multiple satellite operation.



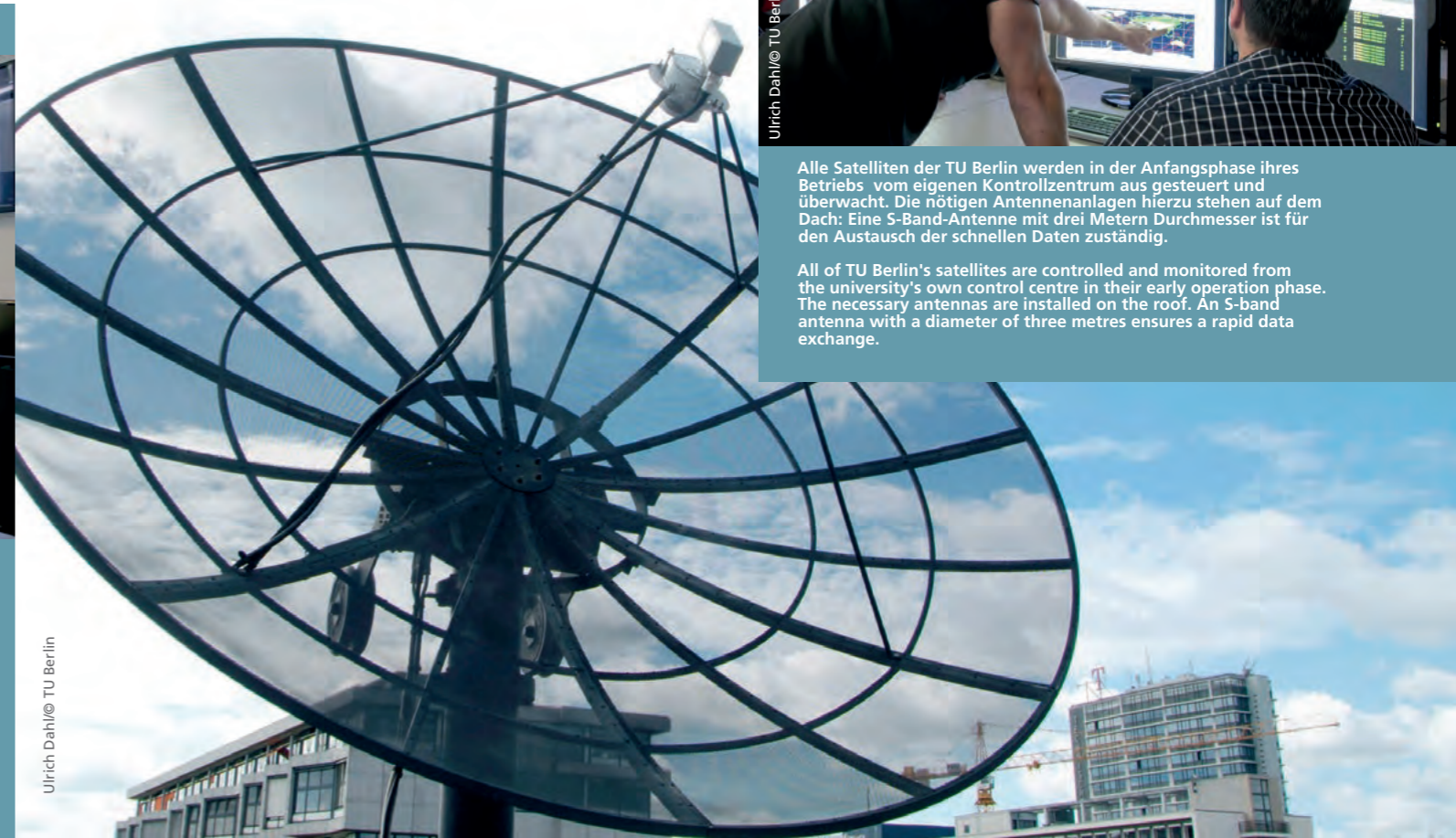
Ulrich Dahl© TU Berlin



Ulrich Dahl© TU Berlin

Alle Satelliten der TU Berlin werden in der Anfangsphase ihres Betriebs vom eigenen Kontrollzentrum aus gesteuert und überwacht. Die nötigen Antennenanlagen hierzu stehen auf dem Dach: Eine S-Band-Antenne mit drei Metern Durchmesser ist für den Austausch der schnellen Daten zuständig.

All of TU Berlin's satellites are controlled and monitored from the university's own control centre in their early operation phase. The necessary antennas are installed on the roof. An S-band antenna with a diameter of three metres ensures a rapid data exchange.



Ulrich Dahl© TU Berlin

Raumfahrt begeistert: Gleich bei der Eröffnung am 29. August 2015 zum Tag der offenen Tür der Bundesregierung im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie war die Ausstellung gut besucht.

Space fascinates people: right from the opening on the Open Day of the federal government at the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy on August 29, 2015, the exhibition drew a large crowd.

## Raumfahrt wird „ALL.täglich!“

Neue INNOspaceEXPO eröffnet

Von Dr. Franziska Zeitler

**Vielen Menschen ist nicht oder doch kaum bewusst, dass Technologien, die sie annähernd jeden Tag wie selbstverständlich nutzen und die ihnen helfen, besser zu leben, zu lernen, zu arbeiten oder mobil zu sein, aus der Weltraumforschung stammen. Das DLR Raumfahrtmanagement hat deshalb im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie die Ausstellung ALL.täglich! konzipiert, die tiefe Einblicke in die Innovations- und Transferpotenziale der Raumfahrt bietet und erklärt, welchen Einfluss diese auf unser alltägliches Leben nehmen. Ab September 2015 ist die Ausstellung an verschiedenen Orten in Deutschland zu sehen.**

Space Tech Becomes an Everyday Affair

New INNOspaceEXPO 'ALL.täglich!' Opened

By Dr Franziska Zeitler

Many people are not – or at best barely – aware that technologies which they use nearly every day, technologies which help them to live, learn, work, or move around better, are results of space research. Acting on behalf of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, therefore, the DLR Space Administration has put together an exhibition entitled ALL.täglich! – which affords profound insights into the innovation and transfer potentials of space technology and explains how they affect our daily life. The exhibition will be shown at various places in Germany from September 2015 onwards.

ALL.täglich! ist Teil der INNOspace-Initiative des DLR Raumfahrtmanagements und informiert mit vielen Beispielen und interaktiv über den Alltagsbezug der Raumfahrt. Eröffnet wurde die Expo zum „Tag der offenen Tür der Bundesregierung“ am 29. August im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie von Brigitte Zypries, der Parlamentarischen Staatssekretärin im Bundeswirtschaftsministerium und Koordinatorin der Bundesregierung für die Luft- und Raumfahrt, und von Dr. Gerd Gruppe, Vorstand des DLR Raumfahrtmanagements. Vom 4. September 2015 bis zum 10. Januar 2016 ist die Ausstellung im Deutschen Technikmuseum in Berlin zu sehen, danach von Mitte Januar bis Anfang April 2016 im Haus der Wirtschaft in Stuttgart. Weitere Stationen der dreijährigen Tour sind unter anderem München, Bremen und Essen.

**Raumfahrtstechnologien erobern den Alltag**

Doch wozu diese Ausstellung? Raumfahrt verbindet viele mit Astronauten, mit der Landung auf dem Mond, der Internationalen Raumstation (ISS) oder mit zukünftigen Missionen zum Mars. Dabei ist es nicht unbedingt erforderlich, bis zum Mars zu fliegen, um mit bahnbrechenden Ergebnissen der Weltraumforschung oder beeindruckenden Leistungen der Raumfahrtstechnik in Berührung zu kommen. Denn Forschung für die Raumfahrt und Forschung im Weltraum sind Schlüssel zu Innovationen, die auch unmittelbar für das Leben auf der Erde vielfältige neue Perspektiven eröffnen und unser Leben beeinflussen.

Satellitengestützte Anwendungen wie Erdbeobachtung, Kommunikation und Navigation werden immer wichtiger für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Beispielsweise sind ohne Erdbeobachtungssatelliten keine Wettervorhersage und auch kein Klima- oder Umweltmonitoring möglich. Auch in Krisenfällen

Autor: **Dr. Franziska Zeitler** leitet im DLR Raumfahrtmanagement die Abteilung „Innovation & Neue Märkte“. Im Rahmen der Initiative INNOspace, die in dieser Abteilung angesiedelt ist, war sie federführend bei der Konzeption und Umsetzung der Ausstellung „ALL.täglich!“.

Author: **Dr Franziska Zeitler** heads the 'Innovation & New Markets' department at DLR Space Administration. Concerning the INNOspace initiative of this department, she was in charge of the conception and the realisation of the ALL.täglich! exhibition.



Forming part of the DLR Space Administration's INNOspace initiative, ALL.täglich! provides information about the everyday significance of spaceflight, showing numerous examples and interactive exhibits. On the occasion of the federal government's open house event on August 29, the exhibition was opened at the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy by Brigitte Zypries, parliamentary undersecretary with the ministry and aerospace co-ordinator of the federal government, and by the director of the DLR Space Administration, Dr Gerd Gruppe. From September 4, 2015 to January 10, 2016, the exhibition will be shown at Deutsches Technikmuseum in Berlin. Afterwards, it will move to Haus der Wirtschaft in Stuttgart, where it will remain from mid-January to the beginning of April, 2016. Further stopovers on its three-year tour include Munich, Bremen, and Essen.

**Space technologies conquering our daily life**

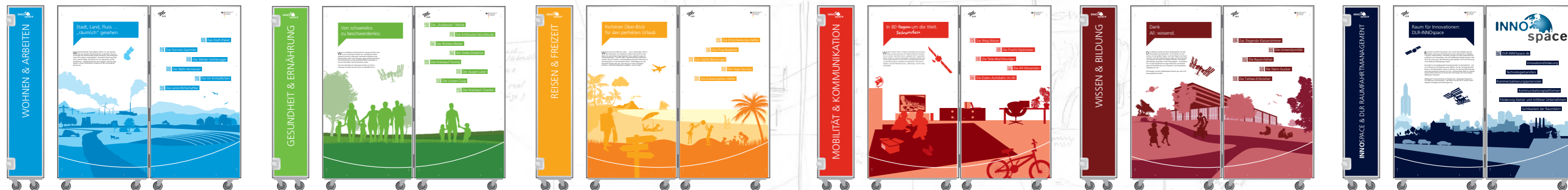
But what is the purpose of this exhibition? Many associate spaceflight with astronauts, the landing on the Moon, the International Space Station (ISS), or future missions to Mars. However, it is not absolutely necessary to fly as far as Mars to come in contact with ground-breaking results of space research or impressive achievements of space technology. Both space-technology related R&D and space-based research have delivered key innovations that open up a wide variety of new perspectives for life on Earth and influence our own life.

Satellite-based applications like Earth observation, communication, and navigation are becoming more important than ever for our society, economy, and environment. Without Earth-observation satellites, for example, neither accurate weather forecasts nor monitoring of climate and environmental monitoring would



**Brigitte Zypries, Parlamentarische Staatssekretärin im Bundeswirtschaftsministerium und Koordinatorin der Bundesregierung für die Luft- und Raumfahrt (Mitte), Dr. Gerd Gruppe, Vorstand des DLR-Raumfahrtmanagements sowie Projektleiterin Dr. Franziska Zeitler eröffneten am 29. August 2015 in Berlin die Ausstellung.**

Brigitte Zypries, Parliamentary Undersecretary of State at the Ministry for Economic Affairs and Energy and the Federal Government's aerospace coordinator (in the middle), Dr Gerd Gruppe, Director of the DLR Space Administration, and project manager Dr Franziska Zeitler opened the exhibition in Berlin on August 29, 2015.



wie bei Überschwemmungen oder Erdbeben liefern Daten und Bilder der Fernerkundung wichtige Informationen für die Lagebeurteilung und die Koordination von Einsatzkräften. Ein weiterer Service aus dem All ist die satellitenbasierte Navigation. Funktionierende Navigationsdienste sind entscheidend für reibungslose Abläufe im Straßen-, Schiffs- oder Flugverkehr und in der Logistikbranche. GPS und zukünftig auch das europäische Navigationssystem Galileo unterstützen die Optimierung von Flug- und Schiffsrouten. Dies können Besucher der Ausstellung mit dem Exponat des Digitalen Globus spielerisch erfahren.

Die zunehmende Digitalisierung und vernetzte Produktionsprozesse erfordern immer leistungsfähigere und schnellere Datentransfers. Die satellitenbasierte Kommunikation mittels Laser bietet hierfür eine innovative Lösung und die in Deutschland entwickelten Laserkommunikationsterminals ermöglichen eine Art „Hochgeschwindigkeits-Datenhighway“. Der Transfer von Daten oder die Kommunikation zwischen Menschen, die weit voneinander entfernt sind, nehmen somit immer häufiger einen „Umweg“ über das All.

Weltraumtechnologien und -wissen sind für Wirtschaftszweige und Anwendungen auf der

be possible. In crises like floods or earthquakes, moreover, remote-sensing data and images provide important information for assessing the situation and co-ordinating the deployment of relief forces. Functional navigation systems crucially ensure trouble-free transport by road, sea, or air as well as supporting the logistics sector. GPS and, in the future, the European navigation system Galileo will help to improve air and sea routes. To learn more about this in a playful manner, visitors of the exhibition are invited to experiment with the 'digital globe' exhibit.

Growing digitalisation and synchronised manufacturing processes demand increasingly efficient and speedy data transfers. One innovative solution is satellite-based communication by laser, in which laser communication terminals developed in Germany enable a kind of 'high-speed data highway'. Thus, more and more frequently, the transfer of data or communication between people that are far distant from each other take a 'detour' through space.

Space technologies and knowledge are increasingly important for industries and applications on Earth. If the first thing that comes to your mind here is the famous Teflon frying pan in this context, you are wrong. This is not a space product. Teflon was discovered in the 1930s by chemist Roy Plunkett, who researched into refrigerants for refrigerators. Yet the exploration of space and ISS-based microgravity research provide a multitude of options to transfer technologies into the health sector, for example. An X-ray satellite mission (ROSAT) spawned not one but several successful transfers, including a hand-held device which has already become standard in medical practice for identifying skin cancer at an early stage. Zerodur, again, is a material developed for the mirror frames of the ROSAT mission that is now used in the production of modern glass ceramics cooktop panels. Another technology transferred

**Kommunikation bestimmt unseren Alltag:** Weltweites Telefonieren wäre ohne Unterstützung aus dem Weltraum gar nicht möglich. Mit Sputnik begann 1957 die Ära der Satellitenkommunikation, mit INMARSAT-A startete 1982 das erste mobile Satellitentelefonsystem. Dank Iridium und Globalstar können wir seit 1998 weltweit mit dem Handy telefonieren.

Communication rules our everyday lives. World-wide phone calls would be impossible without help from space. It was Sputnik in 1957 that started the era of satellite communication. INMARSAT-A in 1982 launched the first satellite telephony system. Since 1998, thanks to Iridium and Globalstar, we have been able to call any part of the world using our mobile phones.

Erde von wachsender Bedeutung. Wer jetzt an die berühmte Teflon-Pfanne denkt, liegt falsch. Diese ist kein Raumfahrtprodukt. „Teflon“ wurde in den 1930-er Jahren von dem Chemiker Roy Plunkett entdeckt, der Kältemittel für Kühlschränke erforschte. Die Erforschung des Weltalls und die Forschung unter Weltraumbedingungen auf der ISS liefern hingegen eine Vielzahl von Transfers beispielsweise in den Gesundheitsbereich. Eine Mission mit einem Röntgen-Satelliten (ROSAT) ermöglichte gleich mehrere erfolgreiche Transfers, so ein Handgerät zur Früherkennung von Hautkrebs, das heute in Arztpraxen bereits standardmäßig eingesetzt wird. Für die Spiegelhalter der ROSAT-Mission wurde das Material Zerodur entwickelt, das für moderne Ceran-Kochfelder verwendet wird. Ein weiterer Technologietransfer aus der Raumfahrt, für viele heute alltäglich, ist die Gleitsichtbrille. Die Firma Zeiss entwickelte die Poliertechnik für Weltraumspiegel, die extrem glatt sein müssen, weiter und verfeinerte damit den Schliff der Gläser für individuell angepasste Gleitsichtbrillen. Der Galileo-Trainer, der für Astronauten auf der ISS konzipiert wurde, ist heute ein Trainingsgerät für Patienten

from space that is commonplace to many people today is that of varifocal spectacle lenses. Initially used to grind space mirrors, which need to be extremely smooth, the technology was further refined by the Zeiss Company and is now used in the grinding of lenses for personalised varifocal glasses. Moreover, the Galileo Trainer, initially conceived for use by astronauts on the ISS, today serves as an exercise machine for patients in rehabilitation or for children with a growth disturbance like brittle-bone disease.

**A touring exhibition packs its own suitcases**  
The 'ALL.täglich!' exhibition covers a total of 30 themes, showing more than 50 models and exhibits, some of them interactive, as well as around 100 explanatory films and animations. The exhibition presents its contents arranged into five themes or spheres of life: 'Habitation and Work', 'Health and Nutrition', 'Mobility and Communication', 'Travel and Leisure', and 'Knowledge and Education'.



**Herschel und Planck sind zwei europäische Weltraumteleskope, die mittlerweile nicht mehr in Betrieb sind. Sie haben fundamentale astronomische Fragen beantwortet: Wie sah die Frühphase unseres Universums aus? Wie entwickelte es sich in seinen heutigen Zustand? Wie wird die zukünftige Entwicklung aussehen?**

Herschel and Planck are two European space telescopes that are no longer operating. They have provided answers to a number of fundamental questions in astronomy: what did the early period of our universe look like? How did it evolve into what it is today? What will its future development look like?



**Reisen und Raumfahrt:** An einem digitalen Globus können die Besucher nachvollziehen, wie Satelliten uns helfen, an unser Ziel zu gelangen.

Travelling, assisted from space: this digital globe illustrates how satellites help us reach our destinations.





**Wohnen und Arbeiten:** In diesem Themengebiet erfahren die Besucher etwas darüber, warum man Roboterhände der menschlichen Hand nachbildet, wie man feinste Polyamid-Folien herstellt und warum der Mensch im Weltraum forschen muss, um auf der Erde besser zu leben.

Habitation and Work: in this thematic section, visitors find out why robotic hands have been developed to duplicate the human hand, how ultra-thin polyamide films are made, and why research in space is necessary in order to improve living conditions on Earth.

in der Rehabilitation oder für Kinder mit Wachstumsstörungen wie der Glasknochenkrankheit.

**Eine Ausstellung wandert in ihren eigenen Koffern**

Die Ausstellung ALL.täglich! zeigt insgesamt 30 Themen, über 50 Modelle und teilweise interaktive Exponate sowie rund 100 Erklär-Filme und Animationen. Die Expo-Inhalte werden in fünf Themen- beziehungsweise Lebensbereichen vorgestellt: „Wohnen und Arbeiten“, „Gesundheit und Ernährung“, „Mobilität und Kommunikation“, „Reisen und Freizeit“ sowie „Wissen und Bildung“.

ALL.täglich! ist eine Wanderausstellung und stellt als solche besondere Anforderungen: flexibel und robust, dennoch leicht zu transportieren, aber auch interaktiv und bei der medialen Umsetzung auf dem aktuellen Stand der Präsentationstechnik. Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, wurde die Idee einer „Ausstellung aus dem Koffer“ geboren, eine Ausstellung in sogenannten Cases, den mobilen Kästen aus dem Showbusiness. Die ALL.täglich!-Cases sind auch alltagstauglich konstruiert. Sie können variabel platziert werden, je nach den örtlichen Gegebenheiten „on Tour“, und ermöglichen ein geringes Transportvolumen mit sehr kurzen Bereitstellungs- und Aufbauzeiten. Gestaltungselemente der „Cases“ sind große Multitouchscreens, interaktive Installationen, Modelle und Weltraumexponate. Hierbei ist die Bedienung der großen Screens intuitiv – so wie es jeder vom Bildschirm seines Handys oder Tablets kennt: einfach antippen, wischen und ziehen.

Mit Hilfe von QR-Codes gibt es viele thematische Hintergrundinformationen.



Being a touring exposition, 'ALL.täglich!' has to meet unusual demands: flexible and robust, yet easy to transport, but also interactive, and up with the state of the art as far as its presentation media are concerned. To meet these demands, the idea of an 'exhibition out of a suitcase' was born, an exhibition stored in mobile boxes like those used for showbiz equipment. These 'ALL.täglich!' show cases are designed for everyday use. They may be set up in various ways, depending on local conditions and combine small transport volumes with very brief preparation and setup times. The cases contain large multi-touch screens, interactive installations, models and space exhibits. The big screens can be operated intuitively, the way everybody is familiar with from their mobile phones or tablets: simply touch, wipe, or drag. QR codes provide access to a great deal of background information on each subject.

**'ALL.täglich!' addresses both lay audience and experts**

Besides reaching out to the general public, the exhibition aims for the experts as well. Information and contents have been edited at various levels conforming to the state of knowledge and the expectations of the different groups of visitors. The first level aims at the general public and at 'interested laypersons'. It is dominated by illustrative visualisations of the everyday benefit of a given space technology as well as by examples from 'real life'. Most subjects are covered by brief animations or explanatory films. The core message gets across even to persons with a brief attention span: technology from space research does have benefits on Earth. Experts and visitors who are particularly interested may delve into scientific explanations and further information under 'insider knowledge'.

Beyond that, the exhibition focuses on young visitors, pupils, and students. 'ALL.täglich!' shows how the space research community reaches out to next-generation scientists, invites students to fly their own experiments on rockets, and what careers can be pursued on Earth that may lay the groundwork for further astronautic ventures like Alexander Gerst's Blue Dot Mission.



Mit dem Eye-Tracking Device wurden die Augenbewegungen der Astronauten auf der Internationalen Raumstation ISS verfolgt, um mehr über die sogenannte Raumkrankheit zu erfahren. Diese Technik wird auf der Erde mittlerweile bei Laseroperationen des Auges eingesetzt (links). Seit dem Start von TIROS, dem ersten Wettersatelliten überhaupt, im Jahr 1960, sind die Vorhersagen viel zuverlässiger geworden. Heute können die Experten zum Beispiel Niederschlag oder Temperaturen zu verschiedenen Tageszeiten über gut sieben bis zehn Tage hinweg vorhersagen (rechts).

This eye-tracking device was used to record the astronauts' eye movements on the International Space Station ISS to learn more about a condition called space sickness. This technology is now used on the ground to conduct laser eye surgery (left). Since the launch of TIROS, the first-ever weather satellite, in 1960, weather forecasts have become more and more reliable. Today, experts can predict precipitation and temperatures even for different times of the day, seven to ten days in advance (right).

**ALL.täglich! wendet sich an Laien und Experten**

Die Ausstellung möchte neben der breiten Öffentlichkeit auch Experten erreichen. Entsprechend dem Wissensstand und den Erwartungen der unterschiedlichen Besuchergruppen sind die Informationen und Inhalte auf verschiedenen Ebenen aufbereitet. Die erste Ebene zielt auf die allgemeine Öffentlichkeit und „interessierte Laien“: Hier dominieren eine anschauliche Visualisierung des Alltagsnutzens einer Raumfahrttechnologie und Beispiele aus dem „richtigen Leben“. Zu den meisten Themen gibt es kurze Animationen oder Erklär-Filme. Auch mit einer kurzen Aufmerksamkeitsspanne wird die Kernbotschaft transportiert: Technik aus der Raumfahrtforschung hat einen Nutzen auf der Erde. Fachleute und besonders interessierte Besucher können sich beim „Insider-Wissen“ in wissenschaftliche Erklärungen und weiterführende Informationen vertiefen.

Darüber hinaus hat die Ausstellung junge Besucherinnen und Besucher, Schüler und Studenten im Fokus. ALL.täglich! zeigt, wie Raumfahrt-Forschung im wahrsten Sinne des Wortes „Schule macht“, Studentensexperimente an Bord von Raketen bringt und welche Berufe auf der Erde eine Astronauten-Mission wie „Blue Dot“ von Alexander Gerst erst ermöglichen.

„Für die Erde ins All“ – dies ist auch das Motto der Raumfahrtstrategie der Bundesregierung. Die INNOspaceEXPO hat dieses Leitmotiv aufgegriffen und will erfolgreiche Beispiele dazu in der Öffentlichkeit bekannt machen.

Weiterführende Links:  
s.dlr.de/rpc6  
s.dlr.de/6f7u



'For Earth into Space' is the motto of the federal government's space strategy. Having picked up on this leitmotiv, INNOspace-EXPO aims to showcase a range of successful examples.

For further information, visit  
s.dlr.de/rpc6  
s.dlr.de/6f7u



# 60.000 Besucher beim Tag der Luft- und Raumfahrt 2015

Begeisterung bei Groß und Klein: Am 20. September 2015 öffnete das DLR an seinem Hauptsitz in Köln von 10 bis 18 Uhr seine Pforten. Zum Tag der Luft- und Raumfahrt kamen mehr als 60.000 Besucher (1), um mehr über Luft- und Raumfahrt-, Energie-, Verkehrs- und Sicherheitsforschung zu erfahren. Über 700 DLR-Mitarbeiter (2) standen an den Exponaten Rede und Antwort auf Fragen der wissensdurstigen Gäste. Auch die neue DLR-Vorstandsvorsitzende, Frau Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund (3), hat sich gemeinsam mit dem deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst über den großen Besucheranstrom gefreut. Die DLR-Forschungsflugzeuge ATRA, Falcon, Cesna und HALO sowie das Parabelflugzeug Airbus A310 ZERO-G wollten viele Besucher auch einmal von innen sehen. Im A310 ZERO-G haben DLR-Mitarbeiter ihnen erklärt, wie es sich anfühlt, schwerelos über den Matten der 100 Quadratmeter großen Experimentierfläche (4) zu schweben und dabei auch noch an wissenschaftlichen Experimenten zu forschen.

# 60.000 Visitors at the German Aerospace Day 2015

Fun for people of all ages: on September 20, 2015, from 10 a.m. until 6 p.m., DLR's headquarters in Cologne opened its doors to the public. More than 60,000 visitors (1) came to attend the German Aerospace Day, to learn more about aerospace, energy, transport, and security research. Over 700 DLR staff members (2) were on site, attending to enquiries from curious visitors. DLR's new Director Professor Dr Pascale Ehrenfreund (3) and German ESA astronaut Alexander Gerst were delighted about the huge crowd. Visitors took great interest in taking a look inside DLR's research aircraft ATRA, Falcon, Cesna, and HALO as well as the parabolic-flight aircraft, Airbus A310 ZERO-G. Inside the Airbus A310 ZERO-G, DLR staff members explained how it feels to float weightlessly across the soft flooring of the aircraft's 100-square-metre experiment area (4) while at the same time conducting scientific experiments.



© DLR

© DLR

© DLR

© DLR

© DLR

# Ein Jahr am Kometen

Rosetta lüftet erste Geheimnisse von 67/P Churyumov-Gerasimenko

Von Dietmar Friedrichs

Seit Anfang August 2014 umkreist die europäische Kometensonde Rosetta nun schon den Kern des Kometen 67/P Churyumov-Gerasimenko. Schnell nach ihrer Ankunft war klar, dass die Vorstellungen, die Wissenschaftler bisher über Kometen hegten, zumindest teilweise revidiert werden müssen. Die schroffen, felsartigen Strukturen und die eigenartige Form von 67/P haben selbst die Fachleute überrascht. Bisher ging man immer davon aus, dass Kometen eher weiche, schneeballartige Gebilde wären, die sich durch eine lose Zusammenballung von Eiskristallen und Staubkörnern gebildet haben. Die steilen Felswände und Geröllhalden auf 67/P deuten aber überwiegend auf sehr hartes Material hin – eines von vielen Geheimnissen, denen die Rosetta-Mission auf der Spur ist.

## One Year in Close Contact with the Comet

Rosetta Reveals First Secrets of 67/P Churyumov-Gerasimenko

By Dietmar Friedrichs

Since the beginning of August 2014, the European comet probe Rosetta is in orbit around the nucleus of comet 67/P Churyumov-Gerasimenko. Soon after its arrival, it became clear that the ideas which scientists used to have about comets needed to be revised, at least partially. Even experts were surprised at the jagged rocky structures and the odd shape of 67/P. So far, it had always been assumed that comets are rather soft, snowball-like entities formed by a loose agglomeration of ice crystals and dust grains. However, the precipitous rock walls and heaps of rubble on 67/P indicate the presence of mostly very hard material – one of many secrets which the Rosetta mission is investigating.

Der Rosetta-Komet 67/P Churyumov-Gerasimenko zeigt hohe Aktivität in Sonnennähe. Die vom ausströmenden Gas mitgeführten Staubpartikel bilden strahlenförmige Lichtschleier.

Rosetta's comet 67/P displaying high cometary activity close to the Sun. Dust particles carried in the escaping gas enshroud it in a corona-like halo.



Autor: **Dietmar Friedrichs** gehört zum Rosetta-Projektteam des DLR Raumfahrtmanagements – dem Bindeglied zwischen ESA, Wissenschaft und Industrie. Er begleitet die Mission seit zehn Jahren und hat bei der Landeveranstaltung in der Bonner Bundeskunsthalle am 12. November 2014 dem „Touchdown“ von Philae entgegengefeibert.

Author: **Dietmar Friedrichs** is a member of the DLR Space Administration's Rosetta project team, which acts as a link between ESA, the research community, and industry. He has been monitoring the mission for ten years and has eagerly awaited Philae's 'touchdown' during the landing event at Bonn's Bundeskunsthalle on November 12, 2014.

## Mehr „Gestein“ als Wassereis

Die inzwischen vorliegenden Messdaten zeigen, dass der Anteil an Wassereis vorher weit überschätzt wurde. Offenbar besteht das Kometenmaterial nur zu etwa 30 Prozent aus Wassereis und gefrorenen Gasen. Der überwiegende Teil sind gesteinsartige Bestandteile (Silikate). Die Bestimmung von Masse und Dichte des Kometenkerns legt nahe, dass das Material eine große Porosität aufweisen muss und im Inneren größere Hohlräume zu vermuten sind. Die Messungen des MUPUS-Instruments wiesen wiederum eine extreme Härte des Krustenmaterials nach, die auch stärkeren Hammerschlägen standhält. Anscheinend bildet sich in der zeitweise von der Sonne erwärmten Kruste ein mit Eis gebundenes, hartes Staubkonglomerat heraus, das unserem Beton auf der Erde gar nicht unähnlich ist und bei dem die Körner mit Eis statt Zement gebunden sind. Dieser Effekt wurde für hohe Silikatanteile auch bei Laborsimulationen am Boden beobachtet. Die Basis des Kometenmaterials scheinen feinste Staubpartikel zu bilden, in die gefrorene Gase und Wassereis eingebettet sind. In der Wärme der Sonne sublimiert das Eis und die Felsstrukturen zerfallen. Aus abgebrochenem Geröll werden steingroße Brocken und schließlich feiner Staub. Gebildet hat sich der Komet vermutlich durch langsame Anlagerung metergroßer Brocken – sogenannter Planetesimale. Darauf deuten die geschichteten Strukturen in den Felsflanken hin, die in Schattengebieten noch wenig von der Sonne umgeformt wurden.

## Ein Komet als Wasserträger?

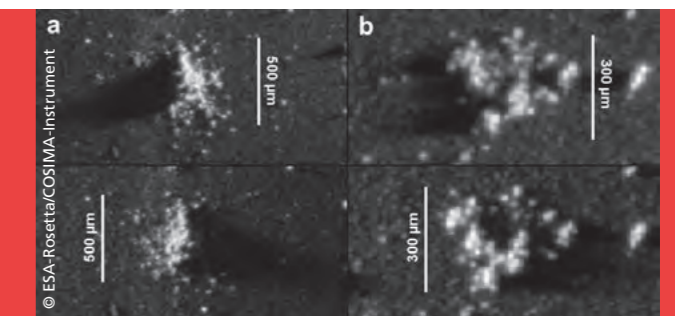
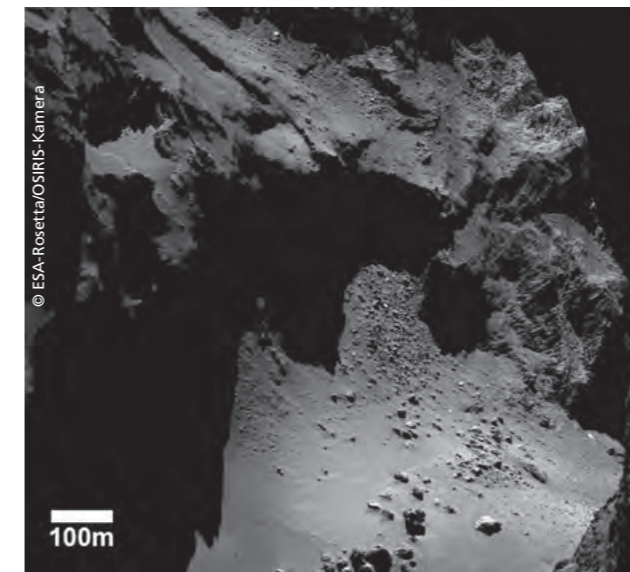
Die Wissenschaftler interessieren sich besonders für den Wasserdampf, der aus dem Kometen austritt. Bei den Forschungen zur Entstehung der Erde ist noch immer das Rätsel ungelöst, wie die

## More rock than water ice

The first measurements show that the proportion of water ice has been greatly overestimated. Apparently, the material of the comet consists of no more than 30 percent of water ice and frozen gas. For the most part, the comet consists of silicate material. Measurements of the mass and density of the comet's nucleus suggest that the material must be highly porous, and major cavities may be suspected in the body. On the other hand, the measurements of the MUPUS instrument proved that the material of the crust is extremely hard and able to withstand fairly powerful hammer blows. It appears that in those parts of the crust that are intermittently heated by the Sun, a hard conglomerate of dust bonded by ice has formed which is similar to terrestrial concrete, and in which grains are bonded by ice instead of cement. Basically, the material of the comet appears to consist of superfine particles of dust in which frozen gases and water ice are embedded. Exposed to the Sun's warmth, the ice sublimates, and the rock structures fall apart. Broken-off rubble turns into pebble-sized lumps and ultimately into fine dust. Probably, the comet was formed by slow agglomeration of metre-sized lumps, so-called planetesimals. This is indicated by layered structures in the rock flanks which, lying in shadow, were not much reshaped by the Sun.

## Comets as water carriers?

Scientists are particularly interested in the water vapour that emerges from the comet. Research into the origin of Earth still faces the unsolved question of how such large quantities of water reached our planet at one time. Might comets have brought water to our Earth? The Rosetta mission has refuelled

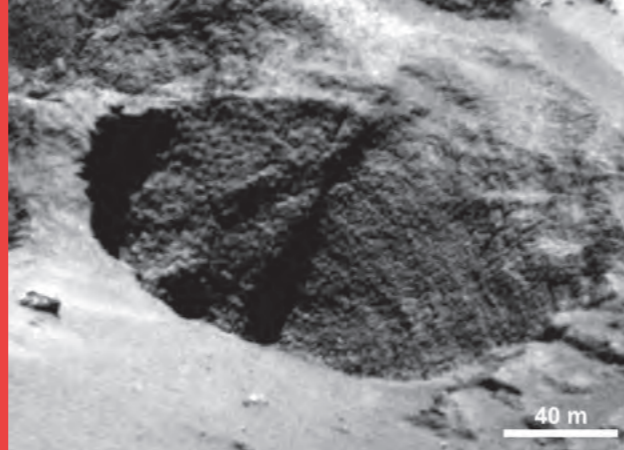


Felsgeröll in Hausgröße in der Hapi-Region des Kometen: In der Sonnenwärme erodiert das Material und zerfällt schließlich zu feinem Staub (linkes Bild). Winziges Staubkorn aufgefangen durch die Rosetta-Raumsonde unter dem Mikroskop: Auch dieses Staubkorn zerfällt mit der Zeit zu Mikropartikeln (oben).

A rubble field featuring house-sized rocks in the Hapi region: in the heat of the sun, large boulders decay to rubble and finally to dust. (left). A tiny speck of dust captured by the Rosetta space probe, viewed through a microscope: over time, this dust grain, too, will end up being reduced to microparticles (above).

„Gänsehaut“-Struktur an den Felswänden: An nach Einbrüchen der Oberfläche freigelegten Felsflanken zeigen sich geschichtete Strukturen die vermuten lassen, dass sich bei der Entstehung des Kometen nach und nach Brocken in Metergröße übereinander geschichtet haben.

Cometary 'goosebumps': structures exposed in a rock face show layers of material containing metre-sized lumps which suggest that, as the comet formed, layer upon layer of boulders settled down on top of each other.



© ESA-Rosetta/OSIRIS-Kamera

großen Wassermengen einst auf unseren Planeten gelangt sind. Könnten Kometen das Wasser auf unsere Erde gebracht haben? Die Rosetta-Mission hat diese Debatte wieder neu entfacht. Im Zentrum dieser Diskussion steht die Zusammensetzung des Wassers. Im darin enthaltenen Wasserstoff (H) hat stets das schwere Wasserstoffisotop Deuterium (D) einen geringen Anteil, der aber zwischen den Himmelskörpern im Sonnensystem teils deutlich variiert. Die Messungen des ROSINA-Instruments auf Rosetta ergaben im entweichenden Wasserdampf einen Deuterium-Anteil (D/H-Verhältnis), der deutlich höher als bei unserem Wasser auf der Erde liegt. Jedem D-Atom stehen auf dem Kometen etwa 2.000 H-Atome gegenüber – auf der Erde sind es circa 6.700. Insofern dürften Kometen wie 67/P als Wasserlieferanten für die junge Erde eher eine geringere Rolle gespielt haben. Die Teleskop-Beobachtungen anderer Kometen ergeben vereinzelt erdähnlichere Werte. Die Debatte um die Herkunft unseres Wassers bleibt daher weiter spannend.

#### Hat der Komet ein Magnetfeld?

Zur Untersuchung der Frage, welche Rolle Magnetfelder bei der Entstehung des Kometen in der Frühzeit unseres Sonnensystems gespielt haben, wurden entsprechende Messungen durchgeführt. Das ROMAP-Instrument an Bord der Landeeinheit Philae ermittelte dabei das Magnetfeld und seine Plasmaumgebung beim Abstieg und direkt auf der Oberfläche des Kometen, während auf der Raumsonde das Magnetometer RPC-MAG das Fernfeld erfasst. In der Nähe und an der Oberfläche des Kometen konnte nachgewiesen werden, dass der Kern von 67/P keine Eigenmagnetisierung hat. Vermutlich spielten daher bei der Entstehungsgeschichte des Kometen stärkere Magnetfelder keine Rolle. In seinem Umfeld wurde ein schwaches, oszillierendes Magnetfeld gemessen, das durch Wechselwirkung des Sonnenwindes mit den ionisierten Gasen der Kometen-Koma entsteht und bei starken Gas-Eruptionen weiter nach außen abgedrängt wird.

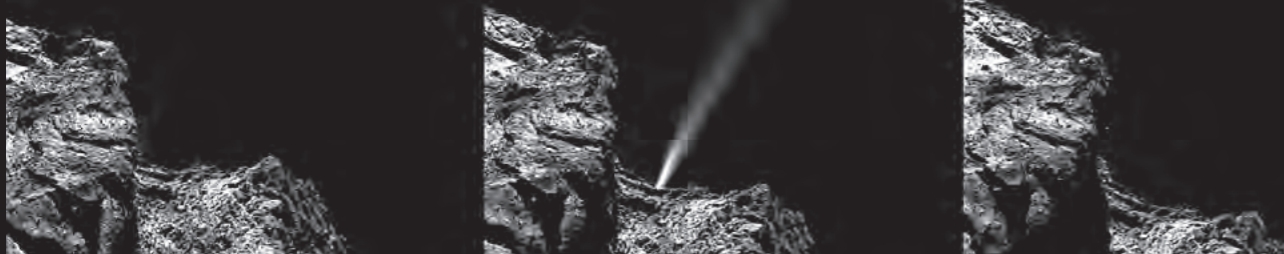
this debate, which revolves around the composition of the water. The hydrogen (H) which it contains always comprises a small fraction of deuterium (D), a heavy isotope of hydrogen. This fraction varies between solar system bodies, sometimes markedly. Measurements taken by the ROSINA instrument on Rosetta showed that the escaping water vapour contains a fraction of deuterium (D/H ratio) that is noticeably higher than in water on Earth. On the comet, each D atom faces about 2,000 H atoms, compared to 6,700 on Earth. This suggests that the part played by comets like 67/P in supplying the young Earth with water was not very important. Telescopic observations of other comets occasionally yield more Earth-like results. Therefore, the origin of our water remains an exciting open question.

#### Does the comet have a magnetic field?

An important question is, what part magnetic fields played in the history of the comet, when it was formed in the early age of our Solar System. Magnetic-field measurements were carried out with the ROMAP instrument on board the Philae lander, which investigated the magnetic field and its plasma environment during descent and directly on the surface of the comet. The RPC-MAG magnetometer on the space probe is still measuring the more distant field. Measurements close to the comet and on its surface definitely showed that the nucleus of 67/P has no inherent magnetisation. Therefore, it may be supposed that strong magnetic fields did not play a leading part in the formation process of the comet. Surrounding the comet, a weak, oscillating magnetic field was detected which is generated by the interaction of solar wind with the ionised gases of the comet's coma. It is pushed farther outward during strong eruptions of gas.

Gasausbruch vom 29. Juli 2015 beobachtet aus 200 Kilometern Entfernung: Nur jeweils 18 Minuten liegen zwischen den drei Kometenaufnahmen. Innerhalb von wenigen Minuten erfolgt eine starke Gas-Staub-Eruption und erlischt ebenso schnell. Das durch den Sonnenwind in der Gashülle des Kometen (Koma) induzierte Magnetfeld verschwindet während dieses Ausbruchs. Das ausströmende Neutralgas drückt offenbar das ionisierte Gas der Koma so weit weg vom Kometen, dass am Ort der Raumsonde kein Magnetfeld mehr messbar ist. Auch die Spurengaskonzentration steigt während dieses Ausbruchs im Umfeld der Raumsonde an. Das Gas aus der Tiefe enthält anscheinend mehr Spurengase.

A gas outburst on July 29, 2015, watched from a distance of 200 kilometres: the three pictures of the comet were taken at intervals of just 18 minutes. The mighty eruption of gas and dust lasts only a few minutes, disappearing as quickly as it began. The solar-wind induced magnetic field in the comet's gas atmosphere (coma) momentarily fades. Apparently, the discharge of neutral gas blows the ionised gas so far away from the comet that instruments on the space probe can no longer measure any magnetic field. Also, the concentration of trace gases in the vicinity of the space probe increases during the outburst. The gas escaping from the depths of the comet appears to contain more trace gases.



© ESA-Rosetta/OSIRIS-Kamera

#### Komet im Perihel – 67/P erwacht

Der Rosetta-Komet bewegt sich momentan im sonnennahen Abschnitt seiner Bahn. Am 13. August 2015 erreichte er den sonnennächsten Punkt (Perihel) mit immer noch mehr als 185 Millionen Kilometern Abstand zur Sonne. Zum Vergleich: Die Erde ist knapp 150 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt.

Mangels Tag-Nacht-Ausgleich durch eine Atmosphäre treten in dieser Zeit extreme Temperaturschwankungen auf. Mit einer Rotationsperiode von gut zwölf Stunden überschreitet die Oberflächentemperatur in der Sonnenphase stellenweise die Spitzenwerte der Sahara, um sechs Stunden später wiederum tiefer als alle Kälterekorde der Antarktis zu fallen. Entsprechend aktiv zeigt sich jetzt auch der gesamte Komet. Da seine Rotationsachse ähnlich wie die der Erde gegen die Bahnebene geneigt ist, gibt es jahreszeitliche Effekte auf der Kometenoberfläche. So lagen einzelne Gebiete in der von den Wissenschaftlern als Südhemisphäre bezeichneten Region über den Zeitraum der vergangenen fünf Jahre im Dauerschatten. Sahen sich diese bislang nur dem dunklen, kalten Weltraum gegenüber, so herrscht dort nun seit einigen Wochen der nur wenige Monate dauernde „Südsommer“ mit intensiver Sonneneinstrahlung. Nach fünf Jahren „Südpolarnacht“ lagern hier im tiefgekühlten Boden noch sehr viele leichtflüchtige Bestandteile, die jetzt mit Macht entweichen. Die nahe dem Perihel entstandenen Bilder zeigen daher besonders starke und auch kurzzeitige Eruptionen von Gas und Staub. Messungen des ROSINA-Instruments zum Zeitpunkt des Ausbruchs vom 29. Juli 2015 zeigten eine deutliche Konzentrationserhöhung von Spurengasen um den Faktor drei bis sieben, während die Wasserdampfkonzentration kaum anstieg.

Nahe der Sonne verliert der Komet sehr viel Material. Der pro Minute abgestoßene Staub würde drei große Baustellen-Lkws füllen. Die Menge an Wasser, die durch Sublimation in den Weltraum entweicht, könnte derzeit den Wasserbedarf einer deutschen Großstadt decken. Bei der Ankunft von Rosetta im Jahr 2014 entsprach die freigesetzte Wassermenge dagegen lediglich dem Durchfluss eines geöffneten Wasserhahns.

Die Raumsonde Rosetta wird ihre Messungen am Kometen noch bis September 2016 fortsetzen. Sie soll schließlich auf die Kometenoberfläche niedergehen und dort verbleiben.

#### Comet at perihelion – 67/P awakes

At present, the Rosetta comet is moving through the part of its orbit close to the Sun. On August 13, 2015, it reached the point closest to the Sun (perihelion), still at a distance of more than 185 million kilometres. To put that in perspective: the distance between the Earth and the Sun is somewhat less than 150 million kilometres.

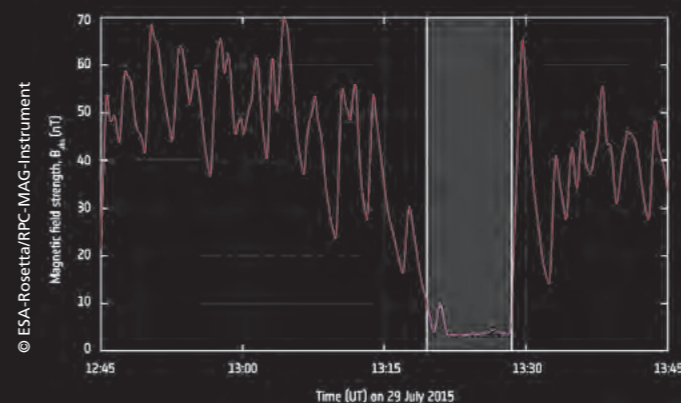
Extreme temperature fluctuations occur during that period because there is no atmosphere which would balance day and night. Since the comet rotates once in a little more than twelve hours, surface temperatures occasionally rise above the peaks reached in the Sahara during the insolation phase, only to drop below any record cold ever found in Antarctica six hours later. The entire comet is now accordingly active. As its spin axis, like that of Earth, is inclined to the ecliptic, seasonal effects occur on its surface. Thus, some areas in the region, which scientists refer to as the southern hemisphere, remained in permanent shadow during the last five years. All that could be seen from these areas was dark, cold space in that time. For some weeks now, however, these areas undergo their 'southern summer', which lasts only a few months, and is accompanied by intense solar irradiation. After five years of 'south polar night', the deep-frozen ground still harbours a great many highly volatile elements that are now escaping with force. Consequently, images taken near the perihelion show particularly powerful and sometimes brief eruptions of gas and dust. Measurements taken by the ROSINA instrument at the time of the eruption of July 29, 2015 show a marked increase in the concentration of trace gases by a factor of three to seven, whereas the concentration of water vapour hardly rose at all.

While close to the Sun, the comet loses a great deal of material. The amount of dust emitted per minute would fill three large tip trucks. The volume of water escaping into space by sublimation would be enough to cover the water consumption of a large German city (town). Yet when Rosetta arrived in 2014, the volume of water released was no greater than the flow from an open tap.

The Rosetta space probe will continue its measurements at the comet until September 2016, after which it will alight on the comet's surface and remain there.

RPC-MAG-Messung: Magnetfeld während des Ausbruchs

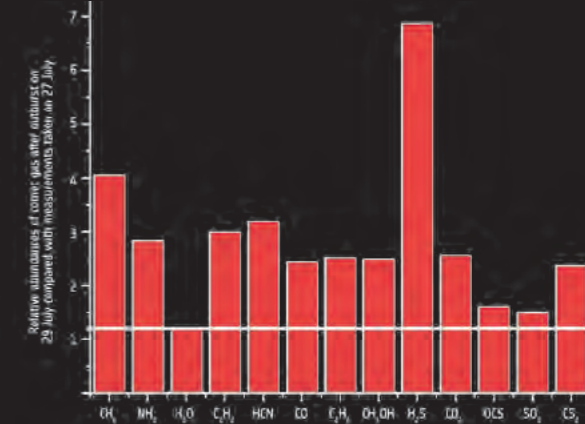
RPC-MAG measurement: magnetic field during outburst



© ESA-Rosetta/RPC-MAG-Instrument

ROSINA-Messung: relative Zunahme der Gaskomponenten

ROSINA measurement: relative increase of the gas components



© ESA-Rosetta/ROSINA-Instrument



## Photobioreaktor für die ISS

Lebenserhaltungssystem wird für den Weltraumeinsatz getestet

Von Norbert Henn und Dr. Stefan Belz

Bei zukünftigen Außenposten im All und Explorationsmissionen wird man auf verbesserte Lebenserhaltungssysteme angewiesen sein, die den Lebensraum – ähnlich einem terrestrischen Ökosystem – künstlich erzeugen und möglichst ohne Rohstoffnachschub auskommen. Da der Rohstoffnachschub auf dieser Reise durchs Weltall entfällt, müssen die in der Raumkapsel vorhandenen, lebenswichtigen Vorräte, zum Beispiel Sauerstoff- und Wasservorräte, aufbereitet werden. Dafür werden Lebenserhaltungssysteme eingesetzt, deren Kreisläufe möglichst geschlossen sein müssen. Das Advanced Closed Loop Life Support System (ACLS) der Europäischen Weltraumorganisation ESA wird ab Anfang 2018 auf der Internationalen Raumstation ISS getestet. An dieses Lebenserhaltungssystem wird ein neuartiger Algen-Photobioreaktor angeschlossen, der einen Teil des konzentrierten Kohlenstoffdioxids (CO<sub>2</sub>) über Photosynthese in Sauerstoff umwandelt. Das steigert den Geschlossenheitsgrad eines solchen Systems um weitere rund 20 Prozent.

### Photobioreaktor for the ISS

Life Support System to Be Tested for Space

By Norbert Henn and Dr Stefan Belz

Future outposts in space and exploratory missions will need to rely on improved life support systems, which artificially generate a living environment resembling a terrestrial ecosystem and should be as independent of raw-material supplies as possible. Exploratory missions to remote destinations require a way to recycle the vital on-board supplies of oxygen and water since it is impossible to obtain fresh raw materials on a journey through space. The solution will be life support systems, which work largely as a closed loop. From the beginning of 2018 onwards, an Advanced Closed Loop Life Support System (ACLS) owned by the European Space Agency (ESA) will be tested on the International Space Station (ISS). The system will feature an innovative algae-based photobioreactor to convert part of the concentrated carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) removed from the cabin atmosphere into oxygen by photosynthesis. In this configuration, the self-sufficiency level of the ACLS could be increased by about 20 percent.

Der Photobioreaktor PBR@ACLS wird im Jahr 2017 zur Internationalen Raumstation ISS aufbrechen. Dort angekommen, soll er die Effizienz und Geschlossenheit des europäischen Lebenserhaltungssystems ACLS steigern. Im Bild: ein Versuchsaufbau des Photobioreaktors an der Universität Stuttgart.

In 2017, the photobioreactor PBR@ACLS will head for the International Space Station ISS. Once it has arrived, it will serve to enhance the efficiency and self-sufficiency of the European life support system, ACLS. The picture shows the device in an experimental setup at Stuttgart University.



Autoren: **Norbert Henn** beschäftigt sich innerhalb der Abteilung Astronautische Raumfahrt, ISS und Exploration des DLR Raumfahrtmanagements zuletzt mit regenerativen Systemen für die Raumfahrt. Er leitet in Bonn das Projekt PBR@ACLS. **Dr. Stefan Belz** arbeitet am Institut für Raumfahrtsysteme der Universität Stuttgart an regenerativen Lebenserhaltungssystemen für die Raumfahrt mit synergetisch integrierten Photobioreaktoren.

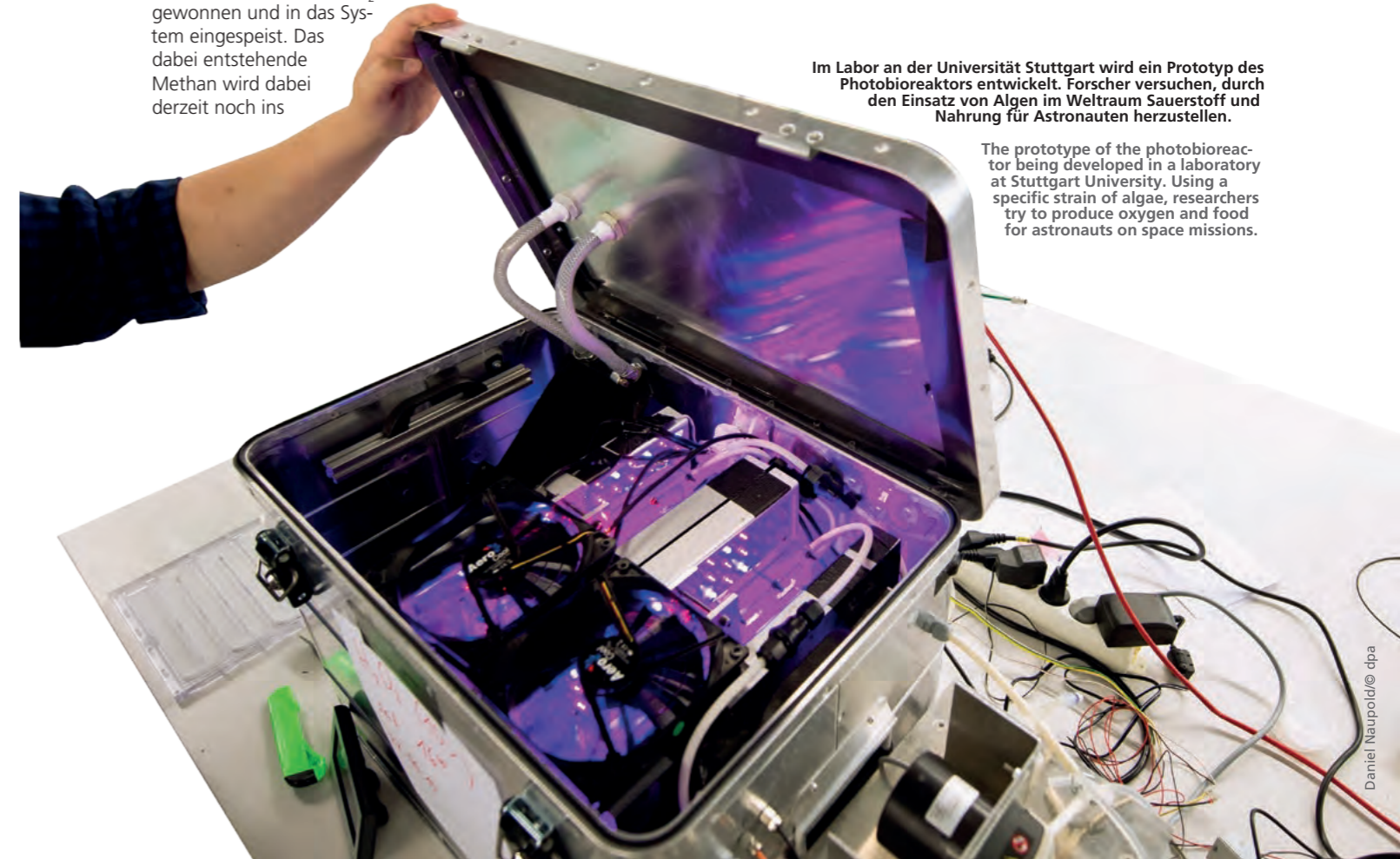
Authors: **Norbert Henn's** most recent job at the Astronautic Spaceflight, ISS and Exploration Unit of the DLR Space Administration has been to oversee the development of regenerative systems in space technology. In Bonn he heads the PBR@ACLS project. **Dr Stefan Belz** works at the Institute of Space Systems of Stuttgart University. His focus is on regenerative life support systems with synergetically integrated photobioreactors.

Entwickelt wird dieser Photobioreaktor am ACLS (PBR@ACLS) von Airbus Defence & Space im Auftrag des DLR. Auf der Basis der bisherigen langjährigen Zusammenarbeit auf diesem Gebiet mit der Universität Stuttgart liegt die wissenschaftliche Begleitung des Projekts beim dortigen Institut für Raumfahrtsysteme. Astronauten verbrauchen Sauerstoff und setzen CO<sub>2</sub> frei. Auf der Internationalen Raumstation ISS wird bislang Sauerstoff primär durch die Trennung (Elektrolyse) von Wasser gewonnen. Für diese Lösung werden regelmäßig größere Mengen Wasser zur ISS transportiert, da der Brauchwasseraufbereitungsprozess noch nicht vollständig umgesetzt ist. Wasser wird auf der Raumstation neben der Sauerstoffaufbereitung auch für Verzehr und Hygiene benötigt. Bei der Planung zukünftiger, längerer Missionen und zur Verringerung des Bedarfs werden Alternativen gesucht, denn Wasser ist – nach dem heutigen Stand der Technik – zu 95 Prozent wiederverwertbar. Auf der ISS soll ein Lebenserhaltungssystem ab Anfang 2018 testweise in Ergänzung zu dem bestehenden russischen und amerikanischen System die Wiederaufbereitung lebenswichtiger Stoffe verbessern und gleichzeitig den Sauerstoffbedarf einer dreiköpfigen Crew decken. Im ACLS wird zusätzlich über die Sabatier-Reaktion Wasser aus konzentriertem CO<sub>2</sub> der Atemluft und dem überschüssigen Wasserstoff (H<sub>2</sub>) aus dem Elektrolyseprozess zurückgewonnen und in das System eingespeist. Das dabei entstehende Methan wird derzeit noch ins

This photobioreactor used on the ACLS (PBR@ACLS) is being developed by Airbus Defence & Space on behalf of DLR. Because of DLR's long-standing collaboration with Stuttgart University in this field, the project is scientifically overseen by the university's Institute of Space Systems. Astronauts consume oxygen and release CO<sub>2</sub>. On the International Space Station, oxygen has so far been primarily generated by splitting water into its components (electrolysis). To provide for this approach, relatively large quantities of fresh water are regularly flown to the ISS because its waste water recycling process is not yet fully operational. Besides generating oxygen, water is also needed on the space station for nutritional and hygiene purposes. In view of future long-range missions and to reduce the consumption of water in general, alternatives are wanted, because even with current technology, water is 95 percent recyclable. From the beginning of 2018, a life support system complementing the Russian and American systems on the ISS will be tested to improve the recycling of vital supplies while at the same time producing all the oxygen required by three crew members. In addition, the ACLS will make use of the Sabatier reaction to reconstitute water from concentrated CO<sub>2</sub> in the air and the surplus hydrogen (H<sub>2</sub>) produced by the electrolysis process, to be fed back into the system. The methane generated in the pro-

Im Labor an der Universität Stuttgart wird ein Prototyp des Photobioreaktors entwickelt. Forscher versuchen, durch den Einsatz von Algen im Weltraum Sauerstoff und Nahrung für Astronauten herzustellen.

The prototype of the photobioreactor being developed in a laboratory at Stuttgart University. Using a specific strain of algae, researchers try to produce oxygen and food for astronauts on space missions.



All abgelassen. Auf diese Weise kann die nicht unerhebliche Menge von circa 500 Kilogramm Wassertransport zur ISS pro Jahr eingespart und der Kreislauf deutlich stärker geschlossen werden. Da der Gütertransport zur Raumstation rund 27.000 Euro pro Kilogramm kostet, ließen sich so pro Jahr circa 13,5 Millionen Euro sparen – ein starkes Argument für moderne Lebenserhaltungssysteme.

#### Hybridsysteme – Paradebeispiel für geschlossene Kreisläufe

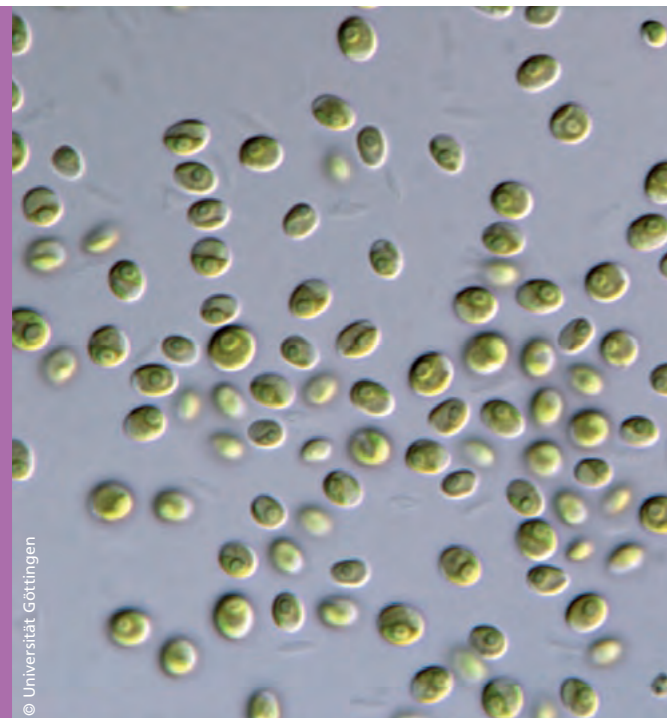
ACLs allein ist also schon sehr effizient. Koppelt man dieses chemisch-physikalische Lebenserhaltungssystem mit einem Photobioreaktor, wird der Kreislauf noch besser geschlossen und so eine noch höhere Effizienz erreicht. Genau dies geschieht erstmals im Technologieexperiment PBR@ACLs. Über eine flexible Verbindung wird der Algen-Photobioreaktor an die eigens am ACLs konstruierte Schnittstelle angeschlossen. Der Vorteil dieser Kopplung: Da ACLs nicht das gesamte anfallende Kohlenstoffdioxid in der Kabinenluft – immerhin circa 1.000 Kilogramm pro Jahr für eine Drei-Mann-Crew – mit Wasserstoff zu Wasser umsetzen kann, würden 50 Prozent dieses „Abfallprodukts“ der astronautischen Atmung in konzentrierter Form in den Welt-raum hinausgeblasen. Dem wirkt der angeschlossene Photobioreaktor entgegen, da er einen Großteil dieses Überschusses verarbeiten kann. Die Alge *Chlorella vulgaris* wandelt in mehreren Reaktoren dieses CO<sub>2</sub> mit Hilfe von Licht über Photosynthese in Biomasse und Sauerstoff um. Diese äußerst kleinen aquatischen Lebewesen im Inneren der Reaktoren bringen auf diese Weise wieder Frischluft in die Kabine, die den Astronauten zum Atmen zur Verfügung steht.

#### Algen auf außerirdischer Mission

Solche Algensysteme sind gegenüber größeren Pflanzen sehr viel effizienter, denn nur sehr wenige von ihnen erzeugen bereits viel Sauerstoff und verwertbare Biomasse. Daher muss die überschüssige Biomasse in regelmäßigen Abständen von einem Astronauten per Spritze abgesaugt werden. Gleichzeitig

Die einzellige Grünalge *Chlorella vulgaris* wandelt im Photobioreaktor CO<sub>2</sub> mit Hilfe von Licht über Photosynthese in Biomasse und Sauerstoff um. Diese äußerst kleinen aquatischen Lebewesen im Inneren der Reaktoren bringen auf diese Weise wieder Frischluft in die Kabine, die den Astronauten zum Atmen zur Verfügung steht.

Inside the photobioreactor, a type of single-cell algae, *Chlorella vulgaris*, uses light and the process of photosynthesis to convert CO<sub>2</sub> into biomass and oxygen. These extremely small aquatic organisms in the reactors produce fresh air for the cabin crew to breathe.



© Universität Göttingen

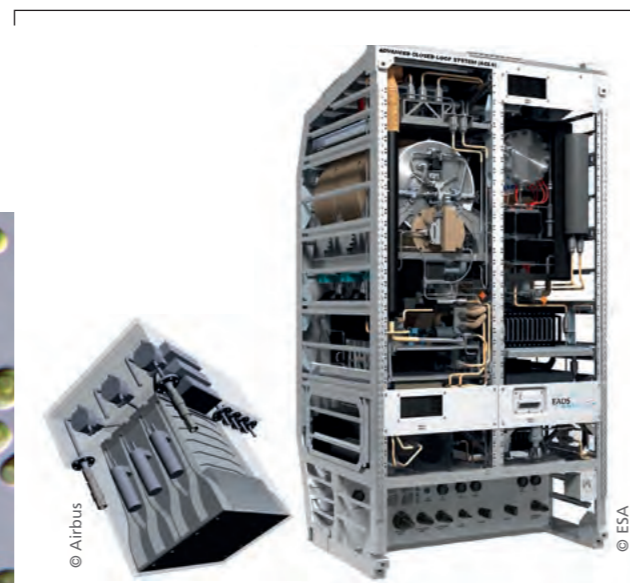
cess as a by-product will, at the current state of technology, be vented into space. This method will save the need for transporting the significant volume of about 500 kilograms of water to the ISS every year and close the life-support loop more tightly. As the transport of goods to the space station costs around 27,000 euros per kilogramme, some 13.5 million euros might be saved every year in this way – a powerful argument for modern life support systems.

#### Hybrid systems – a prime example of a closed loop

The ACLs on its own is already very efficient. If we couple this chemical-physical life support system to a photobioreactor, the loop will be closed even more tightly and efficiency will soar. This is exactly what the PBR@ACLs technology experiment will show. A flexible connection will link the algae photobioreactor to an interface on the ACLs specifically designed for the purpose. The advantage of this combination: since the ACLs is incapable of recovering the entire amount of carbon dioxide exhaled into the cabin air by a crew of three per year – no less than about 1,000 kilograms – and combine it with hydrogen to convert it into water, 50 percent of this 'waste product' of the astronauts' respiration would be blown into space in concentrated form. An integrated photobioreactor capable of processing a large part of this surplus will put an end to this waste. With the help of *Chlorella vulgaris* algae, the CO<sub>2</sub>, passing through several reactors, is converted into biomass and oxygen by photosynthesis. Living in the interior of the reactors, these extremely tiny aquatic organisms thus provide the cabin with fresh air for the astronauts to breathe.

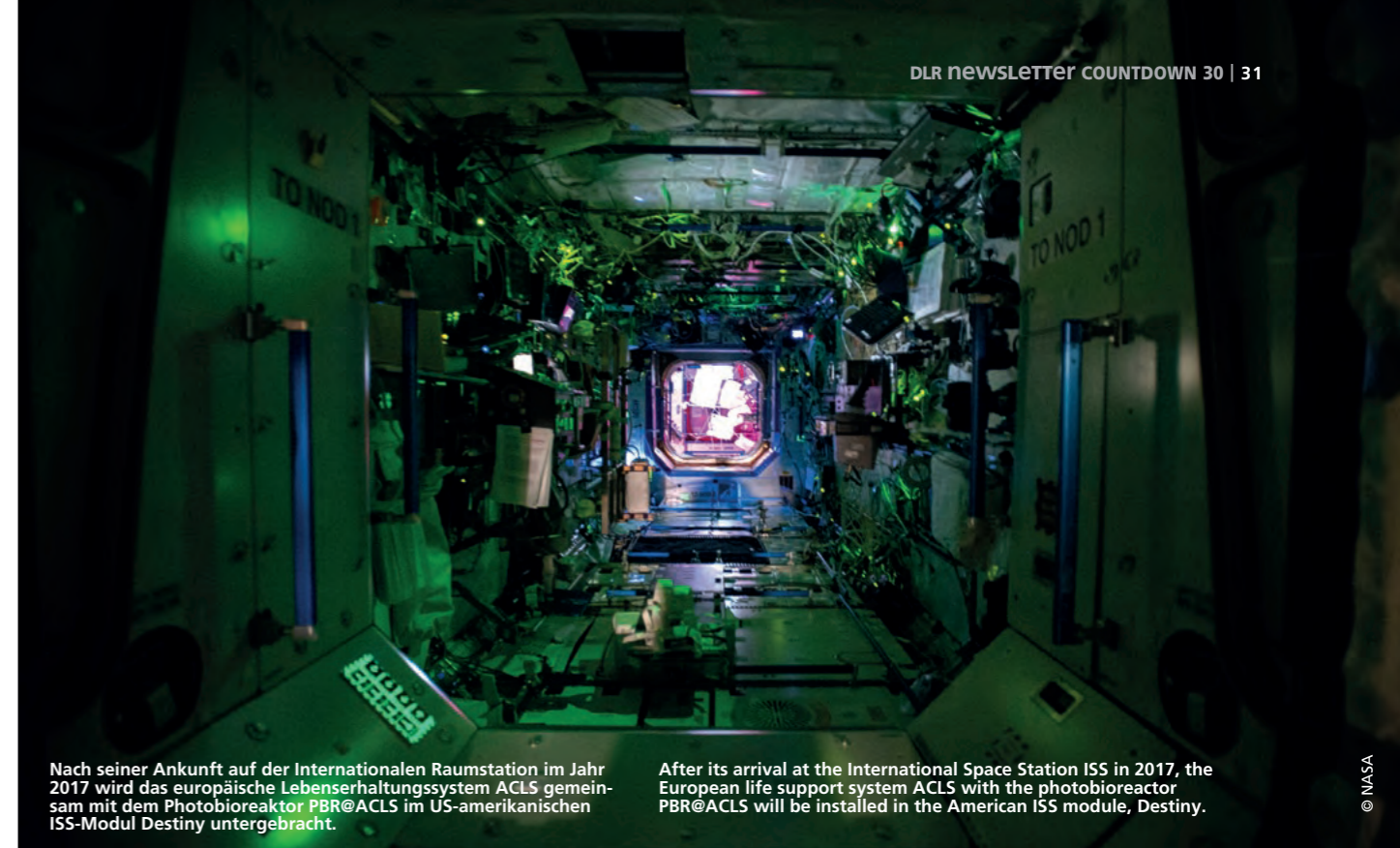
#### Algae on a space mission

Compared to higher-order plants, algae are highly efficient, since only a very few of them suffice to generate a large amount of oxygen and usable biomass. Consequently, the surplus biomass will have to be removed at regular intervals by an astronaut with a syringe. At the same time, the astronaut injects a



Der Photobioreaktor PBR@ACLs (links) wird gemeinsam mit dem europäischen Lebenserhaltungssystem ACLs (rechts) für Frischluft auf der Internationalen Raumstation sorgen.

Attached to the European ACLs life support system (right), the photobioreactor PBR@ACLs (left) will provide some more fresh air on the International Space Station.



Nach seiner Ankunft auf der Internationalen Raumstation im Jahr 2017 wird das europäische Lebenserhaltungssystem ACLs gemeinsam mit dem Photobioreaktor PBR@ACLs im US-amerikanischen ISS-Modul Destiny untergebracht.

After its arrival at the International Space Station ISS in 2017, the European life support system ACLs with the photobioreactor PBR@ACLs will be installed in the American ISS module, Destiny.

© NASA

wird eine Nährstofflösung hinzugefügt. Noch sind diese überschüssigen Algen ein Abfallprodukt. Die Möglichkeit der weiteren Verarbeitung der Biomasse wird im vorliegenden Experiment zwar nicht untersucht, wäre aber grundsätzlich möglich. Dann müssten auf Raumfahrtmissionen weniger Lebensmittel mitgeführt beziehungsweise nachgeliefert werden, was wiederum die Geschlossenheit und Nachhaltigkeit des Systems weiter erhöht. Circa 30 Prozent der Astronautennahrung könnten aufgrund des hohen Proteingehalts durch Algenbiomasse ersetzt werden. Die Blaualge Spirulina (Cyanobakterien) schmeckt zum Beispiel ziemlich salzig und könnte beispielsweise in Nudelteig verarbeitet werden. Gelingt es, die überschüssige Biomasse aus dem Photobioreaktor auf den Speiseplan der Astronauten zu bringen, dann wäre das System nahezu vollständig geschlossen – ein Meilenstein auf dem Weg zu einer bemannten Explorationsmission.

#### Start zur Raumstation

Doch bevor ein solches System Astronauten auf einer langen Weltraumreise mit frischem Wasser, Sauerstoff und Nahrung versorgt, muss es zuvor ausgiebig getestet werden. Das geschieht nun im US-amerikanischen ISS-Labor Destiny. Nach dem Vertragsabschluss zwischen dem DLR Raumfahrtmanagement und Airbus Defence & Space im März 2015 wird in Friedrichshafen mit Engagement am Photobioreaktor gearbeitet, unterstützt durch parallel laufende Untersuchungen an der Universität in Stuttgart. Er soll zeitgleich mit dem ACLs im letzten Quartal 2017 fertig sein. Während ACLs Ende 2017 mit dem japanischen Raumfrachter HTV zur ISS fliegen soll, folgt ihm kurze Zeit später der Photobioreaktor auf einer US-amerikanischen Dragon Cargo-Kapsel des privaten US-Unternehmens SpaceX. Der Betrieb beider Systeme zusammen ist für Anfang 2018 geplant. Dank der mehrjährigen Vorarbeit zusammen mit der Universität Stuttgart als jetzigem Unterauftragnehmer konnte der Bau des Experiments mit relativ kurzer Vorbereitungszeit gestartet werden.

Hybridsysteme wie der PBR@ACLs-Photobioreaktor helfen aber nicht nur dabei, Langzeitmissionen zu verwirklichen. Sie können auch die Nachhaltigkeit auf der Erde steigern, indem sie Ressourcen sparen und zurückgewinnen. Hier kann die Raumfahrt von unserem Ökosystem lernen und umgekehrt können Entwicklungen der Raumfahrt Techniken zum Erhalt des Lebensraums Erde liefern.

nutrient solution. For now, these surplus algae still are a waste product. The option of processing the biomass, though not investigated in the current experiment, would be feasible in principle. Space missions would have to carry or be supplied with less food which, in turn, would make for an even more closed and sustainable life support system. Because algae contain a great deal of protein, about 30 percent of the astronauts' food might be replaced by algae biomass. Spirulina, for instance, a kind of blue-green algae (cyanobacteria), has a rather salty taste and might, for example, be worked into pasta dough. If the surplus biomass from the photobioreactor could be successfully integrated into the crew's menu, the system would be almost entirely closed – a milestone on the way to exploratory human spaceflight missions.

#### Take-off for the space station

But a system like this obviously has to be tested extensively before it can be used to supply astronauts with fresh water, oxygen, and food on a long journey through space. This is what is now happening in the American Destiny laboratory on the ISS. Under an agreement between the DLR Space Administration and Airbus Defence & Space, signed in March 2015, the Friedrichshafen people are working hard on the photobioreactor, supported by parallel studies conducted by Stuttgart University. The reactor is hoped to be complete at the same time as the ACLs, in the last quarter of 2017. While the ACLs is scheduled to fly to the ISS on the Japanese HTV space freighter late in 2017, the photobioreactor will follow it shortly afterwards on a US Dragon cargo capsule of the private US company SpaceX. The combined systems are scheduled to go live at the beginning of 2018. Thanks to the preliminary work done over several years in cooperation with Stuttgart University, now officially subcontractor, the engineers were able to start building the experiment after only a relatively short preparatory phase.

However, hybrid systems like the PBR@ACLs photobioreactor are helpful not only in realising long-term missions. They can also help save and recover resources on Earth itself, thus leading to greater sustainability. Once again, space technology can learn from our ecosystem and, conversely, methods developed for space may be applied to preserve our home habitat.

# Laserkommunikation

**Daten rasen mit 1,8 Gigabit pro Sekunde Richtung Erde**

Von Ines Richter und Rolf Meyer

In unserer modernen Gesellschaft ist es wichtig, dass uns Informationen schnell und zuverlässig erreichen. Hierfür müssen immer größere Datenmengen in immer kürzeren Zeitspannen rund um den Globus geschickt werden. Satelliten haben einen wichtigen Anteil daran, diesen immensen Datenhunger zu stillen. Der europäische Kommunikationssatellit Alphasat I-XL zieht in 36.000 Kilometer Höhe seine Bahnen um die Erde, um die Satellitenkommunikationstechnologien weiter zu verbessern. Doch auch Alphasat braucht eine leistungsfähige Bodenstation auf der Erde, um seine hohen Datentransferraten zu erreichen. Im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagements hat die Firma TESAT Spacecom GmbH & Co. KG zusammen mit der Firma Synopta GmbH eine T-AOGS entwickelt – eine transportable optische Bodenstation für die Laserkommunikation. Mit ihrem Einsatz auf Teneriffa wurden erste erfolgreiche Übertragungsversuche mit 1,8 Gigabit pro Sekunde von Alphasat I-XL zur T-AOGS und zurück durchgeführt. Mittels dieser neuartigen Übertragungstechnologie sollen zukünftig sehr viel höhere Datentransferraten als bisher erreicht werden.

## Laser Communication

**Data Race towards Earth at 1.8 Gigabits per Second**

By Ines Richter and Rolf Meyer

In our modern society, it is important that information should reach us quickly and dependably. Ever-larger volumes of data have to be sent around the globe at ever-increasing speeds. Satellites play an important part in satisfying people's immense hunger for data. The European communications satellite Alphasat I-XL orbits the Earth at an altitude of 36,000 kilometres with the aim of making satellite communication technologies even better. Alphasat, however, needs a high-performance ground station on Earth in order to reach its high data transfer rate. On behalf of the DLR Space Administration, TESAT Spacecom GmbH & Co. KG have joined Synopta GmbH in developing a system called T-AOGS – a transportable adaptive optical ground station for laser communication. On Tenerife, it was put to a successful initial test in which data were transmitted at 1.8 gigabits per seconds from Alphasat I-XL to the T-AOGS and backwards. It is hoped that this innovative communication technology will permit increasing data transfer rates far beyond the level of today.



Autoren: **Ines Richter** leitet das T-AOGS-Projekt in der Abteilung Satellitenkommunikation im DLR Raumfahrtmanagement. Ihr Kollege **Rolf Meyer** ist Fachgruppenleiter für Laserkommunikation. Beide waren zusammen während der T-AOGS-Inbetriebnahme auf Teneriffa.

Authors: **Ines Richter** is responsible for the T-AOGS project at the Satellite Communication Unit of the DLR Space Administration. Her colleague **Rolf Meyer** is the head of the laser communication team. Both of them were present on Tenerife during commissioning of the T-AOGS.

### Hochgeschwindigkeits-Datentransfer dank Lichttechnologie

Jeder freut sich, wenn bei ihm zu Hause ein 16.000-T-DSL-Anschluss verfügbar ist. Hier können dann Datenübertragungsraten von 16 Megabit pro Sekunde erreicht und Filme und Videos relativ problemlos geladen werden. Die Übertragungsraten, die mit der T-AOGS erreicht wurde, ist allerdings 112 Mal höher als dieser schnellste DSL-Anschluss. Die neueste LTE-CAT-4-Technologie bei Mobiltelefonen liegt momentan bei 150 Megabit pro Sekunde. Auch hier erreichte die T-AOGS eine zwölf Mal höhere Datentransferrate. Doch wie können so große Datenmengen innerhalb dieser kurzen Zeitspanne übertragen werden? Mit einer verbesserten Lichttechnik.

### Optimaler Datentransfer dank Wellenkorrektur

Auf dem Weg aus dem geostationären Orbit in 36.000 Kilometer Höhe durch die Erdatmosphäre trifft der Lichtstrahl auf viele Hindernisse: Aufgrund seiner Wellenlänge wird er zum Beispiel durch Helligkeitsänderungen, die durch Unruhe in den Luftschichten – sogenannte Szintillationen – entstehen und weitere atmosphärische Einflüsse stark gestört – und zwar sehr viel mehr als die bisher für den Datentransfer verwendeten Mikrowellen. Um diesen Verlust auszugleichen, korrigiert eine adaptive Optik die Lichtwellen. Diese Wellenkorrektur rechnet die atmosphärischen Einflüsse auf den Laserstrahl heraus und korrigiert den Lichtstrahl, sodass eine optimale Datenübertragung möglich wird. In einer Vorkampagne wurde diese Technik, die auch seit mehreren Jahrzehnten in Weltraumteleskopen bei der Beobachtung von astronomischen Objekten zum Einsatz kommt, bereits erfolgreich getestet. Allerdings sind diese Systeme sehr groß. Bei der T-AOGS kommt eine miniaturisierte Variante zum Einsatz, die von der Firma Synopta entwickelt wurde. Hierbei sammelt das Teleskop der T-AOGS das Licht, das das Laser Communica-

### High-speed data transfer through light technology

Everyone is happy to have a 16,000-T-DSL connection in their home. Reaching data transfer rates of 16 megabits per second, it makes downloading films and videos a cinch. However, the Baud rate that was reached by T-AOGS is 112 times greater than that of the fastest DSL link. In mobile phones, the latest LTE-CAT-4 technology is able to handle 150 megabits per second. In comparison, the data transfer rate of T-AOGS is still twelve times higher. But how can data volumes of this size be communicated in so short a time? The answer lies in improved light technology.

### Optimum data transfer thanks to wave correction

Coming from a geostationary orbit at an altitude of 36,000 kilometres, a light beam encounters numerous obstacles on its way through the Earth's atmosphere. Thus, for example, its wave length makes it susceptible to massive interference by brightness changes caused by disturbances between layers of air, a.k.a. scintillation, as well as by other atmospheric influences – to a much greater extent than the microwaves hitherto used for data transfer purposes. To compensate such losses, light waves are corrected by an adaptive optical system. The process involves factoring out the atmospheric influences affecting the laser beam and correcting the beam of light to permit optimum data transfer. This technology, which has been used for several decades in space telescopes to observe astronomical objects, has already been tested successfully in a preliminary campaign. These systems are very large, though. T-AOGS, however, consists of a miniaturised variant developed by Synopta. The telescope of the T-AOGS collects the light transmitted by a laser communication terminal (LCT) from the satellite to Earth. Light waves that have been disturbed by optical turbulences are smoothed

Rund 13 Kilometer nordöstlich vom Gipfel des Pico del Teide auf dem Berg Izaña steht das Observatorio del Teide des Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) mit einer ESA-Bodenstation. Direkt daneben hat die mobile optische DLR-Bodenstation T-AOGS die Daten des Satelliten Alphasat I-XL empfangen.

The Observatorio del Teide operated by the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) is situated about 13 kilometres south east of the Pico del Teide, the peak of Mount Izaña, and is home to one of ESA's ground stations. Immediately next door, DLR's ground station T-AOGS has received data from the Alphasat I-XL satellite.

Der Container mit dem T-AOGS-Teleskop thront auf dem Berg Izaña. Ganz in der Nähe sind weitere astronomische Beobachtungsstationen zu erkennen.

The container that accommodates the T-AOGS telescope, sitting atop Mount Izaña. The picture shows a number of other astronomical observatories in the immediate neighbourhood.



tion Terminal (LCT) vom Satelliten zur Erde schickt. Die von der Atmosphäre durch optische Turbulenz gestörten Lichtwellen werden von einem verformbaren Spiegel geglättet und an eine hochauflösende Kamera als korrigierte Lichtwellen reflektiert. Dazu werden die von einem Wellenfrontsensor in Echtzeit gemessenen optischen Störungen in einem Echtzeitcomputer verarbeitet und in einer Regelschleife in entsprechende Signale für den deformierbaren Spiegel umgerechnet.

#### Licht statt Radiowellen –

##### Laser ermöglicht schnellere Datenübertragung

Laserkommunikation gab es bereits vor einigen Jahren, zum Beispiel zwischen dem Satelliten ARTEMIS und der optischen Bodenstation der europäischen Weltraumorganisation ESA auf Teneriffa. Das Neue an der T-AOGS-Technologie ist die hohe Datenrate von 1,8 Gigabit pro Sekunde über eine maximale Entfernung von bis zu 45.000 Kilometern, was mehr als der 30-fachen Datenrate im damaligen Projekt SILEX entspricht. An dieser Technologie der

out by a deformable mirror and reflected in the form of corrected light waves to a high-resolution camera. In the process, optical interferences measured in real time by a wavefront sensor are processed in a real-time computer and converted into signals for the deformable mirror in a control loop.

#### Light instead of radio waves – lasers permit faster data transfer

Laser communication has been around for some years between, for example, the ARTEMIS satellite and the optical ground station of the European Space Agency (ESA) on Tenerife. What is new about the T-AOGS technology is its high data rate of 1.8 gigabits per second across a maximum distance of 45,000 kilometres, which is more than 30 times the data rate achieved by the former SILEX project. This technology of laser communication between a geostationary orbit and Earth and back is of very great interest for the future transmission of steadily growing data volumes.

#### On the way towards a data highway

Even now, data recorded by low-flying Earth observation satellites can be sent to geostationary satellites by LCT. From there, the data are transmitted to a ground station. At present, this downlink to the ground uses high-frequency radio waves. However, engineers will face ever-greater challenges once they try to communicate exponentially growing data volumes between satellites and the ground. So far, they have been able to increase data transfer rates continuously by using higher radio frequencies and innovative electronic systems. Now, however, radio technology is reaching its physical limits. The number of radio frequencies is limited, and many are occupied already. It is hoped that these bottlenecks can be circumvented and larger data volumes transported in the future by switching from slowly oscillating radio waves to rapidly oscillating laser light. Another advantage of communication by light is that there is no need for the enormous effort involved in co-ordinating radio frequencies internationally.

In the future, it might also become possible for low-flying satellites to transmit data directly to a ground station by LCT. In this case, however, the time available for data transmission is shorter because a low-flying satellite is 'visible' to the ground station only a few times a day and only for about ten minutes at a time. Conversely, a geostationary satellite appears to stand still above a particular point on Earth, so that it is available at all times for communicating data to the ground station. The innovative laser communication technology used in this instance was developed in Germany by TESAT Spacecom on behalf of the DLR Space Administration, using funds from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. The T-AOGS transportable ground station might also play a part in realising this data highway in the future.

Laserkommunikation vom geostationären Orbit zur Erde und umgekehrt besteht ein sehr großes Interesse für die zukünftige Übertragung der immer größer werdenden Datenmengen.

#### Auf dem Weg zur Datenautobahn

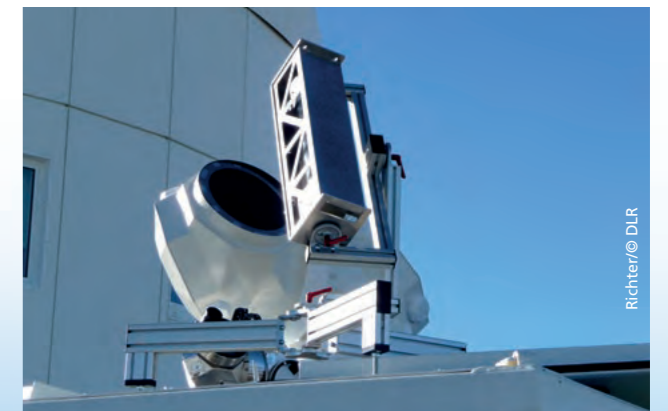
Bereits jetzt können die von niedrig fliegenden Erdbeobachtungssatelliten aufgezeichneten Daten per LCT zum geostationären Satelliten gesendet werden. Von dort werden die Daten dann zur Bodenstation geschickt. Derzeit wird dieser „Radiowellen-Downlink“ zum Boden über eine Hochfrequenz-Verbindung umgesetzt. Die Übertragung der gigantisch steigenden Datenmengen zwischen Satelliten und Erde stellt die Ingenieure allerdings vor immer größere Herausforderungen. Durch den Einsatz höherer Funkfrequenzen und neuer Elektroniksysteme konnten sie die Datenübertragungsrate zwar bislang kontinuierlich steigern. Doch die Funktechnik stößt hier an ihre physikalischen Grenzen. Die Funkfrequenzen sind limitiert und viele sind schon belegt. Mit dem Wechsel von langsam schwingenden Radiowellen zum schnell schwingenden Laserlicht sollen diese Engpässe umgangen und größere Datenmengen in Zukunft transportiert werden. Ein weiterer Vorteil der Kommunikation über Licht: Der enorme Koordinierungsaufwand, der bei Radiowellen über die internationale Frequenzkoordination läuft, entfällt.

Zukünftig könnte eine Übertragung der Satellitendaten per LCT auch direkt vom niedrig fliegenden Satelliten zur Bodenstation möglich sein. Hierbei reduziert sich jedoch die Zeit der Datenübertragung, da der niedrig fliegende Satellit nur etwa zehn Minuten wenige Male am Tag von der Bodenstation aus „gesehen“ werden kann. Im Gegensatz dazu „steht“ ein geostationärer Satellit fest über einem Punkt der Erde und ist somit jederzeit für die Datenübertragung zur Bodenstation verfügbar. Die hierbei genutzte neuartige Laserkommunikations-Technologie wurde in Deutschland von der Firma TESAT Spacecom ebenfalls im Auftrag des DLR Raumfahrtmanagements mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie entwickelt. Auch die transportable Bodenstation T-AOGS könnte bei der Verwirklichung dieser Datenautobahn in Zukunft eine Rolle spielen.



Kontrollzentrum im Container: In der mobilen T-AOGS-Bodenstation treffen die Daten von Alphasat I-XL ein. Die Experimentdaten können direkt vor Ort überprüft werden.

A control room in a container: Data from Alphasat I-XL arrive at the T-AOGS mobile ground station. Incoming experiment data can be immediately verified in situ.



Immer zum Ziel ausgerichtet: Der optische Kopf für den Empfangspfad (weißer Kopf im Vordergrund) der T-AOGS muss hochgenau mit dem optischen Kopf für den Sendepfad (grau im Hintergrund) justiert werden. Die Justiereinrichtung ist im Vordergrund zu sehen.

Always focused on its target: the optical head for the receiving path of T-AOGS (white head in the foreground) must be accurately aligned with that for the transmitting path (grey, background). Notice the adjusting device in the foreground.



Passt auf einen Lkw: Die mobile Bodenstation T-AOGS besteht aus zwei Containern. Der kleinere (hinten) mit dem Teleskop kann in dem größeren mit dem Kontrollzentrum verstaut werden. Hinter dem großen Container ist die optische Bodenstation der ESA zu sehen.

It all fits on the back of a truck: The mobile ground station T-AOGS consists of two containers. The smaller one that contains the telescope can be fitted inside the larger one normally used as a control room. Notice ESA's optical ground station visible behind the large container.

#### Treffsicher über große Distanz

Als der Schweizer Armbrustschütze Wilhelm Tell der Legende nach seinem Sohn einen Apfel vom Kopf schoss, traf er ein kleines, unbewegtes Ziel auf eine Distanz von 80 Schritten – eine Leistung, die in die Geschichte einging. Beim T-AOGS-Projekt muss der konzentrierte Laserstrahl des LCT bei einer Distanz von rund 45.000 Kilometern mit einer Genauigkeit von circa 200 Metern ausgerichtet und stabil gehalten werden. Bei den ersten Experimenten konnte die Ausrichtung des Laserstrahls vom Satelliten zur T-AOGS bereits nach zwei Sekunden erreicht werden.

#### Unerringly accurate across large distances

When, as legend has it, the Swiss crossbow man William Tell shot an apple from the head of his son, he hit a small, immobile target at a distance of 80 paces – an achievement that has gone down in history. In the T-AOGS project, the concentrated laser beam emitted by the LCT must be aimed and kept stable with a precision of about 200 metres across a maximum distance of around 45,000 kilometres. During the preliminary experiments, the laser beam emitted by the satellite was successfully brought into line with the T-AOGS after no more than two seconds.

Über den Wolken: Die mobile T-AOGS-Bodenstation steht in 2.390 Meter Höhe auf dem Berg Izaña. Dadurch können die LCT-Lichtsignale von Alphasat I-XL das Teleskop meist ungestört erreichen, da sich die Wolkendecke meistens unterhalb der Beobachtungsstation befindet.

Above the clouds: The portable T-AOGS ground station is located on Mount Izaña at a height of 2,390 metres. Light signals from Alphasat I-XL can mostly reach the telescope unimpeded because the cloud cover mostly remains below the level of the observatory.

# Beschützer der Erde

**DLR Grundschulwettbewerb – Gewinner der Kategorie „Wälder“: 10.000 Dominosteine für einen afrikanischen Regenwald**

*Von Sandra Spallek und der Klasse 4b der Sankt Antonius Schule, Wuppertal*

„Die Welt gehört in Kinderhände“, das hatte der deutsche Sänger Herbert Grönemeyer in dem Lied „Kinder an die Macht“ erkannt. Gerade von den jungen Bewohnern unseres Planeten geht eine große Kreativität aus, die so manchen Erwachsenen neidisch werden lässt. Genau deshalb ist eine der wichtigsten Fragen bei Kindern besonders gut aufgehoben: Wie können wir unsere Erde effektiv und nachhaltig schützen? Einfallsreiche Ideen waren nötig, um diese Frage zu beantworten und so den bundesweiten Wettbewerb „Beschützer der Erde“ zu gewinnen, den das DLR Raumfahrtmanagement im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zur ISS-Mission des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst ins Leben gerufen hat. Gerst hat sich während seiner Blue Dot-Mission auf der Internationalen Raumstation ISS auch für Bildungsarbeit eingesetzt. Als Pate des „Beschützer der Erde“-Wettbewerbs gingen bei ihm Bewerbungen von 90 Grundschulen ein. 69 dieser Ideen erfüllten alle Kriterien und wurden einer Jury vorgelegt. Ende Januar 2015 hat sie die Sieger in den Kategorien „Land“, „Flüsse und Seen“, „Ozeane“ und „Wälder“ ausgewählt, die am 20. März 2015 in Berlin von Alexander Gerst gekürt wurden. Wir stellen in einer Miniserie die Gewinner der vier Kategorien vor.

## Earth Guardian

**DLR Primary School Contest – Winners in the 'Forest' Category: 10,000 Dominoes to help the African Rain Forest**

*By Sandra Spallek and form 4b of Sankt Antonius Primary School in Wuppertal*

'The world belongs in the hands of children,' the German singer Herbert Grönemeyer rightly stated in his song 'Kinder an die Macht – Power to the children'. The young inhabitants of our planet leave many an adult baffled at their enormous creative potential. This is exactly why one of our most vital questions, How can we protect our Earth effectively and sustainably? is best placed in the hands of children. Creative ideas are needed to answer that question and to win the national 'Earth Guardian' contest that has been put in place by the DLR Space Administration at the request of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. ESA astronaut Alexander Gerst, too, took on various educational activities during his Blue Dot mission on the International Space Station ISS. In his role as patron of the 'Earth Guardian' contest, he received applications from 90 primary schools. 69 of these ideas fulfilled all criteria and were submitted to a jury. In late January 2015, the jury chose the winners in the categories 'Land', 'Rivers and Lakes', 'Oceans', and 'Forests', who were honoured by Alexander Gerst at an award ceremony in Berlin on March 20, 2015. In this mini-series, we introduce the winners in the four categories.



Autoren: Die Klasse 4b der Sankt Antonius Grundschule in Wuppertal hat den „Beschützer der Erde“-Wettbewerb des DLR Raumfahrtmanagements in der Kategorie „Wälder“ gewonnen und wurde vom deutschen Astronauten Alexander Gerst geehrt. Gemeinsam mit ihrer Lehrerin Sandra Spallek stellten die jungen „Beschützer der Erde“ ihr Projekt „10.000 Dominosteine für einen afrikanischen Regenwald“ vor.

Authors: Form 4b of the Sankt Antonius Primary School in Wuppertal are the winners in the 'Forest' category of the 'Earth Guardian' competition run by the DLR Space Administration. They received their prize from the German astronaut Alexander Gerst. Assisted by their teacher Sandra Spallek, the young 'Earth Guardians' presented their project entitled '10,000 Dominoes to help the African Rain Forest'.

## Der Wald als Sauerstoff- und Holzlieferant

Rund um Wuppertal gibt es viel Wald. Deshalb lag es für die Klasse 4b der Sankt Antonius Grundschule nahe, sich beim DLR-Grundschulwettbewerb „Beschützer der Erde“ für die Kategorie „Wald“ zu entscheiden. Der Wald ist sehr wichtig für den Sauerstoffgehalt und aus dem Rohstoff Holz können viele Möbel, wie Betten und Schreibtische gebaut werden, erklärt Medina. Zusammen mit ihren 24 Mitschülern sammelte sie zunächst Ideen für die Umsetzung eines „Waldprojekts“. Stefanie schlug zum Beispiel vor, den Wuppertaler Wald mit Infoschildern für die Besucher zu bestücken und Christos wollte Plastikmüll sammeln.

## Eine Schnitzeljagd durch den Forst

Um den Wald vor ihrer Haustür besser kennenzulernen, machten die Schüler insgesamt vier Exkursionen, jede mit einem anderen Schwerpunktthema. Förster Jan Frieg erklärte den Viertklässlern, wie der Wald aufgebaut ist, zeigte ihnen verschiedene Baum- und Pflanzenarten und deren Funktionen, erläuterte Gefahren für den Wald und informierte die Schüler über die Jagd.

Für eine Waldralley hatte der Förster sich eine Art „Schnitzeljagd“ überlegt und verschiedene Bäume bunt angesprüht, an denen die Schüler sich auf dem Weg zu unterschiedlichen „Waldstationen“ orientieren konnten. An den Waldstationen wurden zum Beispiel Baumarten bestimmt, Rätsel gelöst, Baumstämme gestapelt und Zielwerfen mit Zapfen geübt. Besonderer Höhepunkt: Die Schüler bargen gemeinsam einen Schatz. Die Klasse freute sich über die Baumanhänger, die im Schatz versteckt waren.

Der Förster erklärte ihnen auch, dass der tropische Regenwald durch die fortschreitende Rodung viel gefährdeter ist als der

## Forests provide oxygen and timber

The city of Wuppertal is surrounded by woodlands. That is why the category 'Forests' came as a natural choice to Form 4b of Sankt Antonius Primary School in DLR's Primary School Contest 'Earth Guardians'. Forests are very important for our atmosphere's oxygen levels, and wood is a raw material from which furniture like beds and desks can be built, Medina explains. She and her 24 classmates began by gathering practical ideas for the forest project. Stefanie, for instance, suggested putting up information panels for visitors, and Christos had the idea of going out to collect plastic waste.

## A treasure hunt in the woods

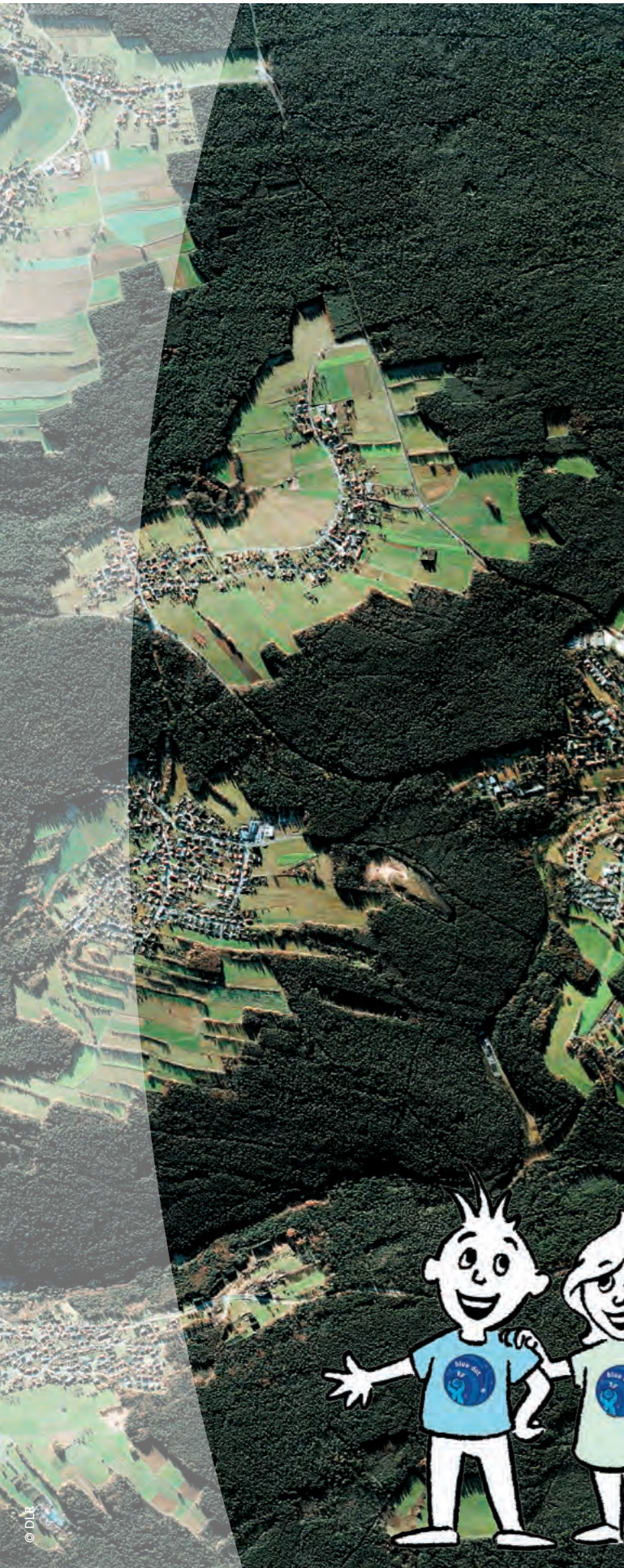
In order to get to know the forest on their own doorstep, the pupils went on four field trips, each focusing on a different topic. Forester Jan Frieg explained to the fourth-formers how the forest ecosystem is structured, showing them various species of trees and other plants and their functions. He told the pupils about the dangers threatening the forest and informed them about wildlife management and hunting.

For one of their expeditions, the forester had created a kind of paper chase, marking a number of trees in bright colours to guide the pupils along a trail of forestry-related clues. The tasks to be solved at the various stations included identifying tree species, solving riddles, stacking up logs and a competitive game of pinecone tossing. A special highlight for the pupils was working together to lift a hidden treasure. The form was very pleased about the tree-shaped pendants they found hidden inside the treasure chest.



Die Klasse 4b der Sankt Antonius Schule hat mit Hilfe einer großen Dominoaktion Spenden für ein Baumpflanzungsprojekt in Ghana gesammelt. 10.312 Dominosteine wurden aufgestellt und mehr als 2.000 Euro gespendet.

Helping to fund a tree planting project in Ghana: Form 4b of Sankt Antonius School staged an impressive 10,312-piece domino show which raised more than 2,000 euros.



Wuppertaler Wald. Das war der entscheidende Hinweis: Die 4b wollte statt des heimischen Waldes dem Regenwald helfen und Spenden sammeln, um dort Bäume zu pflanzen.

#### Dominosteine für einen guten Zweck

Doch wie konnten die Schüler die Wuppertaler Bevölkerung fürs Spenden begeistern? Aleyna und Pascal hatten die zündende Idee: Dominosteine! Mit denen lassen sich tolle Motive legen – warum also nicht auch Motive aus dem Wald? Das fand auch der Rest der Klasse gut. Im Unterricht haben alle gemeinsam an Motiven gearbeitet. So wurden im Matheunterricht maßstabsgetreue Pläne entwickelt und die Anzahl und die Farben der benötigten Steine berechnet. Am Ende hatten die Grundschüler zehn verschiedene Baumotive sowie die Schriftzüge „Regenwald“ und „Klasse 4b“ entwickelt und Probe gelegt.

Am 27. Oktober 2014 startete dann die große Spendenaktion mit dem Domino-Tag im „Haus der Jugend“ in Wuppertal: Jeder aufgestellte Stein brachte eine Spende von mindestens 10 Cent. Aus den Steinen bauten die Schüler ihre zuvor ausgewählten Motive auf. Die Resonanz war so groß, dass insgesamt 10.312 Dominosteine aufgebaut und zum Finale umgestoßen wurden und mehr als 2.000 Euro gespendet wurden.

#### Neue Patenschule in Ghana

Parallel zur Vorbereitung des Domino-Tags hatten die Schüler eine Partnerschule in Ghana gefunden, die das Spendengeld für die Pflanzung von Bäumen auf ihrem Schulgelände nutzen wollte.

Die jungen „Beschützer der Erde“ recherchierten dazu im Internet und entdeckten den Verein „Schulwälder für Westafrika“ e. V., der Grundschulen dabei unterstützt, Bäume auf Schulhöfen in Ghana zu pflanzen. Durch das Pflanzen und Pflegen der Bäume sollen die Schüler für die Bedeutung des Regenwaldes sensibilisiert werden und ein Umweltbewusstsein entwickeln. Hier stieß die Klasse 4b auf die Grundschule Bawjiase D/A Junior High School in der Stadt Bawjiase in Ghana. Es wurde Kontakt aufgenommen und von der Spendenaktion berichtet. Die Ghanaische Schule war direkt begeistert und die Patenschaft wurde tatsächlich Realität. Die Wuppertaler Viertklässler haben Brief-freundschaften mit den Schülern aus Ghana entwickelt, die auch über die Schule hinausgehen, berichtet Klassenlehrerin Sandra Spallek.

#### Eine Solarlampe für einen geretteten Baum

Die Patenschaft mit der Schule in Ghana wird übrigens weitergeführt, denn die jungen „Beschützer der Erde“ sind gespannt,

The forester went on to explain to them that the tropical rainforest is much more endangered than the forests around Wuppertal, due to ongoing deforestation. This piece of information was the vital spark for the project: instead of dealing with their local forest, Form 4b wanted to help the endangered rainforests by collecting donations to plant trees there.

#### Dominoes for donations

But how could the pupils get local residents excited about their fundraising project? Aleyna and Pascal had a brilliant idea: a domino show! Dominoes can be arranged into all sorts of shapes, so why not make a domino line showing forest motifs? The rest of the form agreed. During lessons, they all worked together to design the patterns. In maths class they drew blueprints, true to scale, and calculated the number of dominoes needed in various colours. Eventually, the primary school children had created domino lines of ten different tree motifs as well as the words “Rainforest” and “Form 4b”, and carried out a test run.

On October 27, 2014, the fundraising event called Domino Day was held at “Haus der Jugend”, a Wuppertal youth club. For every domino that was set up the students charged a donation of at least 10 cents. They set up the domino lines in the shape of their chosen motifs. With a total of 10,312 stones set up to topple in the grand finale, the domino show saw an enthusiastic response and fetched more than 2,000 Euros.

#### A new partner school in Ghana

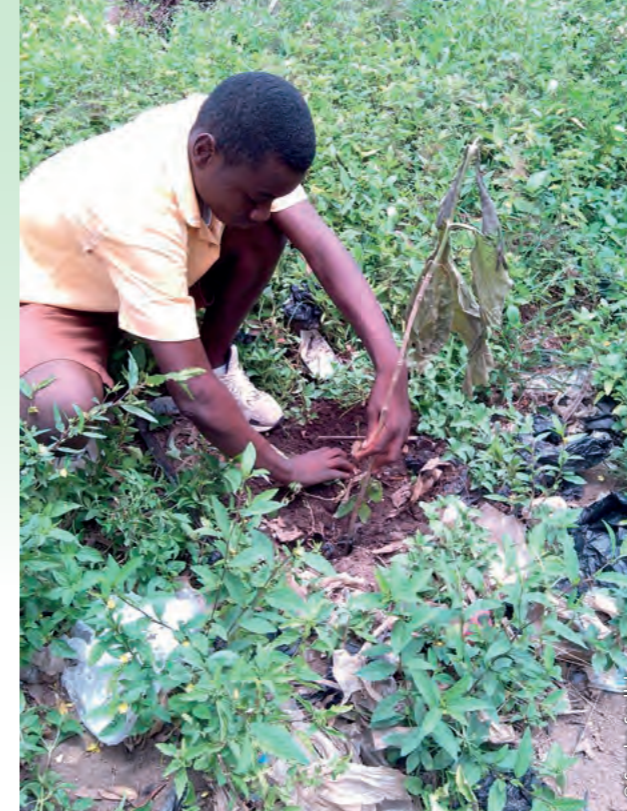
Alongside preparations for their Domino Day, the pupils had looked for a partner school in Ghana that would use the donated money to plant trees on their school premises.

By doing some online research, the young ‘Earth Guardians’ discovered an association called ‘School Forests for West Africa’, which supports primary schools in Ghana in planting trees on their playgrounds. By planting and tending to the trees, the local pupils get to learn about the importance of the rainforest and develop a greater environmental awareness. Through this organisation, Form 4b came across Bawjiase D/A Junior High School in the Ghanaian city of Bawjiase. They got in touch and told the school about their fundraising event. The Ghanaian school gave an immediate and enthusiastic response and thus the partnership became ‘a real thing’. Going beyond the scope of the initial project, the fourth-formers from Wuppertal have taken up pen friendships with the pupils from Ghana, form teacher Sandra Spallek told us.



Am Domino-Tag legten die Viertklässler mit Hilfe der bunten Dominosteine zehn verschiedene Baumotive sowie die Schriftzüge „Regenwald“ und „Klasse 4b“.

On the day of the domino event, the fourth-formers set up a domino track made up of ten different tree shapes as well as the letterings ‘Rainforest’ and ‘Form 4b’.



Die Schüler der Patenschule Bawjiase D/A Junior High School in Ghana pflanzten mit Hilfe der Spenden aus Deutschland die Bäume auf ihrem Schulgelände. Wenn die Viertklässler ein Jahr lang erfolgreich die Bäume gepflegt haben, können sie eine Kerosinlampe gegen eine Solarlampe eintauschen.

Pupils of Bawjiase D/A Junior High School planting trees on their school campus bought with the money from Germany. On condition that the saplings receive proper care during their first year, each child in the class can trade a kerosene lamp for a solar lamp.

wie die Bäume wachsen und das Projekt vorangeht. Die Klassen-sprecher Renée und David haben die anderen Klassen über das Projekt und die Patenschaft informiert. Denn wenn die „4b“ die Grundschule verlässt, wird sich eine andere Klasse um das Baumpflanzungsprojekt kümmern. Und weil so viel gespendet wurde, können nicht nur Bäume gepflanzt werden, sondern jeder der Viertklässler aus Ghana kann eine Kerosinlampe gegen eine Solarlampe tauschen. Aber erst, wenn die Klasse ein Jahr lang erfolgreich die Bäume gepflegt hat.

#### Was bleibt

Die Schüler wurden durch den „Beschützer der Erde“-Wettbewerb für Umwelt- und Nachhaltigkeitsthemen sensibilisiert und haben durch die Baumpflanzaktion in Ghana gemerkt, wie wichtig es ist, sich für den Wald und die Natur einzusetzen. Die Schüler achten darauf, dass sie kein Papier verschwenden und im Wald keinen Müll liegen lassen. Zudem haben sie ihre Familien dazu animiert, statt mit dem Auto die Schüler zu Fuß zur Schule zu bringen.

#### A solar lamp for each tree saved

The partnership with the school in Ghana continues as the young ‘Earth Guardians’ are excited to see the project advance and the trees grow. Class reps Renée and David have briefed junior forms about the project and the partnership as, once the kids of Form 4b move on to secondary school, another form will take over the tree-planting project. And since the sum of money raised for the project was quite substantial, it can go further than just sponsoring new trees. Every one of the fourth-formers in Ghana will get to exchange an old kerosene lamp for a solar lamp provided their class has successfully kept the trees alive for one year.

#### Change that lasts

The ‘Earth Guardian’ contest has taught the pupils to be more aware of environmental and sustainability issues. Through their tree-planting initiative, they realised how important it is to take a stand and protect forests and nature in general. The pupils take care not to waste paper or drop litter in the forest. Moreover, they have encouraged their families to walk them to school rather than driving.

„In der Rubrik mit den meisten Beiträgen, dem Thema ‚Wald‘, mangelte es nicht an wertvollen, kreativen und spannenden Beiträgen. Umso schwerer fiel es der Jury, die Entscheidung auf ein bzw. drei Projekte zu begrenzen. Bestachen viele Beiträge durch große Vielfalt und intensive Auseinandersetzung mit dem heimischen Wald, so konnte dennoch ein Projekt durch eine besondere Mischung auf sich aufmerksam machen und die Jury überzeugen. Mit Hilfe einer Spendenaktion für Dominosteine hat es die Klasse 4b der Sankt-Antonius-Schule in Wuppertal geschafft, eine großzügige Spende für ein Baumpflanzprojekt in einer Schule in Ghana zu sammeln. Neben der Spende für das Projekt sammelten die Schülerinnen und Schüler die Dominosteine für eine groß angelegte Domino-Show. Tausende von Steinen wurden zusammenhängend mit projektbezogenen Motiven aufgestellt und am Stichtag gemeinsam der erste Stein umgestoßen. Neben der inhaltlichen Auseinandersetzung mit dem Thema durch Führungen und Aktionen im heimischen Wald wurde durch die Idee der Dominosteine der vielfältigen Aspekte und Auswirkungen der Zerstörung von Wäldern Ausdruck verliehen. Gleichzeitig schaffte das Projekt eine starke Identifikation zwischen Thema und Klassengemeinschaft. Nicht zuletzt konnte auf diese Weise (TV-Beitrag im Lokalfernsehen) auch die öffentliche Aufmerksamkeit auf das Thema gelenkt werden“, begründet Caro Kraas vom Geographischen Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn die Entscheidung der Jury.

‘The Forest category was the one with the most entries, and there was no lack of valuable, creative, and inspiring projects. This made it difficult for the jury to narrow down their decision to one, or even a short-list of three projects. While many entries dealt with our own national forests, producing ideas of intriguing variety and intensity, there was one project that stuck out by offering a blend of various elements that finally convinced the jury. By launching a sponsoring event based on selling dominoes, Form 4b of the Sankt Antonius School in Wuppertal succeeded in collecting a generous sum to be donated to fund a tree-planting scheme in a school in Ghana. To raise the money, several thousand dominoes needed to be gathered and set up to form a single coherent domino track related to the theme of the project. On the day of the event, the pupils together toppled the first piece. Having extensively explored the subject matter on a series of guided field trips and events in the near-by woods, they found that the domino idea symbolised the many aspects and interrelated effects leading to the destruction of forests. The project created an intense identification of the entire form with the theme, while at the same time it received much public attention, not least thanks to local TV coverage”, said Caro Kraas from the Department of Geography of Bonn’s Rheinische Friedrich Wilhelms University to explain the jury’s decision.

# Wer hat Recht im Weltraum?

## Weltraumrecht – Idee und aktuelle Trends

*Dr. Bernhard Schmidt-Tedd befragte Prof. Stephan Hobe*

Der Weltraum – unendliche Weiten ... – und ein Raum, in dem, wie auf der Erde auch, für menschliche Aktivitäten bestimmte Regeln gelten. Denn das All ist kein rechtsfreier Raum. Im Gegenteil: Es gehört nach Auffassung der Vereinten Nationen (UN) zum „gemeinsamen Erbe der Menschheit“. Wengleich die Anzahl tatsächlicher Weltraum-Juristen weltweit mit rund 120 bis 150 Experten überschaubar ist, sind die Themenfelder alles andere als trivial. Grundlegende Fragen wie „Was ist überhaupt der Weltraum, wo beginnt er und wie darf er wissenschaftlich und zunehmend auch kommerziell genutzt werden?“ suchen ebenso Antworten wie spezifischere „Fälle“ – darunter das immer präsenter werdende Thema „Verkehrsregeln im All“ (Space Traffic Management). Prof. Stephan Hobe, Direktor des Instituts für Luft- und Weltraumrecht an der Universität zu Köln, erklärt Idee und Herausforderungen des Weltraumrechts.

## Who Is Right in Space?

### Space Law – Idea and Current Trends

*Dr Bernhard Schmidt-Tedd asked Prof. Stephan Hobe*

Space – the final frontier – is a place where, like on Earth, human activities must follow specific rules, for outer space is not a sphere outside the law. On the contrary: in the view of the United Nations (UN), it is part of the ‘common heritage of mankind’. Although the number of actual space jurists is not large at around 120 to 150 experts worldwide, legal issues around space are anything but trivial. Fundamental questions come to mind like, what is ‘outer space’ in the first place, where does it begin, and how may it be exploited for scientific and increasingly also commercial purposes? These questions need to be answered, as do some of the more specific issues, such as the increasingly important subject of space traffic management. Professor Stephan Hobe, Director of the Institute of Air and Space Law at Cologne University, explains the idea and the challenges of space law.

Eine der größten Herausforderungen des Weltraumrechts ist der Trend zur kommerziellen und an Gewinnen orientierten Nutzung der Raumfahrt. Insgesamt steigen die Aktivitäten privater Investoren – am stärksten im Transport. In den USA ist dieser Trend deutlich stärker ausgeprägt als in Europa oder Asien. Diese neuen „Player“ brauchen Lizenzen, um sich rechtssicher im Weltraum zu bewegen.

One of the greatest challenges in space law is the ongoing trend towards a commercial, profit-oriented exploitation of space. Activities of private-sector investors, especially in the area of space transport, are increasing everywhere. Clearly, this trend is more powerful in the USA than in Europe or Asia. To move legally in space, all these new ‘players’ require licences.



Autoren: **Dr. Bernhard Schmidt-Tedd** (links) ist im DLR Raumfahrtmanagement zuständig für die Rechtsangelegenheiten. Er hat **Prof. Stephan Hobe**, Direktor des Instituts für Luft- und Weltraumrecht und Inhaber des Lehrstuhls für Völkerrecht, Europarecht, Europäisches und Internationales Wirtschaftsrecht an der Universität zu Köln, zum Thema Weltraumrecht interviewt.

Authors: At the DLR Space Administration, **Dr Bernhard Schmidt-Tedd** (left) is responsible for legal affairs. He spoke to **Professor Stephan Hobe**, director of the Institute of Air and Space Law and tenured professor of International Law, European Law, and European and International Commercial Law at Cologne University.

### Was ist überhaupt Weltraumrecht?

Das Weltraumrecht ist in erster Linie Völkerrecht. Es basiert auf Verträgen, die zwischen Staaten oder Staaten und internationalen Organisationen geschlossen werden, und darüber hinaus vor allem auf Resolutionen und Konventionen der UN. In manchen Ländern gibt es auch nationale Gesetze und Verordnungen zum Weltraumrecht, zum Beispiel in den USA, Russland, Japan, Südafrika und mehreren europäischen Ländern. Dies liegt daran, dass die internationalen Verpflichtungen auf die nationale Ebene übertragen werden müssen, insbesondere auch gegenüber privaten Weltraumaktivitäten. In Deutschland gibt es seit 1990 das Raumfahrtaufgabenübertragungsgesetz, das das DLR mit der Planung und Durchführung der Raumfahrtprogramme und der Wahrnehmung deutscher Raumfahrtinteressen im internationalen Kontext – zum Beispiel gegenüber der ESA – beauftragt. Ein Spezialgesetz regelt die Sicherheit beim Vertrieb von Fernerkundungsdaten. Darüber hinaus gibt es einen Vorschlag für ein nationales Weltraumgesetz, in dem es tatsächlich stärker um Nutzungsfragen des Weltraums geht. Dieser Entwurf ist aber leider noch kein Gesetz.

### Was sind die wesentlichen Grundlagen des Weltraumrechts?

Das bis heute wichtigste Abkommen ist der Weltraumvertrag von 1967. Bis 1979 folgten mit dem Rettungsabkommen, der Haftungskonvention, dem Registrierungsabkommen und dem Mondvertrag vier weitere Verträge, die bis heute die Basis für

### What is space law?

Space law, first and foremost, is an area of international law. It is based on treaties concluded either between states or between states and international organisations. Beyond that, it is chiefly based on UN resolutions and conventions. Some countries have national laws and regulations that relate to space, such as the USA, Russia, Japan, South Africa, and several European countries. The reason for this is the need to transfer international obligations to the national level, particularly where private-sector space activities are concerned. In Germany, we have had a law regulating the delegation of space-related tasks since 1990, which commissions DLR to plan and implement Germany's space programmes and represent its space interests in an international context – vis-à-vis ESA, for example. There is a special law governing security safeguards in the sale of remote-sensing data. Beyond that, there is a proposal for a national space law which is more concerned with questions of actual space exploitation. Unfortunately, however, this draft has not become law yet.

### What are the essential foundations of space law?

The most important agreement to this day is the Outer Space Treaty of 1967. Until 1979, it was followed by the Rescue and Return Agreement, the Liability Convention, the Registration Agreement, and the Moon Agreement, four treaties that form the foundation of international co-operation in space to this day. The development of space law chiefly reflected technical pro-



In der Bibliothek des Instituts für Luft- und Weltraumrecht der Universität Köln empfängt Prof. Stephan Hobe viele Gäste – so auch Dr. Bernhard Schmidt-Tedd für das COUNTDOWN-Interview.

Professor Stephan Hobe meets many visitors in the library of the Institute of Air and Space Law of Cologne University. One of his recent visitors was Dr Bernhard Schmidt-Tedd, who conducted this COUNTDOWN interview.

die internationale Zusammenarbeit im All sind. Dabei entwickelte sich das Weltraumrecht vor allem analog zum technischen Fortschritt, von der Stationierung ziviler und militärischer Satelliten über die bemannte Raumfahrt bis hin zu Fragen der Schadenshaftung und der Nutzung von Ressourcen. Hintergrund ist, dass mit dem Start des ersten Satelliten (Sputnik) 1957 die Frage der Nutzung des Weltraums durch den Menschen konkreter wurde. 1959 richteten die UN einen Ausschuss für die friedliche Nutzung des Weltraums ein (COPUOS), der bis heute ein zentrales Gremium zur Vorbereitung von Weltraumrechts-Abkommen ist. Entscheidend für die praktische Arbeit sind aber die Ratifizierungszahlen: Der Weltraumvertrag wurde von 103 Staaten, das Rettungsabkommen von 94, das Haftungsabkommen von 92 und das Registrierungsabkommen von 62 Staaten ratifiziert, der Mondvertrag – wo es insbesondere um die Frage der Ressourcennutzung geht – hingegen „nur“ von 16 Staaten. Diese Zahlen spiegeln die Akzeptanz der Abkommen in der Staatengemeinschaft wider. Im UN-Weltraumausschuss gilt das Konsensprinzip, das heißt, jede Änderung oder Rechtsentwicklung muss ohne eine Gegenstimme beschlossen werden. Man muss auch wissen, dass tatsächlich nur rund die Hälfte der 193 UN-Mitgliedsstaaten überhaupt in irgendeiner Form an Weltraumaktivitäten beteiligt sind. Grundtenor ist, dass möglichst viele Länder von den Vorteilen der friedlichen Nutzung des Weltraums profitieren sollen. Das konkurriert aber mit den Interessen der Staaten, die Investitionen im All getätigt haben und hierfür – gerade mit Blick auf die kommerzielle Nutzung – eine Art Gegenleistung erwarten.

#### Wo liegen also die größten Herausforderungen für die nächsten Jahre?

Eine der größten Herausforderungen besteht wohl darin, dass es einen Trend gibt zu einer immer stärker kommerziell und an Gewinnen orientierten Nutzung – der sogenannte Weltraumtourismus ist hier nur die Spitze des Eisbergs. Man kann auch an andere Formen des Transports denken, zum Beispiel Fracht. Insgesamt steigen die Aktivitäten privater Investoren, in den USA zum Beispiel schon deutlich stärker als in Europa oder Asien. Diese neuen „Player“ brauchen Lizenzen, um sich rechtssicher im Weltraum zu bewegen. Zudem wird der Weltraum immer „voller“ – was passiert mit ausgedienten Satellitenteilen, wer ist für die Entsorgung des Weltraummülls zuständig? Bislang gibt es hier keine imperativen Verpflichtungen, passende Umweltschutzgesetze für den Weltraum müssen erarbeitet werden. Nicht zuletzt spielen hier auch versicherungsrechtliche Themen eine Rolle. Ein recht junges Forschungsfeld ist das „Space Traffic Management“, also die Frage nach Verkehrsregeln im All. Das umfasst Regeln für den Transport in, aus und durch den Weltraum. Es geht auch darum, wie rechtlich gesehen Kollisions- und Verschmutzungsgefahren vermieden werden können. Wenn wir hier als Deutsche oder auch im europäischen Kontext mit gutem Beispiel vorangehen und eigene Standards entwickeln und einhalten, halte ich das – trotz der Gefahr von Wettbewerbsnachteilen – für sinnvoll und vertretbar. Das ist ähnlich wie mit dem Emissionshandel in der Luftfahrt. So kann auch Verhandlungsdruck aufgebaut werden. Zudem halte ich es für wichtig, präventiv zu arbeiten und Regelwerke in der Schublade zu haben, bevor der Markt richtig loslegt.



gress, from the deployment of civilian and military satellites and human space flight to questions of liability for damages and the exploitation of resources. The background of all this is that from the launch of the first satellite (Sputnik) in 1957, the question of the exploitation of space by mankind assumed a more concrete shape. In 1959, the UN convened a Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS), which until today plays a key role in the preparation of space law agreements. In practice, however, what counts is the ratification numbers: the Outer Space Treaty was ratified by 103 states, the Rescue and Return Agreement by 94, the Liability Convention by 92, and the Registration Agreement by 62, while the Moon Agreement – which is particularly concerned with the question of resource exploitation – was ratified by no more than 16 states. These figures reflect the degree to which these agreements have been recognised by the global community of states. In the UN Space Committee, the principle of consensus applies, which means that any change or amendment to the law must be adopted without a single dissenting vote. It is also worth knowing that in actual fact only around half of the 193 member states are involved in space activities in any form whatsoever. The basic tenor is that as many countries as possible should benefit from the advantages of the peaceful utilisation of space. This, however, competes with the interests of those states who have invested in space and expect to be recompensed in some way for this, particularly where commercial exploitation is concerned.

#### So what will be the greatest challenges of the next few years?

One of the greatest challenges will probably be the trend towards an increasingly commercial and profit-oriented exploitation – what is called space tourism is only the tip of the iceberg in this case. Activities may include new forms of transport, such as freight. Private-sector space business is increasing across the board. In the USA, the commercial space sector is notably more extensive than in Europe or Asia. These new players need licences to ensure that their activities in space comply with the law. Moreover, space is getting increasingly crowded – what is to be done about worn-out satellite parts, who is responsible for disposing of space debris? So far, there are no imperative obligations in this respect, and laws tailored to environmental protection in space will yet have to be developed. Not least, legal issues relating to insurance play a part as well. One fairly young field of research is space traffic management, something like a highway code for space. This would cover rules for transport into, from, and through space. Another question is how collision and pollution hazards can be avoided from the legal point of view. I think it would be sensible and reasonable for us as Germans or even as Europeans to set a good example and develop and conform to standards of our own, despite the danger of competitive disadvantages. There is a similarity between this case and emissions trading in aviation. And it is a possible way of exerting pressure on negotiating partners. Moreover, I think it is important to take preventive action and have a body of draft codes ready in a drawer before the market really gets going.



Der „Vertrag über die Grundsätze zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper“ – kurz der Weltraumvertrag – ist bis heute das wichtigste Abkommen. Er wurde am 27. Januar 1967 auf Basis der Erklärung der Vereinten Nationen vom 13. Dezember 1963 zu den Rechtsgrundsätzen hinsichtlich der Tätigkeiten im Weltraum vereinbart. In Kraft trat der Vertrag, der von 98 Staaten unterzeichnet wurde, am 10. Oktober 1967 – für die Bundesrepublik Deutschland am 10. Februar 1971.

To this day, the 'Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies', or Outer Space Treaty for short, has been the most important agreement of its kind. It was adopted on January 27, 1967, on the basis of the United Nations Declaration of December 13, 1963, which sets out the legal principles pertaining to activities in outer space. Signed by 98 states, the Treaty entered into force on October 10, 1967 or, in the case of the Federal Republic of Germany, on February 10, 1971.

#### Das Institut für Luft- und Weltraumrecht der Universität zu Köln ist das weltweit älteste seiner Art und feiert 2015 seinen 90. Geburtstag. Was bedeutet das Jubiläum für Sie und Ihre Arbeit?

Das Kölner Institut hat eine lange Tradition. Es wurde ursprünglich 1925 von Prof. Otto Schreiber an der Universität Königsberg, die damals führend im Luftrecht war, gegründet. Der Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg erfolgte dann in Köln. Besonders hervorzuheben ist hier das lebenslange Engagement von Prof. Alex Meyer, einer Koryphäe des Luftfahrtrechts, der 1951 Leiter der neu gegründeten „Forschungsstelle für Luftrecht“ an der Universität zu Köln wurde. Diese wurde 1959 zum „Institut für Luftrecht und Weltraumrechtsfragen“. Seit 1975 firmiert das Institut unter dem Namen „Luft- und Weltraumrecht“. Heute sind wir mit dem Lehrstuhl für Völker- und Europarecht verbunden, haben rund 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und sind vor allem in der wissenschaftlichen Beratung tätig. Insofern sind wir auch in verschiedenen internationalen Gremien vertreten. Mit dem DLR besteht ein jahrzehntelanger Austausch über Rechtsprojekte zu Themen aus der Praxis. Seit 1951 geben wir die „Zeitschrift für Luft- und Weltraumrecht“ heraus und – wieder in sehr enger Kooperation mit dem DLR – seit 2009 auch unser Flaggschiffprojekt: den „Cologne Commentary on Space Law“, dessen dritter Band im Frühjahr 2015 erschienen ist. Daran sind weltweit 44 Autoren aus 20 Ländern beteiligt, ein einzigartiges Projekt. Solche Projekte tragen zur engen fachlichen Vernetzung in der doch überschaubaren Community der Weltraumrechtler bei und gleichzeitig zu einem gemeinsamen Grundverständnis. Die nächste Herausforderung ist, diesen Kommentar auch auf Russisch und Chinesisch zu übersetzen. Besonders wichtig ist mir darüber hinaus die UN-Thematik „Capacity Building“. Ich halte zum Beispiel regelmäßig Gastvorlesungen in China, Indien, Südafrika und bei anderen Partnereinrichtungen. „Gefeiert“ haben wir den runden Geburtstag unseres Kölner Instituts so, wie es sich für Wissenschaftler gehört – mit einem internationalen Symposium am 28. Mai 2015 in Köln.

#### The Institute of Air and Space Law of Cologne University is the oldest of its kind worldwide, celebrating its 90th birthday in 2015. What does the anniversary mean for you and your work?

The Cologne Institute has a long tradition. Originally, it was founded in 1925 by professor Otto Schreiber at the University of Königsberg, which at the time was leading in the field of air law. After World War II, it was reinstated in Cologne. What deserves particular mention in this context is the lifelong commitment of Professor Alex Meyer, an eminent authority in air law, who in 1951 was made director of the newly founded Air Law Research department at Cologne University. In 1959, the department became the Institute of Air and Space Law Matters. Since 1975, it has borne the name of an 'Air and Space Law Institute'. Today, we are amalgamated with the Chair of International and European Law, employ a workforce of around 20, and are mainly engaged in scientific consultation. We also serve on various international committees. With DLR, we have been consulting for decades about legal issues relating to practical projects. Since 1951, we have been publishing the 'Journal on Air and Space Law', and, since 2009, our flagship publication, the 'Cologne Commentary on Space Law', again in very close cooperation with DLR. The third volume of the commentary was published in spring 2015. Contributors include 44 authors from 22 countries. It is a unique project. It is endeavours of this kind that help build a closer expert network among the fairly small community of space jurists and contribute to a common fundamental understanding of the matter. The next challenges will be to have this commentary translated into Russian and Chinese. Another important concern of mine is capacity building, a topic dealt with at the UN level. Thus, for instance, I regularly give guest lectures in China, India, and South Africa as well as at partner institutes. We 'celebrated' the special birthday of our Cologne institute in an appropriately scholarly manner – by holding an international symposium in Cologne on May 28, 2015.

## Business Launch

Zwei Tage nach ihrem Amtsantritt besuchte die neue DLR-Vorstandsvorsitzende, Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund, den DLR-Standort Bonn. Andreas Wolke, Leiter Zentrale Aufgaben im DLR Raumfahrtmanagement, Dr. Gerd Gruppe, DLR-Vorstand zuständig für das Raumfahrtmanagement, Klaus Uckel, Leiter des DLR-Projektträgers, und Dr. Rolf Densing, Programmdirektor im DLR Raumfahrtmanagement haben Frau Ehrenfreund in Bonn empfangen.

Two days after taking on her new position as Chief Executive Officer of DLR, Professor Pascale Ehrenfreund visited DLR's site in Bonn. She was welcomed by Andreas Wolke, Head of General Management at the DLR Space Administration, Dr Gerd Gruppe, DLR Executive Board Member in charge of Space Administration, Klaus Uckel, Head of DLR Project Organisation, and Dr Rolf Densing, Programme Director at the DLR Space Administration.



Eröffneten am 15. September 2015 den ersten INNOspace Masters-Wettbewerb (von links): Dr. Gerd Gruppe, DLR-Vorstand für das Raumfahrtmanagement, Dr. Franziska Zeitler, Abteilungsleiterin Innovation und Neue Märkte beim DLR Raumfahrtmanagement, Thorsten Rudolph, Geschäftsführer der AZO GmbH, Ulrich Kübler, Abteilungsleiter Innovation bei Airbus Defence and Space, und Dr. Frank Zimmermann, Geschäftsführer der cesah GmbH.

Opening the first INNOspace Masters Competition on September 15, 2015 (from left): Dr Gerd Gruppe, DLR Executive Board Member for Space Administration, Dr Franziska Zeitler, Head of Innovation and New Markets at the DLR Space Administration, Thorsten Rudolph, Managing Director of AZO GmbH, Ulrich Kübler, Head of Innovation at Airbus Defence and Space, and Dr Frank Zimmermann, Managing Director of cesah GmbH.



Dr. Gerd Gruppe (l.) und Prof. Dr. Hansjörg Dittus, DLR-Vorstand für Raumfahrtforschung und -technologie (r.), haben auf der russischen Luft- und Raumfahrtausstellung MAKS am 26. August 2015 gemeinsam mit Sergei Valentinovich Savelev, stellvertretender Vorstand der russischen Raumfahrtbehörde Roskosmos, eine Vereinbarung zur Einrichtung deutsch-russischer Arbeitsgruppen in den Bereichen Erdbeobachtung und Robotik unterzeichnet.

On the occasion of the Russian space exhibition, MAKS, Dr Gerd Gruppe (left) and Professor Dr Hansjörg Dittus, DLR Board Member for Space Research and Technology (right), signed an agreement to establish new German-Russian working groups in the fields of Earth observation and robotics on August 26, 2015, together with Sergei Valentinovich Savelev, Deputy-Head of the Federal Russian Space Agency Roskosmos.



Dr. Gerd Gruppe, Kharun Zhakeriyaevich Kharchaev, Stellvertretender Generaldirektor für Internationale Zusammenarbeit von NPO Lavochkin, Rainer Scharenberg von der DLR-Abteilung Internationale Zusammenarbeit, und Dr. Oliver Romberg vom DLR-Institut für Raumfahrtsysteme auf der MAKS 2015 (v. l.)

Dr Gerd Gruppe, Kharun Zhakeriyaevich Kharchaev, Deputy Director General for International Cooperation of NPO Lavochkin, Rainer Scharenberg, from DLR's International Cooperation Unit, and Dr Oliver Romberg from DLR Institute of Space Systems at MAKS 2015 (from left to right)

# Raumfahrtskalender

Termin Ereignis

2015	
2. – 12. Oktober	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 20/21 in Esrange (Nordschweden) mit zwei Experimenten deutscher Teams
12. – 16. Oktober	International Astronautical Congress (IAC) in Jerusalem (Israel)
19. – 30. Oktober	Studenten-Raketenkampagne STERN in Esrange
November	Start Forschungsrakete MAIUS 1 (DLR) mit einem deutschen Experiment von Esrange
5. November	Start der Telekommunikationssatelliten Arabsat-6B und GSAT-15 mit Ariane 5 von Kourou (Französisch-Guyana)
19. November	Start Forschungsrakete TEXUS 53 (DLR) mit fünf deutschen Experimenten von Esrange
21. November	Start Progress 62P von Baikonur (Versorgung ISS)
27. November	Start der ESA-Mission LISA Pathfinder mit VEGA von Kourou
9. Dezember	Start Falcon 9 von Cape Canaveral (Florida/USA), 9. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-9)
10. Dezember	Start des europäischen Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-3A mit Rockot von Plesetsk (Russland)
12. Dezember	Start der Galileo-Satelliten 11 und 12 mit Sojus von Kourou
15. Dezember	Start Sojus 45S von Baikonur (ISS Expedition) mit dem britischen ESA-Astronauten Timothy Peake (sechs Monate Aufenthalt)
2016	
21. Januar	Start des EDRS-A-Satelliten von Baikonur
März	ExoMars-2016-Mission mit einer Proton-Rakete von Baikonur
März	Start des NASA-Marslanders InSight

# Space Calendar

Date Event

2015	
October 2 – 12	Student balloon campaign BEXUS 20/21 in Esrange (North of Sweden); carrying two German experiments
October 12 – 16	International Astronautical Congress (IAC) in Jerusalem (Israel)
October 19 – 30	Student rocket campaign STERN in Esrange
November	Launch of the sounding rocket MAIUS 1 (DLR) from Esrange; carrying one German experiment
November 5	Launch of Ariane 5 from Kourou (French-Guiana); carrying the communication satellites Arabsat-6B and GSAT-15
November 19	Launch of the sounding rocket TEXUS 53 (DLR) from Esrange; carrying five German experiments
November 21	Launch of Progress 62P from Baikonur (ISS logistics)
November 27	Launch of VEGA from Kourou; carrying the ESA space probe LISA Pathfinder
December 9	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA); 9 <sup>th</sup> ISS logistics flight (SpaceX CRS-9)
December 10	Launch of Rockot from Plesetsk (Russia); carrying the European Earth Observation Mission Sentinel-3A
December 12	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the Galileo satellites 11 and 12
December 15	Launch of Sojus 45S from Baikonur (ISS expedition); carrying the British ESA astronaut Timothy Peake (six-month stay on the ISS)
2016	
January 21	Launch of EDRS-A Satellite from Baikonur
March	ExoMars-2016 mission on a Proton from Baikonur
March	Launch of the NASA Martian lander InSight