Aktuelles aus dem DLR Raumfahrtmanagement I Topics from DLR Space Administration I Heft 1/2015 April 2015 I Issue 1/2015 April 2015 I **Nr. 28**

# DLR newsLetter COUNTDOWN

## Raumfahrt in der Antarktis – EnEx-Sonde entnimmt erstmals „saubere" Wasserproben

## Space Technology in the Antarctic – EnEx Probe Extracts First 'Clean' Water Samples

Seite 6 / page 6


**Facing Space – Interview mit dem ALR-Chef Harald Posch**
Facing Space – Interview with ASA Head Harald Posch 4

**Outer Space – Außerirdische Ausstellung begeistert 131.000 Besucher**
Outer Space – Extraterrestrial Exhibition Fascinates 131,000 Visitors 14

**LunaSol-Weg – der Sonnenfinsternis ein Denkmal setzen**
LunaSol Path – A Monument to the Solar Eclipse 20

**WADIS 2 – Wie kalt ist der Winter in der Mittleren Atmosphäre?**
WADIS 2 – How Cold is Winter in the Middle Atmosphere? 24

**Beschützer der Erde – Können wir beim Frühstück auf Plastik verzichten?**
Earth Guardian - Can we make our breakfast plastic-free? 28

**Futura – Samantha Cristoforetti setzt Forschung auf der ISS fort**
Futura – Samantha Cristoforetti Continues Research on the ISS 32

**SpringerBriefs – DLR-Buchreihe zur biomedizinischen Raumfahrtforschung**
SpringerBriefs – Launch of a DLR Book Series on Biomedical Space Research 36

**KERAMIS – Nutzlast in Kommunikationssatelliten flexibler gestalten**
KERAMIS – New Options for Flexible Communications Satellite Payloads 40

© DLR

**Am 20. März 2015 wurden im Deutschen Technikmuseum in Berlin die Siegerklassen des „Beschützer der Erde"-Wettbewerbs gekürt. 90 Grundschulen sandten ihre Bewerbungen beim deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst ein. 69 Ideen erfüllten alle Kriterien und wurden einer Jury vorgelegt. Die Gewinner nahmen persönliche Glückwünsche des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst entgegen. Gemeinsam pflanzten sie einen Baum (Bild unten) und beobachteten zusammen mit DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe die Sonnenfinsternis auf dem Dach des Museums.**
**Mehr zum Wettbewerb lesen Sie auf Seite 28.**

**On March 20, 2015, the winners of the 'EarthGuardians' competition were chosen at Deutsches Technikmuseum in Berlin. 90 primary schools had submitted their entries to the German ESA astronaut Alexander Gerst. 69 of the projects entered met all the criteria of the competition and were handed to the jury. The four winners were announced personally by Alexander Gerst. Together they planted a tree and joined DLR Board Member Dr Gerd Gruppe on the roof of the museum to observe the eclipse of the sun. Read more about the competition on page 28.**

© DLR

**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,**

wir erleben es täglich: Wir beschäftigen uns mit höchst spannenden Themen. Am deutlichsten merkt man das bei Gesprächen im privaten Umfeld, aber nicht nur dort. Die letzten Wochen waren für mich ganz besonders inspirierend.

Hoch aktuell ist die Frage, wie es den Amerikanern immer wieder gelingt, neue Geschäftskonzepte für die Raumfahrt zu entwickeln. Und: Was können wir in Deutschland bzw. Europa unternehmen, um das Rennen mitzugestalten?

Eine der Antworten ist sicher, dass die Amerikaner oft einfach handeln, selbst, wenn der Erfolg nicht offensichtlich ist. Sie haben den Mut zum Aufbruch und probieren gerne Neues aus.

Die deutsche und europäische Raumfahrt ist dagegen oft zu teuer und zeigt häufig eine ausgeprägte inhärente Behäbigkeit. Aber ich bin überzeugt: Wir haben auch diesseits des Atlantiks genügend Gestaltungswillen und Unternehmergeist.

Drei Grundtendenzen treffen sich derzeit: 1. Die staatlichen Budgets wachsen beschränkt. Viele Unternehmen sehen sich daher in ihrem Wachstum behindert. 2. In den letzten Jahren hat sich technologisch bei Mikroelektronik, Software, Materialforschung und anderen Disziplinen sehr viel getan. Es sind heute signifikant billigere und schnellere Angebote möglich. Es gibt auch Unternehmer, die genau das wollen. 3. US-amerikanische Unternehmen verstehen Raumfahrt als Tool und Service für Kunden. Diese drei Grundtendenzen eröffnen jetzt die Chance, sich von Staatsbudgets zu lösen und durch gezielte Angebote mehr Nachfrage nach Raumfahrt zu schaffen. Derzeit sind die auf dem Vormarsch, die das als Chance verstehen.

Die Qualität der deutschen Raumfahrt ist unbestritten. Es gibt „hidden champions", die außerordentlich erfolgreich im weltweiten Wettbewerb agieren. Viele neue Ideen werden an die Raumfahrt von anderen Branchen herangetragen. Deshalb führt das Raumfahrtmanagement des DLR branchenübergreifende Tagungen mit Industrien jenseits der Raumfahrt durch – die Innospace Initiative. Ich persönlich suche immer wieder den Kontakt mit anderen Branchen, spreche mit Venture Capital-Gebern, diskutiere mit Politikern, lasse mir von Firmengründern ihre Ideen und Erfolgsgeschichten erzählen, „forsche" im Ausland … Kurzum: Es geht darum, herauszufinden, wo wir ansetzen können, um die deutsche Raumfahrt weiterzubringen.

Deshalb lade ich Sie herzlich ein, machen Sie mit! Die Countdown richtet sich ganz bewusst nicht nur an die „Raumfahrer", sondern auch an alle weiteren Interessierten und Entscheider. Wir wünschen uns, dass dies keine Einbahnstraße bleibt. Sie erreichen uns per Mail an countdown@dlr.de

Gute Inspiration wünscht Ihnen
Ihr Gerd Gruppe

**Dear readers,**

Every day we realise that our work is about extremely fascinating subjects. We notice this most clearly in our private conversations, but also on other occasions. The last few weeks have inspired me even more.

One of the recently discussed, highly topical questions is, what makes the Americans so successful again and again in developing new business concepts for space. And another: what can we in Germany and/or Europe do to enable us to join that race?

One of the obvious answers is that the Americans often simply go ahead and do things, even when success is not immediately apparent. They have the courage to make a start, and they like to try new things.

By contrast, in Germany and Europe space activities are often too expensive and frequently marked by a degree of inherent stolidity. Still, I am convinced that we have sufficient creative drive and spirit of enterprise on this side of the Atlantic as well.

Currently, three basic tendencies coincide: 1. Government budgets grow only to a limited extent. Many company managers believe that this inhibits growth. 2. In recent years, a very great deal has happened technologically in micro-electronics, software, materials research, and other disciplines. Today, technology may be developed significantly more cheaply and swiftly. And there are entrepreneurs who want exactly that. 3. American companies regard space tech as a tool and service for their customers. These three basic tendencies are opening up chances to shake free from government budgets and create a greater demand for space technology through targeted offers. At present, those who interpret this as an opportunity are on the winning side.

The qualities of the German space sector are undisputed. There are 'hidden champions' who are extremely successful in a competitive global environment. Many new ideas are brought to the attention of space companies by other industries. This is why the DLR Space Administration organises cross-sectoral meetings reaching beyond the space sector – the Innospace Initiative. Personally, I am always looking for contacts with other industries, talking to venture capital investors, discussing matters with politicians, listening to start-ups telling me about their ideas and success stories, researching abroad… In a nutshell: we need to find new angles from which to lift the potential of the German space sector.

This is why I am cordially inviting you to join us. The Countdown magazine quite deliberately addresses not only space enthusiasts but also all other interested persons and decision-makers. We wish that this may no longer remain a one-way street. You may contact us by e-mail to: countdown@dlr.de

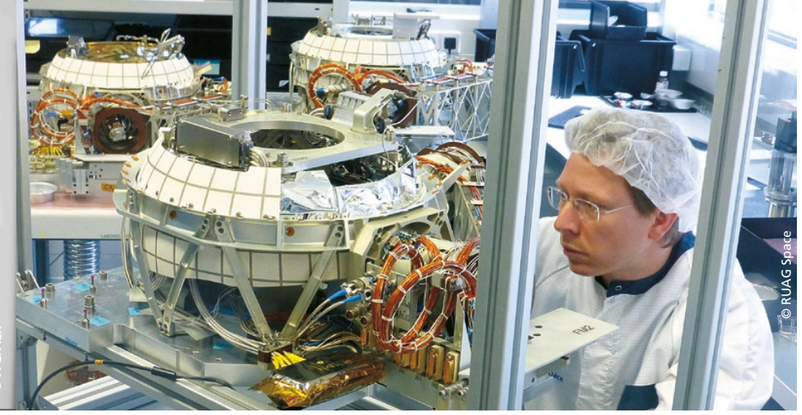
Let yourself be inspired!
Yours, Gerd Gruppe

# Facing Space –

Die Meinung unserer internationalen Partner – in dieser Ausgabe: Harald Posch, Leiter der österreichischen Agentur für Luft- und Raumfahrt

The opinion of our international partners – in this issue: Harald Posch, director of the Austrian Space Agency

© FFG/ALR



© RUAG Space

**Österreichische Unternehmen sind vielfältig in der Raumfahrt aktiv, unter anderem bei der Rosetta-Mission und bei der Entwicklung der Raumsonde BepiColombo, einer Kooperation zwischen der ESA und der japanischen Raumfahrtagentur JAXA. Die RUAG Space ist zum Beispiel am Positionier-mechanismus für elektrische Triebwerke von BepiColombo beteiligt (Foto).**

**Austrian enterprises play an active role in space flight in many ways, among others in the Rosetta mission and the development of the space probe BepiColombo, a cooperation between ESA and the Japanese space agency JAXA. For example, RUAG Space is involved in the development of the positioning mechanism for electrical propulsion units of BepiColombo (photo).**

**Der Raumfahrtingenieur Harald Posch leitet seit Juni 2004 die Österreichische Raumfahrtagentur (ASA – Austrian Space Agency). Die ASA wurde 1972 als Österreichische Gesellschaft für Weltraumfragen gegründet und gehört heute zur Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), wo sie als Agentur für Luft- und Raumfahrt (ALR) die Weltrauminteressen wahrnimmt.**

**2014 betrug das Budget 64 Millionen Euro, wovon etwa 50 Millionen Euro (78 Prozent) als Beiträge an die ESA gezahlt wurden. Harald Posch leitet die österreichische ESA-Delegation und wurde im Juli 2014 zum Vorsitzenden des ESA-Rats gewählt.**

**Was sind die spezifischen Ziele und Aufgaben für 2015?**
Die Beteiligung Österreichs an internationalen Projekten – und für uns ist der Weltraum an sich ein internationales Unterfangen – stellt sich vor allem in unserer Beteiligung an den ESA-Programmen dar. Ein wesentliches Element wird daher die operative Implementierung der Beschlüsse der Ministerratskonferenz (MK) von 2014 sein. Gleichzeitig beginnen erste Überlegungen zur Gestaltung der Zukunft im ESA-Kontext für die nächste MK in 2016.

Unser im Verhältnis zu unserer ESA-Beteiligung relativ gering dotiertes nationales Programm (ASAP) wird daher primär als komplementäres Instrument zu den internationalen Aktivitäten eingesetzt und konzipiert. Auch hier sind wir in einem internen Diskussionsprozess, um die heurige Ausschreibung möglichst zielgerichtet im September starten zu können.

Zudem möchte ich erwähnen, dass Österreich sicher zu jenen europäischen Staaten gehört, die verstärkt eine weitere koordinierte und harmonisierte Umsetzung der Weltraumaktivitäten auf europäischer Ebene – und hier sind vor allem die EU-Aktivitäten gemeint – unterstützen.

**Wo legen Sie nationale Schwerpunkte und wo engagieren Sie sich besonders im ESA-Programm?**
Unsere nationale Weltraumstrategie orientiert sich an drei großen Zielen:
- Wir unterstützen existierende und künftige international anerkannte Exzellenz in Grundlagen- und angewandter Weltraumforschung. Diese Beteiligungen sind weitestgehend durch die Teilnahme an den wissenschaftlichen Programmen der ESA gesichert. Kooperationen auf bi- und multilateraler Basis werden über das nationale Weltraumprogramm ermöglicht.
- Weltraumbasierte Systeme werden mehr und mehr zur Infrastruktur einer modernen und wissensbasierten Gesellschaft. Für die Wissenschaft ist der Fortschritt im Verständnis des Systems Erde eng mit der Entwicklung der Satellitentechnologie verknüpft. Für die Informationstechnologie eröffnet der Zugang zu besseren operationellen Satellitensystemen neue Marktchancen. Dies führt auch zu einem geänderten Bild der Raumfahrt im gesellschaftlichen Kontext.
- Österreichische Unternehmen sind dabei entlang der gesamten Wertschöpfungskette in allen Segmenten tätig. Weltweit ist Raumfahrt ein institutionell dominierter Bereich. Dies ist eine Besonderheit und erfordert eine industriepolitische Konzeption, die dem Rechnung trägt. Das Leitmotiv dieser Industriepolitik ist der faire Wettbewerb auf internationaler und nationaler Ebene. Österreichs Raumfahrtsektor erfüllt dabei eine wichtige Rolle sowohl in der spezialisierten Komponenten-Entwicklung als auch als innovativer Anbieter einer breiten Palette von Dienstleistungen und Produkten.

Der Nutzen für den Bürger, wissenschaftliche Exzellenz und industrielle Wettbewerbsfähigkeit sollen in einem gemeinsamen internationalen Rahmenwerk umgesetzt werden, wobei für uns unsere Beteiligung an den ESA-Programmen die mit Abstand wichtigste Maßnahme darstellt.

**Welche Bedeutung hat das Austrian Space Applications Programme (ASAP)?**
ASAP soll unsere Akteure unterstützen, sich auf internationale Raumfahrtprogramme vorzubereiten. ASAP hat daher drei große Programmlinien: Wissenschaft – Technologie – Anwendungen. ASAP ist als ein komplementäres Programm zu den anderen Aktivitäten konzipiert, d. h. es ist Voraussetzung und Grundlage und die wissenschaftlichen Aktivitäten sind ein integraler Bestandteil.

**Wie wichtig sind Deutschland und das DLR als Kooperationspartner?**
Die Frage ist eigentlich einfach zu beantworten – sehr wichtig. Wie in anderen Wirtschaftszweigen ist auch in der Raumfahrt Deutschland unser größter Handelspartner. Viele österreichische Unternehmen agieren als Zulieferer für die deutsche Industrie. Das DLR selbst ist für uns Forschungspartner in vielen Bereichen und es gibt eine Vielzahl von Kooperationen zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und dem DLR. Wir sind gerade in der Diskussion, bei der heurigen Ausschreibung von ASAP einen speziellen Schwerpunkt für diesen Bereich vorsehen zu können. Nicht zu vergessen sind natürlich die ausgezeichneten Beziehungen zwischen den jeweiligen Agenturen, die ja die nationalen ESA-Vertretungen stellen. Diese langjährige gute Kooperation haben wir auch im Jahr 2012 in einem gemeinsamen Memorandum of Understanding zusammengefasst.

**In Wien arbeiten Sie in enger Nachbarschaft zu zwei internationalen Raumfahrtinstituten – was heißt das konkret?**
Generell freut es uns, mit dem Europäischen Institut für Weltraumpolitik (ESPI) und dem UN-Office für Weltraumfragen (UNOOSA) zwei so wichtige Institutionen in Wien zu haben. Beim ESPI ist die FFG gemeinsam mit der ESA Gründungsmitglied und beteiligt sich sowohl finanziell als auch inhaltlich und organisatorisch an der Entwicklung. Eine zentrale europäische Plattform zur Befassung mit strategischen Weltraumfragen ist ein wesentlicher Beitrag zur angesprochenen Konvergenz und Herausbildung einer gemeinsamen europäischen Weltraumpolitik.

Mit dem UN-Office gibt es seit vielen Jahren eine gute Kooperation, die sich auch in personeller Unterstützung durch Österreich manifestiert. Gemeinsame Veranstaltungen auf bilateraler wie auch internationaler Basis runden hier das Bild ab.

**Space engineer Harald Posch has been at the helm of the Austrian Space Agency (ASA) since June 2004. Founded in 1972 under the name of Austrian Association for Space Issues, a reorganisation process took place under which the agency was merged into the Austrian Research Promotion Agency (FFG), within which it now handles space interests under the name of Austrian Space Agency (ALR).**

**In 2014, ASA's budget amounted to 64 million euros, of which about 50 million (78 per cent) were paid to ESA as Austria's membership dues. Harald Posch heads the Austrian ESA delegation and was elected chairman of the ESA council in July 2014.**

**What are the specific objectives and tasks for 2015?**
Austria's participation in international projects – and we feel that space is typically an international undertaking – is largely represented by our involvement in ESA's programmes. Consequently, one major element will be to operationalise the decision taken at the 2014 conference of the Ministerial Council. At the same time, of course, we will begin getting ready for the next conference in 2016 and consider our future activities within an ESA context.

Our national programme (ASAP), whose endowment is relatively low compared to that of our ESA participation, will therefore be primarily employed and developed as a tool to complement our international activities. We are currently engaged in an internal discussion process so that we can start this year's call for proposals as purposefully as possible in September.

The last point I would like to make is that Austria is certainly one of those European states that empathically support further coordination and harmonisation of space activities at the European level, first and foremost meaning EU activities.

**Which are your national key areas, and to which items of the ESA programme are you particularly committed?**
Our national space strategy is guided by three major objectives:
- We support existing and future internationally recognised excellence in basic and applied space research. These contributions are largely secured by our participation in the scientific programmes of ESA. Collaboration on a bilateral and multilateral basis is facilitated by our national space programme.
- Space-based systems are increasingly turning into the infrastructure of a modern, knowledge-based society. In science, progress in understanding the Earth system is closely tied to the development of satellite technology. Access to improved operational satellite systems opens up new market opportunities in information technology. This has also been leading to a new image of space technology in society.
- Austrian companies are active in all segments along the entire value chain. Space is typically a sector dominated by government institutions. This calls for an industry policy concept that allows for these particular circumstances. The guiding principle of this policy is fair competition both on the international and national level. Austria's space firms play a key role as developers of specialised components and as innovative providers of a wide range of services and products.

Improvements of people's lives, scientific excellence, and industrial competitiveness should be combined into a single international framework, in which we view our participation in ESA's programmes as by far the most important activity.

**Which role plays the Austrian Space Applications Programme (ASAP)?**
ASAP is designed to support our players in preparing for international space programmes. Consequently, ASAP features three major programme lines: science – technology – applications. ASAP is complementary to all other activities, i.e. it provides some of the groundwork, of which scientific activities form integral constituent elements.

**How important are Germany and DLR as cooperation partners?**
This question is really easy to answer – very important. As in other sectors of the economy, Germany is our biggest trading partner in space tech, too. Many Austrian companies operate as suppliers to German manufacturers. DLR itself is our research partner in many areas, and a multitude of collaborations exist between our scientific institutions and DLR. Currently, we are engaged in a debate about making this area a special focus in this year's call for proposals under ASAP. Not to forget, of course, the excellent relations between our two agencies, which, after all, staff our national ESA representations. All this good cooperation of many years has been written into a joint memorandum of understanding in 2012.

**In Vienna, you are working shoulder to shoulder with two international space institutes – what does that mean in concrete terms?**
Generally speaking, we are happy to have two important institutions in Vienna, the European Space Policy Institute (ESPI) and the UN Office for Outer Space Affairs (UNOOSA). The FFG is a founding member of ESPI together with ESA, contributing to the development of the institute in terms of finance, substance, and organisation. The creation of a central European platform for dealing with strategic space issues constitutes a major contribution towards the previously mentioned convergence and the formation of a common European space policy.

Cooperation with the UN office has been good for many years, as is evident from the support by Austrian personnel. Joint bilateral as well as international events round off the list of cooperations.

Marco Feldmann/© FH Aachen

# Ab ins Eis

Mit einer Geschwindigkeit von einem Meter pro Stunde in einem Winkel von 65 Grad schmilzt sich eine spezielle Sonde, der sogenannte Ice-Mole („Eis-Maulwurf"), langsam in Richtung Ziel in 16 Metern Tiefe: eine Gletscherspalte im Taylor-Gletscher, die das sogenannte Brine, das subglaziale Wasser vom unter dem Gletscher liegenden See bis zum Auslass in den Lake Bonney transportiert. Damit ist es erstmals gelungen, mit einer Einschmelzsonde der Fachhochschule Aachen eine kontaminationsfreie, subglaziale Wasserprobe zu entnehmen und an die Oberfläche zu bringen. Möglich wurde dies durch das Enceladus-Explorer (EnEx)-Projekt des DLR Raumfahrtmanagements. Was an den antarktischen „Blood Falls" auf der Erde geklappt hat, soll später einmal auch auf dem Saturnmond Enceladus möglich sein. Dafür wird die EnEx-Initiative über das Jahr 2015 hinaus fortgesetzt.

# Piercing the Ice

Proceeding at a velocity of one metre per hour and at an angle of 65 degrees, a special probe, the so-called IceMole, slowly melts its way towards its target at a depth of 16 metres: a crevasse in the Taylor glacier which conveys the so-called brine, subglacial water from the lake below the glacier, to its outlet in the Lake Bonney. Thus, scientists succeeded for the first time ever in taking an uncontaminated sample of subglacial water and bringing it to the surface using a melting probe from Aachen University of Applied Sciences. This was enabled by the Enceladus Explorer (EnEx) project mounted by the DLR Space Administration. What has succeeded at the Antarctic Blood Falls on Earth will be duplicated on the Saturnian moon of Enceladus at a later date. For this purpose, the EnEx initiative will be continued beyond the year 2015.

Mehrere Gallonen (circa 209 Liter) subglaziales Wasser – das sogenannte Brine – hat das EnEx-Projekt den Forschern beschert. Die Flüssigkeit wird nun von den Wissenschaftlern des „Minimal Invasive Direct Glacial Exploration" (MIDGE)-Projektes in den USA untersucht.

The EnEx project provided scientists with several gallons (209 litres) of brine. The liquid will now be analysed in the USA by scientists of the Minimally Invasive Direct Glacial Exploration (MIDGE) project.

Dirk Heinen/© RWTH Aachen

# EnEx

**Vom Südpol zum Enceladus**

*Von Dr. Oliver Funke und Prof. Bernd Dachwald*

**Ohne Wasser – kein Leben: Dieses Prinzip gilt für die Erde, aber vermutlich auch für andere Himmelskörper. Wasser, das seit Millionen Jahren verborgen unter einer dicken Eisschicht liegt, kann uns etwas über die Entstehung und Entwicklung von Leben verraten. Wenn man so eine Probe bergen will, muss man allerdings darauf achten, dass keine Mikroorganismen von der Oberfläche eingeschleppt werden und die Probe sowie das Unterwasserbiotop verunreinigen. Erstmals überhaupt ist es im Rahmen des Enceladus Explorer (EnEx)-Projekts des DLR Raumfahrtmanagements gelungen, mit einer Einschmelzsonde – dem sogenannten IceMole (englisch für „Eis-Maulwurf") der Fachhochschule Aachen – eine kontaminationsfreie, subglaziale Wasserprobe zu entnehmen und an die Oberfläche zu bringen. Was an den antarktischen „Blood Falls" auf der Erde geglückt ist, soll später einmal auch auf dem Saturnmond Enceladus möglich sein. Dafür wird das EnEx-Projekt über das Jahr 2015 hinaus fortgesetzt.**

## EnEx

**From the South Pole to Enceladus**

*By Dr Oliver Funke and Prof. Bernd Dachwald*

**No water – no life: this principle applies to Earth and – it may be supposed – to other heavenly bodies as well. Water that has been lying hidden under a thick sheet of ice for millions of years can tell us something about the origin and development of life. But if one wants to recover a sample of this water, care has to be taken that no microorganisms from the surface are introduced which might contaminate both the sample and the underwater biotope. For the very first time, the Enceladus Explorer (EnEx) project of the DLR Space Administration succeeded in taking an uncontaminated sample of subglacial water and bringing it to the surface with the aid of the so-called IceMole, a melting probe developed by the Aachen University of Applied Sciences. What has now been done successfully at the Antarctic 'Blood Falls' on Earth is to be done at some later time on the Saturnian moon of Enceladus. Towards this end, the EnEx project is to be continued beyond the year 2015.**

Autoren: **Dr. Oliver Funke** ist der EnEx-Projektmanager im DLR Raumfahrtmanagement. Er leitet das Verbundvorhaben für den Zuwendungsgeber. **Prof. Bernd Dachwald** vom Institut für Luft- und Raumfahrttechnik der FH Aachen obliegt die wissenschaftliche Leitung des EnEx-Teams.
Authors: **Dr Oliver Funke** is the EnEx project manager at the DLR Space Administration. He oversees the project on behalf of the funding organisation. **Prof. Bernd Dachwald** from FH Aachen University of Applied Sciences is the project leader in charge of the EnEx technical team.

**Von Aachen in die Antarktis**
Rückblick: Am 27. Oktober 2014 bricht ein Viererteam mit Gero Francke, Clemens Espe, Marco Feldmann (alle FH Aachen) und Dirk Heinen (RWTH Aachen) in die Antarktis auf. Zunächst geht es nach Frankfurt am Main. Von dort aus startet der Flug nach Christchurch (Neuseeland). Nach einem kurzen Zwischenstopp in Singapur kommen die Forscher zwei Tage später dort an. Am 1. November bringt eine Boeing C17 der US-amerikanischen Luftwaffe das EnEx-Team zusammen mit vielen anderen Wissenschaftlern auf den antarktischen Kontinent. Um 20.30 Uhr setzt die Maschine auf dem Rollfeld der McMurdo-Forschungsstation auf. Ein riesiger roter „Terra-Bus" bringt das Team zur Station. Der Ice-Mole ist allerdings schon lange vorher dort eingetroffen. Am 5. September 2014 hat ihn eine Spedition in Aachen abgeholt und über mehrere Etappen nach McMurdo verfrachtet. Nun ist das Team zwar wieder mit dem „Eis-Maulwurf" vereint, doch damit noch nicht am Ziel. Am 12. November bringen insgesamt vier Helikopterflüge die Wissenschaftler, den „Eis-Maulwurf" und die ganze restliche Ausrüstung zum tatsächlichen Ort des Geschehens – dem Taylor-Gletscher in den „Dry Valleys".

**From Aachen to the Antarctic**
A look back: on October 27, 2014, a team of four comprising Gero Francke, Clemens Espe, Marco Feldmann (all of FH Aachen), and Dirk Heinen (RWTH Aachen University) set out towards the Antarctic. First, they proceeded to Frankfurt/Main, where their flight to Christchurch (New Zealand) departed. After a brief stopover in Singapore, the scientists arrived there two days later. On November 1, a Boeing C17 of the American air force carried the EnEx team together with many other scientists to the Antarctic continent. At 8.30 p.m., the plane touched down on the runway of the McMurdo station. An enormous red Terra bus carried the team from the landing strip to the station. When the foursome arrived, the IceMole had been there a long time before them. On September 5, 2014, it was picked up by a haulier in Aachen and transported to McMurdo in several stages. While the team was reunited with the IceMole now, they were still far from their destination. On November 12, the scientists, the IceMole, and all the other equipment were carried in a total of four helicopter flights to the actual scene of events – the Taylor glacier in the 'Dry Valleys'.

Shuttle-Service: Eine Boeing C17 der US Air Force fliegt die Forscher zwischen der McMurdo-Station und dem Flughafen Christchurch, Neuseeland, hin und her.

Shuttle service: a US Air Force Boeing C17 feeds the scientists between the McMurdo Station and the airport of Christchurch, New Zealand.

Clemens Espe/© FH Aachen

**„Wir sind durch“**

30. November 2014, 15.30 Uhr Neuseelandzeit, südliche Antarktis, Taylor-Gletscher, 77 Grad 43 Süd, 162 Grad 16 Ost, minus zehn Grad Außentemperatur. Seit 15 Stunden schmilzt sich der „Eis-Maulwurf“ mit einer Geschwindigkeit von einem Meter pro Stunde in den Gletscher. Der IceMole ist eine zwei Meter lange, rechteckige Röhre, die von Heizelementen umgeben ist. An der Spitze befindet sich ein Schmelzkopf mit 16 Heizelementen und eine Schraube, die den Kopf in das Eis hineinzieht. Kontakt zur Basisstation hält er durch ein Kabel. Dort oben auf dem Taylor-Gletscher sitzen die vier deutschen EnEx-Ingenieure in einem kleinen Zelt und verfolgen die Kurven – die „Lebenszeichen“ des IceMole – auf ihren Monitoren. Alles sieht völlig normal aus, doch dann laufen gleich mehrere Kurven aus dem Ruder: Die elektrische Leitfähigkeit des Schmelzwassers an der Spitze des IceMoles steigt deutlich an. Die Temperatur des Schmelzkopfes nimmt zu und seine Vortriebsgeschwindigkeit ab. Eigentlich wurde das Ziel – also die Spalte als Verbindung zwischen Gletscher und dem Bonney-See – aufgrund der Aufklärungsinstrumente in größerer Tiefe erwartet. Die Wissenschaftler stoppen erst einmal den „Eis-Maulwurf“. Bislang hat er sich in einem Winkel von 65 Grad 16 Meter tief in den Gletscher geschmolzen. Ist das schon der Durchbruch? Sind die Wissenschaftler am Ziel?

„Nach drei Jahren Arbeit haben wir es endlich geschafft. Wir haben mit dem EnEx-IceMole die Gletscherspalte erreicht und eine Flüssigwasserprobe kontaminationsfrei entnehmen können. Damit haben wir erreicht, was wir erreichen wollten“,

**freut sich Clemens Espe vom EnEx-IceMole-Team der FH Aachen.**

'After three years of work, we finally made it. Having reached the crevasse in the ice with the EnEx IceMole, we succeeded in taking a sample of liquid water free from contamination. We have done what we wanted to do',

**Clemens Espe of the EnEx IceMole team of Aachen University of Applied Sciences.**

**'We are through'**

November 30, 2014, 3.30 p.m. New Zealand time, southern Antarctic, 77 degrees 43 south, 162 degrees 16 east, Taylor glacier, outdoor temperature minus ten degrees. For 15 hours, the IceMole had been melting its way into the glacier, advancing at one metre per hour. The IceMole is a two-metre rectangular tube encircled by heating elements. At its tip, it carries a melting head comprising 16 heating elements and a screw that pulls the head into the ice. A cable connects the mole to the base station on top of the Taylor glacier, where the four EnEx engineers from Germany were sitting in a small tent, following the curves transmitted by the IceMole – its life signs – on their monitors. Everything appeared completely normal, but then, several curves went haywire at the same time: the electrical conductivity of the melt water at the tip of the IceMole increased markedly. The temperature of the melting head increased, and the speed of its advance declined. Originally, its target – the crevasse connecting the glacier lake and the so-called Blood Falls – had been expected at greater depth because of the data generated by the reconnaissance instruments. The scientists temporarily stopped the IceMole. Thus far, it had drilled its way to a depth of 16 metres into the glacier at an angle of 65 degrees. Was that the breakthrough already? Had the scientists reached their goal?

For three years, they had been working towards this moment, melting their way through the second biggest glacier in Iceland – the so-called Hofsjökull – , the Morteratsch glacier in the Swiss canton of Graubünden, and the Canada glacier in the Antarctic. Had they now broken through into the crevasse that carries water from the glacier lake to the 'Blood Falls'? The engineers of the

**„Tatort“ Blood Falls**

Ein rostbrauner, blutroter Strom ergießt sich aus dem antarktischen Taylor-Gletscher in den Lake Bonney. Eisenhaltiges, extrem salziges Wasser tritt sporadisch durch kleine Risse in der Eiskaskade aus, oxidiert sofort und verleiht so dem Wasser seine blutige Farbe – die sogenannten Blood Falls. Die Quelle und das wissenschaftliche Objekt der Begierde ist ein subglazialer See von unbekannter Größe, überlagert von dickem Eis, mehrere Kilometer von dem kleinen Auslass an den „Blutfällen“ entfernt. Das Wasser in dem See ist seit mutmaßlich zwei Millionen Jahren völlig von der Außenwelt abgeschlossen. Welche „Bewohner“ sind dort unten zu Hause? Jill Mikucki, Geomikrobiologin an der University of Tennessee in Knoxville (USA) und Leiterin des „Minimally Invasive Direct Glacial Exploration“ (MIDGE)-Projekts der US-amerikanischen „National Science Foundation“, ist sich sicher, dass dort einzigartige Organismen leben, die an die extremen Bedingungen wie permanente Kälte, Dunkelheit und salziges Wasser ideal angepasst sind. Wie haben sie sich auf diese Umwelt eingestellt? Diese und andere Fragen können dank EnEx in naher Zukunft beantwortet und das Rätsel der mysteriösen Blood Falls entschlüsselt werden.

**Blood Falls under investigation**

A rusty blood-red stream flows from the Antarctic Taylor glacier into Lake Bonney. Ferrous, extremely salty water sporadically emerges through small cracks in the Blood Falls, oxidising immediately and imparting a blood-red colour to the water – the so-called Blood Falls. The source, the scientific object of desire, is a subglacial lake of unknown size, overlaid by thick ice, and several kilometres distant from the small outlet at the Blood Falls. The water in the lake has been completely cut off from the outside world for probably two million years. What 'residents' are at home down there? Jill Mikucki, geomicrobiologist at the University of Tennessee in Knoxville and lead scientist of the 'Minimally Invasive Direct Glacial Exploration' (MIDGE)-Projekt of the US-american 'National Science Foundation', is certain that this must be the habitat of unique organisms that are ideally adapted to extreme conditions like permanent cold, darkness, and salty water. How did they adapt to this environment? Thanks to EnEx, this and other questions may be answered in the near future, helping to unravel the riddle of the mysterious Blood Falls.

Jill Mikucki/© University of Tennessee, Knoxville

**Rauf auf den Gletscher: Die Helikopter der US-amerikanischen National Science Foundation (NSF) fliegen die Ausrüstung des internationalen Teams auf den Taylor-Gletscher. Im Hintergrund sind das blaue Zelt der „Bodenkontrolle“ und das grüne Startzelt des IceMole zu sehen.**

**Heading for the top: the US-National Science Foundation's helicopters fly the equipment of the international research team to the top of the Taylor Glacier. In the background one can see the blue 'ground control' tent and the green launch tent of the IceMole.**

Gero Francke/© FH Aachen

**Am Fuße des Taylor-Gletschers, am Rand des Bonney-Sees mit den „Blood Falls“ im Blick, steht das Gemeinschaftszelt im Basislager der deutsch-amerikanischen Forschergemeinschaft.**

**Situated on the foot of the Taylor Glacier, on the bank of Lake Bonney and in full view of the Blood Falls, stands the crew tent in the base camp of the US-German research team.**

Dirk Heiner/© RWTH Aachen

**Die deutsche Fahne weht am blauen Zelt. Hier ist die „Bodenkontrolle“ untergebracht. Die Ingenieure überwachen von dort aus die Schmelzfahrt des IceMole.**

**Germany's flag marks the door of the blue tent. This is where 'ground control' has its quarters. From here, the engineers monitor the IceMole once it has left the green tent and begins to melt its way through the ice.**

Gero Francke/© FH Aachen

Drei Jahre haben sie auf diesen Moment hingearbeitet, haben sich durch den Morteratschgletscher im schweizerischen Kanton Graubünden, den Kanada-Gletscher in der Antarktis und den Hofsjökull-Gletscher auf Island geschmolzen. Haben sie nun die Spalte durchbrochen, die Wasser aus dem Gletschersee zu den „Blood Falls“ transportiert? Die Ingenieure des EnEx-Projekts beraten sich mit den US-amerikanischen Wissenschaftlern des MIDGE-Projekts. Die US-amerikanischen Mikrobiologen und Geochemiker werden die Proben des Gletschersees untersuchen, die ihnen der IceMole nach oben bringt. Alle sind sich einig: Der „Eis-Maulwurf“ ist durch. Die Probenentnahme kann beginnen. Damit haben Wissenschaftler zum ersten Mal überhaupt minimal-invasiv und kontaminationsfrei Wasser aus einem subglazialen See – das salzhaltige, sogenannte Brine – entnommen.

**Von den Blood Falls zum Enceladus**

Der antarktische Erfolg gibt dem gesamten EnEx-Projekt Auftrieb. Das Ende März 2015 abgeschlossene Verbundvorhaben erreichte mit dem erfolgreichen Test in der Antarktis seinen Höhepunkt. Das Zusammenspiel unterschiedlichster Technologien für den Einsatz unter extremen Umweltbedingungen wurde in EnEx erfolgreich getestet, eine Weiterentwicklung wird im Rahmen der „EnEx – Enceladus Explorer“-Initiative des DLR Raumfahrtmanagements erfolgen. Dabei ist ein autonomes Navigationsverfahren besonders wichtig, denn wenn EnEx auf dem Saturnmond Enceladus zum Einsatz kommen soll, dann muss der IceMole völlig selbstständig seinen Weg von der Oberfläche bis zu einer wasserführenden Spalte im Eispanzer des Saturnmondes finden. Zudem muss er im Eiskörper vorhandene Hindernisse, wie zum Beispiel Hohlräume oder Meteoriten, zuverlässig erkennen und einen Weg um sie herum finden. Ein robustes, autonomes Navigationsverfahren ist daher eine Schlüsseltechnologie für EnEx. Die Entwicklung ist für eine solche spätere Weltraummission absolut notwendig.

„Einer der aufregendsten Aspekte des Projektes war die Zusammenarbeit mit dem deutschen EnEx-Team. Sie sind die Experten für Raumfahrttechnologie. Sie wissen, dass Raumfahrt der Schlüssel dazu war, einen Weg zu finden, um eine saubere Probe aus dem subglazialen See der ‚Blood Falls‘ zu holen. Denn dieser Weg hilft uns nicht nur dabei, saubere Proben zu entnehmen. Er hilft uns auch, die Antarktis weiter zu erforschen und dabei ihre ursprüngliche Umwelt zu erhalten“,

**blickt Jill Mikucki, Geomikrobiologin an der University of Tennessee in Knoxville (USA) und Leiterin des MIDGE-Projekts, zurück.**

'One of the most exciting aspects of the project was our collaboration with the German EnEx team. They are experts in space technology. They know that space gave us the key to finding a way of taking a clean sample from the subglacial lake of Blood Falls. But this way not only helps us to take clean samples. It also helps us to continue our exploration of the Antarctic while preserving its original environment',

**Jill Mikucki, geomicrobiologist at the University of Tennessee in Knoxville and lead scientist of the MIDGE project, said in retrospect.**

Bislang gibt es aber weltweit noch keine Einschmelzsonde, die das kann. Da die NASA ihre Entwicklung des CryoBot eingestellt hat, ist der EnEx-IceMole aktuell der einzige „Vertreter seiner Art“. Doch wie findet die Sonde ihren Weg durch das Eis zur Spalte? Akustische Navigationsverfahren auf Ultraschallbasis, ergänzt um Trägheitsnavigations- und Magnetometerverfahren, haben bislang gute Arbeit geleistet. In weiteren Forschungsarbeiten sollen diese Schlüsseltechnologien nun zur Anwendungsreife weiterentwickelt werden, die auch den Anforderungen der Umgebungsbedingungen auf dem Enceladus standhalten. Die Sonde soll auf dem Weg zum Wasser fortlaufend ihre Lage und Position bestimmen, den Abstand zum Ziel messen, einen optimalen Weg errechnen, dabei Risiko, Reichweite und Energieaufwand mit in die Rechnung einbeziehen, diese Daten über eine Kabelverbindung zur Oberflächenstation senden und außerdem auch Hindernissen im Eis ausweichen. An dieser komplexen 3-D-Navigationslösung werden in der EnEx-Initiative auch weiterhin Wissenschaftler unterschiedlicher deutscher Hochschulen arbeiten.

EnEx project conferred with American scientists from the MIDGE-Project. The American microbiologists and geochemists will examine the samples from the glacier lake which the IceMole carried to them at the surface. All are agreed: the IceMole has broken through. Sample-taking may begin. This means that for the first time ever, scientists have succeeded in taking uncontaminated water – called brine because it contains salt – from a subglacial lake in a minimally invasive process.

**From the Blood Falls to Enceladus**

The success in the Antarctic gave a boost to the EnEx project as a whole. Completed late in March 2015, the joint project reached its zenith when the test in the Antarctic was successful. The interplay of very different technologies for use under extreme environmental conditions was successfully tested under EnEx, to be developed further under the EnEx – Enceladus Explorer initiative of the DLR Space Administration. One item of particularly great importance in this context is an autonomous navigation method, for if EnEx is to perform a mission on the Saturnian moon of Enceladus, the IceMole will have to be able to find its way from the surface to a water-bearing crevasse in the icy armour of the Saturnian moon all on its own. Moreover, it must be able to identify reliably any obstacles in the icy crust, such as cavities or meteorites, and find a way around them. Consequently, a robust autonomous navigation system is a key technology for EnEx which absolutely must be developed for a later space mission of this kind.

So far, however, there is no melting probe anywhere in the world which can do that. Since NASA cancelled its development of CryoBot, the EnEx IceMole is currently the only specimen of its kind. But how does the probe find its way to the crevasse through the ice? So far, acoustic navigation methods based on ultrasound and enhanced with inertial navigation and magnetometer measurements have done well. In further research activities, these key technologies will be developed to maturity so that they can meet the challenges entailed by environmental conditions on Enceladus. On its way to the water, the probe should be able to continuously determine its attitude and position, measure the distance to the target, calculate the optimum path (taking into account risk, range, and energy expenditure), send the data to the surface station by cable, and evade any obstacles in the ice. Under the EnEx initiative, scientists from several German universities will continue working on this complex 3-D navigation solution.

**Tag des Durchbruchs: Zunächst wird der IceMole dekontaminiert und danach gut verpackt, damit keine Mikroorganismen von der Oberfläche in die abgeschlossene Wasserwelt unter dem Gletscher eingeschleppt werden können. Dann beginnt das Einschmelzen in den Gletscher. Von seiner Startvorrichtung aus arbeitet er sich immer tiefer in das Eis bis zur Spalte vor. Am 30. November 2014 um 15.30 Uhr ist es dann so weit: Der „Eis-Maulwurf“ hat die Gletscherspalte erreicht. Das „Brine“ kann aufgenommen und abgepumpt werden.**

**Breakthrough day: first, the IceMole is decontaminated and properly wrapped to make sure that no microorganisms are introduced into the hermetically sealed water world below the glacier. Then the journey begins. Starting from its launch system, the IceMole travels deeper and deeper through the ice until it reaches the crevasse. At 3.30 p.m. on November 30, 2014, the moment has finally come: The IceMole has reached the crevasse. The brine can now be extracted.**

Marco Feldmann/© FH Aachen

Jill Mikucki/© University of Tennessee, Knoxville

Dirk Heinen/© RWTH Aachen

Marco Feldmann/© FH Aachen

Federico Gambarini/© dpa

# Außerirdische Ausstellung

**Outer Space begeistert in Bonn 131.000 Besucher aus der ganzen Welt**

*Interview mit Outer Space-Kurator Stephan Andreae*

**Raumfahrt, Kunst und Kulturgeschichte – passt das zusammen? Die Ausstellung Outer Space in der Bonner Bundeskunsthalle beantwortet diese Frage mit einem eindeutigen Ja. Knapp fünf Monate lang – vom 3. Oktober 2014 bis zum 22. Februar 2015 – zeigte die Bundeskunsthalle die in Kooperation mit dem DLR entstandene Sonderschau. Die Kuratoren Stephan Andreae und Claudia Dichter holten gemeinsam mit ihrem Team mehr als 300 Exponate von 95 Leihgebern aus Russland, den USA und ganz Europa nach Bonn.**

## Extraterrestrial Exhibition

**Outer Space Fascinates 131,000 Visitors in Bonn from All Over the World**

*Interview with Outer Space curator Stephan Andreae*

**Spaceflight, art and cultural history – do they go together? If the Outer Space exhibition at the Bundeskunsthalle in Bonn is anything to go by, the answer is an unambiguous yes. Developed in co-operation with DLR, the exhibition was shown for almost five months, from October 3, 2014 to February 22, 2015. Together with their team, curators Stephan Andreae and Claudia Dichter gathered more than 300 exhibits lent by 95 institutions in Russia, the USA, and countries all over Europe.**

**Science Fiction in der Bonner Bundeskunsthalle: In der Ausstellung „Outer Space – Faszination Weltraum" standen auch zwei robotische Protagonisten aus dem Film „Krieg der Sterne" hinter Glas. C3PO (hinten) und R2D2 faszinierten das Publikum.**

**Science Fiction at Bonn's Bundeskunsthalle exhibition hall. Displayed behind glass, the exhibition 'Outer Space – Faszination Weltraum' featured two robotic protagonists from the 'Star Wars' film. Visitors also enjoyed a meeting up with C3PO (back) and R2D2.**

**Stephan Andreae** ist Philosoph, Theaterwissenschaftler, Maler, Vogel- und Bienenfreund. Zusammen mit Claudia Dichter hat er im Herbst 2010 das Exposé für die Ausstellung „Outer Space – Faszination Weltraum" geschrieben. Im Gespräch mit COUNTDOWN-Redakteur **Martin Fleischmann** blickt er auf die Ausstellung zurück.

**Stephan Andreae** is a philosopher who also studied drama. He is a painter, ornithologist and apiarist. Together with Claudia Dichter, Stephan Andreae created a concept for the exhibition 'Outer Space – Faszination Weltraum' in the autumn of 2010. Talking to COUNTDOWN editor **Martin Fleischmann**, he takes a retrospective look at the exhibition.

**Wie viele Menschen haben Outer Space besucht?**
**Andreae:** Wir hatten insgesamt – also wenn man das Rahmenprogramm mitzählt – 131.000 Besucher aus unterschiedlichen Ländern in der Bundeskunsthalle zu Gast. 127.000 davon haben die reine Ausstellung besucht. Das ist sehr viel. Mein inneres Ziel, was ich noch nie zuvor kundgetan habe, waren 100.000. Mit dieser Zahl haben wir auch kalkuliert. Wir müssen ja rechnen. Insofern sind wir mit den 131.000 weit übers Ziel hinausgeschossen. Vor allem die letzten beiden Wochenenden waren der Hammer. Da hat es einen Besucherrekord gegeben – knapp 4.000 Besucher pro Wochenende. Man muss aber zugeben, dass es ab dieser Menge dann allmählich in der Ausstellung ungemütlich wird. Ich hätte da selbst gar nicht die Ruhe gehabt, den Besuch genießen zu können.

**War – aus der Sicht des Kurators – die Ausstellung etwas Besonderes?**
**Andreae:** Ja, wobei wir das nicht zum ersten Mal so gemacht haben. Es gab vor über zehn Jahren die Ausstellung „Arktis – Antarktis". Diese Reihe der vergleichenden wissenschaftlich-künstlerischen Ausstellungen existierte also schon. Das sind immer relativ teure Unternehmungen, weil man einfach weltweit recherchieren muss und die Konzepte aus dem Haus selber kommen. Sie werden nicht von außen hineingetragen. Das heißt, wir brauchen eine ziemlich lange Entwicklungszeit. Bei Outer Space waren es knapp vier Jahre – und die waren auch nötig. Wir haben es in den letzten Jahren – auch bedingt durch Intendantenwechsel – nicht mehr geschafft, solche Ausstellungen umzusetzen. Dann gab es irgendwann das Projekt „Internationaler Vogelflughafen" auf dem Dach der Bundeskunsthalle – eine absolute Low-budget-Künstlerinstallation. Aber aus diesem „Ursumpf" – wie ich das immer nenne – ist dann tatsächlich Outer Space entstanden.

**How many people visited Outer Space?**
**Andreae:** All in all, i.e. if we include the side events, the Bundeskunsthalle hosted 131,000 visitors from a variety of countries. 127,000 of them only visited the exhibition. That is a great many. Secretly, I was aiming at 100,000, a figure I never mentioned before. This was the figure on which we based our estimates. We do need to calculate of course. That said, 131,000 visitors were far beyond the mark. The last two weekends in particular were a huge success. We had a record gate – almost 4,000 visitors per weekend. However, we have to admit that this is just about the limit beyond which an exhibition becomes uncomfortable. Personally, I would not have had the peace of mind to enjoy my visit on those days.

**From a curator's point of view, was the exhibition something special?**
**Andreae:** Yes, although this was not the first time we did a thing like that. More than ten years ago, there was an exhibition called 'Arctic – Antarctic'. Comparative science and art exhibitions are already established as an exhibition series. Such undertakings are usually rather costly, simply because you are forced to research worldwide while the ideas and concepts are developed locally. They are not brought in from outside. Consequently, preparation time is rather long. In the case of Outer Space, it took nearly four years – and we needed every minute of that. For a number of years, we had not succeeded in setting up exhibitions of this kind, one of the reasons being that there were director reappointments. Then, at one point, we staged a project called 'International Bird Airport' on the roof of the Bundeskunsthalle – an absolutely low-budget artist installation. But it was this 'primeval swamp' – as I always call it – that eventually led up to the Outer Space show.

© DLR

**USA und Russland haben sich seit Beginn der Raumfahrt einen technischen und kulturellen Wettlauf um die Spitzenposition im All geliefert. Dieser Wettstreit hat die Raumfahrt beflügelt. Bedeutende Bilder und Einzelstücke aus dieser Zeit waren bei Outer Space zu sehen.**

**Since the beginning of spaceflight, the USA and Russia have been competing for a leading position in space. This competition was a key driving force in space activities on both sides. The Outer Space exhibition presented a number of milestone images and objects from the era.**

**Im Trauerraum für den ersten verunglückten russischen Kosmonauten Wladimir Komarov herrschte bedrückende Stille – ein Raum der Erinnerung und Andacht.**

**Oppressive silence marked the atmosphere in the mourning hall commemorating the first spaceflight victim, Russia's cosmonaut Vladimir Komarov, offering a space for reflection and remembrance.**

**Was hat die Ausstellung der Bundeskunsthalle gebracht?**
**Andreae:** Natürlich Renommee. Outer Space brachte aber noch etwas anderes, sehr wertvolles – nämlich ein ganz neues Publikum. Wir hatten durch Outer Space sehr viele junge Besucher. Unser Publikumsdurchschnitt liegt normalerweise bei 50 Jahren aufwärts. Diesmal hat er aber weit darunter rangiert, weil wahnsinnig viele Kinder und Schulklassen die Ausstellung besucht haben. Da herrschte überall Begeisterung – und zwar bei Kindern, Jugendlichen, „normalen" Besuchern, Museumsleuten und Künstlern in gleichem Maße. Das hat mich besonders gefreut. Das ist genau das, was wir erreichen wollten.

**Auch unter Raumfahrtexperten herrschte große Begeisterung, kann ich Ihnen sagen. Ich höre schon raus, Sie sind mit der Ausstellung zufrieden …**
**Andreae:** Ja, total. Die Ausstellung ist wirklich super gelungen. Es war ein tolles Team. Wir haben uns gegenseitig sehr gut verstanden. Wussten, wo wir eigentlich hin wollten – und haben dann auch gemerkt, dass alle in die gleiche Richtung laufen.

**Was haben die Besucher über die Ausstellung gesagt?**
**Andreae:** Bei dieser Masse an Menschen gibt es natürlich – und das ist ganz unvermeidbar – auch immer die Nörgler, die in der Regel mit einer vorgefassten Meinung in so eine Ausstellung hineingehen. Sie entdecken dann natürlich manches, das sie speziell nicht gut finden. Da ist mal eine Exponatbeschriftung nicht nahe genug am Objekt oder zu weit weg. Dem einen ist die Schrift zu klein, dem anderen zu groß. Da können Sie als Kurator eigentlich nur Fehler machen. Das ist aber immer so. Das sind wir gewohnt. Ich reagiere da eigentlich gar nicht mehr darauf.

**Ich habe mit meiner Frage eigentlich gar nicht die „ewigen Nörgler" gemeint. Ich persönlich habe ja den Trauerraum für den ersten gestorbenen Kosmonauten Wladimir Komarov als sehr eindrucksvoll empfunden …**
**Andreae:** Ja, der hat viele Besucher beeindruckt. Sie haben ihn in der Regel als sehr beklemmend empfunden – also genau so,

**How did the Bundeskunsthalle benefit from the exhibition?**
**Andreae:** Greater repute, of course. However, Outer Space produced yet another, very valuable benefit – an entirely new group of visitors. Outer Space attracted a very young audience. The average age of our usual visitors is 50 years plus. However, it was far lower this time because the exhibition was visited by children and school forms in mind-boggling numbers. Enthusiasm ruled everywhere – among children, adolescents, 'normal' visitors, museum people, and artists in equal measure. This made me particularly happy. This is exactly what we wanted to achieve.

**I can tell you that space experts were wildly enthusiastic as well. I take it that you are satisfied with the exhibition…**
**Andreae:** Yes, totally. The exhibition really was a fantastic success. The team was great. We all got along very well. Knew where we really wanted to go – and felt that everyone was pulling along in the same direction.

**What did the visitors say about the exhibition?**
**Andreae:** Naturally, in such a crowd you will quite inevitably see the usual faultfinders, who, as a general rule, visit such an exhibition with a preconceived opinion. Needless to say, they discover things, which they find especially objectionable, such as an exhibit label that is not close enough to the object or too far away. One finds the lettering too small, the other too large. As a curator, you can only go wrong. But that's how it always is. We are used to that. I no longer take any notice.

**My question was not aimed at those critics. I personally thought that the hall of mourning for the first dead cosmonaut, Vladimir Komarov, was very impressive…**
**Andreae:** Yes, it did impress many visitors. It struck them as very harrowing – which is just what it was supposed to do. We wanted to show that space travel is not only fascinating but also

**Von Madrid nach Bonn: Die „Geburt der Milchstraße" des niederländischen Malers Peter Paul Rubens wurde vom Prado an die Bundeskunsthalle verliehen.**

**From Madrid to Bonn: the "Birth of the Milky Way", a masterpiece by the Dutch painter Peter Paul Rubens, was lent to the Bundeskunsthalle by the Prado museum.**

wie es auch sein sollte. Wir wollten zeigen, dass Raumfahrt nicht nur faszinierend, sondern auch gefährlich ist. Also wie Rennwagen fahren – nur nicht mit sportlichen, sondern mit wissenschaftlichen und politischen Zielen. Wir haben im Ausstellungskonzept zu Outer Space versucht, nichts wegzulassen oder zu verschweigen. Darum haben wir ja auch eine Ecke zu Wernher von Braun eingerichtet. Verschiedene Lehrer haben bemängelt, dass diese dunkle Vergangenheit der deutschen Raumfahrt gar nicht vorkommt. Da haben sie offensichtlich nicht gut genug hingeschaut.

**Wie fanden die Leihgeber die Ausstellungsidee?**
**Andreae:** Die hätten uns nicht ihre Exponate überlassen, wenn sie die Idee nicht gut gefunden hätten. Bei dieser Art von Ausstellung ist es aber oft nicht so leicht, die etablierten Museen dazu zu überreden, Leihgaben herauszugeben. Hier wird ja ein thematischer Zusammenhang hergestellt. Zum Beispiel so ein Bild wie die „Geburt der Milchstraße" des niederländischen Malers Peter Paul Rubens aus dem Prado zu bekommen, war nicht so leicht. Das ist ein kunsthistorisches Meisterwerk. Das steht in allen Kunstbüchern – und jetzt auch in Zusammenhang mit einer Weltraumausstellung. Da hätten die madrilenischen Kunsthistoriker ja sagen können: „Nein, das gefällt uns jetzt nicht." So sind wir in die spanische Hauptstadt gereist. Wir haben den Prado-Kuratoren die gesamten Zusammenhänge erklärt, haben noch einmal unterstrichen, dass wir ein professioneller Betrieb sind, der anständig mit Leihgaben umgeht. Es sind eben solche Kleinigkeiten, die eine bestimmte Wirkung zeigen. Denn plötzlich hatten wir die Milchstraße. Danach geht der Exponatvorschlag erst einmal durch eine Kommission des potenziellen Leihgebers. Die tagt so zweimal im Jahr und stimmt darüber ab, ob die Leihgabe zustande kommt oder eben nicht. Wir haben aber Glück gehabt und so kam die „Geburt der Milchstraße" von Madrid nach Bonn, übrigens unter Polizeischutz.

dangerous. It's much like driving a racing car – only the objectives have nothing to do with sports but with science and politics. When developing the concept for the Outer Space exhibition, we tried not to leave out or suppress any ideas outright. This is why we set up a corner for Wernher von Braun. Various teachers took us to task for not showing this dark aspect in the past of German spaceflight. Apparently, they did not look close enough.

**What did the lenders think of the idea of the exhibition?**
**Andreae:** They would not have made their exhibits available if they had not thought that the idea was good. However, with this kind of exhibition it is often not really easy to talk established museums into handing over one of their exhibits and permitting us to place it into a new thematic context. For example, a picture like the 'Birth of the Milky Way' by the Dutch painter Peter Paul Rubens, was not that easy to extract from the Prado. The picture is a historic masterpiece. You can read that in any book about art – and was now to be placed in the context of a space exhibition. The art historians in Madrid might have said, 'No way, we are not having this.' So we travelled to the Spanish capital. We explained all the details to the curators of the Prado, emphasising once again that we are a professional organisation and would handle loans properly. It is small things like that which have a particular effect. So in the end we did get the Milky Way. First, a proposed loan must pass muster before a committee of the lender. Meeting about twice a year, it votes on whether a loan is to be authorised or not. We were lucky, however, and thus the 'Birth of the Milky Way' travelled from Madrid to Bonn – under police surveillance, by the way.

**Ich kann mir vorstellen, dass in einem solchen Fall die Versicherungssumme eine ganz erhebliche Rolle spielt, oder?**
**Andreae:** Ja, da sind wir aber in einer privilegierten Lage. Bei uns gilt die Bundesgarantie. Wir zahlen gar keine Versicherungsprämien. Sonst könnten wir uns eine solche Ausstellung wie Outer Space auch gar nicht leisten. Da wir eine Bundeseinrichtung sind, steht der Bund mit seinem Vermögen für eventuelle Schäden ein. Wenn wir das alles kommerziell versichern müssten, dann müsste sich unser Etat verdoppeln. Da hätten wir noch einmal ans DLR herantreten müssen.

**Wenn Sie Outer Space mit anderen Ausstellungen vergleichen, war das Sammeln der „Werke" bei dieser Ausstellung komplizierter als bei anderen Projekten?**
**Andreae:** Das Sammeln der Werke war kniffelig, aber nicht komplizierter als bei anderen Ausstellungen auch. Das läuft eigentlich immer ähnlich ab. Kompliziert war es aber zum Beispiel in Russland. Wir sind mitten in die diplomatischen Verwicklungen der Ukraine-Krise hineingeraten. Da gingen uns dann plötzlich die Türen zu. Die einzige Ausnahme war Galina Balashova mit ihren Raumfahrtarchitekturen. Sie hatte Angst, die Originale herauszugeben, weil sie nicht wusste, ob diese im Zoll hängenbleiben und ihr dann nicht zurückgegeben werden. Deswegen haben wir einen Trick angewandt. Wir haben ihre nichtkolorierten Skizzen groß abgezogen und Galina Balashova eine Woche vor Ausstellungseröffnung eingeflogen. Sie hat die Skizzen dann in Bonn vor Ort nachkoloriert – ein Gemisch aus Original und Reproduktion. Wenn so etwas gelingt, dann ist das schon sehr ungewöhnlich.

**Wenn Sie das Outer-Space-Projekt einmal Revue passieren lassen: Was würden Sie anders machen?**
**Andreae:** Bei mir gibt es zwar grundsätzliche Muster. Ich mache aber einfach aus Prinzip trotzdem jede Ausstellung anders, weil ich mich sonst langweilen würde. Dennoch trägt die Outer Space natürlich sehr stark meine Handschrift. Viele Leute haben gesagt: „Oh, diese Ausstellung muss doch vom Andreae sein." Die wussten aber gar nicht, wer Outer Space kuratiert hat. Das kommt daher, dass ich einen bestimmten Stil habe. Ich habe es nicht darauf angelegt, mich aber sehr darüber gefreut. Eine nächste Ausstellung mit einer ähnlichen Grundlage, die eben auch aus Wissenschaft und Kunst besteht, würde ich allerdings noch poetischer anlegen – also noch emotionaler. Das ganze Wissen der

**I imagine that in such a case, the insured value matters a lot, right?**
**Andreae:** Yes, but we are in a privileged position in this respect. Our loans are guaranteed by the Federal Government. We never pay insurance premiums. If we had to, we could never afford an exhibition like Outer Space. Since we are a federal institution, the government and its assets stand surety for any damage caused. If we had to insure everything commercially, our budget would have to be twice the size. In this case, we would have had to approach DLR again.

**If you compare Outer Space to other exhibitions, was it more complicated than in other projects to collect the exhibits?**
**Andreae:** Collecting the exhibits was tricky, but no more complicated than in other exhibitions. There is a standard procedure. However, we did run into complications in Russia, for example. We arrived right in the middle of the diplomatic entanglements caused by the Ukraine crisis. Suddenly, doors were shut in our faces. One case we managed quite successfully was that of Galina Balashova and her space architecture. She was afraid to hand over the originals because she did not know whether they might possibly be held back at customs and never returned to her. So we used a trick. We made large black and white copies of her sketches and flew in Galina Balashova one week before the exhibition opened. She then coloured in the sketches in situ in Bonn – a mix of original and reproduction. A stunt like that is rather an unusual procedure indeed.

**In hindsight, what would you do differently?**
**Andreae:** I do of course have some basic patterns which I follow every time. However, it is a principle with me to do every exhibition differently to avoid getting bored. Nevertheless, Outer Space bears my handwriting to a very large extent. There were many people who said, 'Oh, this exhibition must have been done by Andreae' – without really knowing who was the curator of Outer Space. This is because I have a personal style. I did not aim for that, but was very pleased nevertheless. If I were to do another exhibition on a similar basis composed of science and art, I would make it even more poetical or, in other words, more emotional. Today, everyone who has access to the Internet through their smartphone carries all the knowledge in the world around with them. A simple look online will tell you who was



Welt trägt mittlerweile jeder mit seinem Mobilfunk-Internetzugang mit sich herum. Man kann einfach online abfragen, wer der Erste auf dem Mond war – und mit den Namen Neil Armstrong und Buzz Aldrin bekommt man gleich alle Verschwörungstheorien zur ersten Mondlandung mitgeliefert. Das geistert ja alles schon durchs Netz. Da ist es schwer, heutzutage jemanden noch richtig mit etwas ganz Neuem zu begeistern. Was uns heute fehlt, ist dieser emotionale – ich nenne ihn immer den analogen – Effekt. Den kann die digitale Welt nicht anbieten, weil es da immer nur um ja oder nein, um richtig oder falsch geht. Das ist mir zu wenig. Die Dinge, die zwischen ja und nein liegen, kommen mir in der heutigen Zeit zu kurz. Da liegt auch noch eine Chance für Ausstellungen, die mit Originalen arbeiten.

**Was haben Sie durch Outer Space über Raumfahrt gelernt?**
**Andreae:** Ganz viel. Alles, was im Ausstellungskatalog steht – und noch viel mehr. Hochinteressant fand ich zum Beispiel, dass auf der Internationalen Raumstation ISS durchaus Schwerkraft herrscht, die nur durch ihre Bahngeschwindigkeit aufgehoben wird – also dass die Raumstation ständig im freien Fall um die Erde rast. Das war mir neu. Ich dachte vorher, da schwebt alles wie von selbst. Dass 400 Kilometer entfernt von der Erde die Schwerkraft noch existiert, hat mich fasziniert – genauso wie die Rosetta-Mission. Und dann fällt die Philae-Kometenlandung auch noch in unseren Ausstellungszeitraum – als hätten wir das genau so geplant. Das löst eine Faszination und Begeisterung aus, gegen die man sich einfach nicht wehren kann – wenn man so will, eine emotionale Erfahrung.

**Was wird Ihr nächstes Großprojekt oder brauchen Sie erst einmal wieder Ruhe?**
**Andreae:** Zu viel Ruhe ist nichts für mich. Ich arbeite im Augenblick an zwei Dingen: Das eine Projekt dreht sich um Wetter und Klima. Da habe ich auch schon mit dem einen oder anderen DLR-Kollegen gesprochen. Da könnten wir wieder miteinander an einen Tisch kommen. Ein weiteres Projekt – das steht aber noch in weiterer Ferne – heißt „Der schwangere Mann". Da geht es aber mehr um Völkerkunde, um Gender, um Geschlechterbeziehungen und so weiter – also mehr ein psychologisches Thema. Diese beiden Projekte plane ich im Augenblick nur für mich am Reißbrett und biete sie dann verschiedenen Häusern an. Mal sehen, was daraus wird.

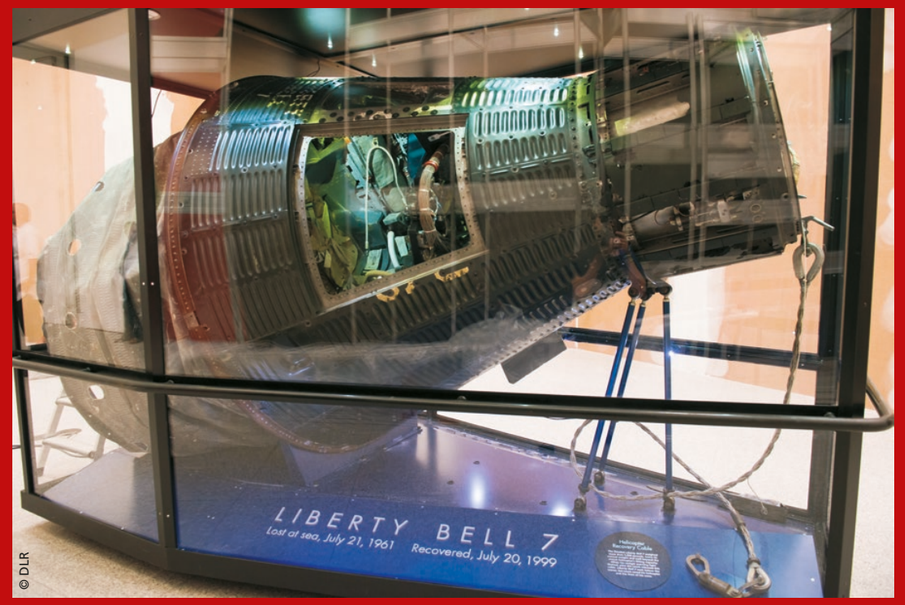
first on the Moon – and if you enter the names of Neil Armstrong and Buzz Aldrin you even get a whole package of conspiracy theories surrounding the first landing on the Moon. Everything is already out there on the web. So it is hard these days to present people with something entirely new and fascinating. What we are lacking today is that emotional or analogue effect, as I always call it. The digital world cannot offer that because it is all about yes or no, right or wrong. For me, that is not enough. To my mind, what today's world is lacking is an awareness of things that are situated somewhere between yes and no. Here lies a great opportunity for exhibitions that work with originals.

**What did Outer Space teach you about spaceflight?**
**Andreae:** Quite a lot. Everything that is in the catalogue – and much more. What I found highly interesting, for example, is the fact that gravity does prevail on the International Space Station but is cancelled out by its orbital velocity – in other words: that the space station continuously races around the Earth in free fall. That was new to me. I used to think that everything on the station floated by itself. I was fascinated by the fact that gravity exists 400 kilometres away from Earth – and by the Rosetta mission. On top of it all, the landing of Philae on its comet happened during our exhibition – just as if we had planned it that way. The fascination and enthusiasm triggered by such a coincidence are so powerful that you are simply defenceless – an emotional experience, if you like.

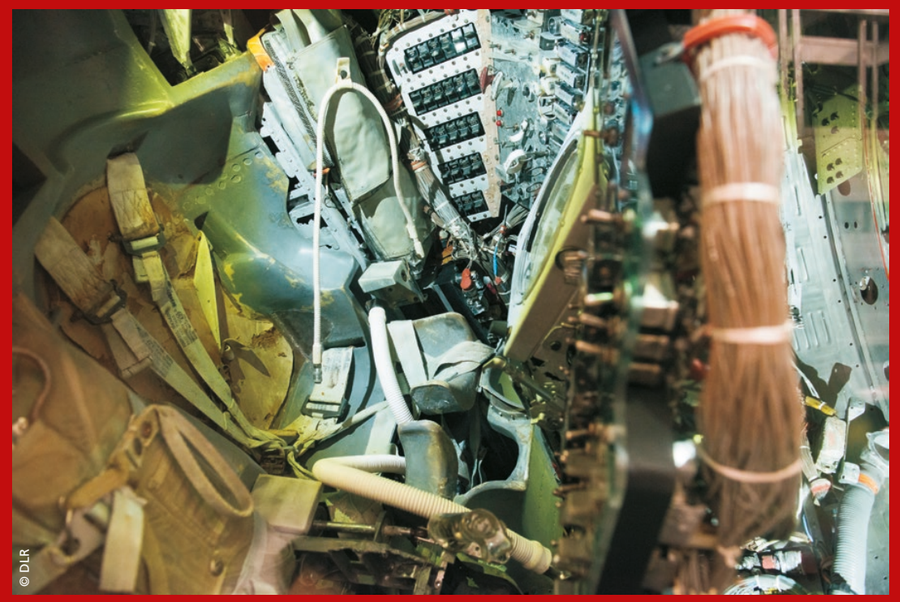
**What will be your next large-scale project – or do you need to rest a bit for the time being?**
**Andreae:** Too much rest is no good for me. At the moment, I am working on two things: one project revolves around the weather and the climate. I have already talked to one or the other DLR colleague about it. We might get together once again on that. There is another project – very much in the dim and distant future – called 'The Pregnant Man'. However, this revolves rather more around ethnography, gender, relations between the sexes and so on – a subject that is rather more psychological. At present, I am planning these projects on the drawing board only for myself; later, I am going to offer them to various museums. Let's see what comes of them.

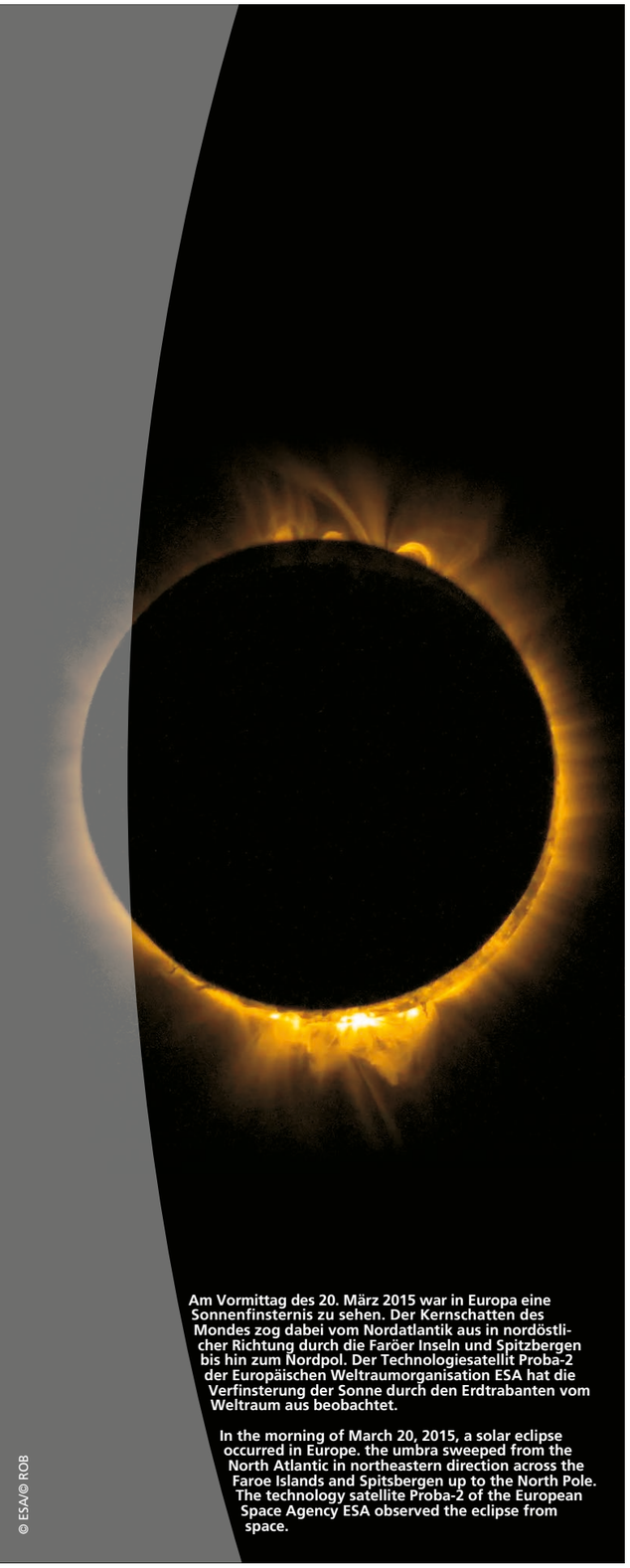
**Drama im Atlantik: Die Mercury-Redstone 4-Mission am 21. Juli 1961 war der zweite US-amerikanische Weltraumflug im Rahmen des Mercury-Programms. Der suborbitale Flug verlief auch wie geplant. Allerdings lief nach der Landung Wasser in die Kapsel und die Liberty Bell ging unter. Der Astronaut Virgil Grissom konnte sich nur schwimmend retten. Danach wurden die Versuche aufgegeben, die Kapsel per Hubschrauber zu bergen. Vollgelaufen wog sie mehr, als die Maschine heben konnte. Die Liberty Bell 7 versank im Atlantik auf eine Tiefe von 5.000 Metern. Erst 1999 konnte sie erfolgreich geborgen werden.**

**A dramatic event in the Atlantic: Mercury Redstone 4 was the second flight under the USA's Mercury programme on July 21, 1961. The suborbital flight went according to schedule. However, during the landing operation, water leaked into the capsule, causing Liberty Bell to sink. Astronaut Virgil Grissom made a narrow escape and saved his own life by swimming. Attempts to salvage the capsule by helicopter were soon given up. Filled with water, it weighed more than the helicopter's lifting capacity. Liberty Bell sank to the bottom of the Atlantic Ocean to a depth of 5,000 metres. It was finally salvaged in 1999.**



© DLR


© DLR



Am Vormittag des 20. März 2015 war in Europa eine Sonnenfinsternis zu sehen. Der Kernschatten des Mondes zog dabei vom Nordatlantik aus in nordöstlicher Richtung durch die Faröer Inseln und Spitzbergen bis hin zum Nordpol. Der Technologiesatellit Proba-2 der Europäischen Weltraumorganisation ESA hat die Verfinsterung der Sonne durch den Erdtrabanten vom Weltraum aus beobachtet.

In the morning of March 20, 2015, a solar eclipse occurred in Europe. the umbra sweeped from the North Atlantic in northeastern direction across the Faroe Islands and Spitsbergen up to the North Pole. The technology satellite Proba-2 of the European Space Agency ESA observed the eclipse from space.

© ESA/© ROB

# Kultur trifft Raumfahrt

**LunaSol-Weg – der Sonnenfinsternis ein Denkmal setzen**

*Von Dr. Manfred Gaida*

**Der Mond zieht vor der hellen Sonnenscheibe entlang, dunkelt diese dabei für kurze Zeit völlig ab und lässt die Sonnenkorona sekunden- bis minutenlang aufleuchten. Totale Sonnenfinsternisse haben die Menschheit schon immer fasziniert und zahlreiche Mythen und Legenden geboren: Die Bevölkerung im alten China glaubte, ein Drache habe die Sonne verschlungen, wenn es tagsüber plötzlich ringsum dunkel wurde. Mit lautem Gerassel, Trommelschlägen und schrillem Gesang versuchten sie das Untier so zu erschrecken, dass es die Sonne wieder ausspie – was glücklicherweise auch immer gelang. Die letzte totale Sonnenfinsternis in Deutschland haben selbst nach 15 Jahren viele Menschen noch nicht vergessen. Sie wissen noch sehr genau, wo sie am 11. August 1999 waren und wie sie dieses Himmelsschauspiel erlebt haben. Sollte man daher dieses Ereignis im Raumfahrtzeitalter nicht öffentlich verankern und über den Tag hinaus in einen größeren wissenschaftlich-kulturellen Zusammenhang stellen? Eine Möglichkeit wäre ein Weg, der Mond (luna) und Sonne (sol) gewidmet ist, der „LunaSol-Weg“.**

## Culture Meets Spaceflight

**The LunaSol Path – a Monument to the Solar Eclipse**

*By Dr Manfred Gaida*

**The Moon passes in front of the bright solar disc, completely darkening it for a short period, leaving only the Sun's corona to shine brightly for seconds or even minutes. Total eclipses have fascinated mankind at all times, and have inspired numerous myths and legends: in ancient China, when darkness suddenly fell all around in the daytime, people believed that the Sun had been engulfed by a dragon. By sounding rattles, beating drums, and chanting noisy tunes, they attempted to scare the monster into spitting the Sun out again – in which they happily succeeded every time. In Germany, many of us still recall the last total eclipse even after fifteen years. People remember very well where they were on August 11, 1999, and how they experienced the celestial spectacle. Would it not be appropriate, therefore, to accord a place in the public mind to this event in the age of spaceflight, and put it into a wider scientific and cultural context that outlasts the day? One way to do this would be to create a path which is dedicated to the moon (luna) and the sun (sol), named as 'LunaSol Path'.**

Autor: **Dr. Manfred Gaida** ist Astronom und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik des DLR Raumfahrtmanagements. Er befasst sich seit geraumer Zeit mit Sonnenfinsternissen und hat die persönliche Idee, mit dem LunaSol-Weg diesem astronomischen Ereignis ein länder-, staaten- und erdteilübergreifendes Andenken zu setzen.

Author: **Dr Manfred Gaida** is an astronomer and member of the scientific staff of the Space Science department of the DLR Space Administration. Having studied solar eclipses for a long time, he had the private idea of creating an international and intercontinental monument to mark this astronomical event.

### Die „magische“ Zahl zwölf

Die Zahl zwölf scheint nahezu „magisch“ mit zwei speziellen Sonnenfinsternissen und dem Mond in Verbindung zu stehen: Die totale Sonnenfinsternis vom 11. August 1999 und ihre „Tochterfinsternis“, die 18 Jahre später am 21. August 2017 stattfinden wird, verlaufen beide geografisch durch zwölf verschiedene Staaten auf jeweils einem Kontinent. 1999 zog der Kernschatten des Mondes entlang eines rund 110 Kilometer schmalen Totalitätsstreifens sukzessive durch Großbritannien, Frankreich, Belgien, Luxemburg, Deutschland, Österreich, Slowenien, Ungarn, Serbien, Rumänien, Bulgarien und die Türkei. In ähnlicher Weise wird der Kernschatten am 21. August 2017 in rund eineinhalb Stunden über die zwölf US-amerikanischen Bundesstaaten Oregon, Idaho, Wyoming, Nebraska, Kansas, Missouri, Illinois, Kentucky, Tennessee, North Carolina, Georgia und South Carolina hinwegfegen. Beide Sonnenfinsternisse gehören der sogenannten Sarosreihe 145 an. Der Saros ist seit babylonischen Zeiten bekannt und besagt, dass zwei Finsternisse, die zeitlich 18 Jahre, zehn oder – je nach Zahl der Schaltjahre – elf Tage und acht Stunden auseinander liegen, geometrisch ähnlich verlaufen. Die Zyklusfolge ist allerdings endlich. Saros 145 besteht beispielsweise aus 77 Sonnenfinsternissen und währt von 1639 bis 3009 insgesamt 1.370 Jahre. Die längste Totalität wird mit sieben Minuten und zwölf Sekunden am 25. Juni 2522 erreicht.

### The 'magical' figure twelve

The figure twelve seems to be connected to two special solar eclipses and to the Moon in a way that appears almost 'magical': in geographical terms, the total eclipse of August 11, 1999, and its 'daughter eclipse' that will take place 18 years later on August 21, 2017, both run along a path through twelve different states on two continents. In 1999, the Moon's umbral shadow darkened a narrow strip called 'path of totality' about 110 kilometres wide while moving forward through Great Britain, France, Belgium, Luxembourg, Germany, Austria, Slovenia, Hungary, Serbia, Rumania, Bulgaria, and Turkey. Similarly, the Moon's umbral shadow will sweep across twelve American federal states, namely Oregon, Idaho, Wyoming, Nebraska, Kansas, Missouri, Illinois, Kentucky, Tennessee, North Carolina, Georgia, and South Carolina within about one and a half hours on August 21, 2017. Both eclipses belong to a cycle known as Saros 145. Since Babylonian times, Saros cycles have been used to predict eclipses. We know that two eclipses, separated in time by 18 years, ten or – depending on the number of leap years – eleven days and eight hours, run along geometrically similar paths. However, the cycle is finite. Saros 145, for example, comprises 77 solar eclipses and extends over a total of 1,370 years between 1639 and 3009. The longest totality of seven minutes and twelve seconds will be reached on June 25, 2522.

Insgesamt haben zwölf US-amerikanische Astronauten den Mond betreten. Ihre Flüge zum Erdtrabanten fanden im Rahmen des Apollo-Programms der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA von Juli 1969 bis Dezember 1972 statt.

Twelve American astronauts have set foot on the Moon. Their flights formed part of NASA's Apollo programme which lasted from July 1969 until December 1972.

© NASA

**Verlauf des Kernschattens der totalen Sonnenfinsternis vom 11. August 1999 durch Europa: Großbritannien, Frankreich, Belgien, Luxemburg, Deutschland, Österreich, Slowenien, Ungarn, Serbien, Rumänien, Bulgarien und die Türkei**

**The path of the total eclipse on August 11, 1999, cut right through Europe: United Kingdom, France, Belgium, Luxembourg, Germany, Austria, Slovenia, Hungary, Serbia, Rumania, Bulgaria, and Turkey**

**Verlauf des Kernschattens der totalen Sonnenfinsternis vom 21. August 2017 durch die USA: Oregon, Idaho, Wyoming, Nebraska, Kansas, Missouri, Illinois, Kentucky, Tennessee, North Carolina, Georgia und South Carolina**

**The path of the umbra of the total eclipse on August 21, 2017, will cross part of the USA: Oregon, Idaho, Wyoming, Nebraska, Kansas, Missouri, Illinois, Kentucky, Tennessee, North Carolina, Georgia, and South Carolina**

Doch es gibt noch eine weitere Verbindung zu der Zahl zwölf: Ein Dutzend Astronauten haben bis heute den Erdmond als „Finsternispartner" der Sonne betreten – Neil Armstrong, Edwin Aldrin, Charles Conrad, Alan Bean, Alan Shepard, Edgar Mitchell, David Scott, James Irwin, John Young, Charles Duke, Eugene Cernan und Harrison Schmitt. Diese zwölf Mondastronauten machen zusammen mit den zwölf Staaten des europäischen Kontinents und den zwölf Bundesstaaten der USA den symbolischen Kern des LunaSol-Weges aus.

**Der LunaSol-Weg**
Die eigene Idee: einen Weg durch die zwölf Länder des europäischen Kontinents und einen zweiten Weg durch die zwölf amerikanischen Bundesstaaten, durch die der Kernschatten der Finsternis am 21. August 2017 ziehen wird, anzulegen. In jedem Land beziehungsweise in jedem Bundesstaat könnte entlang des Kernschattenweges eine öffentlich zugängliche „Mondsteintafel" entstehen, die in der Alten Welt an die letzte Sonnenfinsternis des letzten Jahrtausends erinnert und in der Neuen Welt auf das Kommen ihrer Sarostochter am 21. August 2017 hinweist. Somit ergibt sich insgesamt entlang der beiden Finsternispfade eine Kette von jeweils zwölf unterschiedlich gestalteten Tafeln. Jede Station eines europäischen Landes oder US-Bundesstaates, an der eine Tafel aus Stein oder Metall steht, wird zudem einem Astronauten gewidmet, der den Mond betreten hat. Die eigentliche Attraktion einer solchen Tafel befindet sich jeweils im Zentrum: Hier soll – in einer Öffnung eingelassen und versiegelt – ein kleines Stück echtes Mondgestein, Gestein eines Mondmeteoriten oder anderes „außerirdisches" Material aus unserem Sonnensystem liegen.

**Von der Vision zur Verwirklichung**
Doch von der Idee bis zur ersten Stele ist es noch ein weiter Weg: Es müssen eine LunaSol-Arbeitsgruppe gegründet, Sponsoren in der Raumfahrtindustrie und Unterstützung durch ESA und NASA gefunden, geeignete Standorte gesucht und ein Grundentwurf zum Design der Mondsteintafeln und ihrer Umgebung entwickelt werden. Welche Angaben sollen die Stelen enthalten? Welcher Art soll die Weltraum-Intarsie in der Mitte sein? Sollen die Tafeln im Freien stehen oder eher in einem sicheren Gebäude? Wie ließe sich das Umfeld entsprechend und ansprechend gestalten? Wie werden die Stelen gepflegt und erhalten? Wie kann man Touristen für den LunaSol-Weg begeistern? Die Antworten auf diese Fragen zu finden, wäre die Aufgabe einer kreativen LunaSol-Arbeitsgruppe. Die Gestaltung der europäischen und amerikanischen Wegstationen muss aufeinander abgestimmt werden, sodass die gemeinsame Gestaltung zugleich ein Ausdruck der jahrzehntelangen fruchtbaren Zusammenarbeit zwischen Europa und den Vereinigten Staaten von Amerika bei der Erforschung des Sonnensystems ist. Ein Projekt außergewöhnlicher Art – im Ganzen aber nicht schwieriger als andere anspruchsvolle internationale Projekte. Die Umsetzung erscheint technisch machbar, finanziell überschaubar und auch politisch umsetzbar.

Wie auch immer der LunaSol-Weg letztlich aussehen mag: Er soll symbolisch eine Brücke von der Erde zum Mond schlagen, Menschen und Nationen über Erdkontinente hinweg verbinden sowie die gemeinsamen Ziele bedeutender Raumfahrtzentren und Forschungseinrichtungen in den beteiligten Ländern bestätigen. Dass solche Projekte gelingen können, zeigen einzelne Denkmäler, die man Meteoritenfällen an etlichen Orten der Welt gesetzt hat, wie zum Beispiel dem Hoba-Meteoriten (Namibia) und dem Wold Newton Meteoriten (Großbritannien) sowie das Rieskrater-Museum in Deutschland. Der LunaSol-Weg soll nun einem weiteren, stets faszinierenden Himmelsschauspiel ein Denkmal setzen und so Kultur, Bildung und Raumfahrt miteinander verbinden. Beide Wege wären mit einem angemessenen zeitlichen Vorlauf vor der Finsternis am 21. August 2017 einzuweihen.

**„Gebt mir einen Stein vom Mond, und ich sage Euch, wie der Mond, ja das Sonnensystem entstanden ist." (Harold Urey, US-amerikanischer Chemiker und Nobelpreisträger)**

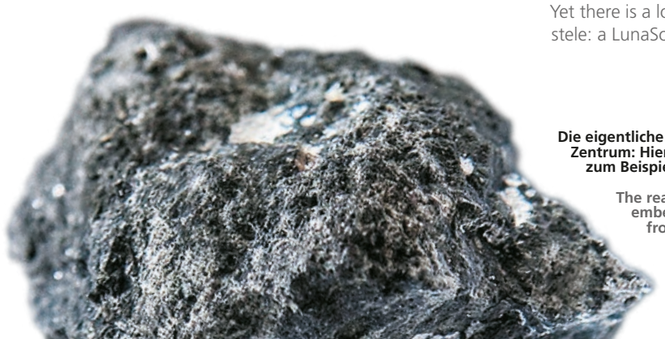
**'Give me a piece of the Moon and I will tell you how our solar system was formed.' (Harold Urey, American physical chemist and Nobel prize winner)**

But there is yet another link to the figure twelve: to this day, a dozen astronauts have set foot on the Moon as the Sun's 'partner of darkness' – Neil Armstrong, Edwin Aldrin, Charles Conrad, Alan Bean, Alan Shepard, Edgar Mitchell, David Scott, James Irwin, John Young, Charles Duke, Eugene Cernan, and Harrison Schmitt. Together with the twelve states on the European continent and the twelve US states, these twelve lunar astronauts form the symbolic core of the LunaSol Path.

**The LunaSol Path**
The private idea is to set up a path leading through the twelve countries on the European continent and another path leading through the twelve American states through which the umbral shadow of darkness will move on August 21, 2017. In every country and in every state, a 'Moon tablet' might be erected somewhere along the path of totality, recalling the last eclipse of the last millennium in the Old World and forecasting the advent of its Saros daughter on August 21, 2017 in the New World. Thus, the two paths of totality will each be marked by a chain of twelve differently designed memorial tablets. Moreover, each station in a European country or a US state where a tablet of stone or metal stands will be dedicated to an astronaut who has stepped on the Moon. The real attraction of such a tablet would be in its centre: here, a sealed cavity would hold a small piece of genuine Moon rock, rock from a lunar meteorite, or other 'extraterrestrial' material from our solar system.

**From vision to realisation**
Yet there is a long way to go from the idea to setting up the first stele: a LunaSol working group will have to be convened, sponsors will have to be found in the space industry, the support of ESA and NASA will have to be sought, suitable sites found, and a basic draft of the design of the Moon tablets and their surroundings developed. What information should be written on the steles? How should the space inlay in the centre be designed? Should the tablets stand in the open or be sheltered in a building? How could the surroundings be made appropriate and attractive? How should the steles be maintained and looked after? How can tourism be attracted to the LunaSol Path? Finding answers to these questions would be the task of a creative LunaSol working group. The design of the stations in Europe and America will need to be harmonised, symbolising the decades of fruitful co-operation between Europe and the United States of America on the exploration of the solar system. The task, though extraordinary, is no more difficult on the whole than other ambitious international projects. Its implementation appears technically feasible, financially manageable, and politically viable.

Whatever shape the LunaSol Path may take in the end, it is to constitute a symbolic bridge between the Earth and the Moon, a bond between people and nations across continents, and an acknowledgement of the common goals of major space centres and research institutions in the participating countries. That such projects may indeed succeed is demonstrated by single monuments erected to meteorites in numerous places in the world, like that of the Hoba meteorite (Namibia) and the Wold Newton meteorite (Great Britain) as well as the Ries Crater Museum in Germany. Intended as a memorial to yet another ever-fascinating celestial spectacle, the LunaSol Path will be a synthesis of culture, education and spaceflight. Given adequate lead time, both paths could be inaugurated before the eclipse of August 21, 2017.

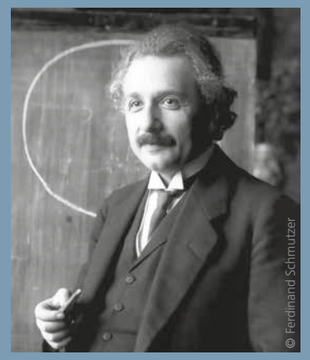


**Die eigentliche Attraktion einer jeden LunaSol-Tafel liegt jeweils im Zentrum: Hier soll – in eine Öffnung eingelassen und versiegelt – zum Beispiel ein kleines Stück echtes Mondgestein liegen.**

**The real attraction of each LunaSol stele will be in its centre: embedded in a small, sealed cavity there will be an object from space, such as a small piece of real moon rock.**

**Vor knapp 100 Jahren erlangte die totale Sonnenfinsternis vom 29. Mai 1919 weltgeschichtlichen Ruhm. Der britische Astrophysiker Sir Arthur Stanley Eddington fotografierte von der Insel Principe im Golf von Guinea (Westafrika) das Himmelsschauspiel. Anhand seiner Aufnahmen ließ sich klar nachweisen, dass die Schwerkraft den Weg des Lichtes krümmt, wie von Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie vorhergesagt.**

**Almost 100 years ago, the total eclipse of May 29, 1919 became a landmark in world history. British astrophysicist Sir Arthur Stanley Eddington photographed the celestial spectacle from the island of Principe in the Gulf of Guinea (West Africa). His pictures clearly demonstrate how the path of light is bent by gravity, as predicted by Einstein in his General Theory of Relativity.**




**Albert Einstein**

Martin Eberhart/© IRS

# WADIS-2

**Wie kalt ist der Winter in der Mittleren Atmosphäre?**

*Von Dr.-Ing. Christian Gritzner und Dr. Boris Strelnikov*

**Jahreszeiten spielen überall eine Rolle – sogar in 80 Kilometer Höhe. In der sogenannten Mittleren Atmosphäre geht es durchaus turbulent zu: Temperatur, Luftdruck, elektrische Ladungen, Aerosol-, Spurengas- und Eis-Konzentration sowie Dichte schwanken hier stark und beeinflussen unser Klima. Nachdem die Höhenforschungsrakete WADIS-1 vor anderthalb Jahren diese Veränderungen im Sommer untersucht hat, startete am 5. März 2015 um 02.44 Uhr Mitteleuropäischer Zeit ihr „Zwilling" WADIS-2 vom Andøya Space Center mit acht Experimenten an Bord, um diese Veränderungen nun auch im Winter zu messen. Angetrieben von einem Feststoffraketenmotor aus Brasilien wurde die insgesamt 1.550 Kilogramm schwere Rakete mit bis zu über zehnfacher Erdbeschleunigung in den norwegischen Nachthimmel katapultiert. Kurz danach trennten sich Raketenmotor und Nutzlastspitze und flogen dann antriebslos weiter. Die Spitze mit den Experimenten stieg in 175 Sekunden auf eine Gipfelhöhe von 126 Kilometern und führte beim Aufstieg und beim Abstieg zahlreiche Messungen durch. Die Messdaten wurden bereits im Flug übertragen.**

## WADIS-2

**How Cold is Winter in the Middle Atmosphere?**

*By Dr Christian Gritzner and Dr Boris Strelnikov*

**Seasons play a part everywhere – even 80 kilometres up, in the so-called middle atmosphere, there is a great deal of turbulence: temperature, atmospheric pressure, electric charges, and aerosol, trace gas, and ice concentrations as well as density fluctuate widely, influencing our climate. 18 months ago, the WADIS-1 high-altitude sounding rocket investigated these changes in the summer season. Now, on March 5, 2015, its 'twin', WADIS-2, took off from Andøya Space Center at 02.44 a.m. central European time, carrying eight experiments designed to measure these changes in winter. Powered by a solid-fuel rocket engine from Brazil and weighing 1,550 kilogrammes in all, the rocket accelerated into the Norwegian night sky at more than ten times Earth-normal gravity. Shortly afterwards, the rocket engine separated from the payload nose cone, leaving both to continue their flight unpowered. Within 175 seconds, the nose cone containing the experiments rose to a peak altitude of 126 kilometres, carrying out numerous measurements during the ascent and descent and transmitting the data during its flight.**

**Die Höhenforschungsrakete WADIS-2, montiert auf der Startrampe am Andøya Space Center. Unter dem silbernen Nutzlastteil der Rakete ist der orangefarbene VS-30-Feststoffmotor zu erkennen.**

**The WADIS-2 high-altitude sounding rocket, mounted on its launch pad at the Andøya Space Center. Visible in orange underneath the silver payload section is the VS-30 solid-fuel engine.**

Autoren: **Dr. Christian Gritzner** betreut für das DLR Raumfahrtmanagement als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik das WADIS-Projekt. **Dr. Boris Strelnikov** arbeitet in der Abteilung Radarsondierungen und Höhenforschungsraketen des Leibniz Instituts für Atmosphärenphysik (IAP). Er ist Projektleiter der WADIS-Mission.
Authors: **Dr Christian Gritzner** supervises the WADIS project as a scientific assistant at the Space Science department of the DLR Space Administration. **Dr Boris Strelnikov** works for the department Radar Soundings and Sounding Rockets at the Leibniz Institute for Atmospheric Physics (IAP). He is the project manager of the WADIS mission.

Die Erdatmosphäre ist ein hochkomplexes System, in dem Effekte wie Sonneneinstrahlung, wechselnde Gaszusammensetzungen, Staub, Eiskristalle und elektrische Aufladung zusammenspielen. Sie beeinflussen sowohl das aktuelle Wetter als auch die Klimaentwicklung. Speziell die Dichteänderungen in der Mittleren Atmosphäre (50 bis 80 Kilometer) untersucht das WADIS-Projekt (Wellenausbreitung und Dissipation in der Mittleren Atmosphäre) des Leibniz-Instituts für Atmosphärenphysik (IAP) in Kühlungsborn mit Unterstützung des DLR.

Die Experimentsensoren ermittelten während des Fluges Luftdruck, Temperatur, elektrische Ladungen sowie Dichteänderungen in der Atmosphäre. Diese Änderungen der Luftdichte, sogenannte Schwerewellen, lassen sich in Form von Temperatur-, Druck- und Windschwankungen messen. Sie treten beispielsweise dort auf, wo Windströmungen in Bodennähe auf ein Hindernis – etwa ein Gebirgsmassiv – treffen und diese Störungen sich bis in 80 Kilometer Höhe fortsetzen. Das Phänomen der sogenannten Schwerewellen ist zwar schon länger bekannt, aber noch nicht genau erforscht worden. Um Klimamodelle künftig zu verbessern, nutzt man hierzu aber die genauen Daten der WADIS-Kampagne.

**Fünf deutsche Experimente erforschen die Mittlere Atmosphäre**

An Bord von WADIS-2 befanden sich auch fünf deutsche Experimente. Drei davon stammten von IAP-Wissenschaftlern: Die Combined Measurement of Neutrals and Electrons (CONE)-Sensoren bestimmten Dichteschwankungen. Ein Partikelsensor ermittelte Aerosole. Außerdem war eine sogenannte fallende Kugel (Active Falling Sphere) mit dabei. Fallende Kugeln wurden schon früher in der Meteorologie eingesetzt. Man ließ sie in einer gewissen Höhe fallen und konnte über Radar-Messungen vom Boden aus die Luftdichte, Temperatur und horizontale Windgeschwindigkeiten bestimmen. Diese 25 Zentimeter große

The terrestrial atmosphere is a highly complex system within which effects like solar irradiation, changing gas compositions, dust, ice crystals, and electric charges interact, influencing both our current weather and the development of the climate. Carried out by the Leibniz Institute of Atmospheric Physics (IAP) in Kühlungsborn with support from the German Aerospace Center, the WADIS (wave propagation and dissipation in the middle atmosphere) project focusses especially on the role of waves and turbulence in the middle atmosphere (50 to 80 kilometres).

During the flight, the experiment sensors measured pressure, temperature, electric charges, and density changes in the atmosphere. Called gravity waves, these changes in atmospheric density may be measured as temperature, pressure, and wind fluctuations. They occur, for example, wherever wind currents close to the ground encounter an obstacle, such as a mountain range, causing disturbances that spread to an altitude of up to 80 kilometres. While the phenomenon of so-called gravity waves has been known for a long time, it has not yet been explored in detail. The exact data from the WADIS campaign will be used to improve future climate models.

**Five German experiments explore the middle atmosphere**

Among others, WADIS-2 carried five German experiments, three of which were developed by IAP scientists: the CONE sensors (combined measurement of neutrals and electrons) identified density fluctuations. Aerosols were measured by a particle sensor. In addition, a so-called active falling sphere was included as well. Falling spheres have been employed in meteorology before. When they are dropped from a certain altitude, air density, temperature, and horizontal wind velocities can be measured by radar from the ground. Measuring 25 centimetres in diameter and weighing 2.5 kilogrammes, this falling sphere carried its own 3-D acceleration sensors, a gyro, a GPS receiver and radio electronics. It is because of these measuring devices that it is

Nils Höger/© DLR

**Ein kleiner Teil des WADIS-2-Teams hat sich vor der Nutzlastspitze für ein Gruppenbild versammelt. Gemeinsam fiebern sie dem Raketenstart entgegen.**

**A small part of the WADIS-2 team, posing for a group photo at the nose cone which carries the payload, waiting in excitement for the rocket launch.**

Tobias Ruhe/© DLR

**Bevor das Nutzlastmodul auf die Meeresoberfläche auftrifft, wird der Fallschirm ausgeworfen. Das Modul ist mit einem Sender und einer Boje ausgestattet, sodass es von einer Schiffsmannschaft leicht aus dem Wasser geborgen werden kann. Anschließend wird das Modul zurück zum Andøya Space Center transportiert, wo die Experimente ausgebaut werden. Die Auswertung der Daten wird mehrere Wochen und Monate in Anspruch nehmen.**

**A parachute opens just before the payload module hits the sea surface. The module is equipped with a radio transmitter and marked by a buoy so that it can be easily spotted and lifted out of the water by a naval crew. Afterwards, the module will be carried to Andøya Space Center, where the experiments will be removed. Now, the data evaluation will take a few weeks or months.**

und 2,5 Kilogramm schwere, fallende Kugel hatte mit 3D-Beschleunigungssensoren, Kreisel, GPS-Empfänger und einer Funkelektronik eigene Messgeräte an Bord, weshalb sie als „aktiv“ bezeichnet wird. Die Kugel befand sich zwischen dem Raketenmotor und der Nutzlast und wurde nach der Abtrennung des Motors ausgeworfen. Zwei Experimente kommen von der Universität Stuttgart und messen in unterschiedlichen Verfahren die Konzentration von atomarem Sauerstoff. Die beiden Experimente FIPEX und PHLUX wurden schon früher auf Raumflugmissionen erfolgreich eingesetzt und für Atmosphärenuntersuchungen optimiert. Weil die Raketenstufe rotiert und somit ihre Ausrichtung beibehält, sind manche Experimente an Spitze und Unterseite der Nutzlasteinheit doppelt vorhanden, um beim Aufstieg und beim Abstieg messen zu können.

**Warum Höhenforschungsraketen?**
Da Ballone nur bis etwa 40 Kilometer steigen und Satelliten nicht dauerhaft unterhalb von 200 Kilometern fliegen können, eignen sich nur Raketen zur Erkundung des Höhenbereichs dazwischen. Ferner wurden 13 kleine, einfache „Wetterraketen“ vom Typ Loki-Dart gestartet, die Winde zwischen circa 25 und 80 Kilometern Höhe nach dem WADIS-2-Start gemessen haben, um damit ein größeres Wetterumfeld bestimmen zu können. Diese Wetterraketen wurden von der NASA kostenfrei zur Verfügung gestellt, wofür die amerikanische Weltraumbehörde im Gegenzug gemessene Winddaten erhält. Zusätzlich und zeitgleich wurden Temperatur-, Windgeschwindigkeit- und Elektronendichte vom Boden aus mittels RADAR und LIDAR gemessen. In der Nähe des Startplatzes befinden sich entsprechende Anlagen (Saura MF-Radar, Middle Atmosphere Alomar Radar System (MAARSY) und Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research (ALOMAR)), die auch das ganze Jahr hindurch mit verschiedenen Instrumenten Ergebnisse sammeln. Im Zusammenspiel von Boden- und Flugmessungen lassen sich Daten von einzigartiger Qualität und Aussagekraft gewinnen.

called active. Located between the rocket engine and the payload, the sphere was released after the engine had separated. Two experiments from Stuttgart University, FIPEX and PHLUX, used different methods to measure the concentration of atomic oxygen. The two experiments had been successfully deployed on earlier space missions; for the present atmosphere studies, they were optimised. Because the rocket stage rotates to retain its orientation, some experiments were installed in duplicate at the tip and the underside of the payload unit so that measurements could be carried out both during ascent and descent.

**Why high-altitude research rockets?**
Because balloons can rise no higher than about 40 kilometres and satellites cannot permanently fly at less than 200 kilometres, only rockets can be used to explore the range in between. After WADIS-2, 13 smaller, basic weather rockets of the Loki-Dart type were launched to measure wind at altitudes between 25 and 80 kilometres, making it possible to explore a wider weather environment. These weather rockets were provided free of charge by NASA, who in turn receives the measured wind data. In addition, temperatures, wind velocities, and electron densities were measured at the same time from the ground by RADAR and LIDAR. Located in the vicinity of the launch site, these systems (Saura MF-Radar, Middle Atmosphere Alomar Radar System (MAARSY) and Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research (ALOMAR)) employ different instruments to gather results throughout the year. The interplay between ground-based and in-flight measurements yields data of unparalleled quality and significance.

**Winter and summer in the middle atmosphere**
The precursor rocket, WADIS-1 (see COUNTDOWN edition 23), took off 18 months earlier, on June 28, 2013. While this mission took place in the summer period, WADIS-2 was launched in winter. From a scientific point of view, this difference is very important because the circulation conditions in the atmosphere are different. These differences enable scientists to draw very meaningful conclusions regarding the processes that are going



**Winter und Sommer in der Mittleren Atmosphäre**
Bereits eineinhalb Jahre zuvor, am 28. Juni 2013, startete die Vorgängerrakete WADIS-1 (siehe COUNTDOWN Ausgabe 23). Während diese Mission in der Übergangszeit zwischen Frühling und Sommer erfolgte, wurde WADIS-2 im Winter gestartet. Aus wissenschaftlicher Sicht ist dieser Unterschied sehr wichtig, da die Atmosphäre sich dann in unterschiedlichen Zirkulationszuständen befindet. Aus diesen Unterschieden können die Wissenschaftler dann sehr gut auf die dort ablaufenden Prozesse schließen und diese modellieren. Zum Beispiel soll mit WADIS ein kurioses Phänomen genauer betrachtet werden: In gewissen Höhenschichten ist die Temperatur im Sommer zeitweise sogar niedriger als im Winter. Die Höhenprofile von Temperatur, Aerosol-, Spurengas- und Eis-Konzentration sowie der Luftdichte sind für die Klimamodelle wichtig. Die WADIS-Experimente liefern trotz der hohen Fluggeschwindigkeit Messdaten im Abstand von weniger als einem Meter, während die bodengebundenen Instrumente nur gröber messen können.

„Die Sammlung an Ergebnissen von WADIS-2 ist beeindruckend. Es haben alle Instrumente, sowohl auf der Rakete als auch am Boden, gute Daten geliefert und das in einer Situation mit offensichtlich großer Schwerewellenaktivität. Klasse“,

**gratuliert Prof. Franz-Josef Lübken, Direktor des IAP.**

'The collection of WADIS-2 results is impressive. All instruments, those on the rocket as well as those on the ground, supplied good-quality data, although the situation apparently involved high gravity-wave activity. Great',

**Prof. Franz-Josef Lübken, the director of the IAP, congratulates.**

Das WADIS-Projekt setzt die Forschung des ECOMA-Programms fort, bei dem von September 2006 bis Dezember 2010 neun Höhenforschungsraketen gestartet wurden. Mit der WADIS-2-Kampagne ist dieses Projekt jetzt erfolgreich abgeschlossen – die Datenauswertung wird natürlich noch einige Zeit andauern.

**Nachfolgeprogramm in Planung**
WADIS wird von einem neuen Projekt abgelöst, das die im Winter auftretenden Echo-Effekte untersuchen wird: Polar Mesosphärische Winter Echos (PMWE). Hierfür können die WADIS-Ergebnisse und die meisten WADIS-Instrumente in angepasster Form genutzt und dadurch Kosten reduziert werden. Später sollen auch 3D-Messungen möglich sein, deren Technologie im Vorhaben TURB3D entwickelt wurde. Dazu sollen drei identische Messeinheiten von der Nutzlastspitze abgeworfen werden. Diese Tochternutzlasten sollen sich bis zu einigen 100 Metern weit von der Zentralstufe entfernen und ihr Messdaten zusenden – somit wird ein 3D-Bild der Atmosphäre mit nur einem Raketenstart erstellt.

Das WADIS-Projekt steht unter wissenschaftlicher Leitung des Leibniz-Instituts für Atmosphärenphysik (IAP). Weitere Partner sind die Universität Stuttgart, die Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) sowie die Technische Universität Graz (TUG), die Universität Stockholm und die Embry-Riddle Aeronautical University (ERAU, USA). Die Instrumente wurden zum Teil von der Schwetzinger „Von Hoerner & Sulger“ GmbH gefertigt, die „Active Falling Sphere“ wurde vom IAP, der Rostocker Firma Argus Electronic GmbH und dem Institut für Allgemeine Elektrotechnik der Universität Rostock entwickelt. Für die Durchführung der Startkampagne war die Mobile Raketenbasis des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-MORABA) in Oberpfaffenhofen zuständig, die auch den Auswurfmechanismus der „Active Falling Sphere“ entwickelt hat. Unterstützt wird das Projekt vom DLR Raumfahrtmanagement mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).

on, and to model these processes. Thus, for example, WADIS was intended to take a closer look at a curious phenomenon: at certain altitudes, temperatures in summer are actually lower than in winter. The altitude profiles of aerosol, trace gas, and ice concentrations as well as temperatures and air densities are important for climate models. Although they fly at great speed, WADIS experiments deliver measurement data spaced less than one metre apart, while ground-based instruments are only able to produce rougher measurements.

The WADIS project is a continuation of the ECOMA programme under which nine high-altitude research rockets were launched between September 2006 and December 2010. The WADIS-2 campaign now marks the successful conclusion of this project, although, of course, the evaluation of the data will take some more time.

**Plans for a follow-up programme**
WADIS will be replaced by a new project designed to investigate the echo effects that occur in winter: Polar Mesospheric Winter Echoes (PMWE). It will make use of the WADIS results as well as of most WADIS instruments in modified form, which saves cost. For a later period, 3-D measurements are being envisaged, a technology that was developed under the TURB3D project. For this purpose, the payload will eject three identical measuring units, slave payloads that will move some hundreds of metres away from the master stage and send measurement data to the ground, thus creating a 3-D image of the atmosphere with only one rocket launch.

The scientific management of the WADIS project lies in the hands of the Leibniz Institute of Atmospheric Physics (IAP). Further partners include Stuttgart University, the Ludwig-Maximilians-Universität of Munich (LMU), Germany, the Technical University of Graz (TUG), Austria, Stockholm University, Sweden, and the Embry-Riddle Aeronautical University (ERAU, USA). Some of the instruments were built in Germany by Von Hoerner & Sulger GmbH of Schwetzingen, while the active falling sphere was developed by the IAP, Argus Electronic GmbH of Rostock, and the Institute of General Electrical Engineering of Rostock University. As before, the launch campaign was implemented by the mobile rocket base of the German Aerospace Center (DLR-MORABA) at Oberpfaffenhofen, which also developed the release mechanism for the active falling sphere. The project is supported by the DLR Space Administration with funds from the Federal Ministry of Economics and Energy (BMWi).

**Transport zur Integration: Die Einheit aus Raketenspitze, Nutzlastmodul und Stufenadapter wird auf einem Spezialanhänger zum Zusammenbau mit dem Raketenmotor gefahren.**

**Heading for integration: on a special trailer, the unit consisting of the rocket's nose cone, payload module and interstage adapter is transported to the assembly site to be connected to the engine.**

Nils Höger/© DLR

# Beschützer der Erde

**Können wir beim Frühstück auf Plastik verzichten?**
**Teil 1: Sieger in der Kategorie „Land“**

*Von Katrin Mantell und der Klasse 4c der GGS Stenzelbergstraße*

**„Die Welt gehört in Kinderhände“, das hatte der deutsche Sänger Herbert Grönemeyer in dem Lied „Kinder an die Macht“ gesungen. 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 sind 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 (BMWi) ins Leben gerufen hat. Auch der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst hat sich während seiner Blue Dot-Mission auf der Internationalen Raumstation ISS um Bildungsarbeit bemüht. Als Zugpferd des „Beschützer der Erde“-Wettbewerbs gingen bei ihm die Bewerbungen von 90 Grundschulen ein. 69 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 höchstpersönlich gekürt wurden.**

## Earth Guardian

**Can We Do without Plastic at Breakfast?**
**Part 1: Winner in the Category ‘Land’**

*By Katrin Mantell and form 4c of Cologne’s Stenzelbergstraße Primary School*

**‘The world belongs in the hands of children’, the German singer Herbert Grönemeyer sung 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. How can we protect our Earth effectively and sustainably? 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 winners in the categories ‘Land’, ‘Rivers and Lakes’, ‘Oceans’, and ‘Forests’, who were honoured by Alexander Gerst in person at an award ceremony in Berlin on March 20, 2015.**

Autoren: Die **Klasse 4c** der Kölner Schule GGS Stenzelbergstraße hat den „Beschützer der Erde“-Wettbewerb des DLR Raumfahrtmanagements in der Kategorie „Land“ gewonnen und wurde vom deutschen Astronauten Alexander Gerst geehrt. Gemeinsam mit ihrer Lehrerin **Katrin Mantell** stellten die jungen „Beschützer der Erde“ ihr Projekt „Erde statt Plastik – Frühstück ohne Müll“ vor.
Authors: **Year 4c** of the Cologne primary school GGS Stenzelbergstraße are the winners in the ‘Land’ category of the Earth Guardians competition run by the DLR Space Administration. They received their prize from the German astronaut Alexander Gerst (right). Assisted by their teacher **Katrin Mantell**, the young ‘Earth Guardians’ presented their project entitled ‘New soil instead of plastic waste – an Earth-friendly approach to breakfast’.

**Aus vier mach eine**
Aller Anfang ist schwer. Bei den Schülern der Klasse 4c der Kölner Grundschule GGS Stenzelstraße liegt das allerdings nicht daran, dass sie anfänglich keine Idee für den „Beschützer der Erde“-Wettbewerb gehabt hätten – ganz im Gegenteil: Sie hatten zu viele. Zuerst kam die Frage auf, für welche der vier Kategorien sich die Klasse überhaupt bewerben sollte. Das Meer ist von Köln aus zu weit weg, richtige Berge gibt es dort auch nicht – selbst wenn der Stadtteil Klettenberg, in dem die Schule liegt, anderes vermuten ließe. Nun blieben nur noch zwei Kategorien übrig: Zwar fließt der Rhein durch Köln, aber nicht durch Klettenberg. Daher schied dann am Ende auch die Kategorie „Fluss“ aus und die naheliegendste blieb übrig. Für „Land“ hatten die Schüler dann ganz viele Ideen: Nils schlug vor, dass auf dem Schulspielplatz ein im Karussell eingebauter Dynamo Strom erzeugen könnte. David wollte Plastikflaschen recyceln, Marie für einen autofreien Schulweg eintreten. Am Ende entschied sich dann die 4c gemeinsam für ihr Siegerprojekt.

**Erde statt Plastik – Frühstück ohne Müll**
Wirft man einmal einen Blick auf seinen eigenen Frühstückstisch, stellt man schnell fest: Ohne Plastik scheint es nicht zu gehen. Plastikmüll ist ein großes Umweltproblem der Gesellschaft in unserer heutigen Zeit. Dass dieses Problem nicht auf einen Schlag zu lösen ist, hat die Klasse 4c erkannt. Doch schon mit

**Spoilt for choice**
The first step is always the hardest. Coming up with ideas for the contest ‘Earth Guardian’ was no trouble for the pupils of form 4c of the Stenzelbergstraße Primary School in Cologne – on the contrary: they had too many ideas. The first question to come up was in which of the four categories the children would submit an entry. The sea is too far away from Cologne and there are no proper mountains to be found either, which left two categories for discussion. And as the bank of the river Rhine is in a different part of Cologne than the school, the category ‘Rivers’ dropped out, too. The pupils thus settled for ‘Land’ as the closest and most natural choice. For this category they had a lot of ideas: Nils suggested installing a dynamo in the merry-go-round on the school playground to generate power. David wanted to recycle plastic bottles; Marie made the case for a car-free access to school. Eventually, form 4c agreed on the winning project.

**New soil instead of plastic waste – an Earth-friendly approach to breakfast**
One glance at your own breakfast table is enough to see that it is hard to avoid plastic materials. Plastic waste is a major environmental problem of our present-day society. This problem cannot be solved in one fell swoop, the pupils of form 4c realised. Yet small steps can make a big difference. With this in mind, the 24 pupils and their form teacher Katrin Mantell decid-

**Die Klasse 4c der Kölner Schule GGS Stenzelbergstraße hat auf dem Pausenhof einen fachgerechten Schulkomposter gebaut. Dort verrotten nun alle Bioabfälle der ganzen Klettenberger Schule.**

**The pupils of form 4c of a Cologne primary school, GGS Stenzelbergstraße, have built a compost bin for their school yard. It is now used to dispose of the entire school's organic waste.**

kleinen Schritten kann man sehr viel bewegen. Deshalb haben die 24 Schüler gemeinsam mit Klassenlehrerin Katrin Mantell auf Plastikmüll im Schulfrühstück verzichtet – und mit ihrer Idee die gesamte Schule angesteckt. In „Aufklärungsgesprächen“ ermahnten sie alle Klassen, sorgfältiger auf ihre Frühstücksverpackungen zu achten und vollständig auf Plastik zu verzichten. Anhand von selbst entworfenen Plakaten erklärten sie den anderen Schülern, warum es wichtig ist, auf die Umwelt zu achten. Je weniger Plastik im Abfall landet, desto besser. Bleiben die Klassen „sauber“, bekommen sie eine Belohnung: eine selbst gemalte „Umweltschutz-Plakette“, die im Unterricht in sehr großer Stückzahl produziert wird, denn die anderen Klassen ziehen gut mit und wollen auch nach dem Wettbewerb weiter auf Plastik in der Frühstücksdose verzichten. Dass das nicht ganz so einfach ist, musste auch Klassenlehrerin Katrin Mantell lernen: Eines Morgens holte sie ihr Pausenbrot aus einer Zellophan-Frühstückstüte – ein schwerer Fehler, auf den sie gleich von der Klasse aufmerksam gemacht wurde. Die Konsequenz: Zum Geburtstag bekam sie von der Klasse eine nagelneue Frühstücksdose aus Metall. Die Schüler gehen aber noch weiter: An Karneval wird ganz und gar auf plastikumhüllte Kamelle verzichtet – ein herber Einschnitt für die jungen Kölner.

**Neue Attraktion auf dem Pausenhof**

Doch ganz ohne Müll geht es im Alltag nicht. Für den Biomüll hat die Klasse 4c auch eine „saubere“ Lösung gefunden. Bei einem Besuch im Kölner Freiluftgarten „FREILUGA“ haben die Schüler gelernt, wie man einen Komposthaufen anlegt. Nun steht ein fachgerechter, selbst gebauter Komposter auf dem Pausenhof der Schule in der Stenzelbergstraße. Hier verrotten nun fachgerecht Frühstücksreste und sonstiger Biomüll der gesamten Schule. Für den Bioabfall-Transport hat die 4c den anderen Klassen Eimer besorgt.

ed to eliminate plastic from their school breakfast and it was not long before the idea caught on with the rest of the school, too. They held ‘awareness talks’ in all classrooms, urging the other pupils to pay closer attention to their snack boxes and to avoid all plastic wrappers. Presenting self-made posters, they explained to their schoolmates why it is important to be mindful of the environment. The less plastic ends up in the bin, the better. Forms that keep their classrooms ‘clean’ get a reward: an ‘environmental protection badge’, hand-painted by the pupils of form 4c. Badges were produced in copious quantities, as the other forms are going along well with the idea, and have sworn off the use of wrappers even beyond the duration of the contest. Katrin Mantell, the teacher of form 4c, got to experience the pitfalls of the endeavour. One morning, she took her sandwich out of a cellophane bag: a grave mistake that was immediately brought to her attention by the entire class. In the aftermath of this event, she received a brand new metal lunchbox as a birthday present. And the pupils go even further: during the highly popular Cologne Carnival parades, the children now steer clear of all sweets in plastic wrappers, which, admittedly, is a harsh sacrifice for the young inhabitants of Cologne.

**A new attraction in the schoolyard**

And yet, waste cannot be avoided completely in everyday life. For their organic waste, form 4c has found a ‘clean’ solution. During a visit to Cologne's ‘FREILUGA’ gardening workshop, the pupils learned how to set up a compost heap. Now a neat, self-made compost maker is standing in the yard of the Stenzelbergstraße Primary School. Lunch break leftovers and all other organic waste accumulating in the school are left here to decay discreetly. The pupils of 4c bought a supply of buckets for the other forms in which to transport their organic waste to the new compost maker.

**„Es war ein knappes Rennen zum Themenfeld ‚Land‘ mit vielen interessanten Beiträgen von hoch motivierten Schülerinnen und Schülern. Am Ende überzeugte jedoch das Projekt der GGS Stenzelbergstraße ‚Erde statt Plastik – Frühstück ohne Müll‘. Es zeichnete sich durch eine kreative Projektidee, deren konsequente Umsetzung und durch eine innovative Dokumentation aus. Das Gesamtpaket stimmte also. Besonders begeistert war die Jury von der selbstständigen Arbeit der Kinder. Sie nahmen das Thema ‚Nachhaltigkeit‘ und den Schutz unserer natürlichen Ressourcen so ernst, dass sie nicht nur den Müllverbrauch ihrer Klasse, sondern den aller Klassen der Klettenberger Grundschule durch ein plastikfreies Frühstück reduziert haben. Die Überzeugungsarbeit erreichte auch die Eltern. Erinnerungsbilder zum Thema ‚Klimawandel und Treibhauseffekt‘ dürften jetzt die heimischen Kühlschränke zieren und an eine umweltfreundliche Ernährung erinnern. Und wenn die Kinder auch bald die Schule wechseln werden, so wird doch der selbst gestaltete Komposthaufen auch nachfolgende Generationen daran erinnern, wie leicht es sein kann, selbst ein ‚Beschützer der Erde‘ zu werden“,**

**begründet Dr. Andreas Rienow vom Geographischen Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn die Entscheidung der Jury.**

**‘The ‘Land’ category was an extremely close race since there were so many interesting contributions entered by highly motivated pupils. In the end, it was the project ‘New soil instead of plastic waste – an Earth-friendly approach to breakfast’ by the Stenzelbergstraße primary school that was found the most convincing. It stood out for its creative project idea and its consistent implementation and innovative documentation. The whole package was spot-on. Above all, the jury was amazed by how independently the children ran the project. They took sustainability and the need to protect our natural resources so seriously that they ended up reducing not only the waste produced in their own classroom, but that of their entire primary school through promoting the idea of a plastic-free school breakfast. Their promotion effort even reached the parents. It can be assumed that commemorative pictures documenting climate change and the greenhouse effect are still gracing many fridge doors, reminding families of the importance of environmentally friendly eating habits. Even though the children will soon be moving on to another school, their compost maker will stay behind, and tell following pupil generations how easy it is to become an ‘Earth Guardian’ ’,**

**said Dr Andreas Rienow from the Geography Department of Bonn University in a speech explaining the jury's decision.**

**Von der Schule in den Alltag**

Doch die Idee der jungen „Beschützer der Erde“ bleibt nicht nur auf die Schule beschränkt. Auch im Familienkreis der Kleinen ist Plastikmüll seitdem tabu – mit nicht unerheblichen Folgen für die Eltern: Im Hause der neunjährigen Josy und der zehnjährigen Marie wird jeder Einkauf strengstens auf überflüssiges Plastik untersucht. Was zu viel ist, kommt nicht in den Wagen. Bei Maries Familie ist auch das Auto von dem neuen Umweltbewusstsein betroffen. Jede Fahrstrecke wird strengstens auf Sinnhaftigkeit geprüft. Die Mutter des zehnjährigen Luuc fährt jetzt mit der Bahn zur Arbeit. Die Schüler haben dank „Beschützer der Erde“ also ein ganz neues Umweltbewusstsein entwickelt, das weit über den Wettbewerb hinausgeht. Zwischendurch haben die Schüler ganz vergessen, dass sie an einem Wettbewerb teilnehmen und ihre Idee einfach im Alltag weitergelebt.

„Bei uns kommen keine unnötigen Plastikverpackungen mehr in den Einkaufswagen. Außerdem bleibt das Auto bei kurzen Strecken in der Garage“,

**sagt Marie aus der Klasse 4c.**

‘We don't put any useless plastic packages in our shopping trolley any more. And if it's only a short trip, the car stays in the garage’,

**Marie from form 4c says.**

**Nebeneffekt gesunde Ernährung**

Beim Schulfrühstück auf Plastikverpackungen zu verzichten, hat aber nicht nur umweltschädlichen Müll reduziert: Da gerade gesunde Naturprodukte nicht in Kunststoff eingewickelt werden, haben die Schüler nebenbei ihre Ernährung umgestellt – ein gesunder Nebeneffekt. Damit unsere Erde eine Zukunft hat, braucht es vor allem junge, engagierte Menschen, die sich bewusst sind, wie verletzlich und einzigartig unser Planet ist. Die Klasse 4c geht mit gutem Beispiel voran. Die Schüler haben ein Bewusstsein für Klima- und Umweltthemen entwickelt, Handlungsmöglichkeiten für den alltäglichen Umweltschutz gelernt und selbst einen Beitrag zur Bewahrung unserer Erde geleistet. Genau deshalb haben sie den „Beschützer der Erde“-Wettbewerb in der Kategorie „Land“ gewonnen.

**Reaching beyond the classroom**

The idea of the young ‘Earth Guardians’ did not stay limited to the school. Plastic waste has become a taboo in the kids' families, too. In the household of nine-year-old Josy and ten-year-old Marie, every grocery shopping is now strictly examined for unnecessary plastic. Products with too much plastic do not make it into the trolley. In Marie's family, the new environmental spirit is now applied to the family car, too. Trips are strictly scrutinised as to whether they are essential. Ten-year-old Luuc's mother now takes the train to her workplace. Thanks to ‘Earth Guardian’, the students have thus come to develop a whole new green consciousness that goes far beyond the contest. At times, they even forgot that they were taking part in a contest at all, and simply adopted their new ideas as part of their everyday lives.

**A healthy diet as a side effect**

Bringing down the amount of polluting plastic waste has not been the only outcome of the no-plastics project. As the food that comes without plastic wrappers is mostly healthy natural produce, the pupils automatically changed their dietary habits – a pleasant, healthy side effect. If we want our planet to have a future, it is vital that there are young, dedicated people, who are aware of how unique and vulnerable our planet is. The pupils of form 4c set a good example. They have developed an awareness of climate and environmental issues and made a contribution to the conservation of our planet. This is why they won the ‘Earth Guardian’ contest in the category ‘Land’.

**Tom und Carl beim Klassenfrühstück der 4c: Beide halten eine der Plaketten hoch, die sie als Belohnung für andere Klassen gebastelt haben, wenn diese auf Plastikfrühstücksverpackungen verzichten.**

**Tom and Carl during form 4c's breakfast break. They are holding up one of the badges they have made to give to other forms as a reward for giving up food that comes in plastic wrappers.**

Fleischmann/© DLR

© NASA/© ESA

Der Raumfrachter Dragon hat frisches Obst zur Raumstation gebracht. Samantha Cristoforetti jongliert mit Orangen nach deren Ankunft auf der ISS.

The DRAGON space freighter has delivered a supply of fresh fruit to the space station. Samantha Cristoforetti is juggling with some newly arrived oranges.

# „Futura“ folgt auf „Blue Dot“

**Samantha Cristoforetti setzt Experimente von Alexander Gerst fort**

*Von Prof. Günter Ruyters*

**Am 23. November 2014 startete die italienische Astronautin Samantha Cristoforetti gemeinsam mit dem US-amerikanischen Astronauten Terry Virts und dem russischen Kosmonauten Anton Shkaplerov vom kasachischen Kosmodrom in Baikonur an Bord einer Sojus-Rakete zur ISS. Seit dem Flug der Französin Claudie Haigneré im Jahre 2001 ist die 37 Jahre alte Kampfpilotin die erste Europäerin, die wieder auf der ISS lebt und arbeitet. Dort führt sie auch verschiedene Experimente fort, die der deutsche Astronaut Alexander Gerst bei seiner Mission Blue Dot durchgeführt hat. Hinzu kommen auch neue Projekte, die während Blue Dot nicht zum Zuge kommen konnten oder jetzt neu ins ISS-Forschungsprogramm aufgenommen wurden. Unter den zahlreichen Futura-Projekten sind auch viele Experimente deutscher Wissenschaftler aus dem Programm „Forschung unter Weltraumbedingungen“.**

## ‘Futura’ Follows ‘Blue Dot’

**Samantha Cristoforetti continues Alexander Gerst's experiments**

*By Prof. Günter Ruyters*

**On November 23, 2014, the Italian astronaut Samantha Cristoforetti took off for the ISS from the Kazakhian cosmodrome at Baikonur, flying on a Soyuz rocket together with the American astronaut Terry Virts and the Russian cosmonaut Anton Shkaplerov. The 37-year-old fighter pilot is the first female European to live and work on the ISS since the flight of the Frenchwoman Claudie Haigneré in 2001. On the ISS, she will be continuing various experiments that were carried out by the German astronaut Alexander Gerst during his Blue Dot mission. Needless to say, there will also be new projects that either did not make it to the Blue Dot mission or were recently added to the ISS research programme. Among the numerous Futura projects, there are many experiments proposed by German scientists under the ‘Research under Space Conditions’ programme.**

Autor: **Prof. Günter Ruyters** leitete bis August 2014 in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements das Programm Biowissenschaften (Biologie, Medizin).
Author: Until August 2014, **Prof. Günter Ruyters** headed the Life Sciences Programme (biology, medicine) at the department of Microgravity Research of the DLR Space Administration.

**Raumfahrtmedizinische Projekte**
Um bei humanphysiologischen Projekten zu statistisch relevanten Ergebnissen zu kommen, müssen die Messungen in der Regel an zehn bis zwölf Astronauten durchgeführt werden. Daher laufen diese Projekte auf der ISS meist über mehrere Jahre, bevor die Wissenschaftler mit gesicherten Daten aufwarten können. So ist es auch bei den deutschen Experimenten Cartilage, Circadian Rhythm und Skin-B, die zwischen Frühjahr 2012 und 2013 begonnen haben. Samantha Cristoforetti ist bei diesen Projekten nach Alexander Gerst die nächste Testperson. Bei diesen Experimenten geht es um physiologische Veränderungen, die nach dem Wegfall der Schwerkraft auftreten, an die sich der menschliche Körper auf der Erde im Zuge der Evolution optimal angepasst hat.

Cartilage, ein Projekt der Deutschen Sporthochschule (DSHS) Köln, erfasst die Veränderungen des Knieknorpels mittels Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT) sowie über spezielle biochemische Marker. Während man den Abbau von Muskeln und Knochen in der Schwerelosigkeit schon gut versteht und auch Gegenmaßnahmen erarbeitet hat, ist das Verhalten des Knorpels noch ein Rätsel.

Im Experiment Circadian Rhythm der Charité Berlin werden die Veränderungen der Körperkerntemperatur der Astronauten im Tagesverlauf gemessen. Dass die Temperatur in Schwerelosigkeit dauerhaft erhöht ist und bei sportlichen Aktivitäten oder bei Außenbordeinsätzen durchaus problematische Werte erreichen kann, wurde bereits im Vorläuferexperiment Thermo bewiesen. Nun werden die tagesperiodischen Schwankungen der Temperatur gemessen. So soll Circadian Rhythm insbesondere die Frage beantworten, ob die von der Erde gewohnte circadiane Rhythmik auch beibehalten wird, wenn bestimmte Zeitgeber wie zum Beispiel Tageslicht fehlen.

Bei Skin-B (DermaTronnier/Universität Witten-Herdecke) werden durch die Messung verschiedener physiologischer Parameter Veränderungen der Haut erfasst. Skin-B setzt damit ein Projekt fort, das bereits bei Thomas Reiters Astrolab-Mission zu interessanten Befunden geführt hatte. Alle diese weitergeführten Experimente sollten Ende 2016 abgeschlossen werden.

Neu während der Futura-Mission ist das Experiment Immuno-2 der LMU München. Hier wird im Bereich der Immunforschung ein Projekt fortgesetzt und erweitert, das zwischen 2004 und 2012 auf der ISS viele interessante Ergebnisse erbrachte. Stand hier noch die Blutanalyse im Vordergrund, werden bei Immuno-2 in einem multidisziplinären Ansatz auch kognitive, neurovegetative und Kreislauf-Funktionen erfasst. Antworten auf Fragebögen und Bilder-Gedächtnis-Tests liefern weitere Erkenntnisse. Zudem wird eine Reihe neuer Methoden angewandt: Bestimmte physiologische Marker werden mittels Haaranalysen und in ausgeatmeter Luft nicht-invasiv erfasst, bildliche Darstellungen der Gehirnaktivitäten vor und nach dem Weltraumaufenthalt vervollständigen diese umfangreiche Analyse des Immunsystems.

© NASA/© ESA

Samantha Cristoforetti trägt beim Circadian-Rhythm-Experiment (siehe Ausgabe 24) zwei Sensoren, die ihre Körperkerntemperatur messen. Die Forscher interessieren sich vor allem für tagesperiodische Temperaturschwankungen. Der eine gelbe Sensor ist an der Stirn sehr gut zu sehen.

As part of the Circadian-Rhythm experiment (see issue 24), Samantha Cristoforetti is wearing two sensors that record her body temperature. Scientists are particularly interested in regular daily patterns of temperature variation. One yellow sensor can be seen clearly on her forehead.

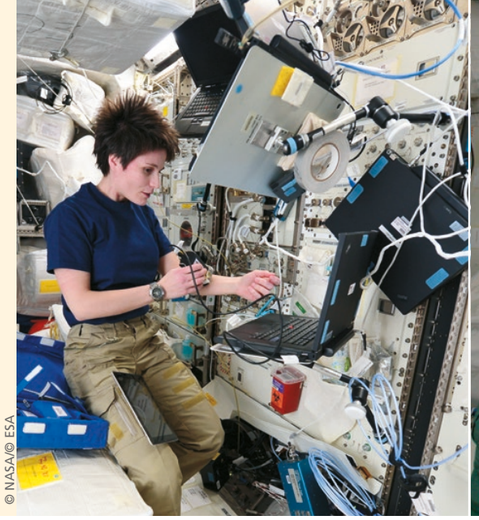
**Projects in space medicine**
As a general rule, measurements have to be performed on between ten and twelve astronauts to arrive at statistically relevant results in human physiology projects. Therefore, most projects of this kind run for several years on the ISS before scientists are able to present secure data. This also holds true for Germany's Cartilage, Circadian Rhythm, and SKIN-B experiments that were begun between the spring of 2012 and the year 2013. Within these projects, Samantha Cristoforetti will be the next test subject after Alexander Gerst. The experiments are concerned with physiological changes that occur in the absence of gravity, a force to which the human body has adapted ideally in the course of its evolution on Earth.

Cartilage, a project of the German Sports University (DSHS) in Cologne, employs magnetic resonance imaging (MRI) and special biochemical markers to study changes in the knee cartilage. Whereas the process of muscle and bone degradation in microgravity is understood fairly well, and countermeasures have been developed, the behaviour of the cartilage is still an enigma.

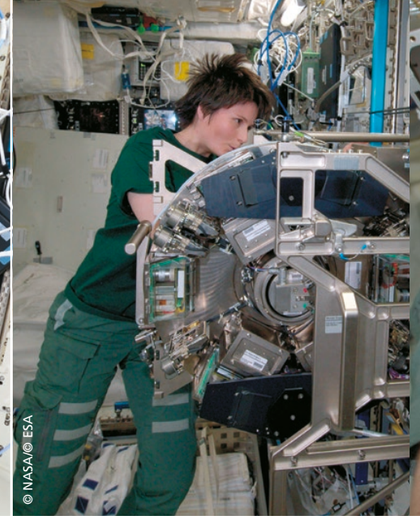
The Circadian-Rhythm experiment of Berlin Charité studies the changes, which the astronauts' core body temperature undergoes in the course of a day. The precursor experiment, Thermo, has already demonstrated that the body temperature remains permanently elevated in microgravity and may reach fairly problematic levels during exercise or extra-vehicular activities. Circadian Rhythm now measures periodical diurnal fluctuations in

**Samantha Cristoforetti untersucht mit einem Skin-B-Messgerät (siehe Ausgabe 26 der Countdown) Veränderungen der Haut. Für das Experiment TripleLux B baut sie den Experimenteinschub im Biolab des Columbus-Moduls ein. Auch das EML-Experiment (siehe Ausgabe 25), das der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst eingesetzt hat, führt seine italienische Kollegin fort.**

**Samantha Cristoforetti, investigating changes in her skin using a Skin-B device (see issue 26). For the TripleLux experiment, she inserts the experiment in the Biolab of the Columbus Module. The EML experiment which was put into the European Drawer Rack (EDR) by the German ESA astronaut Alexander Gerst (see issue 25) is also continued by his Italian successor.**



© NASA/© ESA



© NASA/© ESA

© NASA/© ESA

**Biologische Projekte – TripleLux A und B**
Bei den beiden Experimenten TripleLux A und B wird das angeborene Immunsystem auf zellulärer Ebene analysiert. TripleLux B, das erste dieser beiden Projekte, untersucht den Einfluss von Schwerelosigkeit und Weltraumstrahlung auf die Phagozytose der Hämatozyten von Muschelzellen. Hämatozyten sind bei entwicklungsgeschichtlich einfachen Tieren Zellen des angeborenen Immunsystems, die durch den Körper wandern und eingedrungene Mikroorganismen „fressen“ (phagozytieren). Nachdem das Experiment mehrfach verschoben werden musste, wurden Mitte Januar 2015 die biologischen Proben mit Space X-5 zur ISS gebracht. Ein Vorexperiment Ende Februar verlief erfolgreich. Ende März konnte Samantha Cristoforetti das eigentliche Experiment im Biolab von Columbus ohne Probleme durchführen. Die Wissenschaftler der TU Berlin hoffen nun auf interessante wissenschaftliche Ergebnisse.

Noch während der Futura-Mission sollte TripleLux A (Universitäten Magdeburg und Zürich) folgen, bei dem Makrophagen aus Säugetierzellen analysiert werden. Ist eine unter Schwerelosigkeit reduzierte Phagozytose dieser Fresszellen eine der Ursachen für die beeinträchtigte Immunfunktion beim Menschen? Dieser Frage geht TripleLux A nach. Weitere Projekte in der Strahlen- und Astrobiologie, die – wie beispielsweise die Experimente BIOMEX und BOSS in der Anlage Expose R-2 – während der Mission von Alexander Gerst begannen, laufen auch bei Futura weiter.

**Materialwissenschaftliche Projekte – EML**
Mit dem Elektromagnetischen Levitator (EML) zum berührungslosen Schmelzen und Erstarren flüssiger Metalle beginnt derzeit ein neues Kapitel materialwissenschaftlicher ISS-Forschung. Entwickelt von Airbus Defence & Space und gemeinsam finanziert von DLR und ESA, wurde die Anlage einschließlich einer wechselbaren Probenkammer mit den ersten 18 Proben Ende Juli 2014 mit ATV-5 zur Raumstation gebracht. Alexander Gerst und seine Astronautenkollegen bauten anschließend die Anlage in das European Drawer Rack (EDR) im europäischen Columbus-Modul ein und nahmen sie erfolgreich in Betrieb.

Damit erreicht eine mehr als 25 Jahre alte revolutionäre Idee ihren vorläufigen Höhepunkt: Metallische Legierungen sollten in Schwerelosigkeit ohne störende, schwerkraftbedingte Einflüsse – und nur mittels elektromagnetischer Wechselfelder berührungsfrei gehalten – geschmolzen und analysiert werden. Erstmals können nun Langzeitexperimente durchgeführt und ganze Serien verschiedener Materialien im flüssigen Zustand erforscht und schließlich erstarrt werden. So lassen sich die frühen Entstehungsphasen eines Werkstoffgefüges industriell interessanter Legierungen besser verstehen. Aber auch andere – für Forschung und Industrie wichtige – thermophysikalische Eigenschaften flüssiger Metallschmelzen können mit EML genauer bestimmt und so beispielsweise die Oberflächenspannung und Zähigkeit (Viskosität) von Legierungen in Abhängigkeit von der Temperatur ermittelt werden. Das sind wichtige Parameter, die Computermodelle verbessern. So kann der Erstarrungsvorgang beim Gießen von Werkstücken simuliert und neuartige, leistungsfähigere und leichtere Turbinenschaufeln und Motorgehäuse hergestellt werden. Die Daten können in dieser Präzision nur in Schwerelosigkeit erarbeitet werden, da so hohe, die Probe verformende Kräfte und große Wirbelströmungen vermieden werden.

Während der Mission von Samantha Cristoforetti schmolz Ende Februar zum ersten Mal eine Testprobe (Zirkon) in der EML-Anlage auf der Raumstation. Danach wurde das Heizfeld abgeschaltet und die Probe unterkühlte um mehr als 300 °Celsius. Anschließend wurde ebenso problemlos eine Eisen-Chrom-Nickel (FeCrNi)-Probe geschmolzen. Damit ist der Anlagentest erfolgreich abgeschlossen. Während der Futura-Mission soll im April mit der Bearbeitung der ersten Proben aus dem umfangreichen Experimentalprogramm, an dem zunächst das DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum in Köln, die Universität Ulm und die TU Dresden beteiligt sind, begonnen werden.

**Plasmaphysik auf der ISS – PK-4**
Nach Jahren äußerst erfolgreicher deutsch-russischer Kooperation geht auch die Forschung zur Physik komplexer Plasmen in die nächste Runde: Ende Oktober 2014 wurde die im Auftrag der ESA von der OHB System AG (früher Kayser-Threde GmbH) und dem Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) entwickelte PK-4-Anlage zur ISS gebracht. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme während der Futura-Mission soll das Forschungsprogramm in der zweiten Jahreshälfte 2015 beginnen und an die Erfolge der aus dem Nationalen Programm finanzierten Anlagen PKE und PK-3-Plus anschließen. Neben den inzwischen vom MPE an das DLR Oberpfaffenhofen gewechselten Wissenschaftlern sind auch die Plasmagruppen der Universität Gießen und des russischen Kooperationspartners, des „Joint Institute of High Temperatures“ der Russischen Akademie der Wissenschaften in Moskau sowie weitere internationale Forschergruppen beteiligt.

Mit diesen und einigen weiteren deutschen Experimenten, beispielsweise zur Materialforschung im MSL-Ofen unter Federführung der Aachener Forschungseinrichtung ACCESS und zur Erfassung der Strahlenbelastung der Astronauten (DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln) setzt Samantha Cristoforetti in ihrer Futura-Mission die Erfolge der Blue Dot-Mission von Alexander Gerst fort und bringt die Forschung auf der ISS voran – zum Nutzen des Menschen auf der Erde.

temperature. In particular, it is supposed to find an answer to the question of whether the circadian rhythm that is habitual on Earth is maintained in the absence of certain time indicators, such as daylight, for example.

Under SKIN-B (DermaTronnier/Witten-Herdecke University), various physiological parameters are measured to determine changes in the skin. SKIN-B thus is the continuation of a project that had revealed interesting discoveries during Thomas Reiter's Astrolab mission. All these continued experiments are to be concluded by the end of 2016.

A new experiment implemented during the Futura mission is IMMUNO-2 of Munich University. It continues and enhances a project in immune research on the ISS which produced numerous interesting results between 2004 and 2012. While the older experiment concentrated on blood analysis, the multi-disciplinary approach of IMMUNO-2 also covers cognitive, neurovegetative, and cardiovascular functions. Further information will be gleaned from answers to questionnaires and image memory tests. Furthermore, a number of new methods will be applied: certain physiological markers will be determined non-invasively by analysing samples of hair and exhaled air, and the extensive analysis of the immune system will be complemented by images showing brain activity before and after a stay in space.

**Biological projects – TripleLux A and B**
TripleLux A and B are two experiments designed to analyse the innate immune system at the cellular level. The first of the two, TripleLux B, investigates the influence of microgravity and cosmic radiation on phagocytosis in the hematocytes of shellfish cells. In animals with a primitive evolutionary history, hematocytes are cells belonging to the innate immune system which migrate through the body and ‘eat’ (phagocytise) intruding micro-organisms. After several forced delays, the biological samples for the experiment were brought to the ISS on Space X-5 in mid-January 2015. A preliminary experiment run late in February ended successfully. Late in March, Samantha Cristoforetti had no problems running the proper experiment in the Biolab of Columbus. Scientists from Berlin TU now hope for interesting scientific results. During the term of the Futura mission, TripleLux A (Universities of Magdeburg and Zurich) is scheduled to follow, an experiment that will analyse macrophages from mammal cells. Are impairments of the human immune function caused in part by the reduced phagocytosis of these scavenger cells in microgravity? This is the question which TripleLux A will investigate.

Further projects in radiation and astrobiology, which – like the BIOMEX and BOSS experiments in the Expose R-2 facility – were begun during Alexander Gerst's mission and will be continued throughout Futura.

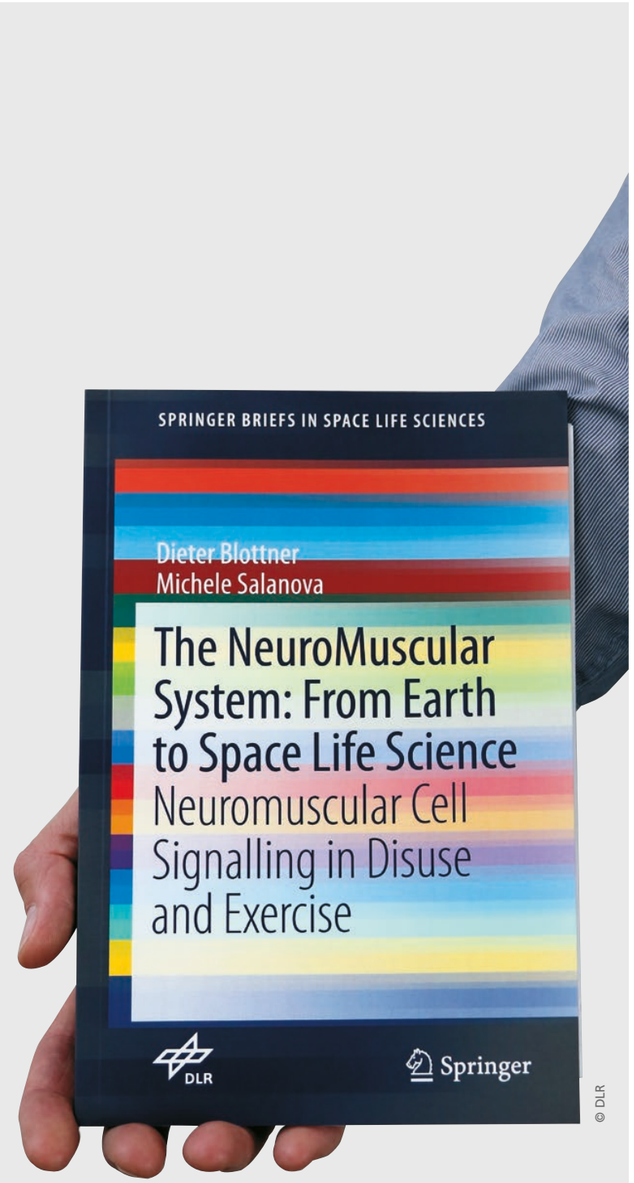
**Projects in materials science – EML**
The electromagnetic levitator (EML) which permits melting and solidifying metals without contact with the crucible, marks the beginning of a new chapter in materials science research on the ISS. Developed by Airbus Defence & Space and jointly financed by DLR and ESA, the equipment including an exchangeable sample chamber containing the first 18 samples was brought to the space station by ATV-5 late in July 2014. Subsequently, Alexander Gerst and his fellow astronauts installed the equipment in the European Drawer Rack (EDR) in the European Columbus Module and commissioned it successfully.

This marks a temporary culminating point in the more than 25 years' history of a revolutionary idea: metal alloys were to be melted and analysed in microgravity without interference by gravity-related influences and held free from contact by alternating electromagnetic fields. For the first time ever, it is now possible to run long-term experiments, and to explore entire series of different materials in the liquid state and during solidification. This will improve our understanding of the early phases in the development of the microstructure of alloys of industrial interest. However, EML also facilitates determining other thermophysical properties of liquid metal melts that are of importance in research and industry, including, for instance, temperature-dependent variations in the surface tension and toughness (viscosity) of alloys. These are important parameters that may be used to improve computer models, which serve to simulate the solidification process in casting and produce innovative, more efficient, and lighter turbine blades and engine casings. Data of such precision can be generated only in microgravity where powerful forces that might deform the sample as well as extensive vortex flows can be avoided.

During Samantha Cristoforetti's mission, the first test sample (zirconium) was melted in the EML on the space station late in February. Afterwards, the heating field was switched off, and the sample cooled down by more than 300 ° Celsius. Subsequently, an iron-chromium-nickel (FeCrNi) sample was melted without problems. This marked the successful conclusion of the equipment test phase. In April, during Futura, work is scheduled to begin on the first samples from the extensive experimental programme in which Ulm University, Dresden TU, and the Cologne DLR Institute of Material Physics in Space are involved.

**Plasma physics on the ISS – PK-4**
After years of extremely successful co-operation between Germany and Russia, research into the physics of complex plasmas will also enter the next stage: developed on behalf of ESA by OHB System AG (earlier: Kayser-Threde GmbH) and the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE), the PK-4 equipment was brought to the ISS late in October 2014. Following its successful commissioning during the Futura mission, the research programme is scheduled to begin in the second half of 2015, following up the success of the PKE and PK-3 Plus experiments funded by the National Programme. Besides scientists who have meanwhile left the MPE to join DLR Oberpfaffenhofen, parties to the programme include the plasma groups of Gießen University and the Russian co-operation partner, the Joint Institute of High Temperatures at the Russian Academy of Sciences in Moscow, as well as other international groups of researchers.

With these and a few other German experiments, including, for example, one which deals with materials research in the MSL furnace that is co-ordinated by Aachen research institute ACCESS, and another that measures the astronauts' radiation exposure (DLR Institute of Aerospace Medicine, Cologne), Samantha Cristoforetti will follow up the successes of Alexander Gerst's Blue Dot mission during her Futura mission, advancing research on the ISS to the benefit of people on Earth.




© DLR

**Im Dezember 2014 erschien der erste Band der neuen Reihe "SpringerBriefs in Space Sciences", herausgegeben vom DLR Raumfahrtmanagement.**

**In December 2014, the first volume of 'SpringerBriefs in Space Life Sciences' appeared – published by the DLR Space Administration.**

# Wissenschaft kompakt

**DLR-Buchreihe zur biomedizinischen Raumfahrtforschung gestartet**

*Interview mit Prof. Dr. Günter Ruyters und Privatdozent Dr. Markus Braun*

**Im Dezember 2014 ist die erste Ausgabe „SpringerBriefs in Space Life Sciences" erschienen – ein Buchprojekt der besonderen Art, herausgegeben vom DLR Raumfahrtmanagement und dem Springer-Verlag. SpringerBriefs sind kleine Serien zu einem bestimmten übergeordneten Thema. Jedes Bändchen einer solchen Reihe umfasst rund 100 Seiten und wird relativ schnell – zwei bis drei Monate nach Manuskripteingang – als gedrucktes Büchlein (ISSN: 2196-5560) und als E-Book veröffentlicht. In der neuen Serie wird biomedizinische Raumfahrtforschung spannend und verständlich erklärt. Vom Institutsprofessor bis zum interessierten Laien wird jeder angesprochen. Die einzelnen Ausgaben sind für 24,99 Euro beim Springer-Verlag erhältlich. Die beiden wissenschaftlichen Projektmanager des DLR Raumfahrtmanagements, Markus Braun und Günter Ruyters, schlüpfen für dieses Buchprojekt in die Rolle der Herausgeber – ein eher ungewohnter neuer Job.**

## Compact Science

**Launch of a DLR Book Series on Biomedical Space Research**

*Interview with Prof. Dr Günter Ruyters and Associate Professor Dr Markus Braun*

**In December 2014, the first volume of 'SpringerBriefs in Space Life Sciences' appeared – a book project quite out of the ordinary, published by the DLR Space Administration and the Springer publishing house. SpringerBriefs present concise summaries of cutting-edge research and applications, each series dedicated to a specific topic. Each volume of a series comprises around 100 pages, and appears relatively promptly – two to three months after receipt of the manuscript – in printed form (ISSN: 2196-5560) and as an e-book. The new series explains biomedical space research in a manner that is both inspiring and comprehensible. It is aimed at a wider public, from faculty professors to interested laymen. The publication is available from Springer at € 24.99 per edition. Two scientific project managers of the DLR Space Administration, Markus Braun and Günter Ruyters, have agreed to act as editors in this book project – rather a novel job experience for the two of them.**

**Prof. Günter Ruyters** und **PD Dr. Markus Braun** arbeiten beide in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements und setzen das biowissenschaftliche Raumfahrtprogramm um. Das bedeutet, sie bringen Experimente deutscher Forschungseinrichtungen in die Schwerelosigkeit. Das Interview führte COUNTDOWN-Redakteur **Martin Fleischmann**.
Both **Prof. Günter Ruyters** and **PD Dr Markus Braun** work at the microgravity unit of the DLR Space Administration, and are in charge of the operational side of the space life sciences programme. This means that they provide microgravity flight opportunities for experiments designed by German research institutions. The interview was conducted by COUNTDOWN editor **Martin Fleischmann**.

**„SpringerBriefs in Space Life Sciences" ist eine ganz besondere Art der Publikation. Wie kam es zu dieser Kooperation zwischen dem Berliner Verlagshaus und dem DLR Raumfahrtmanagement?**
**Ruyters:** Die Geburt dieser Idee liegt schon etwas länger zurück. Anfang August 2012 haben wir in Freiburg einen sogenannten ISLSWG-Workshop zum Thema Pflanzenbiologie unter Weltraumbedingungen ausgerichtet. ISLSWG steht für „International Space Life Sciences Working Group". In dieser Arbeitsgruppe sind die für die biowissenschaftlichen Raumfahrtprogramme verantwortlichen Experten der amerikanischen, der europäischen, der italienischen, der französischen, der kanadischen, der japanischen, der ukrainischen und der deutschen Raumfahrtagenturen vertreten. Sie treffen sich, um die Raumfahrtaktivitäten in den Lebenswissenschaften – also in Biologie und Medizin – zu stärken, unter anderem durch internationale Experimentausschreibungen beispielsweise für die ISS. Durch diese Arbeitsgruppe werden auch neue Kooperationen zwischen Wissenschaftlern zum Beispiel durch internationale Workshops angeregt. Das Besondere in Freiburg war, dass dieses wissenschaftliche Treffen in den großen europäischen „Plant Biology Congress 2012" mit mehreren Tausend Teilnehmern eingebunden war – ein breites Publikum für dieses Forschungsgebiet. Ein paar Tage zuvor fragte uns Dr. Amrei Strehl vom Springer-Verlag, ob wir uns in Freiburg treffen und über mögliche gemeinsame Projekte sprechen könnten. Sie hätte im Programm des Kongresses gesehen, dass wir diesen „faszinierenden Workshop" über Weltraumforschung organisieren würden.

**Wie ging es dann weiter?**
**Braun:** Wir haben uns dann in Freiburg zusammengesetzt. Frau Strehl fragte uns, ob wir uns ein gemeinsames Projekt von Springer-Verlag und DLR vorstellen könnten. Auch wenn wir von diesem konkreten Angebot zunächst etwas überrascht waren, erkannten wir sofort die Chancen für unser biowissenschaftliches Raumfahrtprogramm. Wir haben verschiedene Möglichkeiten diskutiert – Buchprojekt, Sonderheft eines wissenschaftlichen Journals, Mitarbeit bei einer der verschiedenen

**'SpringerBriefs in Space Life Sciences' is a very special kind of publication. What led to this co-operation between the long-established Berlin publisher and the DLR Space Administration?**
**Ruyters:** The idea was born a fairly long time ago. Early in August 2012, we organised a so-called ISLSWG workshop on the subject of plant biology under space conditions in Freiburg. ISLSWG stands for 'International Space Life Sciences Working Group', on which the experts responsible for the space life science programmes of the American, European, Italian, French, Canadian, Japanese, Ukrainian and, of course, German space agencies are represented. The idea of the group is to strengthen the cooperation and coordination of activities in space life sciences – i.e. in space biology and medicine. This is done, among other things, through international calls for research proposals involving experiments on the ISS. The working group also initiates new co-operations between scientists through international workshops. Freiburg was unusual inasmuch as this scientific meeting took place as part of the big European Plant Biology Congress of 2012, which numbered several thousand delegates – a large audience in this particular field of research. A few days in advance, Dr Amrei Strehl, publishing editor at Springer, asked us whether we could meet at Freiburg to discuss potential joint projects, saying that she had read in the congress programme that we would be organising this 'fascinating workshop' about space research.

**What happened then?**
**Braun:** We got together in Freiburg. Mrs Strehl asked us whether we could imagine a joint project between Springer Press and DLR. Although this concrete offer surprised us a bit at first, we immediately saw the opportunities it would involve for our space life sciences programme. We discussed a variety of options – a book project, a special edition of a scientific journal, collaboration on one of the various Springer book series. When we parted, both sides promised to consider two or three concrete options more closely. In autumn – I think it was in early

© DLR

**Auf DLR-Parabelflugkampagnen herrscht pro Flugtag zirca elf Minuten Schwerelosigkeit. Das Flugzeug steigt 31 Mal steil nach oben und fällt dann wieder in Richtung Erde. Bei jedem Manöver setzt jeweils für 22 Sekunden die Schwerelosigkeit ein. Auf Parabelflügen können Wissenschaftler ihre Experimente selbst direkt an Bord überwachen. Hier wurde mit einer Wärmebildkamera überprüft, ob und wenn ja wo am Kopf sich die Temperatur mit Einsetzen der Schwerelosigkeit verändert.**

**On DLR's parabolic flight campaigns, a total of about eleven minutes of microgravity can be achieved per flight day. On each trip, the plane rises steeply 31 times and subsequently drops back towards the ground. During each manoeuvre, microgravity sets in for about 22 seconds. On a parabolic flight, scientists can monitor their own experiments directly on board. This picture shows how a heat imaging camera documents whether and where the onset of microgravity causes temperature changes on a human head.**

Springer-Buchserien. Wir sind mit dem Versprechen auseinandergegangen, über zwei oder drei konkrete Möglichkeiten noch einmal genauer nachzudenken. Im Herbst – ich glaube, es war Anfang September 2012 – haben wir dann vereinbart, das Format der sogenannten „SpringerBriefs“ zu wählen und hier eine Serie zu „Space Life Sciences“ herauszubringen.

**Was hat Sie dazu bewogen, in die Herausgeber-Rolle zu schlüpfen?**
**Ruyters:** Mit den SpringerBriefs bietet sich den Autoren eine exzellente Möglichkeit, nicht nur die neuesten Forschungsergebnisse übersichtsartig zusammenzufassen, sondern – anders als in rein wissenschaftlichen Journalen – auch persönliche Ansichten, Deutungen und Schlussfolgerungen zu veröffentlichen. Wissenschaft wird so lebendiger. Dadurch sind die SpringerBriefs bestens geeignet, die Ergebnisse der verschiedenen Forschungsgebiete unseres biowissenschaftlichen Weltraumprogramms nicht nur einem Fachpublikum, sondern auch einer breiteren interessierten Öffentlichkeit – also auch Studenten und den sogenannten interessierten und gebildeten Laien – nahezubringen. Dies war auch der Grund, weswegen wir vor allem deutsche Experten zu Wort kommen lassen wollten. Natürlich ist Forschung heutzutage international. Das gilt ganz besonders für die Weltraumforschung, bei der auch die deutschen Wissenschaftler oft in internationale Teams eingebunden sind. Dennoch, deutsche Experten spielen im Rahmen der europäischen, ja weltweiten biowissenschaftlichen Weltraumforschung eine führende Rolle. Schließlich sind sie seit mehr als vierzig Jahren im Rahmen des deutschen Raumfahrtprogramms aktiv. Dies haben wir auch im Vorwort zum ersten Bändchen, das Mitte Dezember 2014 erschien, zum Ausdruck gebracht.

**Was war Ihre Aufgabe in diesem Projekt?**
**Braun:** Zunächst einmal musste ein überzeugendes inhaltliches Konzept auf die Beine gestellt und dem Verlag unterbreitet werden. Wie soll die Thematik angegangen werden? Wie viele Bändchen sind geplant? Welche Themenbereiche sollen in welcher Kombination bearbeitet werden? Und vor allem: Welche Wissenschaftler können wir als Autoren gewinnen? Anfang Dezember 2012 waren wir dann so weit. Wir konnten dem Verlag das Konzept einschließlich einer vorläufigen Liste möglicher Autoren übermitteln. Noch vor Weihnachten kam dann die gute Kunde: Unser Konzept wurde als sehr überzeugend und attraktiv bewertet. Anfang Januar 2013 stand fest: Das gemeinsame Projekt soll als eigenständige Serie „SpringerBriefs in Space Life Sciences“ verwirklicht werden.

September 2012 – we agreed to opt for the format of the SpringerBriefs, and publish in it a series on space life sciences.

**What motivated you to play the part of the editor?**
**Ruyters:** The SpringerBriefs offer authors an excellent chance not only to present summary overviews of their latest research results but also – unlike purely scientific journals – to publish personal views, interpretations, and conclusions. This puts more life into science. Therefore, the SpringerBriefs are ideally suited for familiarising not only experts but also a wider interested public – including students and so-called interested and educated laypersons – with results from the various fields of research in our space life sciences programme. This was also the reason why we wanted to offer this platform mainly to German experts. Of course, research is international these days. This goes especially for space research, where German scientists are often integrated in international teams. But when it comes to space life science research, German experts play a leading part in Europe and even worldwide. After all, life-science projects have been going on in the frame of the German space programme for more than forty years. We made that point in the preface to the first volume which appeared in mid-December 2014.

**What was your function within this project?**
**Braun:** First of all, we had to draw up a convincing plan for the content we might deliver, and submit it to Springer Press. How to approach the subject? How many volumes will there be? What subjects are to be addressed in which combination? And, most importantly: which scientists can we persuade to be our authors? Early in December 2012 we were ready. We were now in a position to communicate the concept including a preliminary list of potential authors to Springer Press. The good news arrived before Christmas: our concept was rated highly convincing and attractive. Early in January 2013 it was clear that the joint project was to be realised as an independent series to be called ‘SpringerBriefs in Space Life Sciences’.

Next, we had to plan details. Which scientists would agree firmly to collaborate, and, most importantly: who would be prepared to start, with the disadvantage of having the shortest time for writing? Without going too much into details: this task emerged as markedly more difficult and laborious than we had originally assumed.



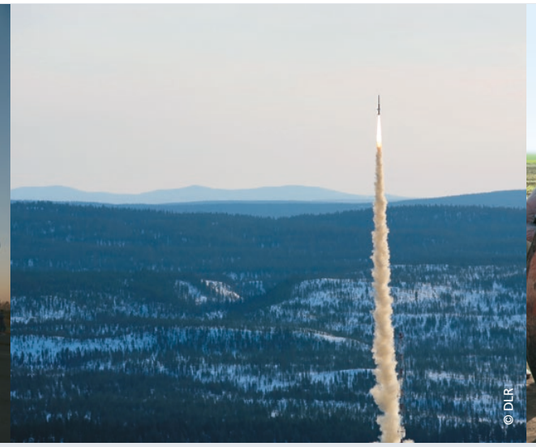
Danach ging es an die Detailplanung. Welche Wissenschaftler sagen wirklich fest ihre Mitarbeit zu? Und vor allem: Wer ist bereit, anzufangen und hat dadurch die kürzeste Zeitspanne zum Schreiben zur Verfügung? Ohne hier zu sehr in die Einzelheiten zu gehen – diese Aufgabe stellte sich als deutlich schwieriger und mühsamer heraus, als wir ursprünglich angenommen hatten.

**Wie viel Zeit nimmt das Projekt in Anspruch?**
**Ruyters:** Eine schwierige Frage. Nachdem das Konzept erarbeitet war, eine vorläufige Reihenfolge der Bändchen und die möglichen Autoren festzustehen schienen, dachten wir eigentlich, dass damit die Hauptarbeit geleistet sei. Offenbar ein Irrtum, denn schnell mussten wir lernen, dass dies etwas naiv war. Autoren, die ihre Mitarbeit zugesagt hatten, sprangen wegen anderer Verpflichtungen wieder ab. Besonders unangenehm, da es sich beispielsweise um diejenigen handelte, die das erste Bändchen schreiben wollten. In anderen Fällen lieferten die Co-Autoren ihren Beitrag nicht oder sehr verspätet ab, sodass wir umplanen mussten. Die schwierigste Aufgabe derzeit ist, die Autoren bei der Stange zu halten und sie zum Einhalten des gesetzten Termins zu verpflichten. Der Springer-Verlag hat sich hier jedoch als sehr verständnisvoller, flexibler und geduldiger Partner erwiesen.

**Welcher Inhalt wird abgedeckt?**
**Braun:** Wir haben uns vorgenommen, die ganze Breite unseres biowissenschaftlichen Raumfahrtprogramms abzudecken. Von der Astro- und Gravitationsbiologie, der Biotechnologie bis zum großen Bereich der Humanphysiologie und Biomedizin ist alles dabei. Den Anfang hat die Muskelforschung gemacht: Anfang Dezember 2014 erschien das erste Bändchen der Serie „The Neuro-Muscular System: From Earth to Space Life Science“ von Prof. Dieter Blottner und Dr. Michele Salanova (Charité Berlin). Die Bändchen zu den Themen „Nutrition and Metabolism“ (Prof. Martina Heer, Universität Bonn und Prof. Jens Titze, Universität Erlangen/Vanderbilt University) sowie „The Immune System“ (Prof. Alexander Choukèr, LMU München und Prof. Oliver Ullrich, Universität Magdeburg und Zürich) sollen im Frühjahr und Frühsommer dieses Jahres folgen. Danach sind das Herz-Kreislauf-System und seine Regulation, Sport und dessen Rolle für die körperliche und geistige Fitness sowie die Astro- und die Gravitationsbiologie an der Reihe. Hier sind aber noch einige offene Fragen zu klären. Ziel ist es, pro Jahr etwa drei Bändchen herauszubringen und so das DLR Raumfahrtmanagement und unser biowissenschaftliches Raumfahrtprogramm einem breiteren Publikum bekannt zu machen.

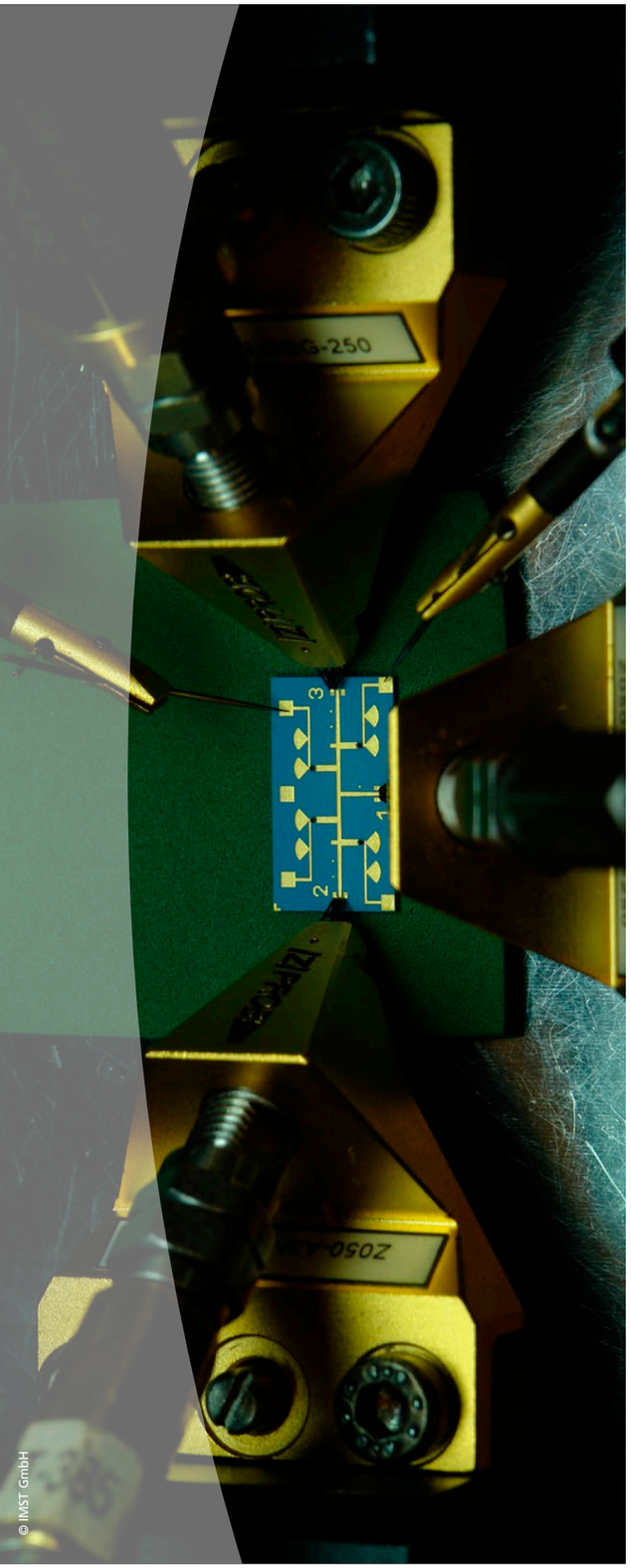
**How long will the project take?**
**Ruyters:** A difficult question. After we had drawn up the concept and, tentatively, the sequence of volumes, and our potential authors lined up for the time being, we thought that the greater part of the work was now done. Obviously, we were wrong, and soon we had to admit that our expectations had been somewhat naïve. Authors who had agreed to collaborate dropped out again because of obligations elsewhere. What was particularly disagreeable was that among them were those who had wanted to write the first volume. In other cases, co-authors delivered their contributions either not at all or very late, so that we had to change our schedule. At present, our most difficult task is to keep the authors on board and ensure that they adhere to their set deadlines. However, Springer Press has shown itself to be a very understanding, flexible, and patient partner in this regard.

**What content will you cover?**
**Braun:** We intend to cover the entire bandwidth of our space life sciences programme. From astrobiology, gravitational biology, and biotechnology to a wide range of topics to do with human physiology and biomedicine, everything will be included. Muscle research was first off the mark: the first volume in the series, ‘The NeuroMuscular System: From Earth to Space Life Science’ by Prof Dieter Blottner and Dr Michele Salanova (Charité Berlin), was published early in December 2014. Volumes on the subjects of ‘Nutrition and Metabolism’ (Prof Martina Heer, Bonn University, and Prof Jens Tietze, Erlangen/Vanderbilt University) and ‘The Immune System’ (Prof Alexander Choukèr, LMU Munich, and Prof Oliver Ulrich, Universities of Magdeburg and Zurich) are scheduled to follow in spring and early summer this year. Next, it will be the turn of the cardiovascular system and its regulation, sports and the part it plays in physical and mental fitness, astrobiology, and gravitational biology. However, there are still a few open decisions. It is our aim to publish about three volumes per year so as to introduce a wider public to the DLR Space Administration and to our space life sciences programme.



**Fünf unterschiedliche Flugmöglichkeiten stehen den Forschern im Programm „Forschung unter Weltraumbedingungen“ derzeit zur Verfügung, um ihre Experimente in der Schwerelosigkeit ablaufen zu lassen. Im Bremer Fallturm herrscht bis zu neun Sekunden, im Parabelflieger pro Parabel 22 Sekunden, in einer TEXUS-Rakete sechs Minuten, in einer russischen BION-Raumkapsel einige Wochen und auf der Internationalen Raumstation ISS unbegrenzt Schwerelosigkeit (von links nach rechts).**

**Under DLR's microgravity research programme, ‘Research under Space Conditions’, scientists currently have five options of running their experiments in microgravity. The Bremen drop tower offers up to nine seconds, the parabolic flight aircraft 22 seconds per parabola, a TEXUS rocket six minutes, a Russian BION space capsule a few weeks, and the ISS an unlimited duration of microgravity (from left to right).**



© IMST GmbH

# KERAMIS –

**Ein Beitrag zur flexiblen Nutzlast in Kommunikationssatelliten**

*Von Lysan Pfützenreuter und Dr. Siegfried Voigt*

**Egal ob Internet, Telefon oder Fernsehen – Informationen beherrschen unseren Alltag und beeinflussen stetig unser Leben. Satellitenkommunikation hat einen wesentlichen Anteil daran, dass uns diese Informationen zuverlässig und weltweit erreichen. Dabei werden allerdings immer mehr Daten rund um den Globus geschickt. Die Folge: Immer höhere Datenraten und Bandbreiten müssen von Satelliten zur Verfügung gestellt werden. Typische Kommunikationssatelliten, die zum Beispiel für Rundfunk- und Fernsehübertragungen genutzt werden, wiegen zwischen drei und acht Tonnen und besitzen zwischen 30 und 100 Übertragungskanäle. Die Anzahl dieser sogenannten Transponder bestimmt zu einem großen Teil das Gewicht des Satelliten. Dabei gilt: Je schwerer der Satellit ist, desto höher sind die Kosten – insbesondere für den Raketenstart. Das KERAMIS-Projekt (Keramische Mikrowellenschaltkreise für die Satellitenkommunikation) soll Wege und Möglichkeiten finden, die Nutzlast leichter, weniger komplex und kosteneffektiver aufzubauen und damit wettbewerbsfähiger.**

## KERAMIS –

**Wider Options for Communication Satellite Payloads**

*By Lysan Pfützenreuter and Dr Siegfried Voigt*

**Whether by Internet, phone, or television – information dominates our workaday routine and is ever present in our private life, too. Satellite communication plays an essential part in ensuring that information reaches us reliably everywhere in the world. However, the volume of data that is sent around the globe is growing persistently. Consequently, satellites must provide ever-greater data rates and bandwidths. Typical communication satellites such as those used for radio and television transmissions weigh between three and eight tons and feature between 30 and 100 transmission channels. It is the number of these so-called transponders that makes up most of a satellite's weight. However, the fact is that the heavier the satellite, the higher the cost, particularly that of the rocket launch. The KERAMIS project (ceramic microwave circuits for satellite communications) aims to find ways and means to make payloads lighter, less complex, more cost-effective and, consequently, more competitive.**

**Funktionsprüfung im Fertigungsablauf von integrierten Schaltungen: Hier werden an einem einpoligen Wechselschalter, der in LTCC realisiert wurde, die charakteristischen Streuparameter gemessen.**

**Functional testing in the production process of integrated circuits: here, the characteristic scattering parameters are measured at an SPDT switch implemented in LTCC.**

Autoren: **Lysan Pfützenreuter** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im DLR Raumfahrtmanagement. Sie betreute von Januar 2012 bis Mai 2014 in der Abteilung Satellitenkommunikation das KERAMIS-Verbundvorhaben.
**Dr. Siegfried Voigt** ist Fachgruppenleiter für das nationale Programm in der Abteilung Satellitenkommunikation im DLR Raumfahrtmanagement und hat das Verbundvorhaben KERAMIS initiiert.
Authors: **Lysan Pfützenreuter** is a scientific assistant at DLR Space Administration. From January 2012 to May 2014, she has been in charge of the joint project KERAMIS in the Satellite Communications department.
**Dr Siegfried Voigt** is head of the specialist team for the national programme in the Satellite Communications department of DLR Space Administration and has initiated the joint project KERAMIS.

Das Gewicht steckt im Detail: Der vor 15 Jahren gestartete Astra 1K-Satellit ist mit 52 Ku- sowie zwei Ka-Band-Transpondern ausgestattet und wiegt stolze fünf Tonnen. Die neue keramische Bautechnik wird Gewicht und Größe neuer Kommunikationsnutzlasten deutlich verringern, weil ihre einzelnen Bauteile viel kleiner und leichter sind. So ist eine herkömmliche Schaltmatrix etwa 500-mal größer und 200-mal schwerer als ihr keramisches Gegenstück. Keramische Mehrlagenschichttechnik (Low Temperature Cofired Ceramics – kurz LTCC) heißt das neue Zauberwort, das im KERAMIS-Programm entstand. Die Idee zu dieser Bauweise wurde vor über elf Jahren in einem Konsortium aus Hochschulen, mittelständischen Unternehmen (KMU) und der Raumfahrtindustrie geboren und im Nationalen Raumfahrtprogramm gefördert – der Beginn einer neuen Technologie für Raumfahrtanwendungen im Ka-Band (20 GHz).

**Aus mehreren Schichten entsteht ein dreidimensionaler Chip**

LTCC steht für ein Keramiksubstratsystem, das in der Elektrotechnik als preiswerte Substrattechnologie eingesetzt wird, wobei nahezu beliebig viele Lagen übereinandergestapelt werden können. Als Leiterbahnmetallisierung kommen meist Gold oder Silber beziehungsweise deren Legierungen mit Platin und Palladium zum Einsatz. Sie werden im Siebdruckverfahren Lage für Lage auf die ungebrannte Keramik gedruckt und später, nach dem Stapeln und Pressen des vielschichtigen Aufbaus, gemeinsam im Prozessofen gebrannt. Diese Technik wird als co-firing bezeichnet und gibt LTCC seinen Namen. „Low temperature“ bedeutet in diesem Fall, dass die Temperatur zum Brennen der Glaskeramik unter 900 Grad liegt und somit unterhalb der Schmelztemperatur der Hauptkomponenten bleibt, sodass die Form des Werkstückes erhalten bleibt. Diese relativ niedrige Sintertemperatur ermöglicht daher erst den Einsatz von Gold- und Silberleiterbahnen, deren Schmelzpunkte zwischen 900 und 1.100 Grad liegen. Die Materialsysteme mit geringen dielektrischen und ohmschen Verlusten eignen sich gut für die Integration von Mikro- und Millimeterwellenschaltungen.

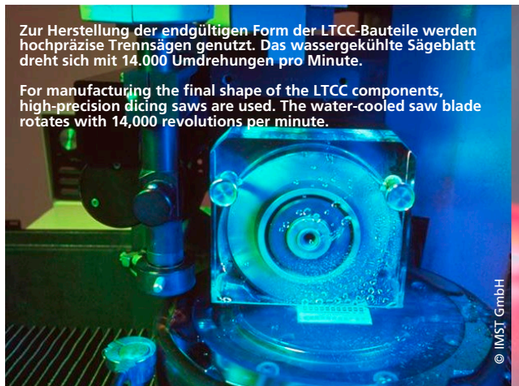
Durch das Übereinanderlegen der zweidimensionalen Keramikfolien-Lagen ist somit eine dreidimensionale, hermetisch dichte Struktur mit elektrischen Leitungen entstanden. Die elektrischen

A satellite's weight is in the detail: the Astra 1K satellite that was launched 15 years ago is equipped with 52 Ku and two Ka-band transponders and weighs a whopping five tons. The new ceramic technology will significantly reduce the weight and size of new communication payloads because its individual components are much smaller and lighter. A conventional switching matrix is about 500 times larger and 200 times heavier than its ceramic counterpart. The new magic formula, which emerged from the KERAMIS programme, is called low-temperature co-fired ceramics (LTCC). The idea for the new way of making transponders was developed more than eleven years ago by a consortium of universities, small and medium-sized enterprises (SMEs), and the space industry and sponsored under the national space programme – the onset of a new technology for space applications in the Ka-band (20 GHz).

**A three-dimensional chip built in several layers**

LTCC stands for a ceramic substrate system which is used in electrical engineering as a cost-efficient substrate technology that permits stacking almost any number of layers on top of each other. Printed conductors mostly consist of gold or silver and/or platinum and palladium alloys of these metals. They are screen-printed layer by layer on unfired ceramic substrates that are stacked and compressed into a multi-layer structure which is then fired in a process furnace. Called co-firing, this method has given LTCC its name. Low temperature, in this case, means that the glass ceramic material is fired at temperatures below 900 degree, which is lower than the melting temperature of the conductor material and thus ensures accurate shape retention. It is only thanks to the relatively low sintering temperature that printed conductors of gold and silver can be used, whose melting points range between 960 and 1,100 degree. Featuring low dielectric and ohmic losses, these material systems are well suited for use in micrometre and millimetre-wave circuits.

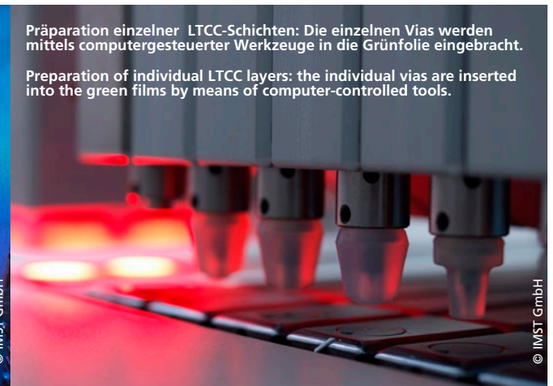
Thus, by packaging layers of two-dimensional ceramic foil in this manner we can produce a three-dimensional, hermetically sealed structure containing a large number of electrical conductors. All conductors as well as all individual modules are separated and shielded by the ceramic material, which eliminates the need for a large hermetically-enclosed casing to contain all com-



**Zur Herstellung der endgültigen Form der LTCC-Bauteile werden hochpräzise Trennsägen genutzt. Das wassergekühlte Sägeblatt dreht sich mit 14.000 Umdrehungen pro Minute.**

**For manufacturing the final shape of the LTCC components, high-precision dicing saws are used. The water-cooled saw blade rotates with 14,000 revolutions per minute.**

© IMST GmbH



**Präparation einzelner LTCC-Schichten: Die einzelnen Vias werden mittels computergesteuerter Werkzeuge in die Grünfolie eingebracht.**

**Preparation of individual LTCC layers: the individual vias are inserted into the green films by means of computer-controlled tools.**

© IMST GmbH

Leitungen und die Einzelmodule sind durch die Keramik abgeschirmt. Ein großes hermetisches Gehäuse zum Verschluss aller Komponenten ist nun überflüssig. Das spart erneut Gewicht. Die kleinen Sub-Module sind als „System-in-Package“ (SiP) variabel einsetzbar. Diese erhöhte Funktionalität des LTCC-Trägermaterials macht den Einsatz teurer, kundenspezifischer Halbleiter überflüssig. Stattdessen können „Standardschaltkreise“ zur Umsetzung der elektrischen Funktion verwendet werden. Mit dem Einsatz der LTCC-Technik ist es auch möglich, Bauteile in kleinen Stückzahlen kostengünstig herzustellen.

**Von der Idee zu den ersten Demonstratoren**
Im Jahr 2003 begannen die beiden Technischen Universitäten Hamburg-Harburg und Ilmenau zusammen mit den KMU IMST GmbH, MSE GmbH und Cicor GmbH (ehemals RHe GmbH) und dem Raumfahrtunternehmen Tesat Spacecom GmbH das Entwicklungsvorhaben KERAMIS (2003–2006). Diese Ideenschmiede untersuchte, ob sich die LTCC-Technologie grundsätzlich für Raumfahrtanwendungen eignet, bewertete die unterschiedlichen Aufbautechnologien und baute einen Leistungsverstärker, einen Signalgenerator und einen PIN-Dioden-Schalter für eine Schaltmatrix – die ersten KERAMIS-Demonstratoren.

**Von den Demonstratoren in die niedrige Umlaufbahn**
Nun musste die LTCC-Technologie ihre Funktionstüchtigkeit im Weltraum unter Beweis stellen. In dem neuen Verbundvorhaben KERAMIS II (2006–2011) wurden alle drei Demonstratoren für einen Mitflug auf dem ersten deutschen Technologieerprobungsträger TET weiterentwickelt. Diese Aufgabe ist gar nicht so leicht. Bislang konnte ihre Funktion nur experimentell nachgewiesen werden, was dem Technologiereifegrad (TRL) 3 entspricht. Um aber auf TET mitzufliegen, mussten die drei Demonstratoren TRL 6 vorweisen: Das Konsortium musste die Einsatzfähigkeit unter den zu erwartenden Bedingungen im Orbit nachweisen. Um auch diesen Schritt zu meistern, wurden die beiden für TET verantwortlichen Firmen OHB System AG (ehemals Kayser-Threde GmbH) und Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH ins Boot geholt. Die Airbus Defence & Space GmbH kam als Berater für die Raumfahrtqualifikation hinzu. Nachdem auch diese Hürde genommen wurde, starteten alle drei Demonstratoren am 22. Juli 2012 auf TET in eine Umlaufbahn 512 Kilometer über der Erde.

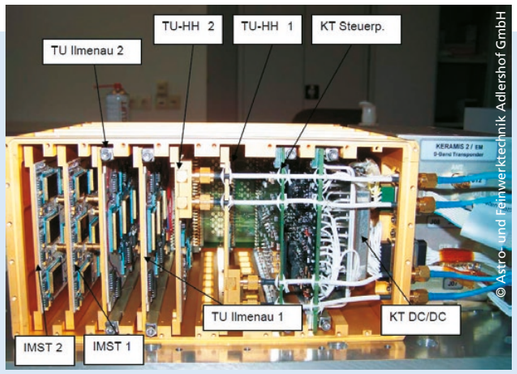
Die beiden beteiligten Universitäten und die IMST GmbH haben im Anschlussvorhaben OK-Tech (On-Orbit-Verifikation der KERAMIS-Technologie, 2012–2013) die Qualifikation der Demonstratoren auf TET begleitet. Dazu wurden verschiedenste Kommunikationsexperimente geplant, erfolgreich durchgeführt und ausgewertet. Die Technologie konnte nach Ende der geplanten Betriebsdauer von einem Jahr einen TRL 9 für den Einsatz im

ponents – another weight saving factor. The small sub-modules may be used for various purposes as ‘systems-in-package’ (SIP). This enhanced functionality of the LTCC substrate does away with the need for expensive, customised semiconductors. Instead, standard circuits may be used to realise electrical functions. Moreover, the LTCC technology makes production of components cost-effective even in comparatively small numbers.

**From the idea to the first demonstrators**
In 2003, the Technical Universities of Hamburg-Harburg and Ilmenau launched the KERAMIS development project as a joint project with three SMEs, IMST GmbH, MSE GmbH and Cicor GmbH (formerly RHe GmbH), and the Tesat Spacecom company (2003–2006). Working as a think tank, they addressed the question of whether the LTCC technology as such is suitable for space applications, evaluated different construction technologies, and built a power amplifier, a signal generator, and a PIN diode switch for a switching matrix – the first KERAMIS demonstrators.

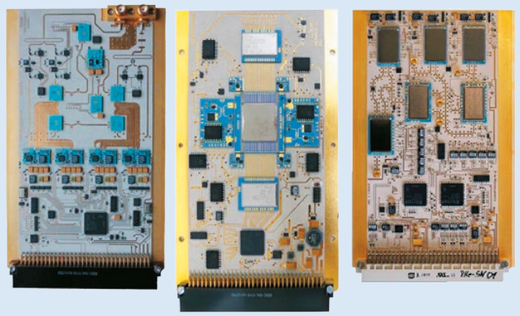
**From demonstrators to low Earth orbit**
Now, the LTCC technology had to demonstrate that it was capable of functioning in space. Under a new joint project called KERAMIS II (2006–2011), all three demonstrators were developed further so that they could eventually share a ride on the first German technology test bed, TET. This was not an easy task at all. So far, their capability had been established only in experiments, which corresponds to the technology readiness level (TRL) 3. However, to fly on TET, the three demonstrators had to show TRL 6 credentials: the consortium had to establish their capability to operate under the conditions to be expected in orbit. To master that step as well, they took on board the two companies that were responsible for TET, OHB System AG (formerly Kayser-Threde GmbH) and Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH. Airbus Defence & Space GmbH joined the team as consultants for space qualification. After taking that last hurdle, all three demonstrators took off on TET on July 22, 2012, into an orbit 512 kilometres above the Earth.

Under the OK-Tech follow-up project (on-orbit verification of the KERAMIS technology, 2012–2013), the two participating universities supported the qualification of the demonstrators on TET together with IMST GmbH. In this context, a variety of communication experiments were planned, successfully implemented, and evaluated. After the end of the scheduled operating time of one year, the technology had qualified for TRL 9 for deployment in a low Earth orbit (LEO) between 160 and 2,000 kilometres above the surface, thereby establishing its reliability and robustness in space.




**KERAMIS-Nutzlastmodul zur On-Orbit-Verifikation auf TET-1**

**KERAMIS payload module for on-orbit verification on TET-1**



**Die KERAMIS-Nutzlasten im Einzelnen: Transceiver der TU Hamburg-Harburg (links), Schaltmatrixmodul der TU Ilmenau (Mitte), Synthesizer der IMST GmbH (rechts)**

**KERAMIS payloads in detail: transceiver from TU Hamburg-Harburg (left), switching matrix module from TU Ilmenau (centre), synthesizer from IMST GmbH (right)**



niedrigen Erdorbit (LEO) zwischen 160 und 2.000 Kilometer über unserer Erde nachweisen und ist somit als zuverlässige und robuste Weltraumtechnologie qualifiziert.

**Von der niedrigen Umlaufbahn in den geostationären Zielorbit**
Doch der niedrige Erdorbit ist eigentlich nicht der übliche Einsatzort für Kommunikationssatelliten. Sie werden hauptsächlich auf dem sogenannten geostationären Orbit (GEO) in 35.790 Kilometern Höhe betrieben. Dort kreisen sie genauso schnell um die Erde, wie sie sich unter ihnen wegdreht. Folglich „stehen“ sie immer über ein und demselben Punkt. Ihre Betriebsdauer liegt bei fünfzehn Jahren oder mehr. Kommerzielle Satellitenbetreiber sind konservativ und vermeiden es, neue – nicht getestete – Technologien einzusetzen. Da es sich bei LTCC um eine vielversprechende Schlüsseltechnologie handelt, wurde die Entwicklung in diese Richtung vorangetrieben. In einem weiteren Verbundvorhaben KERAMIS-GEO (2011–2014) wurden nunmehr zwei Demonstratoren aufgebaut: OHB und IMST integrierten den Signalgenerator in einen Frequenzumwandler (Downconverter) und suchten weitere Möglichkeiten, Baugruppen dieses Frequenzumwandlers in LTCC zu realisieren. Erfolgreich waren sie beim gesamten Hochfrequenzpfad. Hier wurden sowohl interne Verstärker, Filter als auch der Mischer in LTCC umgesetzt. Die TU Ilmenau erweiterte das Schaltmatrixdesign um Redundanzkonzepte, erhöhte die Funktionsdichte und entwickelte daraus ein Modul zum flexiblen Einsatz in einem Eingangsmultiplexer. Beide Demonstratoren wurden bis zum Engineering-Modell aufgebaut und für den Einsatz auf geostationären Satelliten getestet.

Das Schaltmatrixmodul stellte sich dabei als so vielversprechende Idee heraus, dass die Tesat Spacecom GmbH dieses Modul in ihren zukünftigen flexiblen Eingangsmultiplexer FlexINET einsetzen wird. Das Gerät soll auf einem Mitflug auf dem deutschen geostationären Kommunikationssatelliten Heinrich Hertz (Start geplant 2019) verifiziert werden. Mit einer erfolgreichen Verifikation nach einem etwa dreijährigen Betrieb hätte sich die KERAMIS-Technologie innerhalb von 20 Jahren von der Idee zum verwertbaren Produkt vorgearbeitet. Das Projekt bildet die gesamte wissenschaftlich-technische Wertschöpfungskette bis hin zum Missionsbetrieb ab. Nur das Zusammenspiel von Grundlagenforschung und neuen Entwicklungs- und Fertigungsprozessen hat dies ermöglicht. Die Raumfahrtindustrie hat das Anwendungspotenzial dieser Technologie erkannt und die Entwicklung auch mit Eigenmitteln unterstützt.

**Flexibler Kommunikationssatellit der Zukunft**
Welche Eigenschaften muss ein Kommunikationssatellit in der Zukunft mitbringen, um wettbewerbsfähig zu sein? Er muss leicht sein, nach Möglichkeit weniger Volumen haben, aber trotzdem mit vielen Übertragungskanälen ausgestattet sein, die flexibel miteinander verschaltbar sind. Eine Möglichkeit, dieses Ziel zu erreichen, ist ein Aufbau nach dem Baukastenprinzip. Im Technologieprojekt iKERSATEC wird deshalb an innovativen keramischen Schaltungsplattformen für zukünftige Satellitentechnologien auf Basis der KERAMIS-Technologie geforscht. Das Vorhaben lässt sich in die Teilprojekte Keramische Verbindungstechnologien, Komponenten und Systeme gliedern. Die zukünftigen Anforderungen an Kommunikationssatelliten stehen dabei im Mittelpunkt: Volumen- und Kostenreduzierung, Erhöhung der verfügbaren Bandbreite, Verbesserung des Temperaturmanagements und der Zuverlässigkeit sowie Modularisierung für optimale Wiederverwendbarkeit sind die allgemeinen universitären Forschungsschwerpunkte. Dazu sollen KMU und Raumfahrtindustrie ihr Innovationspotenzial beitragen. Das mittlerweile über elf Jahre laufende KERAMIS-Programm hat gezeigt, dass gute Ergebnisse bei der Zusammenarbeit von Industrie und Forschungseinrichtungen erreicht werden können. Hier haben acht Partner aus sieben verschiedenen Bundesländern über ganz Deutschland verteilt gemeinsam an der Satellitenkommunikation von morgen gearbeitet. iKERSATEC ist der nächste Schritt in Richtung Zukunft.

**From low Earth orbit into geostationary target orbit**
However, the low Earth orbit is not the place where communication satellites normally operate. In most cases, they fly on a so-called geostationary orbit (GEO) at an altitude of 35,790 kilometres, where their orbital velocity exactly matches the speed at which the Earth rotates beneath them. Consequently, they always ‘hover’ above one and the same point. Their service life extends to fifteen years and more. Commercial satellite operators are conservative and avoid using new technologies that have not been tested. The development of LTCC was pursued in that direction because it is a promising key technology. Under yet another joint project called KERAMIS-GEO (2011–2014), two demonstrators were built: having integrated the signal generator into a frequency converter (down-converter), OHB and IMST searched for options for realising modules of this frequency converter in LTCC. They were successful along the entire high-frequency path, where internal amplifiers, filters, and the mixer were realised in LTCC. TU Ilmenau added redundancy concepts to the design of the switching matrix, increased its functional density, and developed the whole into a module designed for flexible use in an input multiplexer. Both demonstrators were developed to the engineering model stage and tested for deployment on geostationary satellites.

In the process, the switching matrix module was found to be such a promising idea that Tesat Spacecom GmbH is going to use it in its future flexible input multiplexer, FlexiNET. For verification, the design will fly on the German geostationary communication satellite Heinrich Hertz (launch scheduled for 2019). Should the verification prove successful after about three years of operation, the KERAMIS technology would have made its way from an idea to a marketable product within 20 years. The project reflects the entire scientific and technical value-added chain right down to mission operation. This feat was made possible only by basic research joining forces with new development and manufacturing processes. Recognising the application potential of this technology, the space industry supported its development with funds of its own.

**Flexible communication satellite of the future**
What are the properties which a communication satellite of the future must have to be competitive? It should be light and have a smaller volume, if possible, but should nevertheless be equipped with many transmission channels that can be flexibly interconnected. One way of reaching this goal is by applying the module principle. This is why innovative ceramic switching platforms for future satellite technologies based on the KERAMIS technology are being explored under the iKERSATEC technology project. The project may be subdivided into ceramic connecting technologies, components, and systems, with the focus on the requirements applying to future communication satellites. Research at universities revolves around volume and cost reduction, increasing the available bandwidth, improving the temperature management and reliability, and modularisation for optimum reusability. It is intended that both SMEs and the space industry should contribute their innovation potential. In its life of more than eleven years by now, the KERAMIS programme has demonstrated that good results may be obtained when industry and research institutions collaborate. In this case, eight partners from seven federal states spread across the whole of Germany have worked jointly for the satellite communication of tomorrow. iKERSATEC is the next step into the future.

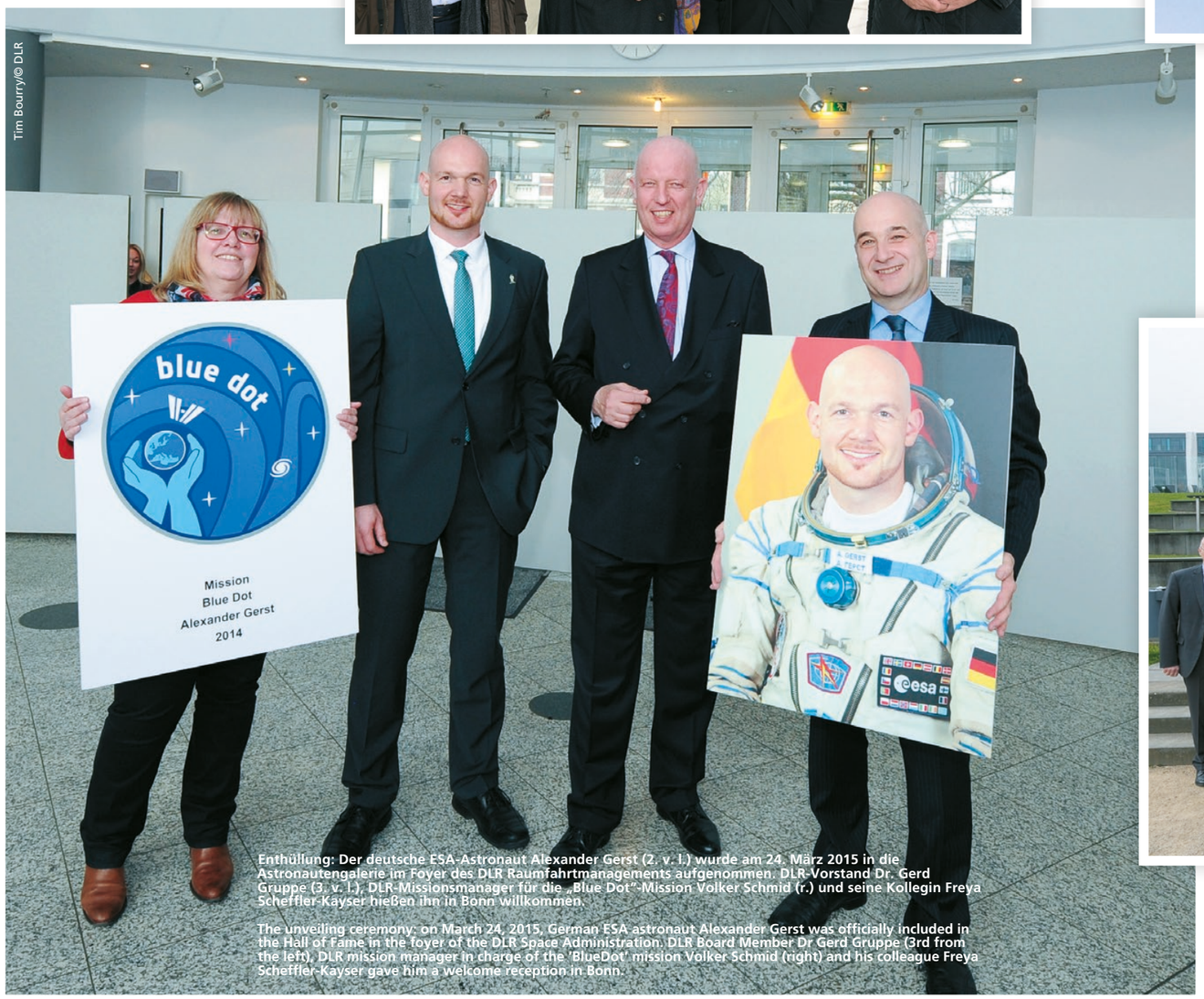
# Business Launch

**Harald Posch, Chef der Österreichischen Agentur für Luft- und Raumfahrt (ALR, r.) und Elisabeth Fischer von der Österreichischen Forschungsfördergemeinschaft, zu der die ALR gehört, besuchten am 24. Februar 2015 gemeinsam mit DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe (2. v. l.) das ESA-Anwenderzentrum BIC und das Galileo Control Center (GCC). Der Geschäftsführer der DLR Gesellschaft für Raumfahrtanwendungen (GfR), Walter Päffgen, begrüßte die Gäste am DLR Standort Oberpfaffenhofen.**

On February 24, 2015, Harald Posch, Head of the Austrian Space Agency (ASA, right) and Elisabeth Fischer from Austrian Research Funding Association (FFG) visited the ESA User Centre BIC and the Galileo Control Center (GCC) together with DLR Board Member Dr Gerd Gruppe (2nd from left). The director of DLR Gesellschaft für Raumfahrtanwendungen (GfR), Walter Päffgen, welcomed the visitors at DLR's Oberpfaffenhofen site.

**Am 20. März 2015 kürten DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe, der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst, die Staatssekretärin im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie sowie Koordinatorin der Bundesregierung für die Deutsche Luft- und Raumfahrt, Brigitte Zypries, und der Direktor des Deutschen Technikmuseums, Prof. Dr. Dirk Böndel, die Sieger des „Beschützer der Erde"-Wettbewerbs in Berlin.**

On March 20, 2015, DLR Board Member Dr Gerd Gruppe, the german ESA astronaut Alexander Gerst, Undersecretary of State at the Ministry of Economics and Energy and aerospace coordinator of the Federal Government, Brigitte Zypries, and the director of Deutsches Technikmuseum, Prof. Dr Dirk Böndel, honoured the winners of the 'Earth Guardians' contest in Berlin.




**Enthüllung: Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst (2. v. l.) wurde am 24. März 2015 in die Astronautengalerie im Foyer des DLR Raumfahrtmanagements aufgenommen. DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe (3. v. l.), DLR-Missionsmanager für die „Blue Dot"-Mission Volker Schmid (r.) und seine Kollegin Freya Scheffler-Kayser hießen ihn in Bonn willkommen.**

The unveiling ceremony: on March 24, 2015, German ESA astronaut Alexander Gerst was officially included in the Hall of Fame in the foyer of the DLR Space Administration. DLR Board Member Dr Gerd Gruppe (3rd from the left), DLR mission manager in charge of the 'BlueDot' mission Volker Schmid (right) and his colleague Freya Scheffler-Kayser gave him a welcome reception in Bonn.

**Zum vierten Mal organisierte das DLR Raumfahrtmanagement am 25. und 26. März 2015 in Bonn die Konferenz „Satellitenkommunikation in Deutschland – Schlüssel für die moderne Informationsgesellschaft". Mit knapp 300 Teilnehmern, 20 Ausstellern und – zum ersten Mal – 18 Postervorträgen von Nachwuchswissenschaftlern war die Resonanz so gut wie nie zuvor.**

On March 25 and 26, 2015, DLR Space Administration organised for the fourth time the Conference 'Satellite Communication in Germany – Access to Modern Information Society'. With 300 participants, 20 exhibitors, and – for the first time – 18 poster presentations from young scientists and engineers, the response to this event was at an all-time high.

# Raumfahrtkalender

| Termin | Ereignis |
|---|---|
| **2015** | |
| 17. April | Start Forschungsrakete TEXUS 51 (DLR) von Esrange (Nordschweden) mit vier deutschen Experimenten |
| 23. April | Start Forschungsrakete TEXUS 52 (DLR) von Esrange mit fünf deutschen Experimenten |
| 23. April | NASA-Raumsonde Dawn beginnt ersten Orbit um Ceres in 13.500 Kilometern Bahnhöhe |
| 27. April – 8. Mai | 26. DLR-Parabelflugkampagne mit CNES und ESA: 1. Kampagne mit dem neuen A310 ZERO-G |
| 28. April | Start Progress 59P von Baikonur (Kasachstan/Versorgung ISS) |
| Mai | Fliegende Sternwarte SOFIA: Erste Flüge mit dem Spektrometer upGREAT |
| 12. Mai | Landung ESA-Astronautin Samantha Cristoforetti |
| 26. Mai | Start Sojus 43S von Baikonur (Expedition ISS) |
| Juni – Juli | Fliegende Sternwarte SOFIA: Einsatz in Neuseeland mit 15 Wissenschaftsflügen mit den Instrumenten FORCAST und GREAT |
| 12. Juni | Start Sentinel-2A mit VEGA von Kourou (Französisch-Guyana) |
| 13. Juni | Start Falcon 9 von Cape Canaveral (Florida/USA), 7. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-7) |
| 15. – 21. Juni | Paris Air Show, Le Bourget |
| 29. Juni | Instrument FLITECAM auf Flugobservatorium SOFIA beobachtet Pluto-Atmosphäre, 14 Tage vor dem Vorbeiflug der NASA-Sonde New Horizons |
| 2. Juli | Start Wettersatelliten MSG-4 (Meteosat-11) mit Ariane-5 von Kourou |
| 14. Juli | Erster naher Vorbeiflug der NASA-Sonde New Horizons am Zwergplaneten Pluto in 10.000 Kilometern Abstand |
| 21. Juli | Start Satellit Jason-3 mit Falcon 9 von Vandenberg Air Force Base (Kalifornien/USA) |
| 6. August | Start Progress 60P von Baikonur (Versorgung ISS) |
| 13. August | Raumsonde Rosetta mit Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko im Perihel |
| 17. August | Start H-2B von Tanegashima Space Center (Japan), ISS-Versorgungsflug (HTV-5) |
| 25. – 30. August | Internationale Luft- und Raumfahrtmesse MAKS in Moskau (Russland) |
| 31. August – 11. September | 27. DLR-Parabelflugkampagne in Bordeaux (Frankreich) |
| 1. September | Start Sojus 44S von Baikonur (Expedition ISS) mit ESA-Astronaut Andreas Mogensen und Sängerin Sarah Brightman (zehn Tage Aufenthalt) |
| 2. September | Start Falcon 9 von Cape Canaveral, 8. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-8) |
| 20. September | Tag der Luft- und Raumfahrt beim DLR in Köln |
| Oktober | Start Sentinel-3A mit Rockot von Plesetsk (Russland) |
| Oktober | Studenten-Ballonkampagne BEXUS 20/21 in Esrange mit zwei Experimenten deutscher Teams |
| Oktober/November | Start der ESA-Mission LISA Pathfinder mit VEGA von Kourou |
| 22. Oktober | Start Progress 61P von Baikonur (Versorgung ISS) |
| November | Start Forschungsrakete MAIUS 1 (DLR) mit einem deutschen Experiment von Esrange |
| 19. November | Start Forschungsrakete TEXUS 53 (DLR) mit fünf deutschen Experimenten von Esrange |
| 20. November | Start Sojus 45S von Baikonur (Expedition ISS) mit ESA-Astronaut Timothy Peake (sechs Monate Aufenthalt) |
| 9. Dezember | Start Falcon 9 von Cape Canaveral, 9. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-9) |



# Space Calendar

| Date | Event |
|---|---|
| **2015** | |
| April 17 | Launch of sounding rocket TEXUS 51 (DLR) from Esrange (north of Sweden); carrying four German experiments |
| April 23 | Launch of sounding rocket TEXUS 52 (DLR) from Esrange (north of Sweden); carrying five German experiments |
| April 23 | NASA space probe Dawn starts the first orbit around Ceres at an altitude of 13,500 kilometres |
| April 27 – May 8 | 26th DLR parabolic flight campaign together with CNES and ESA: 1st campaign with the new airplane A310 ZERO-G |
| April 28 | Launch of Progress 59P from Baikonur (Kazakhstan/ISS logistics) |
| May | Flying Observatory SOFIA; carrying the spectrometer upGREAT for the first time |
| May 12 | Touchdown of ESA astronaut Samantha Cristoforetti |
| May 26 | Launch of Soyuz 43S from Baikonur (ISS Expedition) |
| June – July | Flying Observatory SOFIA: 15 scientific flights in New Zealand; carrying the instruments FORCAST and GREAT |
| June 12 | Launch of VEGA from Kourou (French-Guiana); carrying the Earth observation satellite Sentinel-2A |
| June 13 | Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA), 7th ISS logistics mission (SpaceX CRS-7) |
| June 15 – 21 | Paris Air Show, Le Bourget |
| June 29 | Instrument FLITECAM on the Flying Observatory SOFIA observes the Pluto atmosphere, 14 days before the flyby of NASA space probe New Horizons |
| July 2 | Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying the weather satellite MSG-4 (Meteosat-11) |
| July 14 | First near flyby of NASA space probe New Horizons at Pluto in 10,000 kilometres distance |
| July 21 | Launch of Falcon 9 from Vandenberg Air Force Base (California/USA); carrying the satellite Jason-3 |
| August 6 | Launch of Progress 60P from Baikonur (ISS logistics) |
| August 13 | Space probe Rosetta reaches perihel of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko |
| August 17 | Launch of H-2B from Tanegashima Space Center (Japan), ISS logistics flight (HTV-5) |
| August 25 – 30 | Russian Air Show MAKS in Moscow |
| August 31 – September 11 | 27th DLR parabolic flight campaign in Bordeaux (France) |
| September 1 | Launch of Soyuz 44S from Baikonur (ISS Expedition); carrying ESA astronaut Andreas Mogensen and Singer Sarah Brightman (ten-day sojourn in space) |
| September 2 | Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, 8th ISS logistics flight (SpaceX CRS-8) |
| September 20 | German Space Day at DLR in Cologne |
| October | Launch of Rockot from Plesetsk (Russia); carrying the Earth observation satellite Sentinel-3A |
| October | Student balloon campaign BEXUS 20/21 in Esrange; carrying two German experiments |
| October/November | Launch of VEGA from Kourou; carrying the ESA space probe LISA Pathfinder |
| October 22 | Launch of Progress 61P from Baikonur (ISS logistics) |
| November | Launch of sounding rocket MAIUS 1 (DLR) from Esrange; carrying one German experiment |
| November 19 | Launch of sounding rocket TEXUS 53 (DLR) from Esrange; carrying five German experiments |
| November 20 | Launch of Soyuz 45S from Baikonur (Expedition ISS); carrying the ESA astronaut Timothy Peake (six-month sojourn in space) |
| December 9 | Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, 9th ISS logistics flight (SpaceX CRS-9) |

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

## 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.

## 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 execution organisation.

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.

## 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
DLR.de/rd

Druck: M&E Druckhaus,
49191 Belm
www.me-druckhaus.de

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

ISSN 2190-7072

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

## 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
DLR.de/rd

Print: M&E Druckhaus,
49191 Belm, Germany
www.me-druckhaus.de

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

ISSN 2190-7072

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

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Supported by:

Federal Ministry
for Economic Affairs
and Energy

on the basis of a decision
by the German Bundestag