



# newsletter

## COUNTDOWN

**Klima im Satellitenauge –  
Erdbeobachtung und das  
Pariser Abkommen**

**Eyes in the sky –  
Earth observation and  
the Paris Agreement**

Seite 8 / page 8

**Facing Space – Igor Komarov, Chef der russischen  
Raumfahrtagentur Roskosmos, im Interview**

Facing Space – Interview with Igor Komarov,  
head of the Russian space agency Roscosmos 4

**Raumfahrt hilft Tierforschung –  
Ausblick auf das neue Projekt ICARUS**

Space-based animal research –  
Prospect on the new project ICARUS 22

**Spurensuche – ExoMars 2016 „fahndet“  
nach Lebensspuren auf dem Roten Planeten**

Looking for clues –

# FOR THE PLANET

ExoMars 2016 to hunt for traces of life on the Red Planet 30

**Ohne Stau in den Downlink –  
Europas Datenautobahn im All**

Into the downlink without any traffic jam –  
Europe's data highway in space 50

**Sind wir bereit für New Space? –  
Die deutsche Raumfahrt muss mehr riskieren**

Are we ready for New Space? –  
Germany's space industry must take more risks 64

„Electra steht für elektrische Satellitenantriebe, das ist vergleichbar mit der Elektromobilität beim Auto. Wir verbinden hier in einer engen Partnerschaft konzeptionelle und programmatische Überlegungen mit der Technologiekompetenz von OHB aus Bremen und Interessen des Luxemburger SES Konzerns als Ankerkunden und haben damit eine ideale Kombination für eine PPP. Dies erhöht den Wettbewerb. Electra ist auch für das DLR von strategischer Bedeutung: Es ist ein wesentliches Element, eines der Ziele der deutschen Raumfahrtstrategie, die sogenannte Systemfähigkeit in der Satellitenkommunikation zu erreichen.“

DLR-Vorstandsmitglied Dr. Gerd Gruppe anlässlich der Vertragsunterzeichnung in Luxemburg

‘Electra stands for electric satellite propulsion systems comparable to electric drive systems in the automotive sector. Working in a close partnership, we are combining a conceptual and programmatic vision with the technology expertise of OHB in Bremen as well as the commercial interest of Luxembourg’s SES company as our first anchor customer, i.e. we have the ideal ingredients for a successful PPP. This will boost competition. Electra is also of strategic significance to DLR. It is an essential element in reaching system capability in satellite communication, one of the objectives of Germany’s space strategy.’

DLR board member Dr Gerd Gruppe on the occasion of signing the cooperation agreement in Luxembourg



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 Leserin, lieber Leser,

diese Zeilen entstehen im Flieger auf der Rückreise aus den USA. Ich bin beeindruckt von der Begeisterung der Amerikaner. Mit ihren neuen Ideen und Geschäftsmodellen haben sie der Raumfahrt neue Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit verschafft – und innerhalb der Branche weltweit für Aufbruchstimmung gesorgt.

New Space zieht immer größere Kreise und sorgt überall für intensive Diskussionen. Das zeigt nicht zuletzt die im April vom BMWi veröffentlichte Studie zu internationalen Kommerzialisierungstendenzen in der Raumfahrt. Diese Studie ist eine sehr sorgfältige Analyse. Sie ist wichtig und kommt zur richtigen Zeit, denn sie hilft bei der Positionsbestimmung. Tatsache ist: Die Raumfahrt ist im Umbruch. Das zeigen verschiedene Indikatoren, wie z. B. die steigende Anzahl von Akteuren, Privatisierungstendenzen, Kommerzialisierungsanstrengungen, neue technische Möglichkeiten und Anwendungsideen. Eine erste Analyse der Studie finden Sie auf Seite 60.

Viele der neuen Ideen müssen den Beweis ihrer Relevanz noch erbringen. Gleichwohl müssen sich alle in der Branche mit den aktuellen Entwicklungen auseinandersetzen. Wir fangen dabei nicht bei null an: Die deutsche Raumfahrt bringt Jahr für Jahr eine große Zahl an Unternehmensgründungen hervor. Aber Raumfahrt ist vielfach noch ein „closed shop“. Die Verbindung zu anderen Hightech-Branchen muss lebendiger werden, insbesondere zur IT-Industrie. Initiativen wie unser INNOspace-Wettbewerb „Satellite 4.0“ sind ein Anfang.

In diesem spannenden Umfeld findet die ILA 2016 statt. Sie ist der europäischen Branchen-Treffpunkt in diesem Jahr, zu dem sich vom 1. bis 4. Juni alle relevanten Akteure in Berlin versammeln. Es kommen Professoren und Industriechefs ebenso wie Agenturvertreter aus der ganzen Welt. Besonders freuen wir uns, dass unser enger Partner NASA hochrangig vertreten ist.

Zu den Höhepunkten der ILA zählen der Space Day und die internationalen Begegnungen. Ein besonderes Beispiel bilateraler Zusammenarbeit ist MERLIN, das deutsch-französische Gemeinschaftsprojekt zur Detektion von Methan. Diese Klimamission haben wir bereits im Rahmen der Weltklimakonferenz in Paris vorgestellt; auf der ILA finden Sie „MERLIN“ auch am BMWi-Stand (Halle 2, Stand 303) und beim DLR (Halle 4, Stand 301). Zudem erfahren Sie in diesem Heft, welchen Beitrag die Erdbeobachtung zur Erreichung der Klimaziele leistet (Seite 8).

Mit ICARUS, ExoMars und EDRS haben wir weitere zukunftsweisende Projekte mit auf den Weg gebracht; auch dazu liefern wir in dieser Ausgabe spannende Hintergrundberichte. Lassen Sie sich auf der ILA inspirieren. Hier demonstriert die deutsche Raumfahrt ihre Leistungsfähigkeit.

Ihr Gerd Gruppe

Dear reader,

I am writing these lines on a plane returning from the United States, impressed as ever by the Americans' spirit of enthusiasm. Here, new ideas and business models have reignited public interest in space, and created a new sense of departure in the space community worldwide.

New Space is a burgeoning concept that is eagerly discussed in ever greater circles. This is, not least, shown by a recent study on the international growth of commercially operated space activities, published in April by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi). The study offers a very detailed analysis. It is important and comes at the right moment because it will enable us to consider our own position, the fact being that the space sector is currently undergoing a major transformation. This is shown by several indicators, such as the growing number of stakeholders, ongoing privatisation tendencies, commercialisation efforts, new technology options, and new ideas for applications. You will find some initial analytical comments on the study on page 60.

Many of the recently proposed ideas still need to prove their relevance. Yet all of us in the sector have to come to terms with the current development. In doing so, we will not have to start from scratch. The German space community sets up a large number of new business enterprises every year. But very often space is still a 'closed shop'. Interaction with other industries needs a boost, especially with the IT sector. Initiatives like our INNOspace competition 'Satellite 4.0' are a good way to start.

It is in this inspiring environment that ILA 2016 will take place, the European industry venue where all the relevant players will be meeting in Berlin from June 1 to 4. Visitors will include university professors, CEOs, as well as representatives of the agencies from all over the world. We are especially delighted that our close partner NASA will be represented by high-ranking professionals.

Highlights of the ILA agenda will include the Space Day event and its many international encounters. A special example of bilateral cooperation is MERLIN, the Franco-German cooperation project for the detection of atmospheric methane. We introduced this climate mission at the World Climate Conference in Paris; during ILA, you will be able to see 'MERLIN' at the BMWi stand (hall 2, stand 303) and at DLR's stand (hall 4, stand 301). To learn more about the ways in which Earth observation can contribute to meeting the climate targets, this edition has the details (page 8).

The launch of ICARUS, ExoMars, and EDRS means that three forward-looking projects are now on their way. Three stories in this edition tell you more about their exciting background. Please let ILA inspire you. It is the showcase of Germany's aerospace industry at its best.

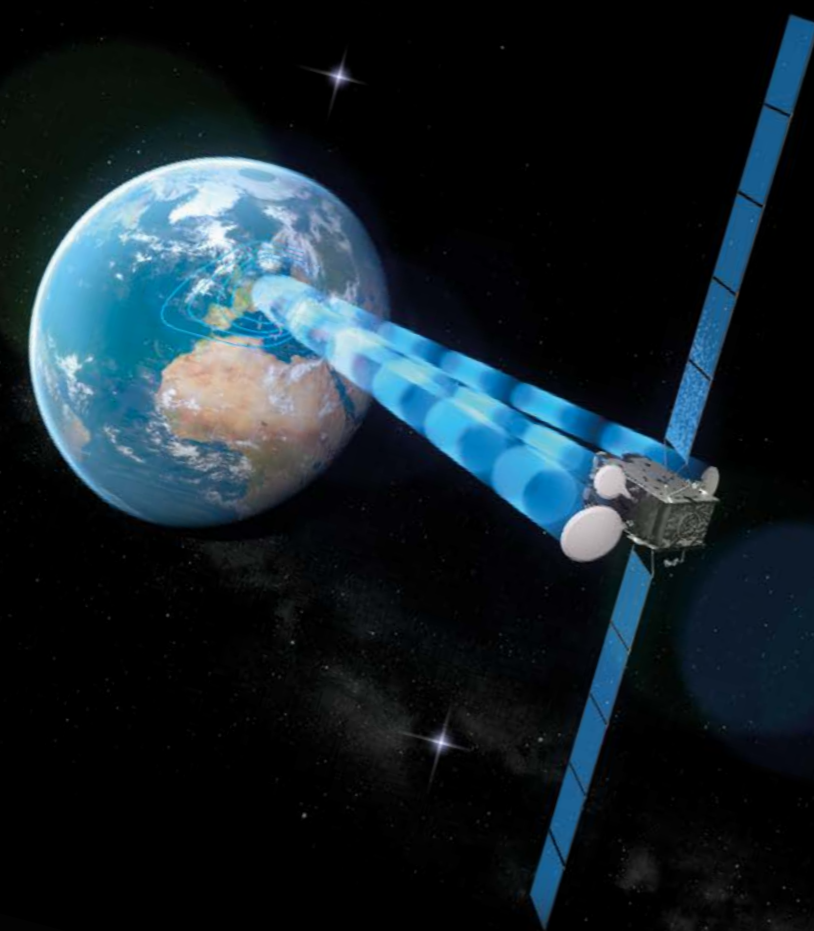
Yours, Gerd Gruppe

#### Freie Bahn für Europas E-Satelliten

Der Name ist Programm: Mit „Electra“ möchte die Europäische Welt- raumorganisation ESA einen Kommunikationssatelliten rein elektrisch – statt, wie bislang üblich, mit chemischen Triebwerken – entwickeln, bauen und starten. Sowohl die Lageregelung als auch die Anhebung in den geostationären Orbit in 36.000 Kilometer Höhe erfolgt bei diesem Satelliten mit elektrischen anstelle von chemischen Antrieben. Dadurch werden rein elektrisch betriebene Satelliten leichter und langlebiger, was wiederum die Start- und Missionskosten reduziert. Die Energie für diese Antriebe liefert die Sonne. Als sogenannte Public-Private- Partnership (PPP) wurde die Mission beschlossen, die zum ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems)-Programm der ESA gehört. Deutschland ist im Electra-Unterprogramm mit 58,5 Prozent der Hauptzeichner. Der Satellit wird von der OHB System AG entwickelt und gebaut. Die erste Mission beauftragt der Betreiber SES. Am 11. März 2016 wurden in Betzdorf (Luxemburg) im Beisein des luxemburgischen Vize-Premiers Etienne Schneider die entsprechenden Verträge zwischen der ESA und den privaten Partnern unterzeichnet. Der Start des ersten Electra-Satelliten ist für Ende 2021 geplant.

#### European E satellite are on track

The message is in the name: unlike today's commonly used chemically powered satellites, 'Electra' is an all-electric propulsion communications satellite to be developed, built and launched by the European Space Agency ESA. The energy both for its attitude control and its transfer into geosynchronous orbit at an altitude of 36,000 kilometres will be entirely provided by an electric, not a chemical propulsion system. Electrically powered satellites are lighter and more long-lasting, which, in turn, keeps overall launch and mission costs down. All the energy required by the thrusters is provided by the Sun. It was decided to design the mission as a public-private partnership (PPP) under ESA's ARTES (Advanced Research in Telecommunications Systems) programme. Contributing 58.5 per cent of the funding makes Germany the main subscriber of the Electra sub-programme. The satellite is to be developed and built by OHB System AG. The first mission will be commissioned by the satellite operator SES. The contracts between ESA and the private partners were signed in Betzdorf, Luxembourg, on March 11, 2016, in the presence of Luxembourg's Deputy Prime Minister Etienne Schneider. The launch of the first Electra satellite is scheduled for late 2021.



## Facing Space –

Die Meinung unserer internationalen Partner – in dieser Ausgabe: Igor Komarov, Generaldirektor des neu gegründeten Russischen Staatskonzerns Roskosmos

The opinion of our international partners – in this edition: Igor Komarov, head of the newly founded Russian space agency Roscosmos

**Igor Komarov wurde am 25. Mai 1964 in der russischen Stadt Engels im Saratov-Distrikt geboren. 1986 schloss er ein Studium der Wirtschaftswissenschaften an der Moskauer Universität ab. Von 1992 bis 2008 war er in zahlreichen Kredit- und Bankinstituten beschäftigt (Incombank, National Reserve Bank, Sberbank). Von 2002 bis 2008 arbeitete er als stellvertretender Generaldirektor des Bergbau- und Schmelzbetriebs Norilsk Nickel. Direkt im Anschluss übte er eine Beratertätigkeit für die im Jahr 2007 neu gegründete, staatliche Körperschaft Rostech aus. Von 2009 bis 2013 leitete er den russischen Automobilhersteller JSC Avtovaz. Danach wurde er zum stellvertretenden Chef von Roskosmos ernannt, ehe er 2014 Generaldirektor der United Rocket-Space Corporation (URSC) wurde. Seit dem 21. Januar 2015 steht er Roskosmos vor.**

**Wie sehen Sie die Zukunft der russischen Weltraumaktivitäten und welchen Bereichen wollen Sie besondere Aufmerksamkeit schenken?**

Der Staatskonzern Roskosmos wurde gegründet, um die staatliche Raumfahrtspolitik umzusetzen und den russischen Raumfahrtsektor zu reformieren. Wir arbeiten auf der Basis des Föderalen Raumfahrtprogramms, das die Aufgaben der Branche für die nächsten zehn Jahre festlegt. Dabei gibt es sowohl pragmatische Aufgaben – wie zum Beispiel den Ausbau unserer Satellitenkonstellation – als auch ambitionierte Projekte wie neue Trägerraketen, Raumschiffe, Experimente für die Weltraumforschung, die Aneignung fortschrittlicher Technologien, die Verwendung neuer Materialien, die Schaffung einer energetischen Basis für unsere Kosmodrome und vieles andere mehr. Wir beschäftigen uns auch mit automatischen Raumfahrtssystemen für die Grundlagenforschung in den Bereichen Astrophysik, Planetenforschung und solar-terrestrischen Wechselwirkungen sowie automatischen Raumfahrzeugen für medizinisch-biologische Experimente.

Unsere drei Schwerpunkte sind: erstens der Ausbau unserer Satellitenkonstellation, zweitens die Grundlagenforschung im Weltraum – einschließlich der Erforschung des Mondes – und drittens die bemannte Raumfahrt. Wir betrachten den Mond dabei als „Übungsgelände“ für künftige Flüge in den tieferen Weltraum. Die Erschließung des Weltraums – das ist der Traum von fernen Galaxien und Sternen, aber auch von Reisen zum Mond und zum Mars. Es sind diese interplanetaren Reisen, für die sich die Menschen am meisten interessieren. Und es wird sie auch geben. Dabei dürfen wir aber auf keinen Fall vergessen, dass unsere Satellitenkonstellation



**Igor Komarov was born on May 25, 1964, in Engels (Saratov District). In 1986, he graduated from the economic faculty of Moscow State University. From 1992 to 2008, he was hired in credit and financial organisations (Incombank, National Reserve Bank, Sberbank). From 2002 to 2008, he was deputy-head in the mining and smelting company Norilsk Nickel. Afterwards, he became a counselor of a general director in the state corporation Rostech founded in 2007. From 2009 to 2013, he was president of the Russian car manufacture JSC Avtovaz. Subsequently, he was appointed deputy head of Roscosmos, before he became director general of United Rocket-Space Corporation (URSC). Since January 21, 2015, he has been the head of Roscosmos.**

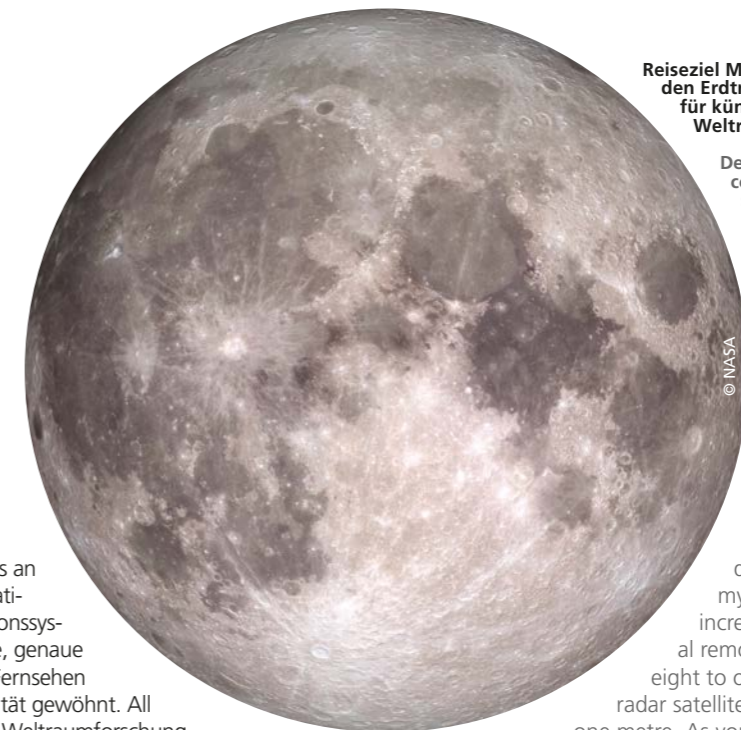
**What is your vision of the Russian space activities in the future, and to which fields do you intend to pay particular attention?**

The State Space Corporation Roscosmos has been established with the purpose of implementing the state policy in the field of space activities and carrying out the reform of the Russian space industry. We are working in accordance with the Federal Space Programme, which sets the industry goals for the next ten years. Some are pragmatic goals such as the further development of satellite constellations, some are ambitious projects of space exploration, developing new launch and space vehicles, the acquisition of innovative technologies, materials and energy solutions for our cosmodromes. We are also engaged in automated space systems for fundamental studies in astrophysics, planetology, and solar-terrestrial interaction, and for experiments in space medicine as well as biology.

Our three main priorities are: developing the satellite constellation, fundamental space research, including Moon exploration, and manned space flights. We see the Moon as a 'training site' for travel into deep space. Conquering space is making a dream come true – mankind's dream about far stars and galaxies, that's why travelling to the Moon and Mars is so interesting to people. And definitely there will be such travels. But we shouldn't forget that already today our satellite constellations serve our everyday practical needs that we have here and now on Earth. By virtue of space we have got used to good communication, navigation, mapping, accurate weather forecasts, quality TV and Internet. I think both 'pragmatic tasks' and 'ambitious projects' in the Federal Space Programme 2016 to 2025 should have an applied value, the difference should be in the time period in which we take benefits of the results.

tionen bereits heute eine Vielzahl praktischer Aufgaben bei uns auf der Erde lösen. Satellitengestützte Informationen machen unser Leben komfortabler und sicherer. Wir haben uns an hervorragende Kommunikationsverbindungen, Navigationssysteme, moderne Kartografie, genaue Wettervorhersagen sowie Fernsehen und Internet in hoher Qualität gewöhnt. All dies haben wir letztlich der Weltraumforschung zu verdanken. Es ist meine Überzeugung, dass sowohl die „pragmatischen Aufgaben“ als auch die „ambitionierten Projekte“ des Föderalen Raumfahrtprogramms 2016 bis 2025 einen Nutzen haben müssen. Der Unterschied zwischen beiden besteht lediglich darin, wann wir einen Nutzen aus den Ergebnissen erzielen können.

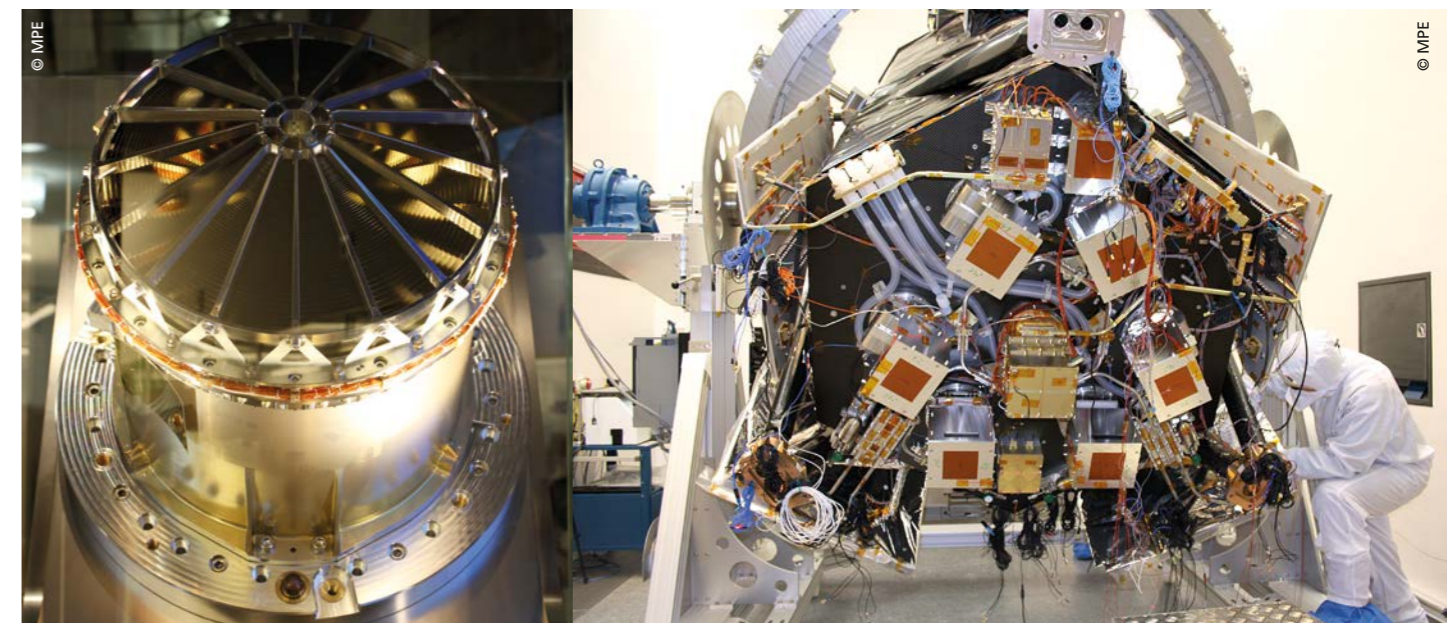
Einer der Schlüsselbereiche ist die Entwicklung unserer Satellitenkonstellation. Es werden zuverlässige Satelliten für verschiedene Wirtschaftszweige benötigt. Daher wird die Zahl der russischen Satelliten bis zum Jahr 2025 stark ansteigen. Die Flotte



**Reiseziel Mond: Roskosmos betrachtet den Erdtrabanten als „Übungsgelände“ für künftige Flüge in den tieferen Weltraum.**

**Destination Moon: Roscosmos considers the Earth's natural satellite a 'training area' for future missions into deep space.**

So developing in-orbit satellite constellation remains one of the key things. Reliable satellites are needed for increasing the potential of different branches of economy. By 2025, we plan to increase the number of operational remote sensing satellites from eight to over 20. We also plan to have radar satellites with a resolution of about one metre. As you know, the northern regions of Russia are often covered with clouds complicating visible imaging. For a huge country like ours having operational information on remote areas is vital. Russian companies are active in offering services based on remote sensing data. These are regularly updated data from fire and emergency monitoring systems, monitoring of seas, rivers, and lakes, and ecological monitoring. The growing number of such services is an excellent stimulus for private start-ups, and the Corporation will invest in cooperation with them. Building Vostochny spaceport gives Russia independent access to space, so the cosmodrome is a part of our big programme.



**Ein eROSITA-Spiegelmodul hat einen Durchmesser von 36 Zentimetern und besteht insgesamt aus 54 ineinandergeschichteten Spiegelschalen. Sieben dieser Spiegelmodule, deren Oberfläche aus einem Paraboloid und einem Hyperboloid (Wolter-I-Optik) zusammengesetzt ist, werden im extended Roentgen Survey with an Imaging Telescope Array (eROSITA)-Röntgenteleskop zum Einsatz kommen, um das Universum nach dunkler Energie abzusuchen. An der Entwicklung und wissenschaftlichen Betreuung des Teleskops beteiligen sich neben dem Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik auch die Universitäten Tübingen, Erlangen-Nürnberg und Hamburg sowie das Astrophysikalische Institut Potsdam. eROSITA soll frühestens Ende 2017 auf der Raumsonde Spektrum-Röntgen-Gamma in den Weltraum gebracht werden, die als zweite Nutzlast das russische Teleskop ART-XC trägt.**

An eROSITA mirror module has a diameter of 36 centimetres. It consists of 54 individual mirror shells nested into one another. Seven of these modules, each of which have a surface composed of paraboloid-hyperboloid mirror shell pairs (a Wolter-type-I mirror system) will be used in the extended Roentgen Survey with an Imaging Telescope Array (eROSITA) X-ray telescope to scan the universe for signs of dark energy. The development of the telescope and the underlying science programme has been joined by the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics as well as the universities of Tübingen, Erlangen-Nürnberg and Hamburg and the Potsdam Institute of Astrophysics. eROSITA is to be deployed in space at the end of 2017 at the earliest, as part of the Spektrum-Röntgen-Gamma mission, which will carry Russia's telescope ART-XC as its second payload.

für die Erdbeobachtung beispielsweise wird von derzeit acht Satelliten auf über 20 anwachsen – die für die Weltraumqualifikation erforderlichen Prototypen nicht mit eingerechnet. Wir planen hier auch den Bau von Radarsatelliten mit einem Auflösungsvermögen im Bereich von einem Meter. Die nördlichen Regionen Russlands sind oft von Wolken bedeckt, was die Beobachtung im optischen Bereich erschwert. Für unser weitläufiges Land sind zeitnahe Informationen über entfernte Regionen lebenswichtig. Russische Unternehmen bieten aktiv Dienstleistungen für die Wirtschaft auf der Basis von Geofornerkundungsdaten an. Das sind regelmäßig aktualisierte Daten aus Satellitenaufnahmen in den Brand- und Katastrophenüberwachungssystemen, landwirtschaftliche Bodennutzungskarten, das Überwachen von Seegebieten, Flüssen und Seen sowie das Umweltmonitoring. Die wachsende Anzahl solcher Dienste bietet einen ausgezeichneten Anreiz für private Start-up-Unternehmen. Roskosmos wird die Zusammenarbeit mit diesen Firmen ausweiten. Der Aufbau des Kosmodroms Wostotschny eröffnet Russland von seinem Territorium aus einen unabhängigen Zugang zum Weltraum und ist ebenfalls ein Teil unseres umfangreichen Programms.

#### Welche Rolle spielt in Russland die Privatisierung der Entwicklung und Anwendung von Weltraumtechnologien?

Aus staatlicher Sicht wie auch aus der der Steuerzahler sollten Weltraumtechnologien dem Land insgesamt und jedem einzelnen Bürger maximalen Nutzen bringen und – wie ich bereits durchgeführt habe – ist die Steigerung des Anwendernutzens der Ergebnisse der Weltraumforschung eine der Hauptaufgaben unseres Staatskonzerns. Roskosmos wird die Bedingungen schaffen, die die Entwicklung und Markteinführung inländischer Produkte und Dienstleistungen für Privatunternehmen attraktiv machen und gleichzeitig die Partnerschaft des staatlichen und privaten Sektors ausbauen. Für jeden Geschäftsmann ist eines klar: Eingesetztes Kapital muss sich am Ende auszahlen. Natürlich gibt es in der Raumfahrt keine kurzfristigen Investitionen. Raumfahrt ist wahrscheinlich in jedem Land der kapitalintensivste Wirtschaftssektor. Das ist übrigens auch oft der Hauptgrund dafür, dass viele große Raumfahrtprojekte im Rahmen einer internationalen Kooperation umgesetzt werden. Umfassende Missionen zur Erforschung des Weltalls beispielsweise können einfach unmöglich von einem einzelnen Land bewältigt werden, so wohlhabend und technologisch fortgeschritten es auch sein mag. Roskosmos wird Nachfrageanreize für weltraumbasierte Dienstleistungen schaffen. Daher konzentrieren wir unsere Aufmerksamkeit auf die Entwicklung russischer Angebote in diesem Bereich – auf dem heimischen Markt wie auch international. Dieses Modell ist nicht neu und wird bereits in zahlreichen Ländern angewandt. Das Marktsegment der Großunternehmen ist traditionsgemäß eher träge. Dort dominieren Großaufträge an große Produktionsvereinigungen. Wir setzen daher im Business-to-Consumer-Markt gezielt auf die Entwicklung privater Initiativen und moderner Technologie-Start-ups, die auf die neu entstehende Nachfrage reagieren können.

#### Wie wichtig sind für Sie Deutschland und das DLR als Kooperationspartner und warum?

Deutschland gehört zu unseren zuverlässigen und langfristigen Partnern. Die Vereinbarung zwischen der russischen und der deutschen Regierung über Weltraumaktivitäten besteht seit über zehn Jahren. Wir verfügen über umfangreiche Erfahrungen mit gemeinsamen Projekten – grundlegende und angewandte wissenschaftliche Forschung, bemannte Programme, Dienstleistungen für den Start von Raumfahrtobjekten, Raketenbau. Besonders hervorzuheben ist das Projekt des Weltraumobservatoriums Spektrum-Röntgen-Gamma mit dem deutschen eROSITA-Röntgenteleskop, dessen Start für das Jahr 2017 geplant ist. Einer der wichtigsten Aspekte der Zusammenarbeit ist die Partnerschaft in der bemannten Raumfahrt. Im Jahr 2014

#### What is the role of privatisation of space technologies and applications in Russia?

Both from a governmental and tax payer's point of view, space technologies should bring maximum benefit to the country as a whole and to each of its citizens, so more efficient use of space activities results is one of the Corporation's priorities. To do so, the Corporation will create the necessary conditions for attracting private capital into the development and use of national products and services, and will invest into state-private partnership. It is obvious for any entrepreneur that investments should bring gains. Although there are no short-term investments in space, and it is perhaps one of the most capital-intensive branches in the economy of any country. This is maybe the main reason why many large space projects are implemented in international cooperation. Large-scale goals like deep space exploration are simply unreal for any single country to undertake, however rich and technologically advanced it may be. The Corporation will stimulate the demand for space services and focus on their promotion on the national and international markets. The model is not new and is used in many countries. The corporate sector is traditionally inert, with the domination of large contracts between large industrial players. Taking this into account, in the business-to-consumer segment we want to focus on modern technological start-ups, reflecting the newly formed demand.

#### How important to you are Germany and DLR as cooperation partners, and why?

Germany is one of our reliable and longstanding partners. We have had a valid intergovernmental agreement on cooperation

hat der Astronaut Alexander Gerst auf der ISS gearbeitet. Im russischen Segment der Internationalen Raumstation wurden zusammen mit unseren Partnern Experimente erfolgreich durchgeführt – etwa in den Bereichen Materialwissenschaft, Biologie und Robotertechnik. Projekte wie Kontur-2, Dalnost, die langjährige Forschung zu Plasmakristallen und ICARUS – ein Experiment zur Erforschung von Tierwanderungen – sind dafür gute Beispiele. Es sollte jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass die aktuelle außenpolitische Situation die Umsetzung einer Reihe von Projekten behindert. Ich zweifle jedoch nicht daran, dass es ausgezeichnete Perspektiven für den weiteren Ausbau der Zusammenarbeit unserer Länder auf dem Gebiet der Weltraumforschung gibt.

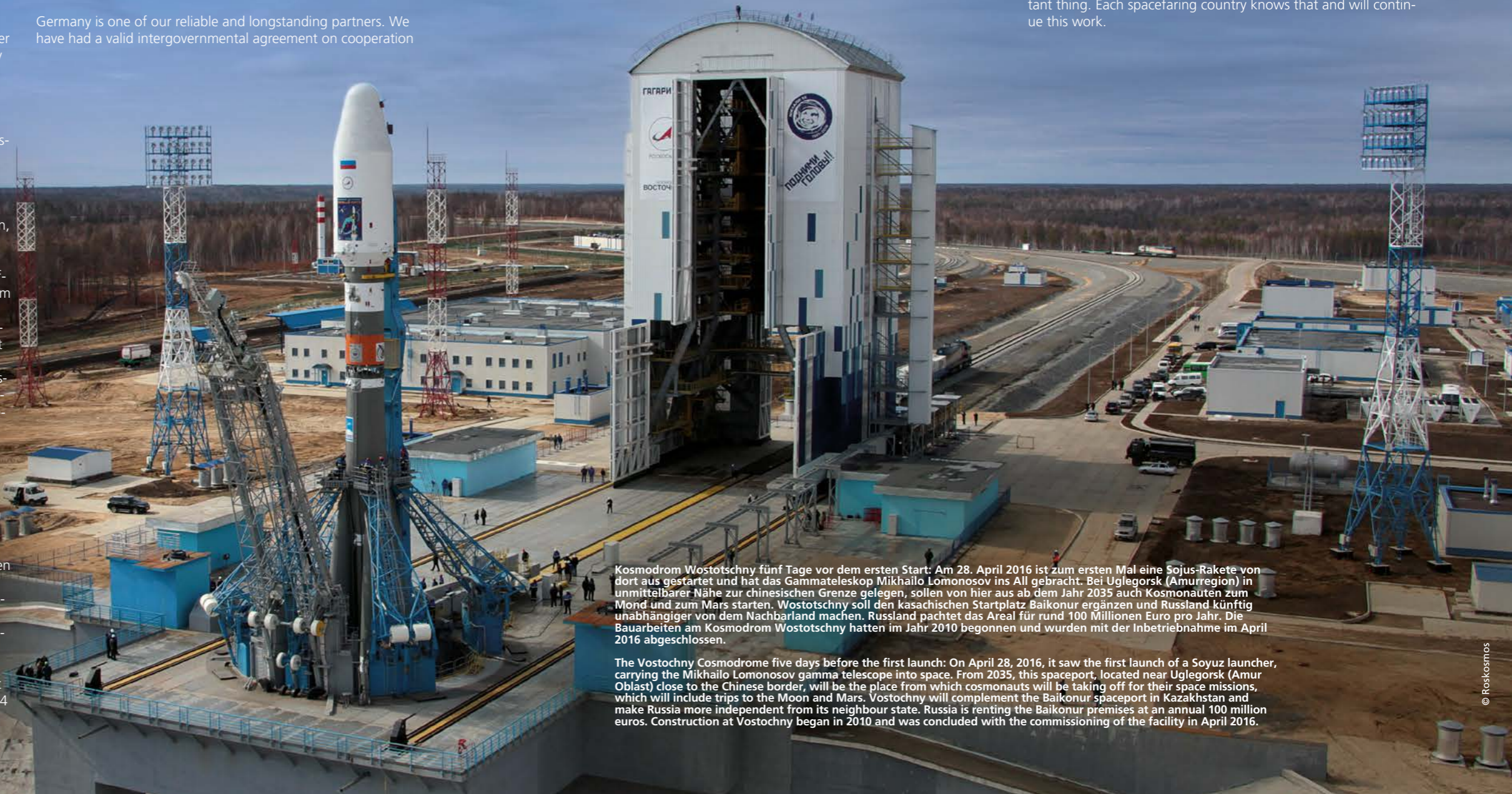
#### Wie will Russland die ISS in den nächsten zehn Jahren nutzen?

Die ISS ist ein einzigartiges Labor und ein großes internationales Weltraumprojekt. Schwerpunkt ihrer Nutzung in den nächsten acht bis zehn Jahren wird die Entwicklung zukunftsweisender Technologien sein. Die Partner haben sich auf eine Verlängerung des Raumstationsbetriebs bis zum Jahr 2024 geeinigt. Die ISS ist wirklich ein Beispiel für eine gemeinsame Arbeit zum Wohle der Menschheit – gemeinsame wissenschaftliche Projekte und Standardisierung der Andocksysteme für Raumtransporter und Frachtraumschiffe. Gegenseitige Hilfe und Unterstützung im Weltraum – darauf kommt es an. Jede Raumfahrtmission auf der Welt ist sich darüber im Klaren und wird daher diese Arbeit fortsetzen.

in space for more than ten years now. And we have broad experience of joint projects. We work together in the field of fundamental and applied research, piloted programmes, and launchers. Among the most significant projects is Spectrum Roentgen Gamma including the gamma ray telescope eROSITA, scheduled for launch in 2017. One of the important aspects of our interaction are piloted flights. In 2014, Alexander Gerst was working on the International Space Station. On the Russian segment of the ISS, a number of experiments in different fields of space science, including materials science, biology, and robotics, have been successfully carried out together with our German partners: Kontur-2, Dalnost, the longstanding research on plasma crystals as well as ICARUS – an experiment to observe the migration of animals all over the world. It must, however, be mentioned that in the context of the current political environment certain cooperation projects are experiencing difficulties. But I have no doubts that bilateral cooperation in the field of space between our countries has excellent prospects.

#### How would Russia like to use the ISS in the next ten years?

The ISS is a unique laboratory and the largest international project in space. Its use during the next eight to ten years is aimed first and foremost at technologies validation. The ISS partners have agreed to prolong its operation to the year 2024. It is a real example of joint work for the benefit of mankind: in joint scientific projects, and in spacecraft docking systems standardisation. Mutual help and support in space are the most important thing. Each spacefaring country knows that and will continue this work.



Kosmodrom Wostotschny fünf Tage vor dem ersten Start: Am 28. April 2016 ist zum ersten Mal eine Sojus-Rakete von dort aus gestartet und hat das Gammateleskop Mikhailo Lomonosov ins All gebracht. Bei Uglegorsk (Amurregion) in unmittelbarer Nähe zur chinesischen Grenze gelegen, sollen von hier aus ab dem Jahr 2035 auch Kosmonauten zum Mond und zum Mars starten. Wostotschny soll den kasachischen Startplatz Baikonur ergänzen und Russland künftig unabhängiger von dem Nachbarland machen. Russland pachtet das Areal für rund 100 Millionen Euro pro Jahr. Die Bauarbeiten am Kosmodrom Wostotschny hatten im Jahr 2010 begonnen und wurden mit der Inbetriebnahme im April 2016 abgeschlossen.

The Vostochny Cosmodrome five days before the first launch: On April 28, 2016, it saw the first launch of a Soyuz launcher, carrying the Mikhailo Lomonosov gamma telescope into space. From 2035, this spaceport, located near Uglegorsk (Amur Oblast) close to the Chinese border, will be the place from which cosmonauts will be taking off for their space missions, which will include trips to the Moon and Mars. Vostochny will complement the Baikonur spaceport in Kazakhstan and make Russia more independent from its neighbour state. Russia is renting the Baikonur premises at an annual 100 million euros. Construction at Vostochny began in 2010 and was concluded with the commissioning of the facility in April 2016.

# Paradies in Gefahr

Neben Korallenriffen und tropischen Regenwäldern zählen Mangroven zu den produktivsten Ökosystemen unserer Erde: In den Baumkronen leben Reptilien und Säugetiere. Viele Wasservögel nutzen das reiche Nahrungsangebot und nisten in den Wipfeln. Das dichte Wurzelwerk bietet Fischen, Muscheln und Krabben einen sicheren Lebensraum und den Larven und Jungtieren vieler Arten beste Bedingungen. Auf den hölzernen Wurzeln der Bäume leben Schnecken, Algen, Austern, Seepocken und Schwämme, in tieferem Wasser Krebse und Fische. Außerdem schützen intakte Mangrovenwälder die Küsten vor Erosion sowie Küstensiedlungen vor zerstörerischen Sturmflutwellen und Tsunamis. Doch dieses Paradies ist in Gefahr. Seine Zerstörung gehört zu den wichtigsten Kofaktoren des Landverlusts überhaupt. Weltweit haben sich die Mangrovenwälder in den letzten sechzig Jahren halbiert. Besonders gefährdet sind die Küsten Westafrikas, zum Beispiel in Sierra Leone. In West- und Zentralafrika gingen in den letzten 25 Jahren diese Wälder um 20 bis 30 Prozent zurück. Der Grund: Ausbreitung der Städte wie Freetown auf der Landzunge unten links oder Lung-Town links in der Mitte im Bild, Tourismus, Militäroperationen, Salz- und Sandentnahme, industrielle Verschmutzung sowie Abholzung für Reisfelder und Shrimp-Zuchten. Nun soll diesem menschlich verschuldeten Rückgang Einhalt geboten werden. Im Rahmen der Anpassungsmaßnahmen (adapting climate change strategies) durch das United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) sollen Projekte gefördert werden, die die Mangrovenabholzung eindämmen und die Aufforstung dieser Wasserwälder sichern. Diese Küstenregion Sierra Leones wurde am 11. Dezember 2015 von dem Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2A des europäischen Copernicus-Programms aufgenommen.

## Paradise at risk

Mangrove swamps, besides coral reefs and tropical rainforests, are among our planet's most productive ecosystems. Their canopy is home to reptiles and mammals. Many kinds of waterfowl find copious forage and use the tree tops as a breeding habitat. The thick root system creates a safe haven for fish, shellfish, and shrimps, and provides ideal conditions for the larvae and juveniles of many species. Moreover, intact mangrove swamps protect the shorelines, mitigating damage from floods and tsunamis. But the mangrove paradise is in danger, and its destruction is one of the main factors contributing to land mass loss. During the past sixty years, the total area covered by mangrove forests has halved. A region particularly at risk from coastal erosion is West Africa, with Sierra Leone being a prominent case in point. In western and central Africa, these forests have shrunk by 20 to 30 percent over the past 25 years. The reasons are manifold: urban sprawl like Freetown on the peninsula below in the left or Lung-Town left in the middle of the picture, tourism, military operations, salt extraction and sand mining, industrial effluent pollution as well as large-scale clearing operations to make room for rice paddies and shrimp farms. Governments now intend to put a stop to this man-made environmental degradation. Under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), a number of 'adapting climate strategies' have recently been adopted to fund projects that will limit mangrove clearing activities and aim at a re-forestation of these woodlands on the waterline. The area of Sierra Seones coast line which is shown in this photograph, captured by Sentinel-2A, the Earth observation satellite orbiting the planet under the European Copernicus programme.

# Klima im Satellitenauge –

## Erdbeobachtung und das Pariser Abkommen

Von Dr. Achim Friker und Martin Fleischmann

Der Klimawandel ist kein Zukunftsszenario, sondern Realität. So ist die atmosphärische Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in den vergangenen 50 Jahren um 25 Prozent und die globale Durchschnittstemperatur um 0,6 Grad Celsius angestiegen. Ursache ist unsere moderne Lebensweise in den Industriegesellschaften: die Verbrennung fossiler Stoffe, die Abholzung von Wäldern und die Massentierhaltung. Treibhausgase in der Atmosphäre vermindern die Abstrahlung von Wärme und führen so zur Temperaturerhöhung. Auf der Weltklimakonferenz in Paris wurde beschlossen, die globale Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius, bezogen auf vorindustrielle Werte, zu beschränken – möglichst sogar auf 1,5 Grad Celsius. Um diese ehrgeizige Marke zu erreichen, wollen sich die Industrieländer freiwillige Ziele stecken, wie schnell sie ihre Treibhausgasemissionen zurückfahren und Entwicklungsländer beim Naturschutz unterstützen. Einziges Druckmittel: Alle teilnehmenden Staaten müssen regelmäßig Bericht erstatten, wie sie mit der Umsetzung ihrer Ziele vorankommen. Darüber hinaus sollen die Berichte nach bester verfügbarer Wissenschaft geprüft werden – verlangt das Pariser Abkommen. Spätestens hier ist satellitengestützte Fernerkundung gefragt.

Eyes in the sky –

Earth observation and the Paris Agreement

By Dr Achim Friker and Martin Fleischmann

Climate change is not a future scenario but reality. Over the past 50 years, the atmospheric concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) has increased by 25 per cent and the global average temperature has risen by 0.6 degrees Celsius. The cause is our modern lifestyle in our industrialised societies, which involves the combustion of fossil fuels, deforestation, and intensive cattle farming. Greenhouse gases in the atmosphere prevent heat from being radiated back into space, and thus lead to a temperature increase. The Paris Climate Conference resolved to hold the increase in the global average temperature to well below 2 degrees Celsius related to pre-industrial levels – and even, if possible, to limit the temperature increase to 1.5 degrees Celsius. To achieve this ambitious target, industrialised countries are making voluntary commitments to bring down their greenhouse gas emissions and support developing countries in their conservation efforts. The only means to bind everyone to their commitment is for all participating states to deliver regular reports about their progress in implementing policies. Reports, as the Paris Agreement states, are to be examined taking into account the latest scientific knowledge. Here's an opportunity for satellite-based Earth observation to prove its worth.



Autoren: **Dr. Achim Friker** (l.) hat in der Erdbeobachtungsabteilung des DLR Raumfahrtmanagements das Klima auf dem Schirm. So war er zum Beispiel der Projektmanager für das SCIAMACHY-Instrument. **Martin Fleischmann** betreut als Chefredakteur die Inhalte und das Layout des DLR Newsletters COUNTDOWN.

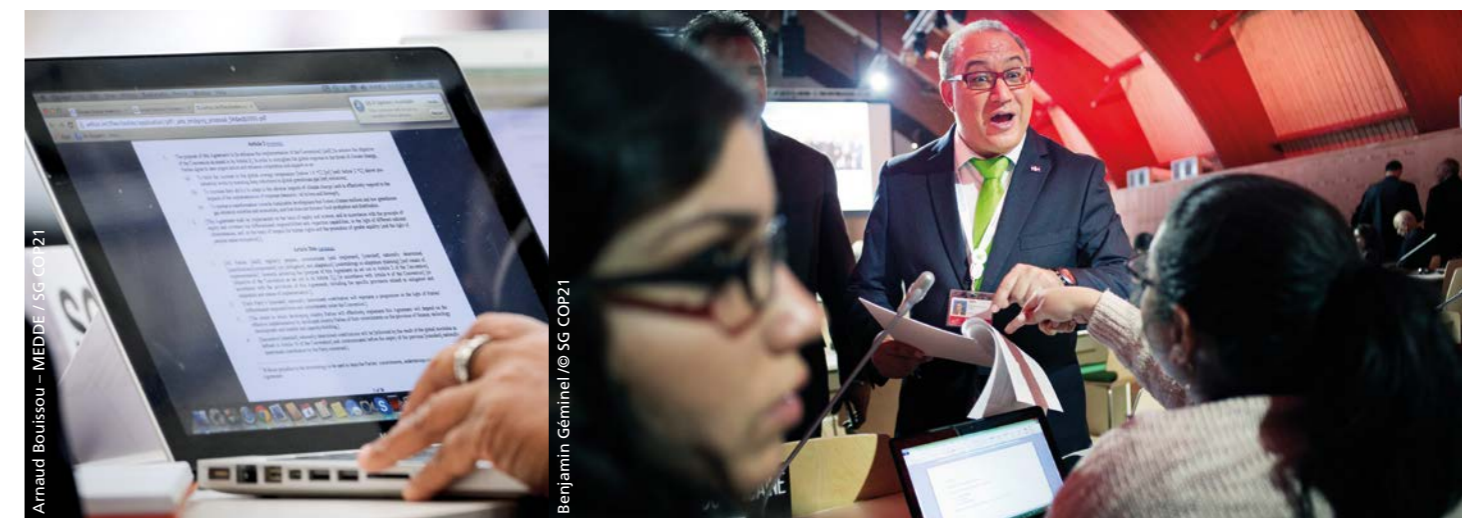
Authors: **Dr Achim Friker** (left) monitors climate data at the Earth Observation Unit of the DLR Space Administration. **Martin Fleischmann** is the editor in chief and in charge of the content and layout of DLR's newsletter, COUNTDOWN.

### Hartes Ringen um Klimaziele und Treibhausgase

Paris – Samstag, 12. Dezember 2015 – 19.29 Uhr: Das Klimaabkommen steht. 10.000 Delegierte aus 195 Staaten haben zwei Wochen lang hart miteinander gerungen – die größte diplomatische Verhandlung überhaupt. Dabei haben die einzelnen Staaten, durch existenzielle und wirtschaftliche Interessen getrieben, sehr unterschiedliche Ziele verfolgt – vor allem in den Hauptstreitpunkten Begrenzung des Temperaturanstiegs und des Treibhausgasausstoßes. Alle Ziele wurden vorher vier Jahre lang in ein Dokument eingearbeitet und in „eckige Klammern“ gebannt – offene Formulierungen, die nun in Paris verhandelt werden mussten. Zu Beginn der Konferenz war das Ausgangsdokument noch mit 1.500 dieser Klammern gespickt – Satzzeichen, zwischen denen die Wünsche und Träume aller Staaten gebunden wurden. Am Ende der Konferenz mussten sich alle 195 Staaten einig und alle Klammern aus dem Dokument verschwunden sein. Manche Formulierungen blieben erhalten, andere wurden aus dem Dokument gestrichen. Doch nach einer Einigung sah es nach der Halbzeit der Konferenz noch lange nicht aus: 900 dieser Forderungen standen noch immer geklammert im Dokument. Kein einziges Konfliktthema war geklärt. Besonders hart wurde hierbei um die Hauptthemen Begrenzung des Temperaturanstiegs und des Treibhausgasausstoßes, Überwachung und Dokumentation der Fortschritte sowie um die Finanzierung gerungen. Ein Beispiel: Zu Beginn der Konferenz

### Tough struggle for climate targets and emissions

Paris, Saturday, December 12, 2015, 7:29 pm: the climate deal is done. 10,000 delegates from 195 states have been working hard in an unprecedented fortnight of diplomatic negotiations. Driven by existential and economic interests, targets pursued by the individual states differed widely, especially concerning the key issue of how to limit global temperature rise and greenhouse gas emissions. In the four-year runup to the conference, all the various targets proposed had been incorporated into a draft document using square brackets to indicate that these were open formulations to be negotiated in Paris. At the beginning of the conference, the draft document was still cluttered with some 1,500 of these parentheses, bracketing the hopes and dreams of all the states present. By the end of the conference, all 195 states would have to reach an agreement and all of the brackets would have to be eliminated. Some proposals stayed in the document, while others were abandoned. At half time, however, an agreement was still nowhere in sight: 900 bracketed demands had stubbornly persisted in the document. Not one of the contentious items had yet been resolved. The arguing became particularly harsh when it came to the key issues, i.e. limiting the increase in temperature and the emission of greenhouse gases, tracking and documenting progress, as well as financing. For example, at the beginning of the conference, the draft document still contained six proposed target



12. Dezember 2015 – Konferenzzentrum Paris Le Bourget – Liveticker: +++ 11.53 Uhr – die Sitzung ist eröffnet +++ 12.05 Uhr – der neue Entwurf wird vorgestellt +++ 12.32 Uhr – der neue Entwurf wird an die Delegierten übergeben und die letzte Sitzung für 15.45 Uhr angekündigt +++ 15.43 Uhr – es gibt Streit um den Entwurf und die Sitzung wird verschoben +++ 16.56 Uhr – China, Indien und Saudi-Arabien stimmen dem Entwurf zu +++ 17.41 Uhr – einzelne afrikanische Länder wollen noch einzelne chirurgische Änderungen am Dokument +++ 18.41 Uhr – die Übersetzung des letzten Entwurfs in alle UN-Sprachen steht +++ 19.08 Uhr – die USA haben immer noch Vorbehalte gegen einzelne Formulierungen +++ 19.20 Uhr – die um vier Stunden verschobene Plenarsitzung beginnt +++ 19.29 Uhr – Fabius fällt den Hammer und das Abkommen ist beschlossen +++

December 12, 2015 – Paris Le Bourget Conference Centre – Live ticker: +++ 11.53 conference opened +++ 12.05 – new draft decision being presented +++ 12.32 – new draft agreement handed out to delegates, final session announced for 14.45 +++ 15.43 – disagreement about draft, meeting deferred +++ 16.56 – China, India, and Saudi Arabia approve of draft +++ 17.41 – a number of African countries request some minor 'surgical' adjustments to the document +++ 18.41 translated versions of the final draft available in all UN languages +++ 19.08 – USA still have reservations about some of the wording +++ 19.20 – plenary meeting resumes with a four-hour delay +++ 19.29 – with a knock of his gavel, Fabius closes the deal +++



„Was einst undenkbar schien, ist jetzt nicht mehr aufzuhalten. Die Geschichte wird sich dieses Tages erinnern.“

Ban Ki Moon, UN-Generalsekretär nach der COP21

‘What was once unthinkable has now become unstoppable. History will remember this day.’

Ban Ki Moon, UN General Secretary after COP21

„Ein historischer Moment“

Laurent Fabius, Präsident der COP21 und ehemaliger französischer Außenminister

‘A historic moment’

Laurent Fabius, President of COP21 and former French Minister of Foreign Affairs

standen für das Temperaturziel noch sechs mögliche Formulierungen im Dokument: *[unter zwei Grad]*; *[unter 1,5 Grad]*; *[weit unter zwei Grad]*; *[unter zwei Grad oder unter 1,5 Grad]*; *[unter 1,5 Grad oder unter zwei Grad]*; *[so weit wie möglich unter zwei Grad]*.

Für Länder wie Bangladesch, die Malediven oder die Marshallinseln, die unmittelbar vom Klimawandel bedroht sind, war es extrem wichtig, dass die Forderung *[unter 1,5 Grad]* nicht gestrichen werden würde. Bangladesch hat einen sehr geringen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 0,4 Tonnen pro Kopf und Jahr, ist dafür aber immens anfällig für die Folgen des Klimawandels wie zum Beispiel Überschwemmungen. Die Malediven und die Marshallinseln drohen bei einer weiteren Erderwärmung im Meer zu versinken. Zwar haben sich auch die Industrieländer am Ende dazu verpflichtet, die *Verletzlichkeit, ausgelöst durch den Klimawandel, zu reduzieren*. Dennoch wollten Industrieländer wie Russland sowie stark wachsende Staaten wie Indien den Temperaturanstieg nicht zu stark beschneiden, da sie darin eine Gefahr für ihr Wirtschaftswachstum sehen. Russland ist der weltweit größte Produzent für Öl und Gas – die wichtigste Industrie des Landes – und hat einen sehr hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von elf Tonnen pro Kopf und Jahr. Indien setzt – getrieben durch einen extremen Energiehunger bedingt durch starkes Bevölkerungswachstum – auf fossile Energie, will den Kohleabbau in wenigen Jahren verdoppeln und wird damit zwangsläufig zu einem der größten Treibhausgasproduzenten überhaupt heranwachsen. 300 Millionen Menschen haben in diesem Land noch keinen Zugang zu Strom. Die Regierung ist hier zum Handeln gezwungen.

Noch ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß mit 1,5 Tonnen pro Kopf und Jahr in Indien eher gering, während das Land im globalen Ausstoß noch vor Russland auf Platz drei liegt – hinter China und den USA. Indien und Russland leiden zwar beide unter einer Häufung von Ereignissen, die dem Klimawandel zugeschrieben werden, wie etwa Flutkatastrophen und Hitzeperioden mit großflächigen Torfbränden. Politisch hat eine Abwehr des Klimawandels oder seiner Folgen in diesen Ländern jedoch

temperatures: *[below two degrees]*; *[below 1.5 degrees]*; *[well below 2 degrees]*; *[below two degrees or below 1.5 degrees]*; *[below 1.5 degrees or below two degrees]*; *[as far below two degrees as possible]*.

For countries like Bangladesh, the Maldives, or the Marshall Islands, for which climate change is an immediate threat, it was vital that the demand *[below 1.5 degrees]* should not be deleted. At 0.4 tons per capita and year, the CO<sub>2</sub> emissions of Bangladesh are very low, yet the country is immensely vulnerable to consequences of climate change, such as floods. The Maldives and the Marshall Islands are on the brink of being submerged by the rising ocean due to global warming. Although eventually, the industrialised nations promised to help *build resilience and decrease vulnerability to the adverse effects of climate change*, certain industrialised countries such as Russia, as well as fast-growing states like India did not want to curb the rise in temperature too much, as they feared this would pose a threat to their own economic growth. Russia is the world's leading producer of oil and gas – the production of which is the country's most important industry – and has very high carbon emissions at eleven tons per capita and year. India, driven by the thirst for energy for its fast-growing population, also relies on fossil energy sources. The country is aiming to double its coal mining activities within a few years, which will inevitably make India one of the biggest greenhouse gas producers of all. 300 million people in India are still lacking access to electricity. The government is under pressure to act upon this need.

For now, per-capita carbon emissions are still relatively low at 1.5 tons, but the country as a whole already beats Russia to third place in the ranking of global emissions, following China and the US. While both India and Russia suffer from an increasing number of events that are attributable to climate change, such as floods in India and heat waves and extensive peat fires in Russia, combatting climate change or its consequences is placed low on the political agenda in both countries. Both states tabooed the brackets *[below 1.5 degrees]* and *[decarbonisation]*, which demand the energy sector to phase out carbon energy

einen geringen Stellenwert. Für beide Staaten waren die Formulierungen *[unter 1,5 Grad]* sowie *[Dekarbonisierung]* – die Abkehr der Energiewirtschaft von der Nutzung kohlenstoffhaltiger Energieträger – also tabu und müssen gestrichen werden. Indien wollte außerdem die Formulierung *[differenzierte Verantwortung]* unbedingt im Dokument erhalten – also Länder, die von Anfang an auf fossile Energie gesetzt haben, stärker in die Pflicht nehmen. Denn aus der Sicht Indiens sind sie für den Klimawandel die eigentlich Verantwortlichen. Indien dürfte seine Kohlestrategie weiterverfolgen, während andere Länder diese Energieträger zurückfahren müssen. Aufgrund dieser Konflikte sah Deutschland zu Beginn der Konferenz keine Chance dafür, am 1,5-Grad-Ziel festzuhalten.

Nach der ersten Woche zeichnete sich jedoch eine große Überraschung ab: Das ehrgeizige Klimaziel wurde nicht gestrichen. Die beiden Formulierungen *[unter 1,5 Grad]* und *[weit unter zwei Grad]* verblieben im Dokument. Als Anführer einer Koalition aus hoch ambitionierten Staaten (High Ambition Coalition) hat sich der Außenminister der Marshallinseln, Tony de Brum, in den Verhandlungen maßgeblich für das 1,5-Grad-Ziel stark gemacht. Entsprechend haben sich die Inselstaaten an dem Schriftzug „Below 2°C“ am deutschen Pavillon im Konferenzzentrum gestört: „Das ist zu wenig. Das ist nicht ambitioniert genug.“ Die deutsche Delegation um Bundesumweltministerin Barbara Hendricks solidarisierte sich daraufhin in einem öffentlichen Auftritt mit den Marshallinseln und den Malediven. Sie sicherte zu, dass „Below 2°C“ natürlich das 1,5-Grad-Ziel einschließt und Deutschland an der Seite der Inselstaaten für ein ambitioniertes Abkommen eintreten wird. Im Laufe der Verhandlungen haben sich Deutschland, Europa, die USA, Kanada und Brasilien der „High Ambition Coalition“ angeschlossen. Am Ende war diese Koalition auf über 100 Länder angewachsen. Das hat den Druck auf Öl- und Kohlestaaten wie Russland, Saudi-Arabien und Indien weiter erhöht und das 1,5-Grad-Ziel blieb im Pariser Abkommen – ein Erfolg für alle besonders bedrohten Länder – und auch für Indien, denn *[differenzierte Verantwortung]* wurde ebenfalls Teil des völkerrechtlichen Vertrages.

#### Heißes Eisen Finanzierung

Auch um die Finanzierung wurde hart gerungen. Gambia zählt zu den am schwächsten entwickelten Ländern weltweit, ist aber sehr anfällig für den Klimawandel. 80 Prozent der Bevölkerung leben von der Landwirtschaft. Für Gambia waren der Passus *[finanzielle Mittel]* und die Zusage einer Unterstützung aller Entwicklungsländer von 100 Milliarden Euro pro Jahr durch die Industrieländer nicht verhandelbar. Dieser Punkt wurde allerdings bis zuletzt heftig diskutiert, denn es war bis dato umstrit-

sources, and demanded them to be struck from the text. India was also very keen to keep the bracket *[differentiated responsibility]* in the document, in order to impose stronger obligations on those countries that have used fossil energy from the outset and are thus, in India's view, responsible for climate change in the first place. India would thus be permitted to continue pursuing its carbon strategy, while other countries would be required to cut back on their use of these energy sources. Due to these conflicts, Germany was pessimistic about the chances for upholding the 1.5 degree aim.

After the first week, however, German delegates were in for a big surprise: the ambitious climate goal was not deleted after all. Both formulations *[below 1.5 degrees]* and *[well below two degrees]* remained part of the document. As head of the High Ambition Coalition of states, the Marshall Islands' foreign minister Tony de Brum took the lead in pushing for the 1.5 degree goal. The island states were correspondingly irritated by a banner decorating the German pavilion in the conference centre which proclaimed 'Below 2°C'. 'This is insufficient. This is not ambitious enough.' In response to this, the German delegation, headed by Federal Minister for the Environment Barbara Hendricks, expressed their solidarity with the Marshall Islands and the Maldives in a joint public declaration. They assured that 'Below 2°C' naturally includes the 1.5-degree goal and pledged that Germany would join the island states in pushing for a more ambitious wording of the agreement. In the further course of the negotiations, Germany, Europe, the United States, Canada, and Brazil decided to join the High Ambition Coalition. In the end, the group had grown to include over 100 countries. This further raised the pressure on oil and gas producing states such as Russia, Saudi Arabia and India. Eventually, the 1.5-degree target remained in the Paris Agreement, which made it a success for all countries directly threatened by climate change as well as for India that saw the *[differentiated responsibility]* clause equally included in the international treaty.

#### Funding, a thorny issue

Another fiercely contested issue was funding. Gambia, which is counted among the world's least developed countries, is at the same time very vulnerable to climate change. 80 percent of its population depend on agriculture for their living. To Gambia, the bracketed passage *[financial means]* and the pledge of industrial countries to support all developing countries with 100 billion euros per year were non-negotiable. Nevertheless, the issue was intensely debated until the very end, for until then it remained controversial how these funds would be distributed and how the burden would be shared between governments



„Das Pariser Abkommen hilft uns dabei, eine friedliche, blühende und sichere Zukunft für unsere Kinder zu schaffen.“

Tony de Brum, Außenminister der Marshallinseln am 14. Dezember 2015 über Twitter

‘The Paris Agreement helps secure a peaceful, prosperous and safe future for our children.’

Tony de Brum, Foreign Minister of the Marshall Islands on Dezember 14, 2015 via Twitter

„Das Abkommen übertrifft durchaus unsere Erwartungen. Wir haben es zwar erhofft, aber nicht damit gerechnet.“

Barbara Hendricks, Bundesministerin für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

‘The Paris Agreement outstripped our expectations. We have hoped for these results, but we didn't count on them.’

Barbara Hendricks, Federal Minister for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety



„Wir brauchen einen Rahmen für ein UN-Abkommen, das verbindlich ist. Und wir brauchen verbindliche Überprüfungen. Deutschland wünscht sich diese nach jeweils fünf Jahren, beginnend vor dem Jahr 2020. [...] Wir brauchen eine klare Transparenz, was die Messmethoden anbelangt, damit daraus Glaubwürdigkeit entsteht.“

Angela Merkel, deutsche Bundeskanzlerin zur Eröffnung der COP21

‘We need to create a framework for a binding UN agreement. We also need a binding review mechanism. Germany would like to see reviews happen every five years, starting before 2020. [...] We need transparency regarding the methods of measurement if our pledges are to be credible.’

Angela Merkel, German Federal Chancellor at the opening of COP21



ten, wie dieses Geld verteilt werden sollte und welchen Anteil die Staaten und die Industrie tragen müssen. Dabei bietet das geschlossene Klimaschutzabkommen gerade auch für private Unternehmen eine große Chance: „Das Abkommen wird eine weltweite Dynamik auslösen, die wir uns höchstwahrscheinlich noch gar nicht vorstellen können – bei Wissenschaftlern, bei Kreativen, bei Entwicklern, insbesondere auch bei Investoren und natürlich auch bei Politikern auf der ganzen Welt“, sagte Hendricks auf einer Pressekonferenz nach der Unterzeichnung am 14. Dezember 2015 in Berlin. Auf 12,1 Billionen US-Dollar schätzt die Agentur Bloomberg New Energy Finance (BNEF) in ihrem Bericht „Mapping the Gap – The Road from Paris“ das Investitionspotenzial, das dank Paris in den nächsten 25 Jahren durch private Investoren zur Verfügung steht. Hinzu kommt das durch die Staaten eingesetzte Kapital. Damit sollen auch Länder unterstützt werden, die sich Klimaschutz bisher nicht leisten können. Am Ende stand fest: Mindestens 100 Milliarden US-Dollar sollen insgesamt pro Jahr ab 2020 diesen Ländern zur Verfügung gestellt werden. Auch die Industrie muss diese Kosten mittragen – Entwicklungsländer wie Gambia hatten sich durchgesetzt.

#### Überwachung durch Erdbeobachtung verbessern

Wozu Klimaziele festlegen, wenn deren Einhaltung nicht regelmäßig überwacht wird? Diese Frage mag paradox klingen, dennoch wurde um diesen Punkt bis zum letzten Tag hart gerungen. Vor allem Indien stellte die regelmäßige Berichtspflicht bis zum Schluss in Frage. Dennoch blieb die Formulierung *Emissionsreduktion und deren Überprüfung beziehungsweise Maßnahmen zu ihrer Umsetzung, insbesondere ihrer Finanzierung* stehen – ein

and industry, although for the private sector the climate protection agreement opens up major business opportunities: ‘The climate agreement will inspire a lot of dynamic activity among scientists, creative designers, developers, investors, and, of course, among politicians across the globe, in a dimension that we probably cannot even imagine’, said Hendricks at a press conference following the signing of the treaty on December 14, 2015, in Berlin. In their report ‘Mapping the Gap – The Road from Paris’, Bloomberg New Energy Finance (BNEF) estimates the investment opportunity created by the Paris Agreement for private investors at 12.1 trillion US dollars for the next 25 years. This is in addition to the capital provided by governments. Part of these funds will be used to support countries that hitherto could not afford climate protection. In the end it was agreed that at least 100 billion US dollars will be made available to these countries. Industry will have to contribute its share of the costs. Developing countries such as Gambia had prevailed.

#### Better monitoring through Earth observation

Why even set climate goals if they are not regularly monitored? Paradox though it may sound, it was a hotly debated point until the last day of the conference. Especially India questioned the necessity for mandatory reporting until the very end. Nonetheless, the phrase *emission reduction and its monitoring and measures for its implementation, especially concerning financing* remained in the text. This represents a major advance towards achieving the climate goals, to *achieve a balance between anthropogenic emissions by sources and removals of greenhouse gases by sinks in the second half of this century*. It is also an important step in creating *complete transparency* and

wichtiger Schritt, um die Klimaziele zu erreichen, *um in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen menschengemachten Emissionen und der CO<sub>2</sub>-Bindung in Senken herzustellen* und um *völlige Transparenz und gegenseitiges Vertrauen* zwischen den Vertragsparteien aufzubauen. Ab 2023 müssen nun alle fünf Jahre die Länder über Treibhausgasemissionen nach bester verfügbarer Wissenschaft Rechenschaft ablegen. Bei dieser globalen Inventur – *Global Stocktake* in Fachkreisen und im Pariser Abkommen genannt – ist nun auch die Erdbeobachtung gefragt. Denn vom Weltraum aus lässt sich der Klimawandel sehr gut beobachten und nur von dort global einheitlich dokumentieren. Die im Weltraum gewonnenen Informationen sind als Grundlage für politische und gesellschaftliche Entscheidungen unverzichtbar. Nur so lässt sich das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung hier auf unserer Erde im Auge behalten.

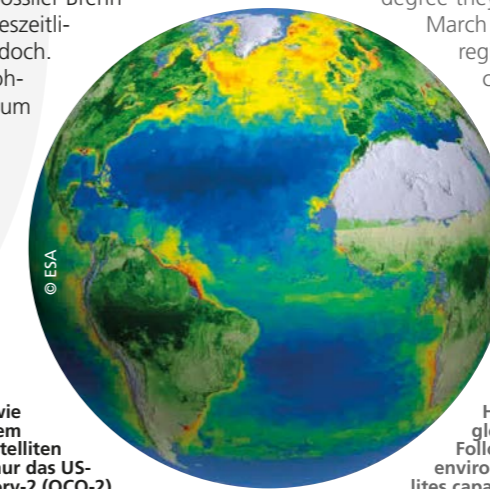
#### Kohlenstoffdioxid – nur eine Ursache des Klimawandels

Satelliten können die Konzentration verschiedener Treibhausgase sehr genau bestimmen. In den Sommermonaten „atmen“ die Wälder CO<sub>2</sub> ein und entfernen es aus der Atmosphäre. In den Wintermonaten dagegen nehmen sie weniger auf. Da es auf der Südhalbkugel weniger Landmasse und daher weniger Wälder gibt, fällt der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Sommer nicht nur auf der Nordhalbkugel, sondern weltweit und steigt im Winter global wieder an. Das ist ein natürlicher Zyklus. Die vom Menschen verursachten Emissionen sorgen allerdings dafür, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt von Jahr zu Jahr auf immer höhere Werte steigt. Der globale Kohlenstoffzyklus befindet sich in einem Wandel, der überwacht werden muss. Allerdings ist es schwer, natürliche und vom Menschen verursachte Emissionen voneinander zu unterscheiden: Seit Jahrzehnten beobachten Umweltforscher in bodennahen Messungen den kontinuierlichen CO<sub>2</sub>-Anstieg, der hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe verursacht wird. Die starken jahreszeitlichen Schwankungen überlagern ihn jedoch. Um nun weltweit die Verteilung der Kohlendioxid-Konzentrationen vom Weltraum aus zu bestimmen und menschlichen Quellen zuzuordnen, haben unter anderem Umweltforscher der Universität Bremen physikalisch-mathematische Methoden entwickelt. Ihnen ist es im März 2008 erstmals gelungen, mittels Satellitenmessungen erhöhte regionale und vom Menschen verur-

building mutual trust between parties. As of 2023, all countries will have to give an account of their greenhouse gas emissions every five years using the best available science. This *Global stocktake* – a term used by experts as well as in the Paris Agreement – will now increasingly involve the use of Earth observation data. It is only from space that climate change can be globally monitored and uniformly documented. The information obtained from satellites is indispensable as a basis for political and societal decisions. It is the only way to keep an eye on whether the aim of sustainable development on our planet is actually being pursued.

#### Carbon dioxide – not the only culprit in climate change

Satellites can very accurately determine the concentration of a variety of greenhouse gases. During the summer months, forests ‘breathe in’ CO<sub>2</sub>, thus removing it from the atmosphere. During the winter months, they absorb less. As the southern hemisphere features less land mass and hence less forested terrain, CO<sub>2</sub> levels drop during summer and rise again during winter, not only in the northern hemisphere but globally. This is a natural cycle. Man-made emissions, by contrast, cause CO<sub>2</sub> levels to rise to new heights every year. The global carbon cycle is in a state of change that must be monitored. Yet natural and anthropogenic emissions are very difficult to tell apart: for decades now, environmental scientists have carried out measurements at ground level and identified a continuous rise in CO<sub>2</sub> that is chiefly caused by the burning of fossil fuels. However, this increase is superimposed by strong seasonal fluctuations. To address this problem, environmental scientists at Bremen University and elsewhere have developed a set of physical-mathematical methods to measure the global distribution of carbon dioxide concentrations from space and determine to what degree they are attributable to human sources. In March 2008, they first succeeded in identifying regionally increased CO<sub>2</sub> concentrations caused by human activity. The data they used were from the SCIAMACHY instrument, the Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography built under the aegis of DLR and flying on board the former European environmental satellite Envisat – a crucial step towards the future.



Wie ist Kohlendioxid global verteilt und wie ändern sich die Konzentrationen? Nach dem Betriebsende des europäischen Umweltsatelliten Envisat können diese Fragen momentan nur das US-amerikanische Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2) und der japanische GOSAT aus dem All beantworten. Nun plant auch die EU ein neues CO<sub>2</sub>-Monitoringprojekt.

How is atmospheric carbon dioxide distributed globally, and how do its concentrations vary? Following the decommissioning of the European environmental satellite Envisat, the only two satellites capable of answering that question from outer space are the USA's Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2) and Japan's GOSAT. The EU has now decided to plan a new carbon dioxide monitoring initiative of its own.

„Das ist ein Sieg für alle auf dem Planeten und für künftige Generationen.“

John Kerry, US-Außenminister nach der COP21

‘It’s a victory for all on the planet and for future generations.’

John Kerry, US Secretary of State after COP21





## Merlin

La vigie du Méthane



Brigitte Zypries, Parlamentarische Staatssekretärin im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Koordinatorin der Bundesregierung für die Luft- und Raumfahrt, bei der MERLIN-Präsentation im französischen Pavillon der UN-Klimakonferenz in Paris

Brigitte Zypries, Parliamentary Undersecretary at the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy and the federal government's aerospace co-ordinator, presenting MERLIN at the French pavilion at the Paris UN Climate Conference

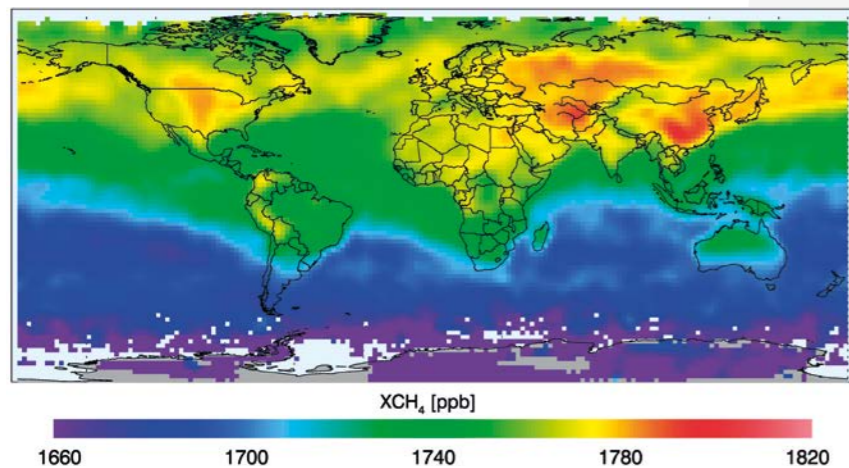
sachte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen nachzuweisen. Sie verwendeten dazu Daten des unter DLR-Federführung gebauten Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography (SCIAMACHY)-Instruments auf dem europäischen Umwelt satelliten Envisat – ein wichtiger Schritt in Richtung Zukunft.

Denn das derzeit bestehende Berichtssystem der UN-Klimarahmenkonvention zu den Treibhausgasemissionen baut allein darauf auf, dass die Länder ihre ausgestoßenen Treibhausgase regelmäßig offenlegen. Diese Angaben hängen sehr stark von den Fähigkeiten und Besonderheiten der Länder ab. Ein global einheitliches Monitoringsystem kann jedoch nicht allein auf der Offenlegung von Emissionen beruhen, denn es muss von Menschen verursachte und natürliche Emissionen unterscheiden können. Dafür sind hochauflösende Messungen besonders über Zonen mit hohen Emissionen sowie ein System, das alle Daten vom Weltraum und am Boden zusammenführt, unverzichtbar. Eine Studie der Europäischen Kommission hat die Anforderungen für ein solches System untersucht und schlägt vor, das 2014 gestartete europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus entsprechend zu erweitern. Ein idealer Beitrag hierfür ist das Konzept der CarbonSat-Mission. Diese Mission wurde als Kandidat für eine „Earth Explorer Mission“ der Europäischen Weltraumbehörde ESA ins Auge gefasst. CarbonSat soll vor allem die regionalen CO<sub>2</sub>-Quellen und -Senken im Auge behalten und sich nicht nur auf eine rein globale Beobachtung konzentrieren – genau wie im Pariser Klimaabkommen gefordert. Das Konzept war in einer Vorstudie des DLR Raumfahrtmanagements unter anderem auf Basis der Pionierarbeit um SCIAMACHY in Deutschland angestoßen worden. Aktuell ist dieses Konzept in den Empfehlungen des EU-Berichtes zu einem künftigen CO<sub>2</sub>-Messsystem enthalten.

Der Mensch verursacht allerdings nicht nur durch die Verbrennung von Öl, Kohle und Gas CO<sub>2</sub>-Emissionen. Nach Aussagen des Weltklimarats ist die globale Entwaldung für 17 Prozent des Treibhausgasanstiegs verantwortlich. Die internationale Initiative „Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation“ (REDD+) unterstützt im Rahmen des UN-Klimavertrags den Schutz von Wäldern in Entwicklungsländern.

The current reporting regime under the UN Framework Convention on Climate Change concerning greenhouse gas emissions is solely based on the voluntary disclosure by governments of their national greenhouse gas emissions on a regular basis. The accuracy of this data depends heavily on the local conditions of each reporting country and the expertise available there. Besides, a proper monitoring system cannot rely on the disclosure of total emissions, because it must be able to differentiate between anthropogenic and natural emissions. This, in turn, requires high-resolution measurements above areas with particularly high emissions, as well as a system that combines all data obtained from space and from the surface. SCIAMACHY has been a trail-blazing instrument in this regard. After examining the technical requirements for such a system, a European Commission study suggests that the best answer would be to expand Europe's Earth observation programme Copernicus, which was launched in 2014. An ideal contribution would have been the satellite project CarbonSat once envisaged by the European Space Agency (ESA), a candidate programme under ESA's Earth Explorer Mission. CarbonSat was especially to keep an eye on regional sources and sinks of CO<sub>2</sub>, rather than focussing on global observation only – which is exactly what the Paris Climate Agreement now demands. The concept originally emerged from a pre-study commissioned by the German Space Administration and is based on some of the pioneering work on SCIAMACHY in Germany. It is now back on the agenda as a component of the EU recommendations on a future CO<sub>2</sub> measurement system.

That said, humans do not only produce CO<sub>2</sub> emissions by burning oil, coal, and gas. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 17 per cent of the rise in greenhouse gas levels are caused by global deforestation. The international initiative 'Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation' (REDD+) supports the protection of forests in developing countries under the UN climate treaty. These countries are encouraged to reduce emissions from deforestation and forest degradation, and to secure the enhancement of forest carbon stocks through sustainable forest management. In return, they receive financial compensation. At the same time, these countries have to monitor their forests regularly and



Karte der weltweiten Verteilung von Methan, der jahreszeitlichen Variation und des mittleren Anstiegs für die Jahre 2003 bis 2011. Die systematischen Beobachtungen mit dem SCIAMACHY-Instrument konnten zur Verbesserung der Bestimmung von Methan aus Feuchtgebieten beitragen.

Map of the global distribution of methane, its seasonal fluctuations and its mean annual increase in the 2003 to 2011 period. Systematic surveying with the SCIAMACHY instrument is helping to determine the amount of methane exuding from wetland areas.

Diese Länder sollen die Emissionen durch Abholzung und Degradation reduzieren sowie mit einem nachhaltigen Waldmanagement den Erhalt von Kohlenstoffreservoirs sicherstellen. Dafür erhalten sie einen finanziellen Ausgleich. Gleichzeitig müssen diese Länder regelmäßig ihre Wälder überwachen und über deren Zustand berichten. Bei großen Flächen und eingeschränktem Zugang ist diese Aufgabe gerade in Tropenwäldern eine große Herausforderung. Hier kommen Satellitendaten ins Spiel: Mit den „Wächtern“ Sentinel-1 und vor allem Sentinel-2 stehen im europäischen Copernicus-Programm dafür „Augen“ im Weltraum zur Verfügung, die die nötige zeitliche und räumliche Abdeckung liefern. Ab 2016 wird dazu der Copernicus Global Land Service ausgebaut. Auch die deutschen Satelliten TerraSAR-X und RapidEye bieten ausgezeichnete Möglichkeiten zur Waldbeobachtung: Beide besitzen eine hohe räumliche Auflösung. RapidEye kann mit außergewöhnlich hoher zeitlicher Wiederholung aufnehmen und TerraSAR-X besitzt ein wolken durchdringendes Radar. Auch die 3D-Aufnahmen des TerraSAR-X-Zwillings TanDEM-X können für flächendeckende Waldüberwachung eingesetzt werden. Aus der Änderung der Baumhöhen über die Zeit lassen sich Verluste oder Zugewinne der Biomasse und damit auch des gespeicherten CO<sub>2</sub> gut abschätzen und berichten.

### Methan – ein heimlicher Klimakiller

Nicht allein CO<sub>2</sub> ist für den Klimawandel verantwortlich: Der gemeinsam von Deutschland und Frankreich entwickelte Satellit MERLIN soll ab 2020 die Konzentration des Treibhausgases Methan (CH<sub>4</sub>) bestimmen – nach Kohlendioxid der zweitgrößte vom Menschen verursachte Treiber des Klimawandels. Der Weltklimarat bescheinigt Methan sogar ein 25-fach höheres Erwärmungspotenzial. Nur die bislang geringere Emissionsmenge verdrängt Methan auf Rang zwei. Vor allem Reisbau und Viehhaltung sowie Verluste in der Öl- und Gasproduktion sind Quellen dieses Spurengases. Seit der Industrialisierung stieg der Gehalt auf das Doppelte der natürlichen Konzentration an – der von Kohlendioxid „lediglich“ um 30 Prozent. Zu den „natürlichen“ Methanquellen zählen auch Sümpfe und auftauende Permafrostböden – die größten natürlichen Methanreservoirs der Erde. Tauen im Zuge der globalen Erwärmung die Permafrostböden weiter auf, dann verschwimmt die Grenze zwischen natürlichen und anthropogenen Quellen. Es entweicht immer mehr Methan in die Atmosphäre und der Klimawandel beschleunigt sich. Um Modelle zur Klimavorhersage, zur Kontrolle und zur Verringerung von Treibhausgasen zu erstellen, müssen wir wissen, wie viel Methan in Quellen und Senken frei-

report on their condition. This task can be very challenging, especially in tropical forests that cover large areas, and to which access is limited. This is where satellite data come into play. The European Copernicus programme with its Sentinel-1 and especially Sentinel-2 satellites provides the 'eyes' that have the necessary temporal and spatial coverage. Moreover, the Copernicus Global Land Service will be extended, starting in 2016. The German satellites TerraSAR-X and RapidEye are excellent for forest monitoring: both feature a high spatial resolution, which is particularly important for documenting forest degradation. RapidEye can produce images at an extraordinarily high rate of repetition, and TerraSAR-X is equipped with cloud-piercing radar. The 3D images of its twin TanDEM-X can likewise be employed for extensive forest observation. Any losses or gains in biomass along with the amounts of carbon stored can be estimated and reported very well based on changes in canopy heights over time.

### Methane – a clandestine climate killer

CO<sub>2</sub> is not the only gas responsible for climate change: the concentration of Methane (CH<sub>4</sub>) will be measured by the satellite MERLIN, a joint development of Germany and France. It will be launched in 2020. Methane contributes the second largest share in man-made causes of climate change after carbon dioxide. In fact, according to the IPCC, methane has a global warming potential 25 times higher than that of carbon dioxide. For now, its emission volumes are still below those of CO<sub>2</sub>, which is the only reason why it is in second place. Among the sources of this trace gas are rice cultivation, livestock farming and volatile emissions from the production of oil and gas. Since the beginning of industrialisation, methane has increased to twice its natural concentration, compared to a rise of 'only' 30 percent in carbon dioxide. Meanwhile, 'natural' sources of methane include swamps and thawing permafrost soil – the Earth's largest natural methane reservoirs. As permafrost soils are continuously thawing in the course of global warming, the line gets blurred between natural and anthropogenic sources. More methane leaks into the atmosphere and climate change accelerates. In order to build models to predict climate change, and to control and reduce greenhouse gas concentrations we

Das Haa Alif Atoll der Malediven – bald eine Unterwasserlandschaft? Durch die Klimaerwärmung steigt der Meeresspiegel jährlich um 3,42 Millimeter. Was zunächst nicht bedrohlich klingt, ist für Staaten wie die Malediven (1.196 Inseln) und die Marshallinseln (1.225 Inseln) eine Katastrophe. Denn zur Jahrhundertwende könnte er zwischen einem halben und zwei Metern höher liegen als heute. Die höchste Erhebung der Malediven ragt gerade einmal 2,4 Meter aus dem Wasser. Sollte der Meeresspiegel auch nur um einen halben Meter ansteigen, würde ein Großteil der Inseln unbewohnbar. Weltweit wären 136 Millionen Städte an den Küsten und Vermögenswerte von mehr als 18 Billionen Euro bedroht – schätzt die Allianz-Versicherungsgruppe. In Ländern wie Bangladesch wären Böden und Grundwasser versalzen – ein Land, das zu 80 Prozent von der Landwirtschaft lebt. Deshalb geht das UN-Flüchtlingshilfswerk (UNHCR) von rund 250 Millionen Klimaflüchtlingen bis zum Jahr 2050 aus. Satelliten – wie hier Kompsat-2 – zeigen uns, wie verletzlich diese kleinen Paradiese sind.

The Haa Alif Atoll on the Maldives – soon to turn into an underwater landscape? Global warming causes sea levels to rise by 3.42 millimetres per year. What may not sound very threatening at first glance is a disaster for the Maldives (1196 islands) and the Marshall Islands (1225 islands). By the end of the century, sea levels could be between half a metre and two metres higher than today. The most elevated part of the Maldives sticks out of the water by a mere 2.4 metres. Should the sea level rise even only by half a metre, a major part of these islands would become uninhabitable. According to an estimate of the Allianz Insurance Group, 136 megacities along the coastlines and assets worth more than 18 trillion euros would be doomed. Soils and ground water in countries like Bangladesh would turn increasingly saline, in a country that relies 80 percent on agriculture for its living. For this reason, the UN Refugee Agency (UNHCR) predicts a rise in the number of climate refugees to 250 million by the year 2050. Satellites like Kompsat-2 show us how vulnerable some of the world's little paradises are.

gesetzt wird. Woher stammen diese Emissionen? Haben sie eher eine natürliche – eventuell aber vom Menschen forcierte – Herkunft oder ist der Transport und die Verbrennung von Kohle, Erdgas oder die Viehwirtschaft die Hauptquelle? MERLIN soll uns helfen, diese Fragen zu klären, um den globalen Methanzyklus besser zu verstehen. Außerdem werden die europäischen Wächtersatelliten Sentinel-5P wie auch Sentinel-5 mit hochauflösenden Spektrometern unter anderem auch Methan messen und über einen Zeitraum von über 20 Jahren ab 2016 eine lange Zeitreihe liefern.

#### Zeitreihen als Schlüssel für die Klimaforschung

Diese langen Zeitreihen sind immens wichtig. Denn Klimaschutz und -vorhersagen sind nur dann erfolgreich, wenn Messdaten archiviert und bewertet werden. Nur ausreichend große Zeitreihen zeichnen ein verlässliches Bild, wie sich unser System Erde klimatisch verändert, denn sie liefern Erkenntnisse für eine stabile Klimamodellierung auf Basis von genauen Daten. Dazu benötigt man nicht nur die reinen Messdaten, sondern auch deren Synthese über lange Zeiträume. Da nicht-archivierte und nicht-dokumentierte Daten ein extremer Wissensverlust für die Klimaforschung wären, planen viele Raumfahrtagenturen in der ESA eine Langzeitspeicherung (Long-term Data Preservation/LTDP). Diese Daten sollen zusätzlich durch verbesserte Kalibrierungs- und Aufbereitungsmethoden immer weiter verfeinert werden. Auf der ESA-Ministerkonferenz im Dezember soll daher über eine Fortsetzung – ein LTDP+ – entschieden werden. Aus Beobachtungsdaten verschiedener Satelliten zu verschiedenen Zeitperioden lässt die ESA ferner in ihrem Programm „Climate Change Initiative“ (CCI) zu 13 wichtigen Klimavariablen die sogenannten Climate Data Records (CDRs) berechnen. Mit diesen Langzeitreihen aus unterschiedlichen Satellitendaten können in Zukunft noch verlässlichere Aussagen zur Auswirkung der Klimaänderung auf die Umwelt getroffen werden. Das bisherige CCI-Programm der ESA wird im kommenden Jahr auslaufen. Ein Folgeprogramm CCI+, das ebenfalls auf der Ministerkonferenz 2016 zur Entscheidung steht, soll weitere Klimavariablen aus Satellitendaten für die Klimaforschung bereitstellen. Deutschland war im bisherigen Programm an führender Stelle beteiligt. CDRs aus CCI und CCI+ sollen zudem eine prominente Datenquelle des „Copernicus Climate Change Service“ (C3S) der EU sein. Eingangsdaten für LTDP+ und CCI+ kann dabei ein starkes Forschungsprogramm zur Erdbeobachtung aus dem All liefern, in dem Satelliten als Eckpfeiler künftiger Beobachtungstechnologie bei der ESA geplant werden. Die fünfte Auflage des Earth Observation Envelope Programme (EOEP) wird ebenfalls auf der

have to know how much methane is released from sources and how much is absorbed by sinks. Where do these emissions come from? Are they of a natural origin, possibly somewhat heightened by human activity? Or is their main source the transport and combustion of coal and natural gas or livestock farming? MERLIN is supposed to help us answer these questions and to understand the global methane cycle better. Moreover, the European satellites Sentinel-5P and Sentinel-5 will, among other gases, measure methane with their high-resolution spectrometers, providing us with a time-series over the course of 20 years, starting in 2016.

#### Time series as a key to climate research

Long-term time series are of immense importance. Protecting and predicting the climate can only work successfully if a body of measuring data has been gathered, archived and evaluated. Only if time series are sufficiently large, they will produce reliable knowledge as to how our planet's climate system evolves over time, and produce accurate data on which to build robust climate models. What is needed is not only the data as such, but also a synthesis of this data over extended time periods. Since data that is not properly archived and documented means an extreme waste of knowledge to climate researchers, many of the space agencies affiliated to ESA are planning to put in place a scheme of long-term data preservation (LTDP). The data is to be not merely gathered but continually refined, using improved calibration and processing methods. At the ESA Council Meeting at Ministerial Level in December, delegates will decide whether to continue with the scheme and put in place a follow-up, LTDP+. Moreover, under a programme called the 'Climate Change Initiative' (CCI), ESA has commissioned a group of scientists to build a single body of Climate Data Records (CDRs) on 13 important climate variables from Earth observation datasets gathered by several satellites over various time periods. These long-term time series from diverse data sources will in future enable us to make even more reliable predictions concerning the impact of climate change on our environment. ESA's current CCI programme will end next year. The adoption of a follow-up programme, CCI+, is equally on the agenda of the 2016 Ministerial Conference. It is to provide climate researchers with additional climate variables from satellite data. Germany has been playing a leading part in the current programme. Moreover, CDRs from CCI and CCI+ will be a prominent data source for the EU's 'Copernicus Climate Change Service' (C3S). Input for LTDP+ and CCI+ could come from a powerful satellite-based Earth observation research programme to be planned by ESA, in



Der SPOT 5-Satellit (l.) hat Rodungen im argentinischen Staat Santiago del Estero aus 822 Kilometern Höhe aufgenommen. SPOT 5 hat zwei Kameras an Bord, die im nahen und mittleren Infrarotbereich arbeiten. Die entsprechenden Bildaufnahmen können von Landwirtschaftsexperten, Geologen, Städteplanern, Meteorologen, Regierungen und anderen Interessenten erworben werden. Auch die Aufforstung entsprechender Gebiete (r.) – hier eine Pléiades-Aufnahme eines Gebietes im brasilianischen Regenwald – kann mit Satelliten überwacht und geplant werden. Der Dienst GO Monitor Forest der Firmen Airbus Defence & Space und ONF International stellt dafür Aufnahmen der Satelliten SPOT, TerraSAR-X, TanDEM-X und Pléiades mit einer hohen garantierten Wiederholrate bereit.

From an altitude of 822 kilometres, the SPOT 5 satellite (left) took this picture of forest clearing activities taking place in the Argentinian province of Santiago del Estero. SPOT has two on-board cameras that operate in the near and medium infrared spectrum. The images can be purchased by agricultural experts, geologists, urban planners, meteorologists, governments and other interested parties. Satellite images can also be used in monitoring and planning re-afforestation schemes (right), shown in this image captured by Pléiades in the Brazilian rainforest. A service operation called GO Monitor Forest run by Airbus Defence & Space and ONF International offers images from the SPOT, TerraSAR-X, TanDEM-X and Pléiades satellites at a high guaranteed repetition rate.

Ministerratskonferenz 2016 verhandelt und bildet – zusammen mit Copernicus – ein wichtiges Element des europäischen Beitrags zur weltweiten Klimabeobachtung aus dem All.

#### Naturkatastrophen und ihre Auswirkungen

Der Klimawandel bringt Naturkatastrophen wie Wirbelstürme, Starkniederschläge, extreme Phasen von Hitze und Trockenheit sowie Wald- und Buschbrände mit sich – eine stark vereinfachte, aber fatale Formel. Denn Naturkatastrophen fordern menschliche und finanzielle Opfer. Der Hurrikan Katrina tobte beispielsweise im Jahr 2005 mit 280 Stundenkilometern über mehr als 233.000 Quadratkilometer der USA hinweg. Mehr als 1.800 Menschen starben. Rund 350.000 Häuser wurden zerstört und etwa 1,3 Millionen Menschen verloren ihr Zuhause, drei Millionen wurden von der Stromversorgung abgeschnitten. 80 Prozent des Stadtgebietes von New Orleans wurden überflutet. Der Gesamtschaden belief sich nach Angaben des Rückversicherers Münchener Rück auf 125 Milliarden US-Dollar. Experten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) schätzen die volkswirtschaftlichen Schäden für den Wiederaufbau der Infrastruktur, Krankheiten, Todesfälle und Schäden an Landwirtschaft und Umwelt sogar auf 600 Milliarden US-Dollar. Das amerikanische Wachstum schrumpfte durch den Wirbelsturm um 0,2 bis 0,4 Prozent. Das macht Katrina zu einer der teuersten Naturkatastrophen aller Zeiten.

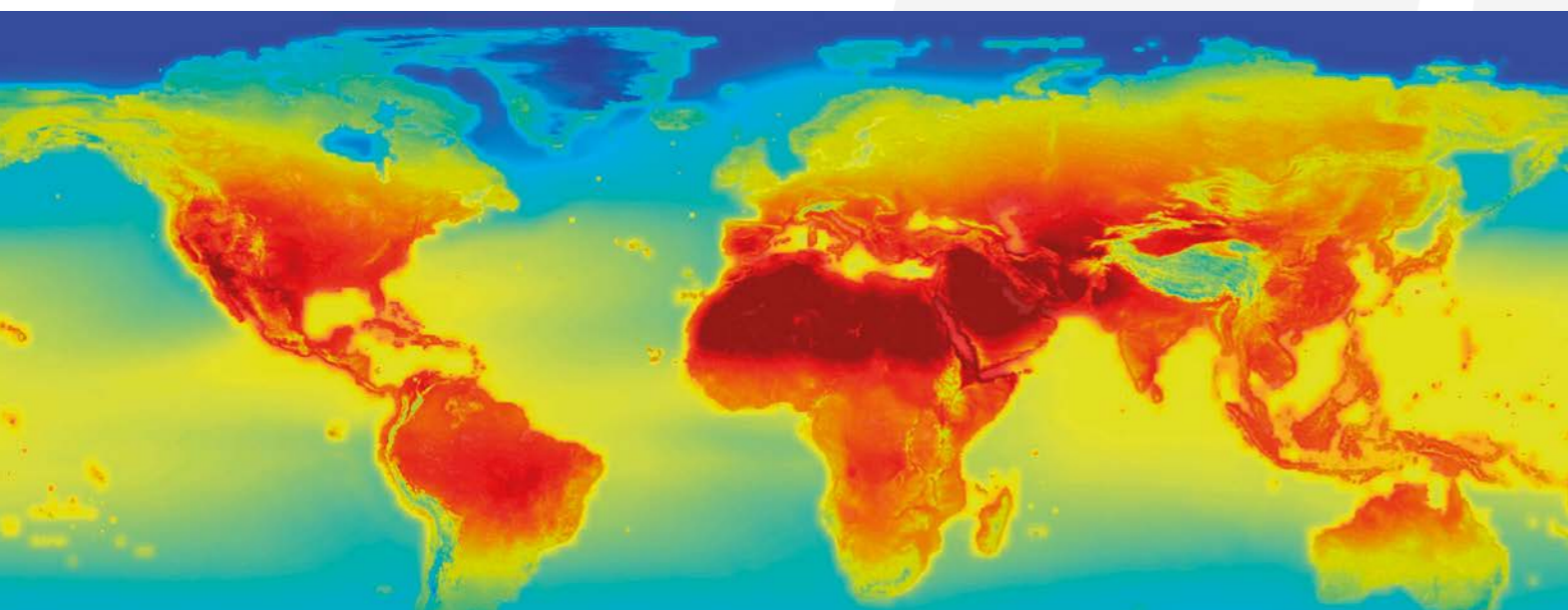
Die globalen Schäden durch solche Wetterphänomene könnten laut DIW bis zur Mitte des Jahrhunderts auf 200 Billionen US-Dollar steigen – das 20-fache der jährlichen Wirtschaftsleistung der Vereinigten Staaten. Allein in Deutschland seien in diesem Zeitraum Schäden von 800 Milliarden Euro zu erwarten. Grundlage für dieses Szenario sind Schätzungen von Klimaforschern aus dem Jahr 2005, wonach die Temperatur weltweit um 3,5 Grad Celsius bis zum Jahr 2100 steigen würde. Um – wie im Pariser Abkommen angestrebt – die globale Erwärmung in diesem Zeitraum auf höchstens zwei bis 1,5 Grad zu begrenzen, müsste die Weltgemeinschaft laut DIW allerdings gigantische Summen aufwenden: Bis 2050 seien 71 Billionen Dollar für den Klimaschutz nötig. Das Pariser Abkommen erkennt Folgeschäden durch den Klimawandel als großes Problem und verknüpft ihn direkt mit den Naturkatastrophen – und damit auch mit den wirtschaftlichen Folgen. Um die mit Naturkatastrophen verbundenen Risiken zu

which satellites form the key to future EO technology. The fifth edition of the Earth Observation Envelope Programme (EOEP) will equally be negotiated at the upcoming 2016 Ministerial Council Conference. Alongside Copernicus it will form an important element in Europe's contribution to global climate monitoring from space.

#### Natural disasters and their aftermath

Climate change causes natural catastrophes such as cyclones, torrential rainfall, extreme periods of heat and drought, as well as forest and bush fires – a simple but fatal formula. Natural catastrophes involve both human casualties and financial losses. For instance, in 2005 hurricane Katrina swept across more than 233,000 square kilometres of the US at a speed of 280 kilometres per hour. More than 1,800 people died. Around 350,000 houses were destroyed, about 1.3 million people lost their homes, and three millions were cut off from power supply. 80 per cent of New Orleans was flooded. The total loss amounted to 125 billion US dollars, according to the reinsurance company Munich Re. Experts of the German Institute for Economic Research (DIW) even estimate the loss to the national economy in terms of reconstruction, health bills, deaths, and crop failures as well as environmental damage will be even higher, amounting to 600 billion US dollars. The hurricane lessened the United States' annual growth by 0.2 to 0.4 per cent, making Katrina one of the most expensive natural disasters of all time.

According to DIW, by mid-century, the global damage caused by such weather phenomena may rise to 200 trillion US dollars, a sum that equals twenty times the annual economic output of the United States. Germany alone will face losses of 800 billion euros over this period. This scenario is based on estimates by climate scientists from 2005, according to which global temperatures would rise by 3.5 degrees Celsius by the year 2100. In order to limit global warming to 1.5 degrees, as is aspired by the Paris Agreement, the world community would, according to DIW, have to invest gigantic sums of money: by 2050, a stunning 71 trillion dollars would be necessary for climate mitigation. The Paris Agreement recognises climate change to be the major problem behind the natural disasters and the economic losses following in their wake. In order to reduce risks of natural disasters, we have to gain a better understanding of their causes.

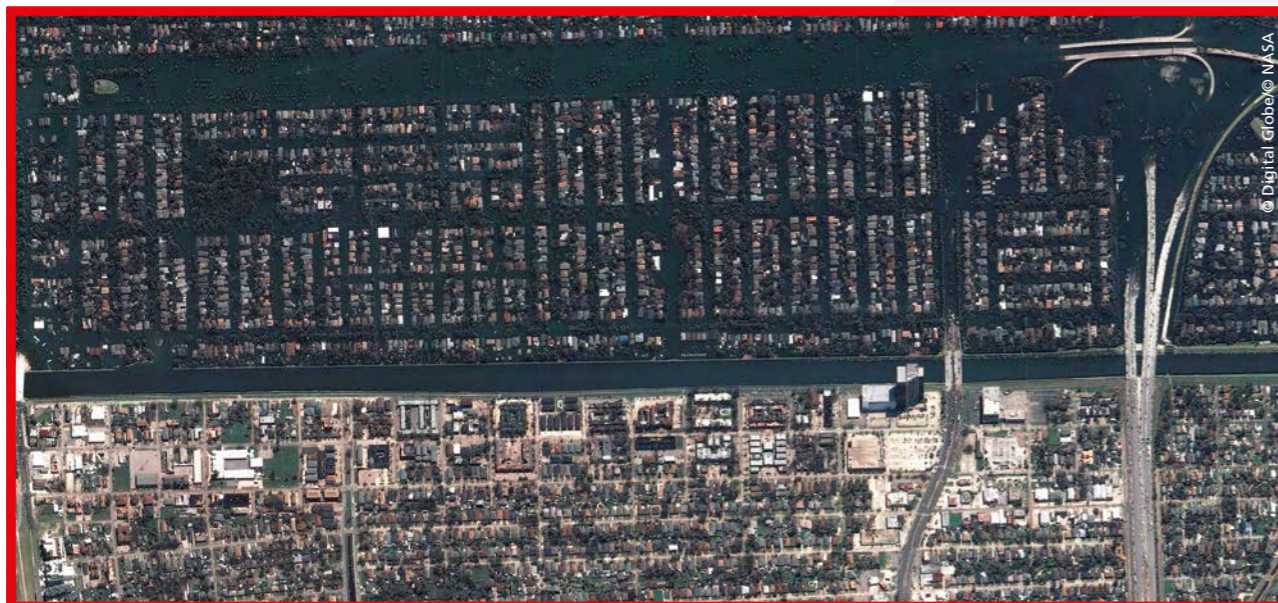


Die NASA hat ein globales Set von historischen Messungen und Daten aus Klimasimulationen zusammengeführt. Durch anspruchsvolle Computermodelle haben die Experten dann eine Vorhersage für die weltweiten Temperatur- (hier dargestellt) und Niederschlagsveränderungen unter Berücksichtigung der verschiedenen Treibhausgasemissionsszenarios bis in das Jahr 2100 erstellt.

The new NASA global data set combines historical measurements with data from climate simulations using the best available computer models to provide forecasts of how global temperature (shown here) and precipitation might change up to 2100 under different greenhouse gas emission scenarios.

reduzieren, muss man diese Phänomene besser verstehen. Auch hier können Satellitendaten helfen und zudem eine bessere Vorhersage unterstützen. Zum Beispiel lässt die mit Satelliten gemessene Temperatur der Meeresoberfläche Aussagen darüber zu, ob sich gefährliche Wetterphänomene wie ein heftiger El Niño oder tropische Wirbelstürme zusammenbrauen. Im Katastrophenfall können Satelliten dabei helfen, einen schnellen Überblick über die Lage zu bekommen: Welche Orte sind überschwemmt? Welche Straßen sind noch befahrbar? Wo muss evakuiert werden? Wo muss aus der Luft versorgt werden? Raumfahrtagenturen wie die ESA und das DLR beteiligen sich dafür an der International Charter Space and Major Disasters. Bei Bedarf werden weltweit, schnell und kostenlos Daten bereitgestellt. Das DLR beteiligt sich daran, etwa indem die Aufnahmeplanung der Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X im Bedarfsfall kurzfristig umprogrammiert wird, um schnell Aufnahmen eines Katastrophengebietes zu liefern.

Satellitendaten tragen außerdem dazu bei, längerfristige durch den Klimawandel verursachte Umweltprobleme und deren Schadenspotenzial zu ermitteln: Das Abschmelzen der Eismassen in Arktis und Antarktis wirkt sich auf die Meeresspiegelhöhe, auf Meeresströmungen und damit auch auf das Wetter aus. Der steigende Meeresspiegel wird wiederum zu Verschiebungen von Lebensräumen und Landwirtschaftszonen führen. Das erfordert Anpassung. Aber nicht überall sind die Gesellschaften ausreichend vorbereitet. Voraussichtlich werden zahlreiche Städte, dicht besiedelte Küstenregionen und auch ganze Länder wie zum Beispiel Inselstaaten langfristig existentiell bedroht sein. Gebirgsgletscher schmelzen ab, wodurch Hänge instabil werden, die Lawengefahr steigt und die regionalen Wasserversorgungen gefährdet werden können. Die Anden-Länder Südamerikas werden beispielsweise davon betroffen sein. Wüsten breiten sich aus. Große Binnengewässer wie der russische Aral-See verschwinden von der Landkarte. Satellitenbilder helfen dabei, uns Menschen besser auf diese Veränderungen vorzubereiten und Gegenmaßnahmen zu treffen – aufhalten können sie diese Klimaphänomene nicht. Daher müssen wir unsere Lebensweise umstellen. Erste Lichtblicke gibt es bereits: Indien hat nach Abschluss des Klimaabkommens ein Papier veröffentlicht, in dem es die Absicht erklärt, die Intensität seiner Treibhausgasemissionen bis 2030 um 33 bis 35 Prozent im Vergleich zu 2005 zu verringern.



Während des Hurrikans Katrina kam es am 31. August 2005 in New Orleans zu zwei folgenreichen Dambrüchen – einer davon im 17<sup>th</sup> Street Canal in West New Orleans. Das 145 Meter lange Loch sorgte dafür, dass das Wasser den östlichen Teil flutete, während die westliche Nachbarschaft aber trocken blieb. Die Aufnahmen stammen von dem US-amerikanischen QuickBird-Satelliten.

When hurricane Katrina swept across New Orleans on August 31, 2005, it caused two dam failures of serious consequence. One of them was at the 17<sup>th</sup> Street Canal in West New Orleans. A 145-metre gap permitted water to enter the eastern part of the neighbourhood while the western part remained dry. The images were obtained from the US American QuickBird satellite.

This is another area where satellite data can be of assistance as it helps improve forecasting such events. Measurements of the surface temperature of the oceans, for instance, can provide a warning when dangerous weather events such as El Niño or tropical cyclones begin to brew. In the event of a disaster, satellites can deliver a quick picture of the situation: which locations are flooded? Which roads are still fit for traffic? Where do people need to be evacuated? Which areas need to be supplied from the air? Space agencies such as ESA and DLR have signed up to the International Charter Space and Major Disasters. In case of an emergency, this organisation provides data worldwide, swiftly and free of charge. One of DLR's contributions is to quickly re-programme the imaging routine of its two radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X to instantly deliver images of the affected area.

Satellite data also contributes to identifying longer-term environmental problems caused by climate change and helps investigate their loss potential: the melting of arctic and antarctic ice caps has an impact on the sea levels and ocean currents, and hence also affects our weather. Rising sea levels, in turn, will lead to the displacement of human habitats and arable land. This calls for adaptation. However, not all societies are sufficiently prepared. It is expected that a large number of cities, densely populated coastal regions as well as entire countries such as some island states may see their very existence at stake. Mountain glaciers melt off, leaving unstable hillslopes, raising the risk of avalanches, and jeopardising regional water supplies. The Andean states of South America will be among those affected. Deserts will spread. Large inland waters such as the Russian Aral Sea will disappear from the map. Satellite images help us humans prepare for these changes and take mitigating action while there is still time – to actually stop these climate phenomena will be impossible. This is why we have to adapt our lifestyle. Some signs of a silver lining have been spotted: in a paper published in the wake of the Climate Agreement, India has declared its intention to cut its greenhouse gas emissions by 33 to 35 percent compared to 2005 levels by the year 2030.



Auch mehr als zehn Jahre nach Katrina ist der Hurrikan für New Orleans noch immer eine Katastrophe: Weil 80 Prozent der Stadt damals unter Wasser standen, mussten fast die Hälfte der damals 440.000 Einwohner die Stadt verlassen. Rund 100.000 sind bis heute nicht zurückgekehrt, obwohl in der Stadt inzwischen wieder knapp 400.000 Menschen leben. Für die Armen war es besonders schwierig, in ihre Heimat zurückzukehren. 37 Prozent der Einwohner der Stadt zahlen mehr als die Hälfte ihres Bruttoeinkommens für die Miete oder den Hauskredit. Vor dem Sturm waren es 24 Prozent. 39 Prozent der Kinder gelten als arm, in den gesamten USA liegt der Anteil bei 22 Prozent. Diese Zahlen hat die Universität Louisiana in ihrem „Final Report“ erhoben. Die Satellitenaufnahme des EO-1-Satelliten vom 6. September 2005 zeigt die am heftigsten zerstörten Stadteile.

More than ten years after Katrina, the disastrous marks left by the hurricane on New Orleans are still visible: with 80 percent of the city flooded, nearly half of its population, which was 440,000 at the time, had to leave. About 100,000 have not returned to this date although the population of the city is now nearly back to 400,000. Returning was particularly difficult for the poorer people. 37 per cent of the residents pay more than half of their pre-tax income in rent or mortgage payments. Prior to Katrina it was 24 per cent. 39 per cent of the children are considered to be poor, whereas in the US as a whole that proportion is 22 per cent. These numbers are from the final report of a survey carried out by Louisiana University. This satellite image taken on September 6, 2005, shows the most seriously affected parts of the city.

#### Quellen/Sources

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), United Nations Environment Programme (UNEP), Weltklimarat IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMBU), ETH Zürich, Heinrich-Böll-Stiftung, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Louisiana State University, Institut für Pädagogik und Zukunftsforschung (IPZF), Norddeutscher Rundfunk (ndr) und viele mehr

#### Delegationsmitglieder/Members of delegations

Ilka Wagner	Deutschland/Germany
Oleg Shamanov	Russland/Russia
Susheel Kumar	Indien/India
Johannes Förster	Marshallinseln/Marshall Islands
Saleem ul Huq	Bangladesch/Bangladesh
Bubu Jallow	Gambia

# Raumfahrt hilft Tierforschung

**Ausblick auf das neue Projekt ICARUS**

Von Lisa Eidam und Prof. Martin Wikelski

Welche globalen Wanderrouten verfolgen Säugetiere, Fledermäuse, Vögel oder sogar Insekten und was lernen wir aus ihren Bewegungen über den Zustand der Erde? Welche Verhaltensweisen legen sie dabei an den Tag? Mit den bisherigen Methoden können die Forscher diese Fragen nicht beantworten. Ihnen fehlt bislang eine drahtlose Verbindung nach oben – in den Weltraum. Dies soll nun das ICARUS-Projekt ändern. Weltweit werden Tiere bald mit winzigen, solarbetriebenen Miniatur-Sende-Empfangseinheiten – sogenannten „Tags“ – ausgestattet. Sie enthalten auch GPS-Empfänger und Sensoren für das Tierverhalten, das zukünftig aus dem All beobachtet werden kann: Die Tags kommunizieren mit der Internationalen Raumstation ISS und später einmal mit polumlaufernden Satelliten im niedrigen Erdorbit. Der Vorteil: Die Tiersignale erreichen diese im All fliegenden Stationen nahezu von überall, weil sie jeden Punkt der Erde ein- oder mehrmals am Tag überfliegen. Haben sie die Signale erhalten, geben sie die Daten dann wieder an die Forscher weiter. Bislang konnten Wissenschaftler nur wenige, große Tiere weltweit beobachten. Mit ICARUS können sie nun erstmals viele kleine Tiere live als „intelligente Sensoren“ in der Erdbeobachtung einsetzen – auch um den seit Jahrzehnten ungelösten Geheimnissen der Tierwelt auf die Spur zu kommen.

Space-based animal research

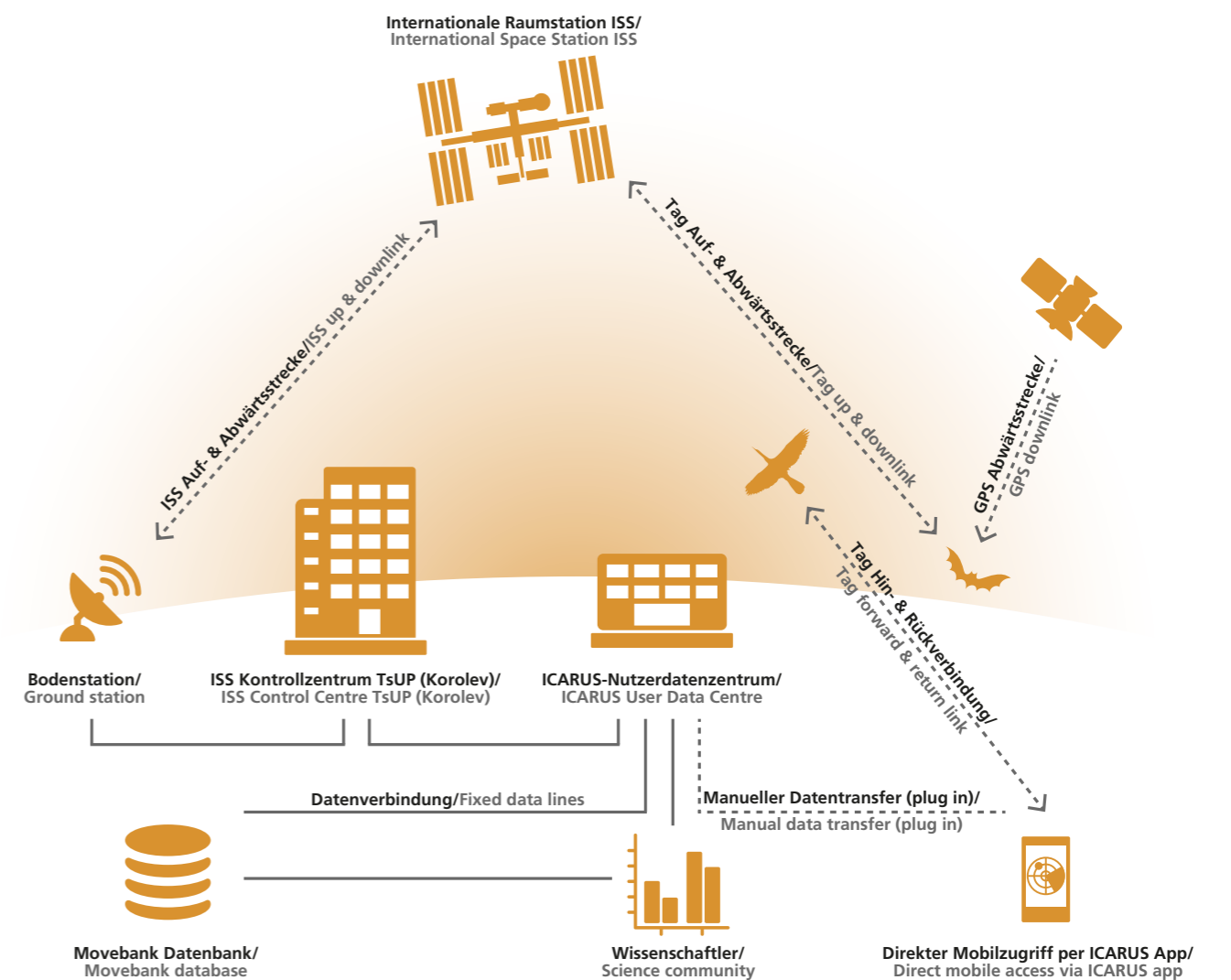
Prospect on the new project ICARUS

By Lisa Eidam and Professor Martin Wikelski

Which global migration routes are followed by mammals, bats, birds, and even insects, and what do their movements tell us about the condition of the planet? What behaviour patterns do they display on their migrations? The methods available so far do not permit researchers to answer these questions. Until now, an adequate wireless connection up into space is missing. ICARUS is supposed to change all that. Soon, animals worldwide will be fitted with tiny solar-powered miniature transceivers called tags. These tags also contain GPS receivers and sensors for identifying the animals' behaviour, which will be observable from space in the future: initially, the tags will communicate with the International Space Station and later on with satellites in a polar low-Earth orbit. The advantage of the latter is that these orbiting stations can be reached by the animals' signals almost from everywhere because the satellites fly across every point on Earth once or several times a day. Having received a signal, they will forward the data to researchers. So far, scientists have only been able to track a small number of larger animals on their worldwide migrations. ICARUS will now enable them for the first time to watch many small animals and even use them as 'intelligent sensors' for Earth observation to find the answers to some of the unresolved mysteries of the animal world.



Autoren: **Lisa Eidam** ist Mitarbeiterin in der Kommunikation beim DLR Raumfahrtmanagement. **Prof. Martin Wikelski** ist Direktor des Max-Planck-Instituts für Ornithologie in Radolfzell sowie Professor an der Universität Konstanz. Er leitet das ICARUS-Projekt. Für seinen Beitrag zur globalen Erforschung der Tierwanderungen erhielt er von National Geographic eine Auszeichnung als „Emerging Explorer“ sowie als „Adventurer of the Year“. Authors: **Lisa Eidam** works at the public relations office at the DLR Space Administration. **Professor Martin Wikelski** is the director of the Max Planck Institute for Ornithology in Radolfzell as well as teaching at Constance University. He is the head of the ICARUS project. He received the National Geographic's 'Emerging Explorer' award as well as being awarded 'Adventurer of the Year'.



Die an den Tieren angebrachten Mini-Tags schicken ihre Daten via Funk zur Internationalen Raumstation ISS und später einmal an polumlaufernde Satelliten im niedrigen Erdorbit. Dort angekommen, werden die Daten gesammelt und über die russischen Bodenstationen an das Kontrollzentrum TsUP in Korolev gesendet, das wiederum die Informationen an das ICARUS-Nutzerdatenzentrum in Deutschland weiterleitet. Dort werden die global gesammelten Daten aufbereitet und über die wissenschaftliche Datenbank „Movebank“ den Wissenschaftlern bereitgestellt. Zudem können die Forscher durch eine App die Daten von der Movebank direkt per Downlink auf ihr Mobiltelefon abrufen.

Once attached to the animals, the miniature tags will transmit their data via radio link to the International Space Station ISS, and in the more distant future to a set of polar orbiting satellites in a low Earth orbit. After aggregation, the data will first be transmitted to the Russian ground station which, in turn, will forward them to the ICARUS User Data Centre in Germany. The data thus gathered globally will be processed and made available to scientists in a worldwide database called 'Movebank'. Additionally, scientists will be able to download the data directly on to their phone via an app.

Sogar Schmetterlinge – wie hier der Monarchfalter – werden mit Sendern ausgestattet. Mit fortschreitender Miniaturisierung der benötigten Technologien könnten zukünftig auch solche Tiere mit den ICARUS-Mini-Tags bestückt und erforscht werden.

Even butterflies like this monarch butterfly have been equipped with a tiny radio tracker in the past. With miniaturisation progressing, the ICARUS mini tag technology might in the future be used to track and study these animals, too.



So könnte das ICARUS-Nutzerdatenzentrum, das in Deutschland aufgebaut wird, zukünftig aussehen. Dort sollen ab 2017 die global gesammelten Daten aufbereitet werden, damit diese in der weltweiten Datenbank – der „Movebank“ des MPIO – von den Wissenschaftlern abgerufen werden können (mit ICARUS-Daten angepasstes Kontrollraum-Bild des European Space Operations Centre ESOC der ESA in Darmstadt).

Here's what the ICARUS User Data Centre to be built in Germany might look like. Starting in 2017, this is where the data collected globally is to be processed so that scientists can retrieve them from a worldwide MPIO database called 'Movebank' (artists impression of the ICARUS User Data Centre using a picture of the ESA European Space Operations Centre ESOC in Darmstadt).

An dem International Cooperation for Animal Research Using Space (ICARUS)-Projekt sind das DLR, das Max-Planck-Institut für Ornithologie (MPIO) und die russische Raumfahrtagentur Roskosmos beteiligt. Weltweit sind schon in der Testphase rund 20 Großprojekte geplant, an denen das 60 Mitarbeiter starke ICARUS-Team des MPIO mitarbeitet. In Russland hat das Team bereits 16 Kooperationsprojekte ausgewählt. An ihnen beteiligen sich weltweit Naturschutzorganisationen, ehrenamtliche und staatliche Organisationen. Die Tiere werden ab dem Frühjahr 2017 mit den Tags bestückt. Gestartet wird mit einer ersten Serie in der Mongolei – ein ideales Testgebiet mit wenig elektronischer Störung. Danach werden weltweit ein paar hundert Tags an unterschiedlichen Tieren befestigt, um die Systemeigenschaften zu überprüfen. In den anschließenden ersten zwei Jahren des ICARUS-Betriebs wird erwartet, dass mehrere zehntausend Tiere mit Sendern ausgestattet werden. Wenn das ICARUS-System gut funktioniert, wird sich der Bedarf zukünftig auf hunderttausend und mehr Sender pro Jahr erweitern. Sind die Tags zu Beginn noch fünf Gramm schwer, sollen sie mit der Zeit immer kleiner und leichter werden. Für das Jahr 2020 ist der erste Ein-Gramm-Tag geplant. Mit ihm können dann sogar große Insekten wie Wanderheuschrecken bestückt werden. Diese Tags übertragen dann Daten wie Standort, Geschwindigkeit sowie Ausrichtung der Tiere zur ISS. Im ersten Quartal 2017 soll das Sender- und Empfängersystem am russischen Teil der Raumstation angebaut werden. Von dort werden die auf der ISS gesammelten Daten über die russischen Bodenstationen an das Kontrollzentrum TsUP bei Moskau gesendet und von dort an das deutsche ICARUS-Nutzerdatenzentrum weitergeleitet. In einer weltweiten Datenbank, der „Movebank“ des MPIO, werden die global gesammelten Daten für Wissenschaftler zur Verfügung gestellt. Rund 20.000 Forscher werden davon zukünftig profitieren und Naturvorgänge wie den Klimawandel, menschengemachte Umweltveränderungen sowie Veränderungen in Küstenzonen erforschen.

Research teams participating in the International Cooperation for Animal Research Using Space (ICARUS) project include scientists from DLR, the Max Planck Institute for Ornithology (MPIO), and the Russian space agency Roscosmos. Plans for the trial phase already include around 20 large-scale projects in which the ICARUS team of the MPIO staffed with 60 is participating. In Russia, the team has selected 16 cooperation projects so far, which have been joined by conservation groups, NGOs, and governmental organisations from all over the world. Animals will be tagged from the spring of 2017 onwards. An initial series of tests will be conducted in Mongolia – an ideal area since there is little electronic interference. Next, a few hundred animals belonging to various species will be fitted with tags in many other parts of the world to test the system. In the first two years that follow, about 20,000 animals will be tagged. If the ICARUS system turns out to work well, another 100,000 animals per year will be tagged in the future. Weighing five grammes at the start, the size and weight of the tags will be gradually reduced over time. The first one-gramme tag is planned for 2020, weighing little enough to be carried even by a large insect such as a migratory locust. Via a permanent radio link with the ISS, these tags will transmit a stream of data about the animals' location, speed, and orientation. The transceiver system is to be attached to the Russian section of the ISS in the first quarter of 2017. After some data reduction, the information will first be transmitted to the Russian ground station which, in turn, will forward them to the ICARUS User Data Centre in Germany. The data thus gathered globally will be made available to scientists through a worldwide database, the MPIO's 'Movebank'. In the future, around 20,000 researchers will benefit from these data in exploring natural processes like climate change, man-made environmental changes, and changes in coastal regions.

### Kleintiere – Dienstleister des Ökosystems

Vor allem kleine Tiere vollbringen große Leistungen im Ökosystem, von denen wir Menschen bislang wenig wissen – aber stark davon profitieren. Hier gilt Masse und Klasse: Allein in Europa sind zum Beispiel rund fünf Milliarden kleine Singvögel unterwegs, die verschiedene Kontinente überqueren. Dabei fliegen die meisten Kleintiere nicht einfach stupide ihre Routen ab – sie erledigen zusätzlich einen wichtigen Job als Gärtner: Sie verteilen auf ihren Wanderungen Millionen von Samen und tragen so zu Pflanzenwachstum und -vielfalt bei. Insbesondere die Flughunde in Südafrika verteilen die Samen sehr großflächig, da sie als Langstreckenflieger weite Strecken von 80 bis 100 Kilometern pro Nacht über den Kontinent zurücklegen. Außerdem fressen Kleintiere Schadinsekten, die verstärkt aus den Tropen nach Europa kommen. Damit leisten sie einen wichtigen Beitrag für die Landwirtschaft.

### Plagegeister umgeleitet – Zukunftsvision für ferngesteuerte Schädlingsschwärme

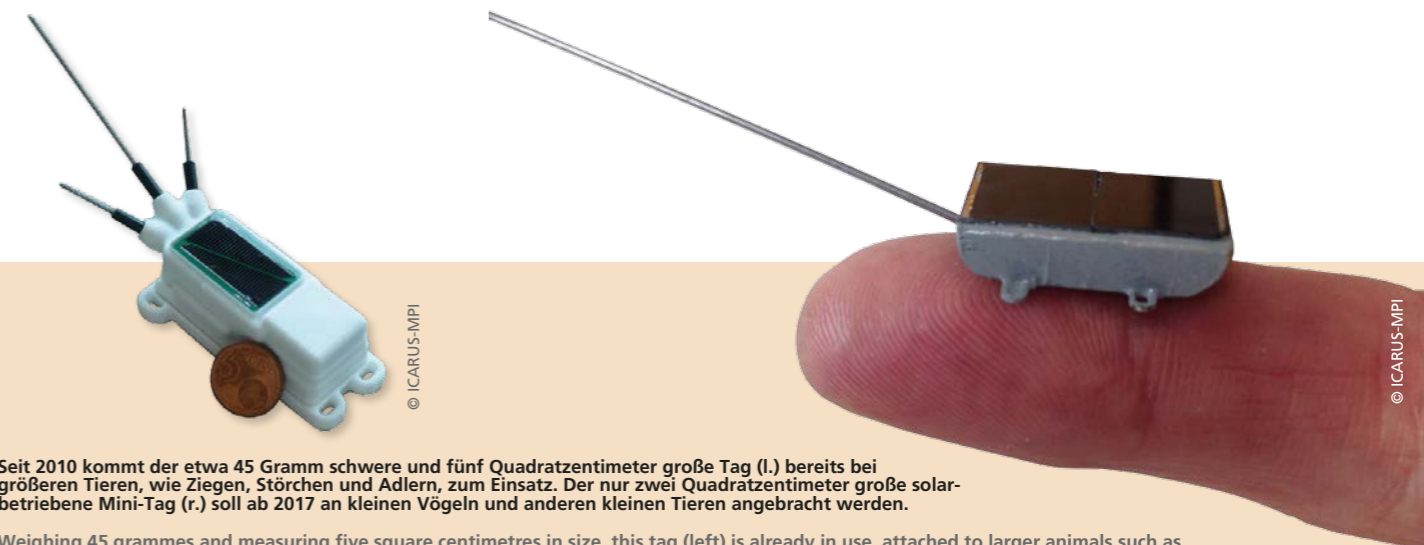
Nicht nur der Hunger der Kleintiere könnte in Zukunft Schädlingsschwärme regulieren. Ab 2020 ist die Miniaturisierung der Tags so weit fortgeschritten, dass größere Insekten wie tropische Schmetterlinge und Heuschrecken ausgestattet werden können. Doch diese einen Quadratzentimeter großen und ein Gramm schweren Winzlinge können viel mehr als nur Signale senden. Sie können auch Impulse abgeben und so die Nerven der Tiere stimulieren – eine Fernsteuerung für Kleintiere. Die Forscher können so also die Wanderungen von Insektenarten nicht nur beobachten, sondern auch umleiten und so zum Beispiel versuchen, die Flugroute von Heuschreckenschwärmen zu ändern. Somit kann eine Plage möglicherweise verhindert und die landwirtschaftlichen Erträge gerettet werden. Auch Schwarmvögel könnten so teilweise gesteuert werden. Dafür würden zunächst zehn Stare mit den ICARUS-Tags ausgestattet und mittels eines Buzzers, ähnlich wie bei einem Handy, trainiert werden. Ein Starenschwarm könnte so von den zehn ausgebildeten Staren möglicherweise dirigiert werden. Doch warum sollte man in die Flugpläne dieser Tiere eingreifen? Die Antwort ist simpel: um die Ernten und damit auch das Leben der Vögel zu schützen. In Südafrika fressen Blutschnabelweber ganze Landstriche kahl und zerstören somit 20 Prozent der gesamten Ernte. Dafür müssen diese Vögel mit ihrem Leben bezahlen, da ihre Brutstätten gesprengt oder vergiftet werden. Gelänge es den Wissenschaftlern, die Flugrouten dieser Tiere zu ändern, könnten diese gezielten Tötungen verhindert und gleichzeitig die Ernte für die Landwirtschaft geschützt werden.

### Small animals – service providers in the ecosystem

Small animals especially provide valuable services in the ecosystem, which greatly benefit the human race although we do not know much about them so far. In this case, both quality and quantity are important: in Europe alone, for example, around five billion small songbirds are on the move across continents. Far from just mindlessly fluttering along their routes, most small animals do an important job as gardeners as well: on their migrations, they distribute millions of seeds, thus contributing to the growth and diversity of plants. The African fruit bats are particularly proficient at scattering seeds across large areas because, being long-range flyers, they cover vast distances of 80 to 100 kilometres every night, connecting the entire continent. Small animals also feed on insects, which are increasingly invading Europe from the tropics. By doing so, they help with pest control, rendering an important service to the farming sector.

### De-routing tactics – a vision for averting pest infestation by remote control

In the future, not only their own appetite might guide small animals. By 2020, the miniaturisation of the tags will have progressed far enough to fit larger insects, such as tropical butterflies and locusts. Yet despite measuring only one square centimetre and weighing only one gramme, these tiny pieces of electronics will be able to do much more than just send signals. They may also be able to generate pulses to stimulate the animals' nerves, enabling scientists to act upon small animals via remote control. Thus, researchers will be able not only to observe the migrations of insect species but might also divert them, attempting, for example, to change the flight path of a locust swarm. In this way, a plague may be obviated and the crops saved. To some extent, the approach could also work on swarms of birds. For this purpose, an initial group of ten starlings would be fitted with ICARUS tags and trained with the aid of a buzzer, like that of a smartphone. Ten starlings trained in this way might be able to re-direct the flight route of an entire swarm. But why interfere with the flight plans of these animals? The answer is simple: to protect the crops and, by the same token, the life of the birds. In South Africa, red-billed quelea strip bare entire tracts of land, destroying 20 percent of the whole harvest. For that, the birds must pay with their lives, for their breeding places are either blown up or poisoned. Should scientists succeed in altering the flight routes of these animals, such deliberate killings might be prevented while at the same time protecting the crop.



Seit 2010 kommt der etwa 45 Gramm schwere und fünf Quadratzentimeter große Tag (l.) bereits bei größeren Tieren, wie Ziegen, Störchen und Adlern, zum Einsatz. Der nur zwei Quadratzentimeter große solarbetriebene Mini-Tag (r.) soll ab 2017 an kleinen Vögeln und anderen kleinen Tieren angebracht werden.

Weighing 45 grammes and measuring five square centimetres in size, this tag (left) is already in use, attached to larger animals such as goats, storks, and eagles. The two square centimetre solar-powered mini tag (right) will be fitted to smaller birds and other small animals from 2017 onwards.

### Medizinische Spurensuche – Verbreitung von Epidemien aufklären

Auch die Medizin profitiert von den georteten Tieren. Vogelgrippeviren zum Beispiel treten weltweit immer wieder auf. Doch wo hält sich das Virus gerade auf, wenn keine Epidemiewelle läuft und wie verbreitet es sich? Das sind zwei bislang unbeantwortete Fragen, weil wir Flugrouten und -verhalten der Wirte in Asien und Russland noch nicht kennen. Das soll sich mit ICARUS ändern. Das System sammelt Daten wie Fluggeschwindigkeit und -routen infizierter Vögel, mit denen ihre Ankunft zum Beispiel in Deutschland vorhergesagt werden kann. Implantierte Sensoren messen Herzfrequenz und Körpertemperatur und zeigen den Forschern, welche Tiere wirklich infiziert sind. Der GPS-Empfänger erfasst dann, wo sie hinfliegen. Bei Ebola stellt sich dieselbe Frage: Wo steckt der Krankheitserreger, wenn er gerade nicht als Epidemie verbreitet wird? Denn genau dort müsste er ausgerottet werden. Südafrikanische Flughunde könnten hierbei erste Hinweise liefern, da sie mit Ebola in Berührung kommen und Antikörper für dieses Virus bilden, aber die Krankheit selber nicht übertragen. Rüstet man rund tausend der Flughunde im südlichen Sambia mit physiologischen Sensoren aus, könnten die Forscher prüfen, welche Tiere auf welchen Flugrouten Antikörper gebildet haben. Steigt bei einem Flughund die Körpertemperatur an, könnte er eingefangen und untersucht werden. Die gesammelten Daten zeigen den Wissenschaftlern, wann und wo der Flughund angesteckt wurde. Bisher können die Wissenschaftler die Tiere nur lokal beobachten und Daten ermitteln – ein für diese Frage nutzloses Unterfangen, da die Flughunde nur während der Brutzeit ein bis zwei Monate an

### Searching for medical clues – explaining the spread of epidemics

Being able to track the whereabouts of animals will also benefit medicine. The bird flu virus, for example, keeps recurring worldwide. But where is it at times when no epidemic is raging, and how does it spread? We have little answers to these two questions because we do not know the flight routes and behaviour of the host animals in Asia and Russia. ICARUS will change that. The system gathers data on the flight speeds and routes of infected birds which may serve to predict their arrival in Germany, for example. Implanted sensors measure heart rates and body temperatures that show researchers which animals are actually infected, while the GPS receiver shows where they are headed. Ebola poses the same question: where does the pathogen hide when it is not spreading as an epidemic? For this is exactly where it would have to be extirpated. Initial clues might come from South African fruit bats which come into contact with Ebola and form antibodies to the virus but do not transmit the disease itself. If around one thousand fruit bats in southern Zambia were to be equipped with physiological sensors, researchers could find out which animals have formed antibodies on what flight routes. Fruit bats whose body temperature has risen could be caught and examined. From the data gathered, scientists can see when and where the bat was infected. So far, scientists have only been able to observe the animals locally – an undertaking that is useless in this context because fruit bats stay in one place only for one or two months during the breeding season. Afterwards, they move on, covering enormous distances, to countries like the Republic of Congo, for

In Banda Aceh auf Indonesien tragen Elefanten bereits Halsbänder mit Sendern, um die Wanderrouten der Tiere zu erfassen (hier ein Testsender auf einem Arbeitselefanten). Diese Tiere legen pro Tag eine Strecke von bis zu 20 Kilometern zurück. Mittels dieser Daten wird erforscht, ob diese Tiere besondere Verhaltensweisen vor Naturkatastrophen, wie Erdbeben oder Tsunamis, zeigen. Gleichzeitig werden Konflikte zwischen Elefanten und Bauern verhindert.

Elephants in Banda Aceh in Indonesia are already wearing collars with transponders to help scientists track the animals' migration routes (the picture shows a working elephant equipped with a demonstrator). In the wild, these animals cover a distance of up to 20 kilometres every day. The data is used to find out if the animals show a particular behaviour in the run-up to natural disasters such as earthquakes or tsunamis. At the same time, the data also helps avoid conflicts between elephants and farmers.



Martin Wikelski © MaxCine



shutterstock © gorkem demir



Christian Ziegler © MaxCine

Martin Wikelski lässt einen mit ICARUS-Sendern ausgestatteten südafrikanischen Flughund frei. Bei ihren nächtlichen Flugrouten legen sie in großen Schwärmen weite Strecken von 80 bis 100 Kilometern über den Kontinent zurück. Auf ihren Wanderungen erledigen sie zusätzlich einen wichtigen „Job“ als Gärtner: Sie verteilen jede Nacht hunderte Millionen von Pflanzensamen.

Martin Wikelski, releasing a tagged South African fruit bat. On their nocturnal trips in huge swarms they travel 80 to 100 kilometres across the continent. During their migration, they perform another important 'job'. Volunteering as gardeners, they drop hundreds of millions of plant seeds every night.



Christian Ziegler © MaxCine

einem Ort bleiben. Danach ziehen sie weiter und legen dabei riesige Strecken, zum Beispiel in der Republik Kongo, zurück. Dort gibt es aber kein ausreichendes Handynet im Regenwald, wodurch die Datenübertragung mit Roaming oder GSM nicht richtig funktioniert.

### Lebensretter – Tiere als Frühwarnsystem vor Naturkatastrophen

Ob Vulkanausbrüche, Erdbeben oder Tsunamis – Tiere nehmen Umweltveränderungen oft schon einige Stunden früher wahr und bringen sich rechtzeitig in Sicherheit. Auf Sizilien zeigten Ziegen vor dem Ausbruch des Ätna Fluchtbewegungen, die gemessen wurden. Doch auch noch größere Tiere reagieren sehr sensibel auf Naturereignisse. In Banda Aceh auf Indonesien wird erforscht, ob Wasserbüffel und Elefanten vor Tsunamis und Erdbeben besondere Verhaltensweisen zeigen. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass bei kleinen und großen Lebewesen die Naturkatastrophen nicht von einzelnen Tieren oder Arten, sondern im Schwarmverhalten erspürt werden. Im Labor wurde bereits die tierische Schwarmintelligenz nachgewiesen. Über Millionen von Jahren der Evolution hat sich bei ihnen ein Sensor-system und eine präzise Signalverarbeitung entwickelt, die sie gemeinsam in einer Gruppe zielsicher vor Katastrophen warnen könnte. Mit Hilfe der ICARUS-Daten soll nun erforscht werden, wie dieses Verhalten genau funktioniert und ob Tiere für ein sicheres Frühwarnsystem eingesetzt werden können.

example, where the mobile signal coverage in the forest is poor or non-existent, so that data communication by roaming or GSM is heavily impaired.

### Life savers – animals to issue disaster alerts

Whether volcanic eruptions, earthquakes, or tsunamis – animals frequently perceive environmental changes hours before the event and rush to safety in time. In Sicily, goats displayed measurable symptoms of flight before an eruption of Mount Etna. However, even bigger animals respond highly sensitively to natural events. Researchers in Banda Aceh in Indonesia are working to find out whether water buffaloes and elephants show particular behaviour patterns in the run-up to tsunamis and earthquakes. Scientists confidently assume that in creatures both big and small, natural disasters are not sensed by individual animals or single species but by swarms. That animals have swarm intelligence has already been demonstrated in laboratory tests. During millions of years of evolution, they have developed an accurate sensing and signal processing system that will unerringly warn them of disasters when together in a group. The data from ICARUS will now be used to explore exactly how this behaviour works, and whether animal data could be employed in a reliable early warning system.



Links: Martin Wikelski hat den Sender an einem Weißstorch angebracht und lässt ihn wieder frei. Mit Hilfe der Sender kann er das Zugverhalten dieser Vögel analysieren. Rechts: Auch Ozeanbewohner, hier ein Weißer Hai, sollen mit den ICARUS-Tags bestückt werden. Die Forscher möchten zudem die Wanderrouten von Fischschwärmen beobachten. Dafür werden die Fische mit mehreren Mini-Tags versehen, die unter Wasser Daten aufzeichnen und sich zu unterschiedlichen Zeitpunkten während ihrer Wanderung ablösen und zur Wasseroberfläche aufsteigen. Dort treiben die solarbetriebenen Tags und senden die archivierten Tierinformationen sowie Meeresströmungsdaten zur ISS. Damit markieren sie wichtige Punkte der Fischrouten sowie aktuelle Umweltinformationen.

Left: Martin Wikelski releases a white stork after fitting him with a tag. The transponder helps him monitor the migration behaviour of these birds. Right: Dwellers of the deep seas like this white shark will also be equipped with ICARUS tags. Also, scientists want to investigate the migration routes of entire shoals of fish. For this purpose, they fit several tags to the bodies of fish. These record data under water, become detached at different times from the fish, and rise to the surface of the water. There, the solar powered tags float and transmit the recorded animal information, along with data on ocean currents, to the ISS. By doing so, they mark key points in the migration routes of the fish as well as providing recent environmental data.

### Überfischung vermeiden – Erforschung der Ozeanbewohner

Bislang ist es für Wissenschaftler sehr schwierig, die Tierwelt in den Ozeanen zu erforschen und die Daten über Sender zu gewinnen. Sie legen dafür zu große Strecken zurück, die ohne Hilfe aus dem All nur bedingt verfolgt werden konnten. Mit ICARUS können die Forscher nun zum ersten Mal Fischschwärme beobachten. Durch spezielle Tags mit Geolokatoren sowie Sensoren zur Licht- und Beschleunigungsmessung und Wassertiefenbestimmung können Fischwanderungen, Fangmöglichkeiten und Bestände ermittelt werden. Die mit einem speziellen Kleber versehenen Tags lösen sich nach einer bestimmten Zeit von den Fischen und treiben zur Wasseroberfläche, wo sie mit Hilfe der solarbetriebenen Batterie Daten an die ISS schicken können. Die Forscher gehen davon aus, dass die Laufzeit der Tags bei größeren Ozeantieren bei mindestens zwei Jahren liegt. Mit ihnen lässt sich herausfinden, wo Fische geschützt werden müssen, um deren Bestände zu erhalten. Bislang war das nur sehr schwer möglich, weil Fischschwärme zum Beispiel von Australien über den Südpazifik nach Südamerika bis hin nach Panama wandern. Da jedes Land auf dieser Route dieselbe Fischgruppe abfängt, muss es deren Anzahl kennen, um über Fangquoten diese Tiere zu schützen und Überfischung zu vermeiden.

### Avoiding overfishing – exploring the residents of the oceans

So far, scientists have been hard put to explore the animal world in oceans and extract data with the aid of transmitters. The distances covered by marine animals are too large to be tracked constantly without help from space. Now, ICARUS will enable researchers for the first time to observe entire shoals of fish. Special tags featuring geolocators as well as sensors measuring light intensity, acceleration, and water depth will provide information on fish migrations, possible fishing resources, and stock sizes. Coated with a special adhesive, these tags will detach themselves from the fish after a certain time and float to the surface, where they will use their solar-powered batteries to send data to the ISS. Researchers believe that a tag will have a life of at least two years when attached to a relatively large marine animal. Tags will help us to find out where fish need to be put under protection to preserve stocks. So far, this has been very difficult because certain shoals of fish migrate, for example, from Australia via the South Pacific to Panama in South America. Since every country along that route catches fish from the same shoal, their number must be known so that fishing quotas can be put in place to protect the animals and avoid overfishing.



Die Forscher erhoffen sich, in Zukunft Vogelschwärme, wie die der nordamerikanischen Dachsammer (Bild), der Stare oder des südafrikanischen Blutschnabelwebers, der häufigsten Vogelart der Welt (1.5 Milliarden Individuen), mit Hilfe von speziellen miniaturisierten Tags zu erforschen.

Scientists hope mini tags will enable them in the future to investigate the routes of migratory birds such as the North American white-crowned sparrow, the starling, or the South African red-billed quelea, the world's most common bird species (1.5 billion individuals).

### Weitere ICARUS-Anwendungen

#### Naturschutz

Wissenschaftler versprechen sich von ICARUS, neue Erkenntnisse zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen zu gewinnen. Mit Hilfe der global gesammelten Daten können Rückschlüsse auf die Populationsgrößen von Tieren gezogen werden. Wenn etwa ihre Bewegungsmuster bekannt sind, können sie präziser gezählt werden. Auch die Todesursache der Tiere lässt sich besser bestimmen. Denn seit den letzten 30 Jahren hat sich die Anzahl der Singvögel in Europa um etwa 421 Millionen Individuen verringert. Jedes Jahr fliegen rund drei bis fünf Milliarden Zugvögel von Europa nach Afrika, wobei etwa die Hälfte von ihnen stirbt. Die Forscher verstehen aber noch nicht, wo diese Tiere von der Landkarte verschwinden.

#### Klimawandel

Baummessensensoren sollen erstmals präzise die Biomasse und damit den Kohlenstoffdioxidumsatz der Wälder bestimmen. Bänder werden um Bäume geschnallt, um Wachstumsveränderungen zu messen. Diese Bänder könnten mit einem Solarmodul, das auf dem Kronendach des Baums befestigt wird, Strom gewinnen. Auf Basis von weiterentwickelten ICARUS-Tiersendern können über Funk die gesammelten Daten übertragen werden. Wissenschaftler gehen davon aus, dass mit Hilfe von Minisendern auch das Schmelzen der Gletscher gemessen werden kann, weil sie klein genug sind, um nicht lokal das Gletschereis in der Sonne zu schmelzen und damit das Messergebnis zu verfälschen.

#### Verkehr

Bahnwaggons könnten mit speziellen Tags versehen werden, um gestohlene Wagen wiederzufinden. Jährlich werden rund hunderttausend dieser Waggons in abgelegene Gebiete gefahren, wo sie nicht über Handynetze geortet werden können. Auf Abstellgleisen werden sie meist verschrottet, denn die Diebe wollen das Eisen gewinnen und weiterverkaufen. Die ICARUS-Tags könnten diesen Millionenschaden pro Jahr verringern. Zudem könnten Schiffscontainer mit ihnen ausgestattet werden. Geht ein Container verloren, wird der Tag eingeschaltet – ein günstiges und gleichzeitig redundantes System, um verlorene Container wiederzufinden.

### Further ICARUS applications

#### Conservation

Scientists hope that ICARUS will assist them in making new discoveries relating to the protection of our natural resources. Data gathered worldwide will permit drawing conclusions regarding the size of animal populations. Once we know the animals' movement patterns, species counts will become far more accurate. Causes of death, too, will be easier to determine, for in the last 30 years, the number of songbirds in Europe has dwindled by about 421 million individuals. Every year, around three to five million migratory birds fly from Europe to Africa, of which about half die on the journey. However, researchers do not yet know where these animals vanish from the map.

#### Climate change

For the first time, measuring sensors attached to trees will determine precisely the biomass and thus the carbon dioxide turnover of forests. Tapes are strapped around trees to measure growth changes. Such a tape could draw the necessary power from a solar module attached to the canopy of the tree. The data gathered may be communicated by transmitters developed from ICARUS animal tags. Scientists assume that micro-transmitters may also be used to measure the melt rate of glaciers because they are small enough not to cause the ice to melt locally in the sun and thus distort the measurement results.

#### Transport

Railway waggons might be fitted with special tags so that stolen waggons can be retrieved. Every year, around one hundred thousand of these vehicles are conveyed to out-of-the-way areas where they cannot be located by mobile phone networks. Parked on sidings, they are scrapped, for the thieves want to extract and sell the iron they contain. ICARUS tags might mitigate the million-euro damage thus caused every year. Furthermore, shipping containers might be equipped with tags as well. If a container is lost, the tag is switched on – a cost-efficient as well as redundant system for recovering lost containers.

# Auf Spurensuche

ExoMars 2016 „fahndet“ nach  
Lebenszeichen auf dem Roten Planeten

Von Dr. Oliver Angerer und Martin Fleischmann

Gibt oder gab es Leben auf dem Mars? Die zweigeteilte europäisch-russische Mission ExoMars soll diese Frage beantworten. Am 14. März 2016 um 10.31 Uhr Mitteleuropäischer Zeit (MEZ) ist der erste Teil vom russischen Kosmodrom Baikonur zu unserem Nachbarplaneten aufgebrochen. An Bord der Proton-Rakete sind der Trace Gas Orbiter (TGO) und der Landedemonstrator Schiaparelli (Entry, descent and landing Demonstrator Module EDM) untergebracht. Im Jahr 2020 soll dann die Folgemission einen Rover auf der Oberfläche des Roten Planeten absetzen. ExoMars entstand ursprünglich im Rahmen des im Jahr 2001 beschlossenen ESA-Programms Aurora – die erste europäische Flaggschiffmission als Teil einer 25 bis 30 Jahre in die Zukunft reichenden Explorationsvision, die mit bemannten Missionen zum Mars enden sollte. Doch im weiteren Verlauf wurden viele Optionen studiert und die Nutzlast vielen Verschiebungen unterworfen. 2009 wurde – auch aus finanziellen Gründen – ExoMars in ein kooperatives Programm mit der NASA überführt. Als diese sich 2012 nach Budgetkürzungen größtenteils zurückziehen musste, sprang Roskosmos ein und die aktuelle Marsmissionsplanung entstand. Trotz der schweren Geburt ist ExoMars aber dennoch ein Meilenstein für Wissenschaft, Technik und die Erforschung unseres Sonnensystems.

## Looking for clues

ExoMars 2016 to hunt for traces of life on the Red Planet

By Dr Oliver Angerer and Martin Fleischmann

Is there or was there life on Mars? A two-part European-Russian mission, ExoMars, is to find an answer to that question. At 10.31 CET on March 14, 2016, the first part of the mission took off on its journey to our neighbour planet from the Russian spaceport Baikonur. Carried on board the Proton rocket were the Trace Gas Orbiter (TGO) and Schiaparelli, the Entry, descent and landing Demonstrator Module (EDM). On the second leg of the mission, slated for launch in 2020, a rover will be deployed on the surface of the Red Planet. The original idea for ExoMars emerged in an ESA programme, Aurora, adopted in 2001. It was to be Europe's first flagship mission under a visionary exploration programme, which was planned to last 25 to 30 years and culminate in a series of crewed missions to Mars. Over time, numerous options were considered and the payloads had to undergo a series of reviews. In 2009, ExoMars was, for several reasons including financial ones, converted into a cooperation project with NASA. When budget constraints forced NASA to quit the programme for the most part, Roskosmos stepped into the breach, and plans for the current Mars mission began to take shape. Despite its initial birth pains, ExoMars is a milestone for science, technology, and the exploration of our Solar System.



Autoren: **Dr. Oliver Angerer** kennt sich mit fremden Welten aus. Als Gruppenleiter für Exploration beim DLR Raumfahrtmanagement kümmert er sich um die ExoMars-Missionen und hofft, Lebenszeichen auf dem Roten Planeten zu finden. **Martin Fleischmann** betreut als Chefredakteur die Inhalte und das Layout des Newsletters COUNTDOWN.

Authors: **Dr Oliver Angerer** is an expert on extraterrestrial worlds. As leader of the DLR Space Administration's exploration group he is following for the ExoMars missions and looks forward to finding traces of extraterrestrial life on the Red Planet. **Martin Fleischmann** is the editor in chief for the content and layout of the COUNTDOWN newsletter.

## Reise zum Roten Planeten

Nach dem Start, dem Ausbreiten der Solarpanels und dem Ausklappen der Kommunikationsantenne fliegen TGO und Schiaparelli gemeinsam rund sieben Monate durch den interplanetaren Raum in Richtung Roter Planet. Drei Tage vor ihrem Eintreffen wird Schiaparelli von TGO abgetrennt, bevor dieser dann in einen Orbit 400 Kilometer über der Marsoberfläche einschwenken wird. Schiaparelli wird zunächst im Tiefschlaf weiterfliegen, bis er einige Stunden vor seinem Eintritt in die Atmosphäre wieder aufgeweckt wird. Bei ihrem Eintritt wird die Landekapsel durch die Reibung von circa 21.000 auf rund 1.650 Stundenkilometer abgebremst. Ihr Hitzeschild schützt sie dabei vor dem Verglühen, denn beim Bremsvorgang entstehen dort extreme Temperaturen. Ein Fallschirm verlangsamt die Sonde weiter, bis er in einer Höhe von etwas mehr als einem Kilometer abgestoßen wird. Für den letzten Geschwindigkeitsverlust sorgen Bremsstrahlwerke. Zwei Meter über der Oberfläche werden diese dann abgeschaltet und Schiaparelli wird die restliche Strecke fallen – ein Landetest für die Folgemission ExoMars 2020.

## Heading for the Red Planet

Following the launch, and the unfolding of the solar panels and the radio antenna, TGO and Schiaparelli together embark on a seven-month journey through interplanetary space to the Red Planet. Three days prior to their arrival, Schiaparelli is to separate from TGO just before the latter swings into its orbit 400 kilometres over the surface of Mars. Still in deep sleep, Schiaparelli will continue its flight for a bit, until it is woken up by the engineers a few hours before its entry into the atmosphere. Atmospheric friction will reduce the speed of the lander from about 21,000 to about 1650 kilometres per hour, with its heat shield keeping it from burning up in the extreme temperatures brought on by the deceleration process. A parachute unfolds and further reduces the capsule's speed and is eventually discarded at an altitude of a little over one kilometre. The final deceleration will be carried out by retro-rockets. Two metres above ground, these will be switched off and Schiaparelli will drop to the ground. This manoeuvre is intended as a test landing for the follow-up mission, ExoMars 2020.

Die Raumfahrzeuge der ExoMars 2016-Mission – der Trace Gas Orbiter und die Landesonde Schiaparelli – werden über den konischen Adapter auf die wiederzündbare Breeze-Oberstufe montiert. Danach wird dieser Verbund in eine horizontale Lage gedreht, um in dieser Position liegend mit der Proton-Rakete zusammengefügt zu werden. Auch TGO und Schiaparelli werden liegend in die Nutzlastverkleidung eingeschlossen.

The ExoMars 2016 spacecraft consisting of the trace gas orbiter and the Schiaparelli lander are fitted to the re-ignitable Breeze upper stage using a conical payload adapter. The assembly is subsequently brought into a horizontal position to be married to the Proton launch vehicle. TGO and Schiaparelli, too, are assembled under the payload fairing in a horizontal position.



Am 14. März 2016 ist die ExoMars-2016-Mission der Europäischen Weltraumagentur ESA und der russischen Raumfahrtbehörde Roskosmos an Bord einer Proton-Rakete vom russischen Kosmodrom Baikonur zu unserem Nachbarplaneten aufgebrochen.

On March 14, 2016, the ExoMars 2016 mission of the European Space Agency, ESA, and the Russian Federal Space Agency, Roskosmos, lifted off on a Proton launcher from the Russian Cosmodrome in Baikonur, headed for Earth's neighbouring planet.

### Schiaparelli – Landesonde mit DLR-Sensoren und Wetterstation

Denn auf dem Mars zu landen, ist immer noch eine große Herausforderung. Schiaparelli wird verschiedene Technologien untersuchen, die dem Rover der ExoMars 2020-Mission zur sicheren Landung verhelfen sollen: Materialien für den Hitzeschutz, einen Fallschirm, einen Radar-Höhenmesser sowie ein Triebwerkssystem für die letzte Landephase. Während des Fluges durch die Atmosphäre messen die vier COMARS+-Sensoren (COMBined AeroThermal and Radiometer Sensor), die vom DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik in Köln entwickelt wurden, kontinuierlich den Wärmefluss, die Gasstrahlung, den Druck und die Oberflächentemperatur am hinteren Hitzeschutzschild. Diese wertvollen Flugdaten werden bei der Verbesserung zukünftiger Landekapseln und der Rekonstruktion der Atmosphärenparameter entlang der Flugbahn eine entscheidende Rolle spielen. Die gesammelten Daten werden in Köln ausgewertet. Nach seiner Landung ist Schiaparelli nur wenige Tage auf der Oberfläche des Roten Planeten aktiv. In dieser Zeit werden hauptsächlich die während des Landeanflugs gesammelten Daten übermittelt. Da sich die Forscher allerdings auch für das Klima unseres Nachbarplaneten interessieren, ist auf Schiaparelli eine „Wetterstation“ installiert. Das DREAMS-Paket (Dust Characterisation, Risk Assessment and Environment Analyser on the Martian Surface) misst zum Beispiel Windgeschwindigkeit, Feuchtigkeit, Druck etc. auf der Oberfläche des Roten Planeten und liefert den Wissenschaftlern einen „Mars-Wetterbericht“. Insbesondere weil Schiaparelli erstmals während der Staubsturmzeit des Mars durch seine Atmosphäre fliegt, werden die gesammelten Daten für alle zukünftigen Missionen extrem wertvoll sein.

### Trace Gas Orbiter – Sonde auf der Suche nach Spurengasen

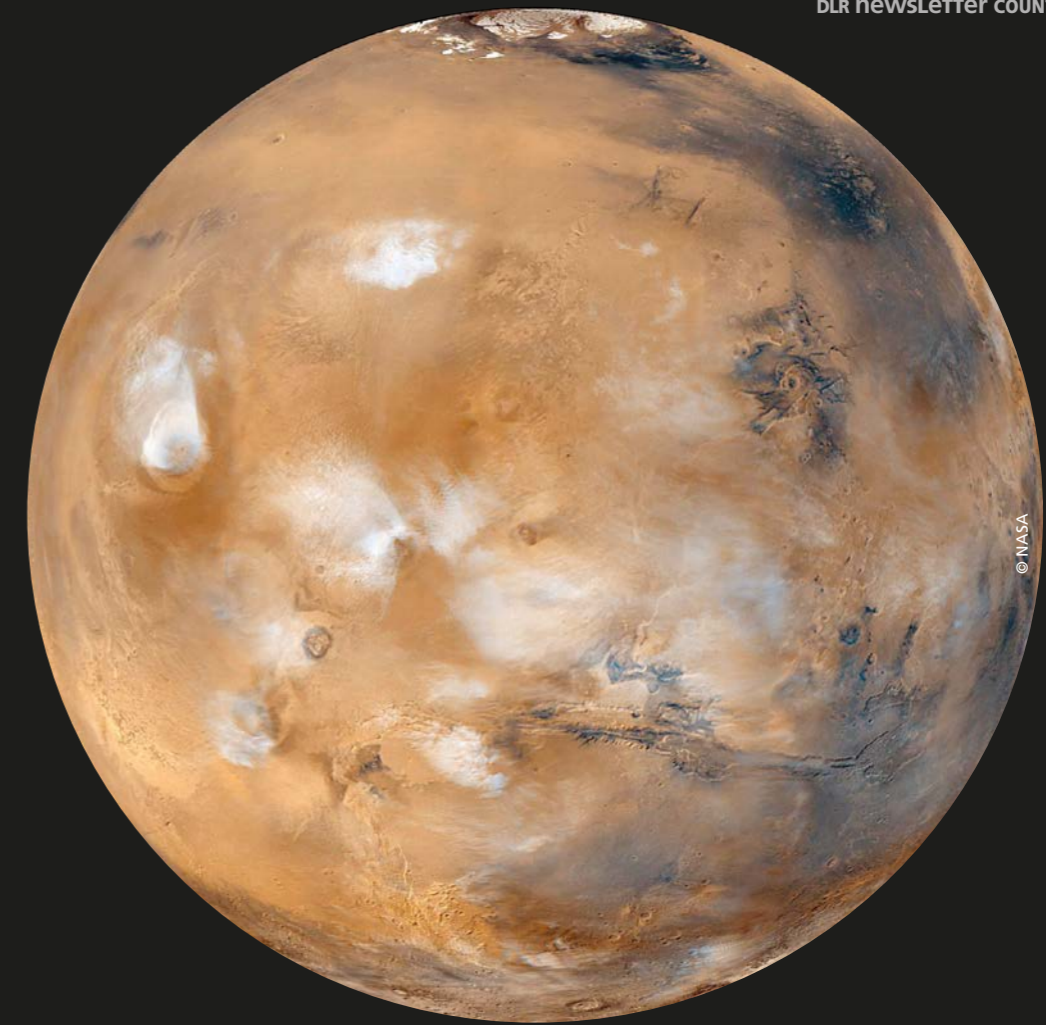
Während Schiaparelli auf der Marsoberfläche Daten sammelt, steuert der Trace Gas Orbiter seine Zielbahn in rund 400 Kilometer Höhe an, um von dort die Atmosphäre des Roten Planeten mit seinen vier Instrumenten zu untersuchen. Dabei ist für die Forscher vor allem Methan interessant. Dieses Spurengas kann

### Schiaparelli – a lander equipped with DLR sensors and a weather station

Landing on Mars is still a big challenge. Schiaparelli will evaluate a range of different technologies that might help the ExoMars 2020 rover make a safe landing. It will be validating thermal protection materials, a parachute, a radar altimeter as well as a booster system to control the final phase of the landing. On its descent through the atmosphere, four COMARS+ sensors (COMBined AeroThermal and Radiometer Sensor) developed by the Cologne-based DLR Institute of Aerodynamics and Flow Technology continuously measure heat flux, gas radiation, pressure, and surface temperature at the rear heat shield. Captured during the module's flight, this valuable body of data will be used to improve the design of future landers and play a decisive role in the reconstruction of the atmospheric parameters along the flight path. The data thus collected will be evaluated in Cologne. After its landing, Schiaparelli remains active on the surface of the Red Planet only for a few days. It will spend most of that time transmitting the data collected during its descent to Earth. The other area the scientists are interested in is our neighbour planet's climate, which is why Schiaparelli also carries on board a 'weather station'. Called the DREAMS package (Dust Characterisation, Risk Assessment and Environment Analyser on the Martian Surface) the system measures parameters such as wind velocity, humidity, pressure and delivers a Martian 'weather report'. The data gathered will be invaluable for future missions, given that Schiaparelli is the first lander to travel through the Martian atmosphere at the time of the dust storm season.

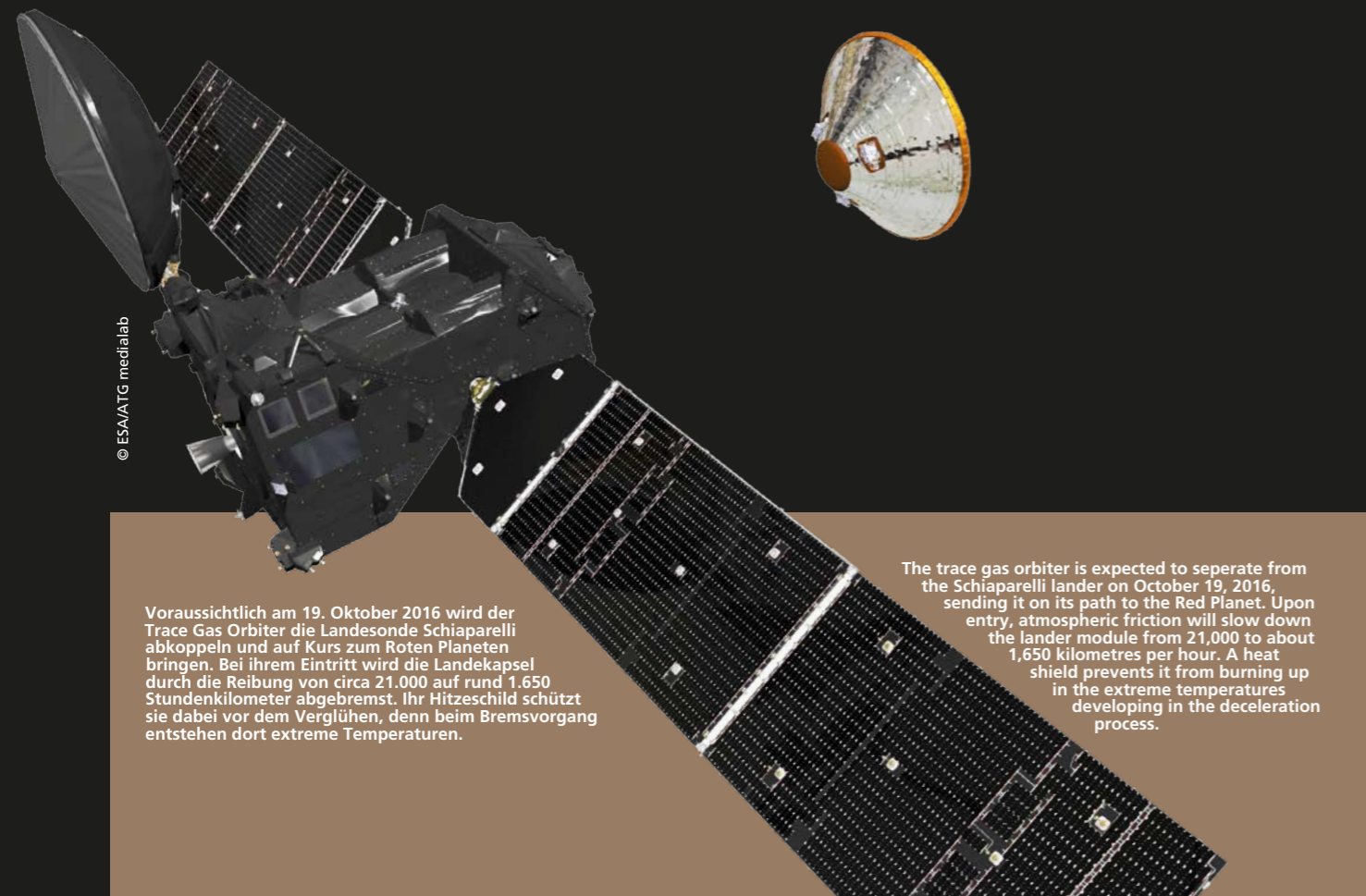
### Trace Gas Orbiter – spacecraft searching for trace gases

While Schiaparelli proceeds with its job collecting data on the surface, the trace gas orbiter heads on to its 400 kilometre-high target orbit from where it will scrutinize the Red Planet's atmosphere using its four instruments, with methane being the substance the scientists are most interested in. A key trace gas, methane can form either from geologic processes or from biological processes, which would be a clue to the existence of life. TGO is now to investigate where the gas originates. For that



durch geologische oder aber durch biologische Prozesse entstehen und damit möglicherweise Hinweise auf Leben geben. TGO soll nun die Quellen aufspüren. Dafür wird das Nadir and Occultation for Mars Discovery (NOMAD)-Instrument mit zwei Infrarot- und einem Ultravioletspektrometer genau die Bestandteile der Marsatmosphäre messen. Die Atmospheric Chemistry Suite (ACS) vervollständigt mit drei weiteren Infrarotspektrometern das Messspektrum von NOMAD, während der Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FRIEND) die Wasserstoffvorkommen des Roten Planeten bis zu einem Meter Tiefe vermessen wird. Das Colour and Stereo Surface Imaging System (CaSSIS) wird hochauflösende Farb- und Stereoaufnahmen der Marsoberfläche liefern. Zudem wird CaSSIS einzelne 3D-Stereoaufnahmen von lokal interessanten Gebieten – zum Beispiel in potenziellen Quellregionen von Spurengasen – erstellen und somit NOMAD und ACS unterstützen. Wenn NOMAD erhöhte Spurengas-Konzentrationen findet, werden Mitarbeiter des DLR-Instituts für Planetenforschung in Berlin gemeinsam mit einem internationalen Forscherteam Aufnahmen derselben Region mit CaSSIS nach Hinweisen auf geologische Aktivität untersuchen. Wenn dort beispielsweise Anzeichen für Vulkanismus zu erkennen sind, weist das auf eine geologische Bildung von Methan hin.

purpose, the Nadir and Occultation for Mars Discovery (NOMAD) instrument, which uses two infrared spectrometers and one ultraviolet one will precisely measure what the Martian atmosphere is made up of. An instrument called Atmospheric Chemistry Suite (ACS) completes NOMAD's measurement spectrum. It consists of a further three infrared spectrometers. At the same time, the Fine Resolution Epithermal Neutron Detector (FRIEND) measures the Red Planet's hydrogen down to a metre's depth into the Martian regolith. The orbiter's Colour and Stereo Surface Imaging System (CaSSIS) will be supplying high-resolution colour and stereo images of the surface. Additionally, CaSSIS will support the work of NOMAD and ACS by generating individual 3D images of especially interesting locations – such as the sites of potential trace gas sources. Whenever NOMAD spots elevated trace gas concentrations, staff at the DLR Institute of Planetary Research in Berlin together with an international research team will study CaSSIS images of the region concerned, searching for indications of geologic activity. If there are any indications of volcanism in the area, this can be taken as an indicator for geology-related methane formation.



Voraussichtlich am 19. Oktober 2016 wird der Trace Gas Orbiter die Landesonde Schiaparelli abkoppeln und auf Kurs zum Roten Planeten bringen. Bei ihrem Eintritt wird die Landekapsel durch die Reibung von circa 21.000 auf rund 1.650 Stundenkilometer abgebremst. Ihr Hitzeschild schützt sie dabei vor dem Verglühen, denn beim Bremsvorgang entstehen dort extreme Temperaturen.

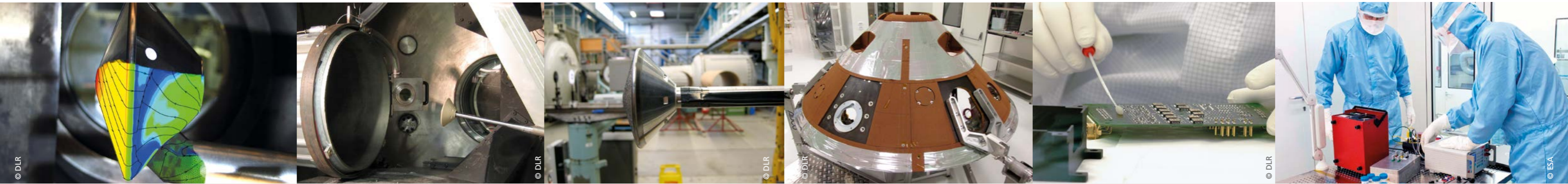
The trace gas orbiter is expected to separate from the Schiaparelli lander on October 19, 2016, sending it on its path to the Red Planet. Upon entry, atmospheric friction will slow down the lander module from 21,000 to about 1,650 kilometres per hour. A heat shield prevents it from burning up in the extreme temperatures developing in the deceleration process.

### Warum ist der Mars interessant?

Die geologischen Strukturen unseres „Nachbarn“ deuten darauf hin, dass er in seiner Geschichte eine viel dichtere Atmosphäre hatte, die flüssiges Wasser in stabilen Reservoiren auf der Oberfläche zuließ. Darin könnten sich einfache Lebensformen gebildet haben. Fossile Spuren oder in geschützten Bereichen vielleicht sogar noch Überlebende dieser Organismen könnten dabei helfen, Antworten auf die grundlegende Frage zu finden, ob wir allein im Universum sind. Doch was hat den Mars verändert und zu dem lebensfeindlichen Roten Planeten gemacht, den wir heute kennen? Könnte dieses Schicksal auch der Erde drohen? Wenn wir die Entwicklung des Mars verstehen, könnten sich diese Daten dann auf ein Modell der Zukunft der Erde übertragen.

### What makes Mars just so interesting?

Our 'next-door neighbour's' geologic structures tell us that Mars had a much denser atmosphere at some point in its history, which permitted liquid water to exist in stable reservoirs on its surface. In these, simple life forms may have evolved. Fossil traces or, in some well-shielded places, even surviving organisms could help us find the answer to the fundamental question of whether we are alone in the universe, or, indeed, not. But what has caused Mars to become the hostile Red Planet we know today? Could a similar fate be in the offing for Earth? Understanding the development of Mars will deliver data that might be used in modelling the future of our own planet.



ExoMars-Landekapsel in DLR-Windkanälen: Die Experimente im Auftrag der ESA werden im Hochenthalpiekanal Göttingen (l.), im Hyperschall-(M.) sowie im trisonischen Windkanal (r.; beide am Standort Köln) durchgeführt, um den Eintritt in und den Flug durch die Marsatmosphäre zu simulieren. Dabei werden die Temperaturen und die aerodynamische Stabilität der Kapsel untersucht. Beide Faktoren spielen für die sichere Landung von Schiaparelli eine entscheidende Rolle.

Testing the ExoMars lander in DLR's wind tunnels: Commissioned by ESA, these experiments are carried out at the high-enthalpy wind tunnel in Göttingen (left), the hypersonic wind tunnel (middle) and the trisonic wind tunnel (right; both situated at DLR's Cologne facilities) to simulate the entry into and descent through the Martian atmosphere. During the experiments, the engineers monitor the temperatures and the capsule's aerodynamic stability. Both factors play a critical role for Schiaparelli's safe landing.

Auf Schiaparelli sind vier Messsensoren des DLR untergebracht. Die drei COMARS-Sensoren auf dem hinteren Hitzeschutzschild (kleine, weiße, kreisförmige Sensoren in einer Reihe von oben nach unten in der Mitte des linken Bildes) messen kontinuierlich den Wärmefluss, die Temperatur und den Druck an verschiedenen Stellen des Raumfahrzeugs während des Eintritts in die Marsatmosphäre. Zusätzlich misst der vierte Sensor (kleiner kreisförmiger Sensor in der Mitte unten zwischen der silberfarbigen Folie) den Strahlungswärmefluss des angeregten Kohlenstoffs und Kohlenstoffdioxids hinter dem Bugstoß. Von allen Sensoren wurden Proben zur Bioburdenbestimmung entnommen (M.). Im ESTEC Life, Physical Sciences and Microgravity Laboratory prüfen Techniker die COMARS+ Sensoren und folgen dabei den strikten Planetary Protection Prozeduren. Danach sind sie in das Hitzeschild integriert worden.

Schiaparelli is equipped with four DLR sensors. The three COMARS sensors on the rear heat shield (small white circular sensors aligned vertically in the centre of the picture on the left) continuously measure heat flux, temperature and pressure at various parts of the vehicle during entry into the Martian atmosphere. Additionally, a fourth sensor (small circular shape visible at the centre of the lower rim in the gap between the two pieces of metallic film) measures the radiation heat transfer in the carbon and carbon dioxide behind the bow shock wave, which are in an electronically excited state. Samples were taken from all four sensors for bioburden screening (centre). Technicians in ESTEC's Life, Physical Sciences and Microgravity Laboratory follow strict Planetary Protection procedures as they prepare the COMARS+ temperature sensors to be put into storage afterwards they has been integrated into the heat shield of ExoMars 2016's Schiaparelli lander.

#### Vor dem Start – Dekontamination, Landeplatzsuche, Windkanaltests

Die Suche nach Spuren von Leben auf dem Mars ist das zentrale Ziel der ExoMars-Missionen. Doch dafür dürfen keine biologischen Spuren von der Erde ins mögliche „Ökosystem Mars“ eingeschleppt werden. Sollten Mikroorganismen von der Erde zum Mars gelangen, so könnte das die Messergebnisse bei ExoMars 2020 und weiteren Missionen in der Zukunft verfälschen. Um das zu verhindern, haben Mitarbeiter des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin alle Kontrollmessungen für die Planetary Protection-Maßnahmen der ESA durchgeführt. An Bord der drei Antonow-Transportmaschinen, die im Dezember 2015 die ExoMars 2016-Hardware nach Baikonur flogen, war auch ein Labor dabei. Mit diesem haben die Kölner Astrobiologen bei der finalen Integration vor Ort letzte Kontrolluntersuchungen vorgenommen, um eine Rekontamination ausschließen zu können. Zuvor hatten sie auch den Reinraum des für die ExoMars-Mission verantwortlichen Prime Contractors Thales Alenia Space in Turin sowie weitere Reinräume, in denen ExoMars-Instrumente zusammengebaut wurden, getestet.

Auch das DLR-Institut für Planetenforschung hat geholfen: Digitale Höhenmodelle wurden aus den Daten und Bildern der High Resolution Stereo Camera (HRSC) auf der europäischen Sonde Mars Express berechnet. Die dadurch mögliche Analyse der Hangneigungen innerhalb der Landeellipse half einem italienischen Wissenschaftsteam, den besten Landeplatz für den Landedemonstrator Schiaparelli zu finden.

Um Schiaparelli sicher auf der Oberfläche des Roten Planeten abzusetzen, hatte das DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik umfangreiche Experimente in verschiedenen

#### Before the launch – decontamination, landing site selection, wind tunnel tests

The search for traces of life on Mars is the key objective of the ExoMars missions. But to get a definite answer, under no circumstances must any biological material from Earth be allowed to invade a possible 'Martian Ecosystem'. Should any microbes from Earth accidentally make it to Mars, this could distort the results of ExoMars 2020 as well as other missions in the future. To prevent that from happening, staff members of the DLR Institute of Aerospace Medicine have carried out all the control measurements required under ESA's planetary protection principles. The three Antonov cargo planes that carried the ExoMars 2016 hardware to Baikonur in December also carried on board a laboratory, in which the astrobiologists from Cologne conducted a final check prior to integration to rule out any re-contamination. They had previously also tested the clean room at Thales Alenia Space in Turin, prime contractors for the ExoMars mission, as well as several other clean room facilities in which the ExoMars instruments had been assembled.

The DLR Institute of Planetary Research, too, did its bit. Drawing on data and images from the High Resolution Stereo Camera (HRSC) on Europe's Mars Express spacecraft, its scientists produced a number of digital elevation models. This made it possible to compute the inclinations of the terrain within the elliptical landing zone, thus helping the Italian scientists locate the best possible landing site for the Schiaparelli landing demonstrator.

Windkanälen an den Standorten Köln und Göttingen sowie Computersimulationen in Braunschweig durchgeführt. Denn die Atmosphäre des Roten Planeten unterscheidet sich von der der Erde erheblich. Eine andere Gaszusammensetzung, geringere Dichte und mehr Staubpartikel beeinflussen die aerodynamische Stabilität, aerothermale Aufheizung und Erosion des Hitzeschutzsystems beim Flug durch die Marsatmosphäre deutlich. Am DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik wurde im lichtbogenbeheizten Windkanal in Köln der Einfluss der Staubpartikel auf das Erosionsverhalten des Hitzeschutzmaterials der Landekapsel untersucht. Im Hyperschallwindkanal wurde der Einfluss von Oberflächenrauigkeiten auf die Wärmeverteilung und darüber hinaus der Einfluss von Strömungsablösungen auf der Rückseite der Landekapsel analysiert. Die Daten von umfangreichen Experimenten zur aerodynamischen Stabilität der Kapsel im trisonischen Windkanal spielen für die sichere Landung von Schiaparelli eine entscheidende Rolle. Am DLR-Standort Göttingen/Braunschweig wurde der Flug durch die Marsatmosphäre im Hochenthalpiekanal wie auch durch numerische Berechnungen mit einem speziellen DLR-Verfahren simuliert, um den Einfluss chemischer Reaktionen wie der Gaszusammensetzung auf die Aerodynamik und den Wärmefluss zu erforschen.

To set down Schiaparelli safely on the surface of the Red Planet, DLR's Institute of Aerodynamics and Flow Technology had previously conducted a series of experiments in various wind tunnels in Cologne and Goettingen as well as carrying out computer simulations at its Braunschweig site. For the Red Planet's atmosphere differs widely from that of Planet Earth. Its different composition of gases, lower density, and greater concentration of dust particles massively influence its aerodynamic stability, aerothermal heating and the degree of abrasion endured by the lander's heat shield unit during its flight through the Martian atmosphere. In an arc-heated wind tunnel, scientists at the Cologne site of the DLR Institute of Aerodynamics and Flow Technology studied the influence of dust particles on the erosion stability of the lander's heat shield material. Additionally, in a hypersonic wind tunnel, scientists studied how surface roughness affects heat distribution, and also analysed the impact of flow separation on the rear side of the lander. Large datasets from studies of the capsule's aerodynamic stability in a trisonic wind tunnel are of crucial importance for Schiaparelli's landing. At the institute's two facilities in Goettingen and Braunschweig, scientists simulated Schiaparelli's flight through the Martian atmosphere both in the high-enthalpy wind tunnel and by numerical modelling, using a special method developed by DLR to study the influence of chemical reactions and gas composition on aerodynamics and heat flow.



Die Proton-Rakete, die die ExoMars 2016-Mission auf den Weg in Richtung Roter Planet gebracht hat, wurde drei Tage vor dem Start mit einem Zug zu ihrem Startplatz am Kosmodrom Baikonur transportiert.

The Proton launch vehicle that has put the ExoMars mission on course to the Red Planet was transported by train to the launch site at the Baikonur Cosmodrome three days ahead of the launch.



## Blue Dot bleibt

Die Mission von Alexander Gerst brachte mehr als nur „schöne Bilder“

Von Volker Schmid und Martin Fleischmann

Als Alexander Gerst am 28. Mai 2014 zu seiner Blue Dot-Mission auf der Internationalen Raumstation ISS aufbrach, war er seit acht Jahren wieder der erste Deutsche im All – und er hat uns alle auf seine Reise mitgenommen. Schickte er doch unermüdlich in jeder freien Minute Bilder zur Erde, die die Schönheit, aber auch die Verletzlichkeit unseres Heimatplaneten vor Augen führten. Zudem twitterte er über seine Weltraumforschung – mehr als 100 Experimente in einem halben Jahr – und ließ uns daran teilhaben, wie er die Raumstation in Schuss hielt. Die Bilder von seinem Weltraumausstieg gingen um die ganze Welt. Insgesamt wurde die Mission weltweit von Medien begleitet: Alexander Gerst lieferte Berichtsanlässe für alle wesentlichen Medienkanäle und erzeugte hohe Reichweiten mit einer breiten regionalen Verbreitung. Während der gesamten Mission hatte auch das DLR seine Gesamtreichweite vergrößert: Es wurde in Veröffentlichungen im Zusammenhang mit Alexander Gerst insgesamt 13,7 Milliarden Mal genannt. Nun wird voraussichtlich im Jahr 2018 ein weiterer deutscher Astronaut zur ISS aufbrechen.

### Blue Dot remains

The mission of Alexander Gerst was about much more than producing 'stunning pictures'

By Volker Schmid and Martin Fleischmann

When Alexander Gerst set out for his Blue Dot mission on the International Space Station (ISS) on May 28, 2014, he was the first German to go to space in eight years – and he took all of us along on his journey. He never tired of sending photos to Earth whenever he had a minute to spare, photos that showed both the beauty and the vulnerability of our home planet. He also sent tweets about his space research – more than 100 experiments in the space of six months – and shared with us how he kept the space station up to scratch. The images showing his spacewalk went around the globe. The entire mission received worldwide media coverage: Alexander Gerst provided all major media channels with content to publish, which enjoyed a wide reach and regional spread. During the mission, DLR also enlarged its own 'brand awareness': its name, along with that of Alexander Gerst, appeared in publications 13.7 billion times. The next German astronaut to work on the ISS will probably take off in 2018.

Fast 200.000 Fans folgten Alexander Gerst auf Twitter und haben seine Bilder bestaunt, die er mit den Online-Nachrichtendiensten zur Erde geschickt hat.

Nearly 200,000 fans followed Alexander Gerst on Twitter and enjoyed looking at the stunning pictures he sent to Earth through social media.



Autoren: **Volker Schmid** war Missionsmanager für die Blue Dot-Mission von Alexander Gerst beim DLR Raumfahrtmanagement. Er hat damals die Mission intensiv begleitet und den Start des elften deutschen Astronauten vom kasachischen Kosmodrom Baikonur aus live miterlebt. **Martin Fleischmann** betreut als Chefredakteur die Inhalte und das Layout des Newsletters COUNTDOWN.

Authors: **Volker Schmid** is Alexander Gerst's Blue Dot mission manager at the DLR Space Administration. He had been attending to the mission on a daily basis and was at the Baikonur cosmodrome to witness the launch of Germany's eleventh astronaut personally. **Martin Fleischmann** is the editor in chief for the content and layout of the COUNTDOWN newsletter.

Blue Dot hat viel mehr als nur schöne Bilder eingebracht. Das zeigen die eindrucksvollen Ergebnisse der Experimente. Viele der Versuche – wie zum Beispiel in den Bereichen Lebenswissenschaften oder Astrophysik – können nur auf der ISS durchgeführt werden, da man diese Bedingungen in keinem Labor auf der Erde in entsprechender Zeit und Dauer erzeugen kann. Einige Messungen wurden weltweit zum ersten Mal durchgeführt – zum Beispiel die Wechselwirkung zwischen variablen elektrischen Leitern mit dem Erdmagnetfeld bei hoher Geschwindigkeit. Neuartige, unter anderem durch Weltraumforschung entwickelte Turbinenschaufeln werden heute in modernen Airbus-Flugzeugen eingesetzt. Therapien und Medikamente für Osteoporose basieren auf jahrelangen Versuchsreihen und Auswertungen auch auf der ISS.

Dass diese nicht immer viel Geld kosten müssen, beweisen auch zwei kommerziell motivierte Experimente: Alexander Gerst hat zum einen innovative und hochfunktionale Textilien für Menschen im Weltraum und auf der Erde und zum anderen moderne Funkübertragungsmethoden, die Sensordaten des Columbus-Labors übermitteln, getestet. Solche Versuche bringen kritische Technologien schnell und ohne großes Risiko entscheidend voran. Die Blue Dot-Experimente liefern somit einen einzigartigen Wissensschatz für Deutschland, der unsere Zukunft in guter Weise mitgestalten kann. Forschung auf der ISS ist alternativlos. Somit sind für die kommenden Missionen ebenfalls hoch spannende und innovative Experimente zu erwarten. Umgerechnet kostet das Engagement auf der ISS den Bundesbürger eine Tasse Kaffee pro Jahr. Das sollte uns die Zukunft wert sein.

Blue Dot was about much more than producing stunning pictures. The results of the experiments were equally impressive. Many of these – in the fields of life sciences and astrophysics, for example – can only be run on the ISS because there is no laboratory on Earth capable of generating the same conditions within and for the time required. Some measurements such as those addressing the interaction between variable electrical conductors and the terrestrial magnetic field at high velocities were carried out for the first time ever. Today, modern Airbus aircraft are equipped with innovative turbine blades that were partially developed in space. The treatment of and medicines for osteoporosis are based on years of experiments and evaluations partly performed on the ISS.

That this does not necessarily involve a great cost is shown by two commercially motivated experiments: Alexander Gerst tested innovative, highly functional textiles for people in space and on Earth as well as some advanced radio communication methods for transmitting sensor data from the Columbus laboratory. Experiments like these add significant momentum to the development of critical technologies quickly and without much risk. Thus, the Blue Dot experiments presented Germany with a unique treasure of knowledge that will help shape our future in a positive way. There is no alternative to research on the ISS. We may expect future missions to feature experiments that are equally thrilling and innovative. For the German commitment on the ISS overall costs, every federal citizen pays the equivalent of the price of one cup of coffee per year – good value for our future.



1.214.083 Impressions: So oft wurde dieses Bild der Aurora Borealis Tweet-Nutzern des Online-Nachrichtendienstes Twitter in der Timeline oder in den Suchergebnissen angezeigt. Damit hat diese von Alexander Gerst gemachte Aufnahme die meisten Impressions während seiner Blue Dot Mission gesammelt. Die sogenannte TAG-CLOUD (M.) ist ein mathematisch generiertes Stimmungsbild aus den Schlagzeilen der Beiträge mit Nennung der ISS-Mission von Alexander Gerst.

1,214,083 impressions: this is how often this image of an aurora borealis was displayed to users of the online news service Twitter either in the timeline or in the search results, making Alexander Gerst's photograph the one with the most impressions ever reached during his Blue Dot mission. The so-called tag cloud (middle) is a mathematically generated sentiment visualisation obtained from the number of tweet headlines containing a reference to Alexander Gerst's ISS mission.



**Humanphysiologische Forschung/Human physiology research**

- Cartilage – Deutsche Sporthochschule Köln
- Circadian Rhythm – Charité Berlin
- Skin-B – DermaTronnier, Universität Witten-Herdecke

**Astrobiologische Forschung/Astrobiology research**

- DOSIS-3D – DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln
- Triplelux-B – Technische Universität Berlin (Präparation)
- BOSS – DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln
- BIOMEX – DLR-Institut für Planetenforschung Berlin-Adlershof



**Materialwissenschaftliche Forschung/Material sciences research**

- Check-Out Experiment (EML) – Airbus Defence & Space, Friedrichshafen
- MICAST (LGF/SQF) – DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum, Köln
- CETSOL (LGF/SQF) – ACCESS, Aachen
- SETA (LGF/SQF) – ACCESS, Aachen

**Physikalische Forschung/Physical research**

- PK-4 – DLR-Forschungsgruppe Komplexe Plasmen (Präparation/preparation)
- PASTA I (FASES) – Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Goltm
- PASTA II (FASTER) – Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Goltm
- DCMIX-3 (SODI) – Universität Bayreuth

**Mehr als 100 wissenschaftliche Experimente**

Unter dem Motto „shaping the future – Zukunft gestalten“ hat Alexander Gerst an Bord der ISS neben operativen Aufgaben die besonderen Bedingungen des Weltraums wie zum Beispiel die Schwerelosigkeit genutzt, um circa 100 spannende Experimente in 166 Tagen durchzuführen. 38 Experimente kamen aus Europa. Die meisten dieser im internationalen Wettbewerb ausgewählten Projekte stammten dabei aus deutschen Forschungseinrichtungen. Alexander Gerst ist selbst Wissenschaftler. Er hat seine Erfahrungen eingebracht, um unsere Erde ein Stück besser zu machen. Als Mitglied der Expeditionen 40 und 41 hat er sozusagen als „langer Arm“ für die Forscher sechs Monate lang auf der Raumstation gearbeitet. Dabei war ein großes Wissenschaftler-Team darauf angewiesen, dass er im All ihre Experimente gewissenhaft und erfolgreich durchführt – eine große Verantwortung für Alexander Gerst.

**More than 100 scientific experiments**

During his mission ‘Blue Dot – shaping the future’, Alexander Gerst, in addition to performing his general operational duties on board the ISS, conducted about 100 thrilling experiments within 166 days, making use of the special conditions prevailing in space, such as microgravity. 38 of these experiments, which were selected in international competition, were designed in Europe, most of them coming from German research institutes. A scientist himself, Alexander Gerst intends to contribute his experience towards improving living conditions on our Earth. While he was working on the ISS as a member of expeditions 40 and 41, acting – so to speak – as the ‘long arm’ of research, a large team of scientists had to trust him to conduct their experiments in space conscientiously and successfully – a big responsibility for Alexander Gerst.



**Technologie und Astrophysik/Technology and astrophysics**

- MagVector/MFX – DLR Raumfahrtmanagement, Airbus Defence & Space, ATZ-GmbH
- Vessel ID System – Verteidigungsforschungsinstitut FFI, Norwegen
- Nightpod – Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH
- SOLAR/SOLACES – Fraunhofer Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg



**Kommerziell/Commercial**

- WiSe-Net – Airbus Defence & Space, Bremen (Präparation/preparation)
- Spacetex – Hohenstein Institute, Schoeller Textil AG, Charité Berlin, DLR



**Bildungsaktivitäten/Education activities**

- Earth Guardian – DLR Raumfahrtmanagement
- Columbus Eye – DLR Raumfahrtmanagement, Universität Bonn
- Top-Experiment Seifenblasen – DLR, ESA, Stiftung Jugend forscht
- Flying Classroom – DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum, Köln
- HAM Radio (ARISS) – DLR Raumfahrtmanagement, NASA



**Außenbordeinsatz**

Die größte Herausforderung für jeden Astronauten ist ein Außenbordeinsatz, eine sogenannte Extravehicular Activity (EVA). Nur geschützt durch seinen Raumanzug ist der Astronaut den gefährlichen Bedingungen im All ausgesetzt – wahrlich mehr als nur ein Weltraumspaziergang. Am 7. Oktober um 12.30 Uhr MEZ war es dann soweit: Alexander Gerst verließ die ISS und schwebte in den Weltraum hinaus – ein Höhepunkt seiner Mission.

**Extravehicular Activity**

The greatest challenge an astronaut may have to master is to work outside the station on a so-called extravehicular activity (EVA). Protected only by a space suit, the astronaut is exposed to the harsh conditions of space, which are undoubtedly more hazardous than the term 'spacewalk' suggests. On October 7, 2014, at 12.30 p.m. CET, Alexander Gerst left the ISS and floated out into space – one of the highlights of his mission.

**Mehr als 15 Stunden Arbeit pro Tag**

Wie die meisten von uns auf der Erde haben auch die Astronauten auf der ISS eine Fünftagewoche und daher am Wochenende frei. An Bord ist jede Minute verplant. Von sechs Uhr früh bis halb zehn abends war Alexander Gerst im Einsatz – ein richtig langer Arbeitstag. Sogar noch vor dem Aufstehen wurde im Ruhebereich die Körpertemperatur oder der Ruhepuls gemessen. Direkt nach dem Aufstehen kontrollierte er bestimmte Bordsysteme und gab zum Beispiel Urin- oder Blutproben ab. Nach der Morgentoilette und dem Frühstück hat mit der täglichen Planungskonferenz aller Bodenkontrollzentren für den deutschen Astronauten der eigentliche Arbeitsalltag begonnen. Für die Arbeitsvorbereitung blieb Alexander Gerst etwa eine halbe Stunde. Dann jagte eine Aktivität die andere. Die kleinste Zeiteinheit für die Planung war dabei zehn Minuten: Wartung und Instandsetzung, die Durchführung von Experimenten, Sport, eine Pressekonferenz oder ein Telefonat mit der Bundeskanzlerin. Da blieb kaum Zeit für kurze Verschnaufpausen. Hatte das Wochenende begonnen, standen am Samstag drei Stunden Hausputz auf dem Plan.

**More than 15 hours of work per day**

Like most of us on Earth, ISS astronauts have a five-day working week and are free on weekends. Every minute of a working day on board the ISS is meticulously planned. From six in the morning until half past nine in the evening, Alexander Gerst was on the job – which made it rather a long working day. Even before getting up in the morning, he may had to take his body temperature and his resting heart rate in the sleeping quarters. Once he was out of bed, he immediately proceeded to check certain on-board systems, and handed in his urine and blood samples. After having a wash and breakfast, he joined the daily morning briefing with all ground control centres, which has marked the beginning of his working day proper. Alexander Gerst had about half an hour to prepare for the day's job activities. After that, it was a matter of one chore following another. The shortest time slot on the work schedule was ten minutes. Assignments included repair and maintenance, conducting experiments, exercise, a press conference or a phone conversation with the Federal Chancellor. That left hardly any time for a break. On Saturday mornings, his weekend started with three solid hours of house cleaning.



**ATV entladen**

Zur Versorgung der Raumstation starten verschiedene unbemannte Raumfahrzeuge zur ISS. Der europäische Raumtransporter ATV-5 George Lemaître – das größte und leistungsfähigste aller ISS-Versorgungsfahrzeuge – kann ebenso wie das russische Progress automatisch am russischen Swesda-Modul anknüpfen. Alexander Gerst hat die Annäherung des ATV und das sogenannte Docking auf einem Monitor überwacht. Nach der Ankunft des ATV am 12. August 2014 hat er gemeinsam mit seinen Kollegen das Raumschiff entladen.

**ATV unloading**

Various unmanned spacecraft visit the space station to bring supplies. Europe's ATV-5 George Lemaître – the largest and most powerful of all supply vehicles delivering goods to the ISS – is able to rendezvous automatically with the ISS, as does its Russian counterpart Progress which can automatically dock on to the Russian Zvezda module of the station. The photo shows Alexander Gerst on August 12, 2014, closely monitoring the approach and docking manoeuvre on a screen. Once docking was complete, he and his crewmates unloaded the spacecraft.



**Die Rückkehr zur Heimatbasis**

Am 10. November 2014 ist Alexander Gerst wieder zurück auf der Erde. Direkt nach seiner Landung wurde er nach Köln geflogen und dort als erster europäischer Astronaut im ESA-Astronautenzentrum (EAC) und beim DLR medizinisch betreut. Das war eine Premiere: Bislang wurden die Gesundheitschecks aller westlichen Astronauten in Houston durchgeführt.

**The return to the homebase**

On November 10, 2014, Alexander Gerst came back to Earth. Directly after landing, he flew to Cologne for the first medical attendance to be performed on a European astronaut at the ESA Astronaut Centre (EAC) and on the DLR facility. This was a debut. Formerly, all western astronauts had their health checked in Houston.

328JET

## Fast 10.000 Fans in Künzelsau

### Der Empfang in der Heimat

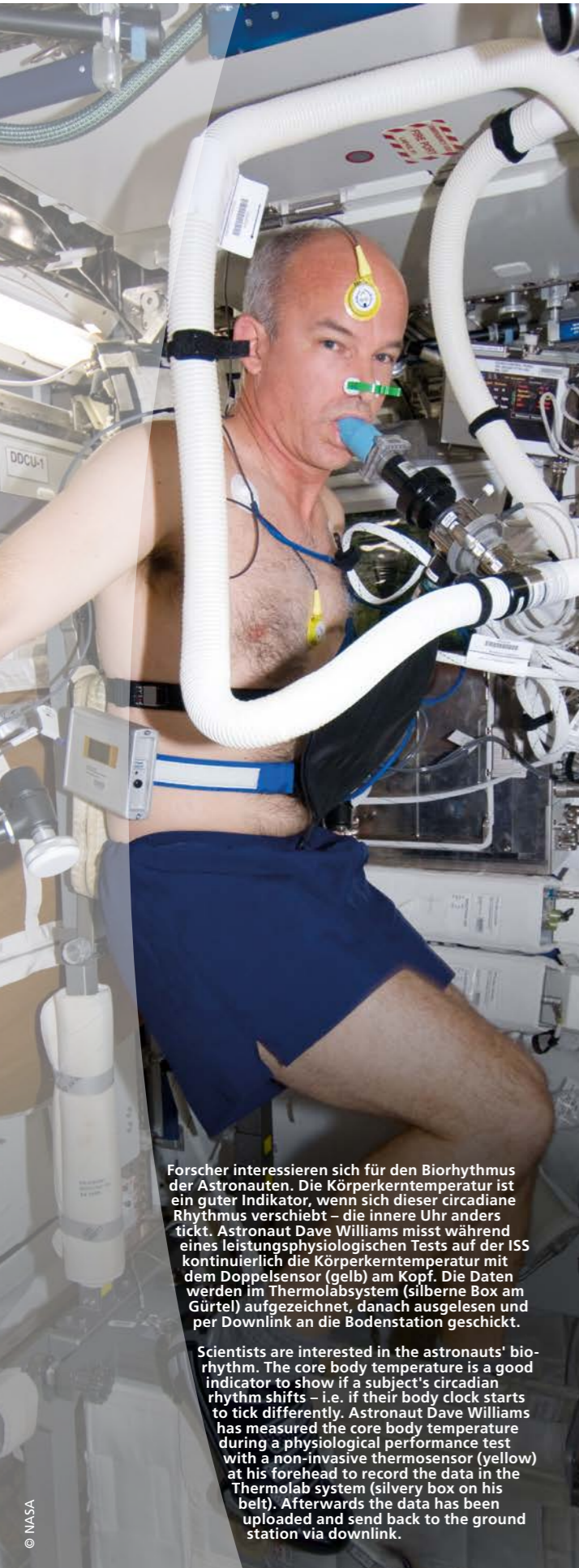
Fast 10.000 Besucher bereiteten Alexander Gerst am 9. Mai 2015 in seiner Heimatstadt Künzelsau einen gebührenden Empfang. Nach einem Gold-Konfetti-Regen stürmte der Astronaut und jüngste Künzelsauer Ehrenbürger die Bühne, wo er anderthalb Stunden von seiner Mission erzählte. Anschließend gab er noch ununterbrochen Autogramme.

## Nearly 10,000 fans came to Künzelsau

### The welcome at the hometown

Nearly 10,000 visitors came to give a proper welcome to Alexander Gerst in his home town Künzelsau on May 9, 2015. Having been greeted by a shower of gold confetti, the astronaut, now an honorary citizen of Künzelsau, made for the stage. He spent an hour and a half speaking about his mission. His presentation was followed by a long autograph session.





Forscher interessieren sich für den Biorhythmus der Astronauten. Die Körperkerntemperatur ist ein guter Indikator, wenn sich dieser circadiane Rhythmus verschiebt – die innere Uhr anders tickt. Astronaut Dave Williams misst während eines leistungsphysiologischen Tests auf der ISS kontinuierlich die Körperkerntemperatur mit dem Doppelsensor (gelb) am Kopf. Die Daten werden im Thermolabsystem (silberne Box am Gürtel) aufgezeichnet, danach ausgelesen und per Downlink an die Bodenstation geschickt.

Scientists are interested in the astronauts' biorhythm. The core body temperature is a good indicator to show if a subject's circadian rhythm shifts – i.e. if their body clock starts to tick differently. Astronaut Dave Williams has measured the core body temperature during a physiological performance test with a non-invasive thermosensor (yellow) at his forehead to record the data in the Thermolab system (silvery box on his belt). Afterwards the data has been uploaded and send back to the ground station via downlink.

## Auf dem Prüfstand

15 Jahre Forschung unter Weltraumbedingungen von externen Gutachtern mit „exzellent“ bewertet

Von Prof. Günter Ruyters, Dr. Katrin Stang und Dr. Thomas Driebe

Als William Shepherd, Sergei Krikalev und Yuri Gidzenko am 31. Oktober 2000 mit dem russischen Raumschiff Sojus TM-31 von der Erde abhoben, machten sie sich auf den Weg zu einem ganz besonderen Domizil: In rund 400 Kilometer Höhe waren sie die ersten Bewohner der neu gebauten Internationalen Raumstation (ISS). Ebenfalls vor rund 15 Jahren wurde letztmalig eine Bewertung des Programms „Forschung unter Weltraumbedingungen“ durch das Fraunhofer-Institut für Systemforschung und Innovativ-technologie in Karlsruhe (FhG ISI) vorgenommen. Die Ergebnisse wurden als „Potenzialanalyse 2001“ veröffentlicht. Bereits damals wurden dem Programm sehr positive Ansätze bescheinigt – Grund genug, das Programm erneut auf den Prüfstand zu stellen und einer Bewertung von externen Gutachtern zu unterwerfen. Um eine vollständige Bilanz der letzten 15 Jahre zu ziehen, wurden nicht nur Ergebnisse aus der ISS-Forschung, sondern aus dem gesamten Spektrum an Fluggelegenheiten und Forschungsmöglichkeiten analysiert, die das DLR Raumfahrtmanagement den deutschen Wissenschaftlern zur Verfügung stellt.

### Under scrutiny

15 years of research under space conditions rated 'excellent' by external reviewers

By Prof. Günter Ruyters, Dr. Katrin Stang and Dr. Thomas Driebe

When William Shepherd, Sergei Krikalev and Yuri Gidzenko took off on the Russian launcher Soyuz TM-31 on October 31, 2000, they were setting out for a very special domicile: at an altitude of around 400 kilometres, they were the first to inhabit the newly built International Space Station (ISS). Similarly, it was around 15 years ago that Germany's microgravity programme, Microgravity Research and Life Sciences, was last evaluated by the Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (FhG ISI) at Karlsruhe. The results were published under the title 'Potential Analysis 2001'. Even in its early stages, the programme's approach was found to be highly promising – reason enough to put it to the test once again and submit it to an evaluation by external reviewers. To ensure that all aspects of the last 15 years were taken into account, the analysis covered the outcomes not only of ISS-based research but also those of the entire array of flight opportunities and research options offered to German scientists by the DLR Space Administration.



Autoren: Prof. Günter Ruyters (l.) war bis August 2014 Programmleiter Biowissenschaften (Biologie, Medizin) in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements. Dr. Katrin Stang ist Projektmanagerin in diesem Programm. Dr. Thomas Driebe leitet das Programm Physik- und Materialwissenschaften.

Authors: Until August 2014, Prof. Günter Ruyters (left) headed the Life Sciences Programme (biology, medicine) at the Microgravity Research department of the DLR Space Administration. Dr. Katrin Stang is project manager in this programme. Dr. Thomas Driebe heads the programme Physical and Material Sciences.

Im Frühjahr 2015 wurden alle zwischen 2001 und 2015 im Programm Forschung unter Weltraumbedingungen geförderten Wissenschaftler aufgefordert, die Ergebnisse ihrer Projekte und deren Anwendungspotenziale darzulegen. Außerdem sollten sie Informationen über Publikationen, Examensarbeiten, Patente und andere relevante Aspekte liefern, die im Rahmen der DLR-Förderung entstanden sind. Diese Unterlagen wurden im Zeitraum April/Mai insgesamt 17 unabhängigen Gutachtern zur Bewertung vorgelegt, die bis Mitte 2015 ihre Stellungnahmen abgegeben haben. Diese Experten stammen aus dem deutschsprachigen Forschungsraum – zumeist von Universitäten sowie von der Max-Planck-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft. Sie sind nicht vom DLR gefördert und nicht an Weltraumforschungsprojekten beteiligt – alles Kriterien, um eine unabhängige, unangreifbare Bewertung zu erzielen. Auch die Publikationsanalyse ist abgeschlossen. Begleitend fand vom 28. bis zum 30. Oktober 2015 im LVR-LandesMuseum Bonn ein nationales Symposium statt, zu dem alle aktuellen Zuwendungsempfänger eingeladen wurden. Rund 180 Teilnehmer nahmen die Gelegenheit wahr, um über die Ergebnisse ihrer Forschungsprojekte sowie über Perspektiven zu diskutieren und neue Kooperationen anzustoßen.

### Im Blickfeld: Publikationsleistung und Nachwuchsförderung

119 Arbeitsgruppen legten rund 1.500 Publikationen vor, die als Beitrag in einer Fachzeitschrift veröffentlicht wurden. Deren Vielzahl spricht einerseits für fleißige und produktive Wissenschaftler und deren Forschungsdrang in ihrem jeweiligen Fachgebiet, andererseits für die tragende Rolle deutscher Wissenschaftler im Bereich Forschung unter Weltraumbedingungen.

Dabei zeigt die Verteilung auf die Kalenderjahre (siehe Abbildung unten), dass sich die Zahl der Publikationen bei einer in

In the spring of 2015, all scientists who had received a grant under the Microgravity Research and Life Sciences under Space Conditions programme between 2001 and 2015 were requested to spell out the results of their projects and their potential applications. In addition, they were asked to supply information about publications, exam papers and doctoral theses, patents, and other relevant items produced under DLR's sponsorship. During the months of April and May, these documents were submitted for evaluation to a total of 17 independent reviewers who delivered their opinions by mid-2015. All these experts were from the German-speaking research community, most of them from universities and the Max Planck and Helmholtz societies. They were neither sponsored by DLR nor involved in any space research projects of their own – criteria which ensure that their evaluations are unbiased and unassailable. All publications have now been reviewed. In addition, a national symposium was held at the LVR-LandesMuseum Bonn from October 28 to 30, 2015, to which all current grantees were invited. Around 180 delegates made use of the opportunity to discuss the results and perspectives of their research projects and initiate new co-operations.

### Evaluation criteria: publication records and young talent involvement

119 research teams presented around 1500 studies published in scientific journals. On the one hand, the large number is an indication of the productivity and hard work put in by the scientists and the strength of their urge to do research in their respective disciplines; on the other, it shows the leading part played by German scientists in the field of research under space conditions.

A breakdown by calendar year (see fig. below) shows that the number of publications almost tripled between 2001 and 2014



119 Arbeitsgruppen, deren Daten in die Erhebung einfließen, legten rund 1.500 Publikationen vor. Dabei zeigt die Verteilung auf die Kalenderjahre, dass deren Anzahl sich bei gleich bleibenden Fördermaßnahmen pro Jahr zwischen 2001 und 2014 fast verdreifacht hat. Die Zahl für 2015 bezieht sich nur auf die ersten vier Monate.

The survey covered some 1,500 studies published by 119 research teams. Broken down into publications per calendar year, one can see that the number has almost tripled between 2001 and 2014, while at the same time annual funding budgets remained at their former level. The figure for 2015 relates only to the first four months.

etwa gleichbleibenden Anzahl von Fördermaßnahmen pro Jahr zwischen 2001 und 2014 fast verdreifacht hat.

Auch der Qualität der Publikationen bescheinigten die Prüfer ein sehr hohes Niveau: Die mittleren Impact-Faktoren (Einflussfaktoren, siehe Kasten) von 2,5 für Physik/Materialforschung und sogar 3,5 für Biologie/Medizin liegen für beide Bereiche deutlich über dem Durchschnitt der jeweiligen Fachdisziplinen insgesamt. Diese werden für 2014 im ISI Web of Science mit 1,7 für Physik (2,9 im Programm Forschung unter Weltraumbedingungen); 1,3 für Materialwissenschaften (1,5); 2,2 für Biologie (4,0); 2,0 für Medizin (2,9) angegeben – ein Nachweis der wissenschaftlichen Wertschätzung der Forschungsergebnisse aus dem Weltraum.

Die hohe Zahl von weit über 400 Examensarbeiten – in der Mehrzahl Dissertationen – zeigt, wie gut das Programm an den Universitäten in den biomedizinischen und materialwissenschaftlich-physikalischen Disziplinen für die Nachwuchsförderung angenommen wird. Bei einer Bewertung des gesamten Zahlenmaterials muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass die Arbeitsgruppen in der Regel nicht durchgehend von 2001 bis 2015, sondern für wesentlich kürzere Zeiträume gefördert wurden – im Mittel für 6,9 Jahre.

#### Gutachter beeindruckt

Noch wichtiger als die statistischen Daten sind die Bewertungen der einzelnen Forschungsgebiete durch die externen Gutachter. Inzwischen liegen 17 detaillierte Gutachten vor. Diese vier- bis achtseitigen Analysen, Bewertungen der Wissenschaft und des Anwendungspotenzials sowie Empfehlungen werden die zukünftige Planung des Programms Forschung unter Weltraumbedingungen maßgeblich beeinflussen. Die Gutachter haben in ihren Aussagen folgende Ergebnisse für die beiden Teilprogramme Biowissenschaften sowie Materialwissenschaften/Physik besonders hervorgehoben.

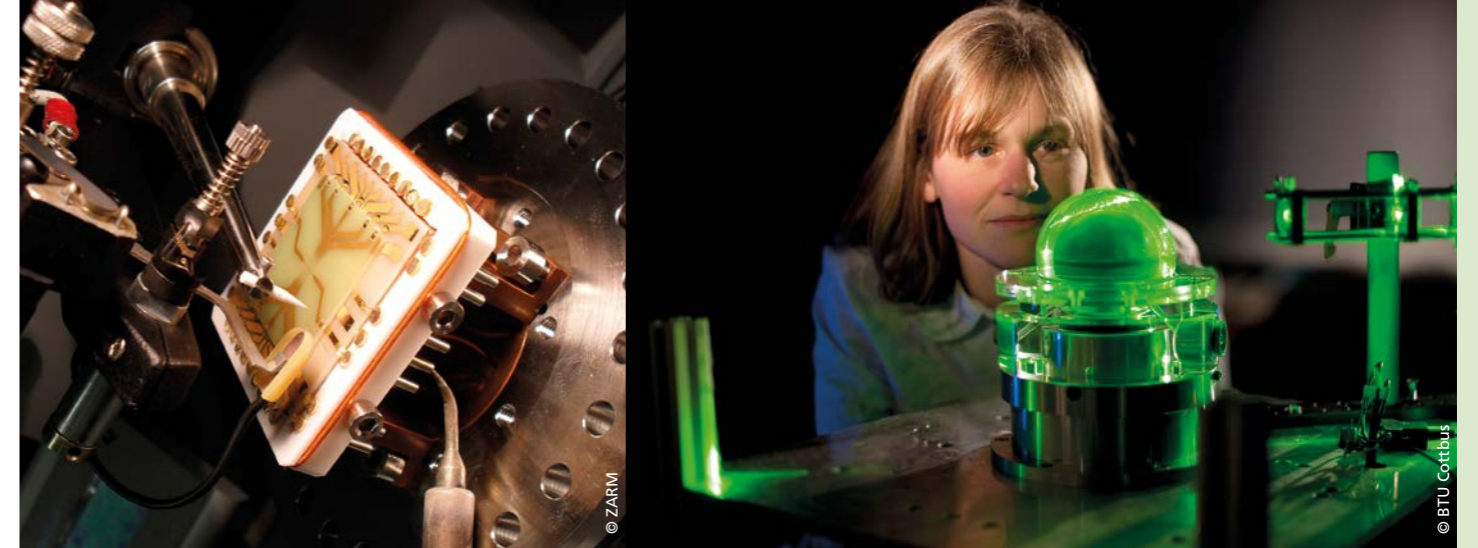
while the number of grants provided to the scientists per year remained approximately the same.

Moreover, the reviewers found that the quality of the publications was very high: a mean impact factor (see box) of 2.5 in physical/materials research and even 3.5 in biology/medicine markedly exceeds the overall average in each discipline. According to the ISI Web of Science, these factors amounted in 2014 to 1.7 in physics, (2.9 in the Research under Space Conditions programme), 1.3 in materials science (1.5), 2.2 in biology (4.0), and 2.0 in medicine (2.9) – proof positive of how highly research data from space are appreciated by the science community.

The large number of far more than 400 exam papers – most of them doctoral theses – shows how well the programme is received by young university graduates in biology, biomedicine, materials science, and physics. An additional point to be taken into consideration in evaluating the entire body of data is that as a general rule, grants for research teams were not awarded for the entire length of the 2001 to 2015 period but for substantially shorter times – the average funding duration being 6.9 years.

#### Reviewers impressed

Even more important than statistical data are the quality ratings awarded by the external reviewers in the various fields of research. 17 detailed expert opinions have become available by now. Comprising between four and eight pages of analysis, science and application-potential evaluations, and recommendations, these documents will exert a crucial influence on the planning of the research under space conditions programme in the future. In their comments, reviewers placed particular emphasis on some of the results of the two sub-programmes, life sciences and materials science/physics.



Links: Wissenschaftler haben 2007 zum ersten Mal ein Riesenatom – ein sogenanntes Bose-Einstein-Kondensat (BEC) – erschaffen. Nun planen sie, erstmals ein BEC im Weltraum zu erzeugen. Dafür fängt ein elektronischer Mikrochip – der sogenannte Atomchip – die Gasatome ein und bündelt sie. Rechts: Will man die Strömungen im Inneren im Erdlabor erforschen, stört dabei die Gravitation, denn in einem Labormodell zieht die Schwerkraft alles in Richtung Erdmittelpunkt. Dieses axiale Kraftfeld hat unmittelbare Auswirkungen auf die Temperaturverteilung: Wärme steigt nach oben, während Kälte absinkt. Auf der „echten“ Erde herrscht jedoch Gravitation, die vom Mittelpunkt ausgeht und deren Stärke zur Kruste hin abnimmt. Dieses radiale Kraftfeld sorgt so für eine gleichmäßigere Verteilung der Temperatur im Mantel sowie im äußeren Kern und wurde mit GeoFlow II auf der ISS simuliert.

Left: In 2007, scientists have created a 'giant atom' – a so-called Bose-Einstein condensate (BEC) – for the first time. Now they have planned to build this BEC in space. Therefore, an electronic microchip, the so-called atom chip – will catch the atoms and focus them. Right: When scientists in a laboratory on the ground want to study fluid flow dynamics inside the Earth, gravity can prove a nuisance because in a lab model, gravity pulls everything towards the Earth's centre. This axial gravitational field has a direct impact on temperature distribution. Usually, heat rises to the top, whereas what is cold sinks to the bottom. But inside our 'real' Earth, the gravitational field acts from the centre point, and its strength decreases the closer you get to the crust. The forces acting within this radial field result in a more even temperature distribution in the mantle and outer core. The process was simulated in the GeoFlow II experiment on the ISS.

#### Biowissenschaften:

- Neues Konzept für die Zusammenhänge von Salz in der Nahrung und den Effekten auf Muskel-/Knochenstoffwechsel, Immunsystem und Bluthochdruck einschließlich der Entwicklung einer neuen nicht-invasiven Nachweismethodik für Natrium ( $^{23}\text{Na}$ -MRI) in Geweben und neuer Ansätze zur Behandlung von Bluthochdruck (siehe Ausgabe 23 der COUNTDOWN).
- Entwicklung einer Vielzahl von nicht-invasiven Methoden und Geräten zur medizinischen Diagnostik, Prävention und Rehabilitation von Astronauten sowie des Menschen vor allem in der alternenden Gesellschaft der Industriestaaten (unter anderem zur Erfassung von Augenbewegungen bei der Laser-Hornhaut-Chirurgie, zur Sichtbarmachung der Atmung, zur Messung der Körperkerntemperatur)
- Markante Fortschritte in der Aufklärung der Mechanismen von Schwerkraftwahrnehmung und -verarbeitung bei Zellen (unter anderem Euglena, Immunzellen) und Pflanzen mit Anwendungspotenzial in Biotechnologie und Krebsforschung sowie für exploratorische Langzeitmissionen zu Mond, Mars und anderen fernen Zielen

#### Materialwissenschaften und Physikalische Grundlagen:

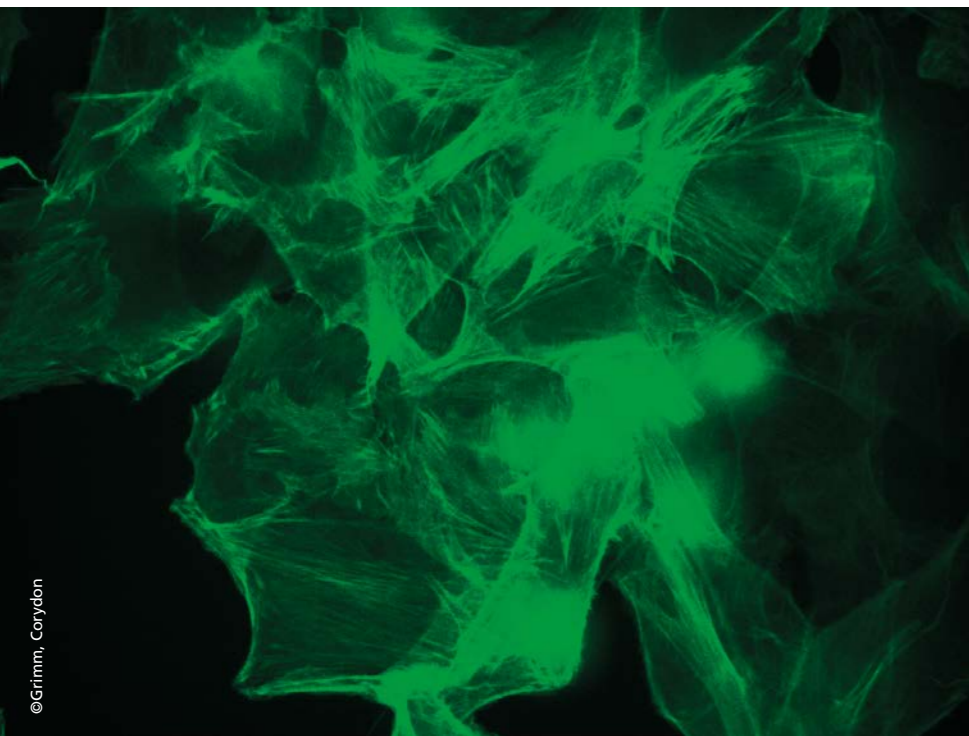
- Fortschritte in der Erforschung der Erstarrungsprozesse von Schmelzen in Mikrogravitation mit Anwendung vor allem bei Titan-Aluminium-basierten Legierungen (Turbinenschaufeln) sowie thermophysikalischer Eigenschaften mit Hilfe des Elektromagnetischen Levitators (EML)

#### Life sciences:

- A new concept for describing the interaction between dietary salt intake and its effect on the muscle/bone metabolism, the immune system, and hypertension, including the development of a new, non-invasive method for detecting sodium ( $^{23}\text{Na}$ -MRI) in body tissue as well as new approaches to treating hypertension (see COUNTDOWN edition 23)
- Development of a multitude of non-invasive methods and devices for medical diagnostics as well as prevention and rehabilitation both for astronauts and patients on the ground, mainly in the ageing societies of the industrialised nations. These techniques include, among others, e.g. the recording of eye movements in corneal laser surgery, visualising respiration, and measuring core body temperature.
- Significant progress in understanding the mechanisms of gravity perception and responses in cells (including Euglena and immune cells) and plants, with potential applications in biotechnology and cancer research as well as in long-term exploratory missions to the Moon, Mars, and other remote destinations.

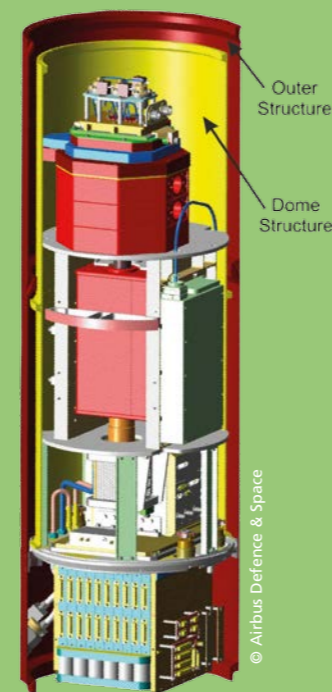
#### Materials science and basic research in physics:

- Progress in exploring the solidification processes of melts under microgravity conditions, in particular with applications related to titanium-aluminium-based alloys (turbine blades),



Links: Um die Ursachen für das geschwächte Immunsystem von Astronauten zu finden, untersuchen Wissenschaftler die Effekte von Schwerelosigkeit auf zellulärer Ebene. Im Bild gezeigt ist eine FLUMIAS-Aufnahme von menschlichen Schilddrüsenkrebszellen, an denen der Einfluss von Schwerelosigkeit untersucht wird. Rechts: Mit dem Fluoreszenzmikroskopischen Analysesystem FLUMIAS werden physiologische Vorgänge in lebenden Zellen – also beispielsweise Reaktionen auf Schwerkraftveränderungen – zum Beispiel während Flügen mit der Höhenforschungsrakete TEXUS dreidimensional sichtbar gemacht. Eine Weiterentwicklung für den Einsatz von FLUMIAS auf der Internationalen Raumstation ISS ist in Vorbereitung.

Left: To find the reason for the weakened immune system of astronauts in space, scientists analyse the effects of microgravity on cellular and molecular basis. The impact of microgravity on human thyroid cancer cells was investigated by researchers using FLUMIAS. Right: The fluorescence microscopy analysis system FLUMIAS serves to visualise in three dimensions physiological changes in living cells, including reactions to gravity changes – for example on TEXUS sounding rocket flights. Developing the device further for use on the International Space Station is being under development.



© Airbus Defence & Space

#### Der Impact-Faktor

Der Impact-Faktor spiegelt den Einfluss einer wissenschaftlichen Zeitschrift wider: Konkret gibt er an, wie oft ein veröffentlichter Fachartikel durchschnittlich pro Jahr in anderen Arbeiten zitiert wird. Zudem sind in fast jedem Forschungsgebiet des Programms Forschung unter Weltraumbedingungen Publikationen in Zeitschriften wie Nature und Science mit Faktoren von über 30 vertreten. Zur Einordnung dieser Ergebnisse: In den Journal Citation Reports (Stand 2012) sind mehr als 8.400 wissenschaftliche Zeitschriften mit ihren Einflussfaktoren gelistet. Lediglich 0,2 Prozent davon weisen einen Wert von mehr als 30 auf, weniger als 20 Prozent einen von mehr als 3.

#### The impact factor

The impact factor reflects the influence of a scientific journal. In concrete terms, it shows how often a peer-reviewed publication is cited in other works on average in a given year. In almost every field of research covered by the Research under Space Conditions programme, publications in journals like Nature and Science are represented with a factor in excess of 30. To put these results in perspective: the Journal Citation Reports (status: 2012) list more than 8400 scientific journals along with their respective impact factors. Only 0.2 per cent of these have been cited more than 30 and less than 20 percent more than 3 times.

- „Cutting-edge-Resultate“ bei der langjährigen Grundlagenforschung zu Plasmakristallen auf der ISS: Die Ergebnisse haben dabei neben der Physik komplexer Plasmen auch in andere Gebiete, wie zum Beispiel die Hochenergiephysik, Eingang gefunden.
- Durchbruch in der Bose-Einstein-Kondensation durch die Herstellung des ersten Bose-Einstein-Kondensats und die erfolgreiche Durchführung des ersten Materiewellen-Interferenzexperiments in Mikrogravitation: Damit eröffnen sich einerseits neue Experimentmöglichkeiten in der Grundlagenforschung (zum Beispiel Überprüfung der Allgemeinen Relativitätstheorie), aber auch neue Anwendungsmöglichkeiten wie zum Beispiel als Gravitationsgradiometer in der Geodäsie.
- ISS-Langzeitexperimente im Bereich Fluidphysik: Diese haben dabei sowohl grundlegende Fragestellungen, zum Beispiel zum Verständnis der Strömungen im Erdinneren oder zum Verhalten von Strömungen mit freien Oberflächen, untersucht als auch technologische und verfahrenstechnische Erkenntnisse, beispielsweise zur Spraykühlung von elektronischen Bauelementen, gewonnen.

#### Gesamtprogramm:

Für das Gesamtprogramm Forschung unter Weltraumbedingungen wurden von den Gutachtern noch weitere Resultate herausgestellt:

- Bedeutende Erkenntnisse in der Grundlagenforschung – „cutting edge-Resultate auf der ISS sind möglich“
- Direkter Anwendungsbezug in der biomedizinischen Diagnostik, Therapie und Rehabilitation sowie bei den erstarrungsbezogenen Projekten
- sehr gute Vernetzung der Wissenschaftler mit Bildung weltweit anerkannter, teilweise multidisziplinärer Expertengruppen

- and the determination of thermophysical properties with the aid of the electromagnetic levitator (EML)
- Cutting-edge results in the long-standing basic research into plasma crystals on the ISS: next to the physics of complex plasmas, the results have applications in other fields as well including, for example, high-energy physics.
- Breakthrough in Bose-Einstein condensation when, for the first time, an atom interferometric experiment using Bose-Einstein condensates was successfully conducted in microgravity: this opens up not only new experimental options in fundamental science (testing the general theory of relativity, for example) but also new applications such as gravity gradiometers in geodesy.
- Long-term experiments in fluid physics on the ISS: in these experiments, fundamental questions related to our understanding of currents in the Earth's interior and the behaviour of free-surface currents were investigated and useful lessons learnt in technology and process engineering, for example with regard to the spray-cooling of electronic components.

#### Total programme:

Reviewers also highlighted some of the broader impacts of the total Research under Space Conditions programme:

- Eminent discoveries in fundamental science – ‘cutting-edge results obtainable from ISS experiments’
- Immediate applicability of results in biomedical diagnostics, therapy, and rehabilitation as well as in material solidification projects.

**Flugmöglichkeit Rückkehrkapsel:** Auf der russischen BION-M1 (r.) können Wissenschaftler rund 30 Tage lang im All forschen und ihre Experimente den Bedingungen des Weltraums wie Schwerelosigkeit und Strahlung aussetzen. Deutschland und Russland arbeiten hier eng zusammen, um diese Forschung in 575 Kilometer Höhe möglich zu machen. Auf der Internationalen Raumstation ISS (u.) können Experimente in rund 400 Kilometer Höhe noch länger ablaufen.

The re-entry vehicle as a flight opportunity: on the Russian BION-M1 (right), scientists can do their research in space for about 30 days, exposing their experiments to cosmic conditions such as microgravity and radiation. Germany and Russia are in close collaboration to make this type of research possible, which takes place at an altitude of 575 kilometres. Orbiting Earth at an altitude of about 400 kilometres, experiments on the International Space Station ISS (below) can be conducted over even longer time periods.



Auf Parabelflügen (o.) können Wissenschaftler ihre Experimente 22 Sekunden lang pro Parabel der Schwerelosigkeit aussetzen. Bei 30 Manövern pro Flug kommen sie insgesamt auf elf Minuten Mikrogravitation. Auf TEXUS-Raketen (l.) stehen den Wissenschaftlern sechs Minuten Schwerelosigkeit zur Verfügung. Im Bremer Fallturm (u.) sind es bis zu sechs Sekunden. Wenn Experimente sich auf diesen Plattformen bewährt haben, besteht die Chance, diese Forschungsreihen auf der Internationalen Raumstation fortzusetzen.

On parabolic flights (above), scientists can expose their experiments to microgravity for 22 seconds per parabola. Performing 30 such manoeuvres per flight, this gives them a total of eleven minutes of microgravity. Texus rockets (right) can produce six minutes of microgravity. At the Bremen drop tower (below), there can reach up to six seconds of microgravity possible. Once an experiment has proven its worth on these platforms, scientists have a chance of continuing their research series on the International Space Station.



- Very good networking among scientists and formation of expert groups, some of them multidisciplinary, enjoying worldwide recognition

Moreover, the experts made recommendations regarding the basic design of the programme which were also discussed with the participants of the national symposium:

- Platforms offering alternatives to the ISS (Bremen drop tower, parabolic flights, TEXUS rockets, satellites, Chinese launchers) should be kept in readiness in future
- Orientation towards fundamental research in preparation for later applications

#### Research in microgravity – to the benefit of people on Earth

All in all, the results of the analysis and evaluation are very encouraging. The recommendations made by the independent reviewers as well as the discussions at the national symposium will have a significant influence on the future design of the programme. Research under Space Conditions is well set up to tackle the challenges and opportunities of the future and to shape space activities in a way that offers the utmost benefit to people on Earth.



# Ohne Stau in den Downlink

EDRS – Europas Datenautobahn im All

Von Dr. Anke Pagels-Kerp

Die moderne Informationsgesellschaft steht vor einer Herausforderung: Stetig wachsende Datenmengen müssen in immer kürzerer Zeit möglichst weltweit übertragen werden, damit wir von den Vorzügen unserer heutigen Zeit profitieren können. Satelliten bringen Fernsehen in höherer Qualität in unsere Wohnzimmer, liefern uns Zugriff auf schnelleres Internet mit extrem hohen Datenraten. Doch auch Meteorologen, Behörden und Katastrophenschützer sind auf Wetter-, Klima- und Erdbeobachtungsdaten aus dem All angewiesen. Auch hier steigt mit stetig verbesserten Satelliteninstrumenten die Datenmenge, die bislang per Funkwellen zur Erde übertragen wurde. Doch die Funkfrequenzen sind begrenzt und die bestehenden Kapazitäten müssen verteilt werden. Bei dem wachsenden Datenkonsum wird diese Bandbreitengrenze bald erreicht sein. Der Schlüssel ist Europas neue Datenautobahn im All: Im „European Data Relay System“ – kurz EDRS – übertragen Satelliten die Daten in Lichtgeschwindigkeit per Laser zu Relaisknoten und diese dann wieder zunächst per Funk und später per Laser zu Bodenstationen auf der Erde.

Downlink without any traffic jam

EDRS – Europe's data highway in space

By Dr Anke Pagels-Kerp

Our modern information society is up against a serious challenge: steadily growing volumes of data need to be transmitted at an ever growing speed, across the world, so that we may all benefit from the convenience of modern technology. Satellites beam high-quality television into our living rooms and offer high-speed Internet connectivity and extremely high data rates. Professional users in the areas of meteorology, public administration, and emergency response services, too, depend on weather, climate, and Earth-observation data from space. Steadily improving satellite instruments have been producing ever greater volumes of data, which are currently transmitted to Earth by radio waves. However, the range of radio frequencies is limited, and the available bandwidth must be shared. Given the ever-increasing consumption of data, capacities will soon hit the limit. The solution lies in Europe's new data highway in space: the 'European Data Relay Satellite System' – EDRS for short – consists of a number of satellites which transmit data by laser to relay nodes which forward them, still by radio link for now but in future by laser technology, to ground stations on Earth.



Autorin: **Dr. Anke Pagels-Kerp** hat den Überblick über den Datenverkehr im Weltraum. Sie ist in der Abteilung Satellitenkommunikation des DLR Raumfahrtmanagements mit der EDRS-Mission betraut.

Author: **Dr Anke Pagels-Kerp** knows all about data traffic in space. Overseeing the EDRS mission is part of her job at the DLR Space Administration's satellite communications department.

Mit dem Start einer russischen Proton-Rakete ist am 29. Januar 2016 um 23.19 Uhr Mittlereuropäischer Zeit der erste Laserknoten an Bord des Kommunikationssatelliten Eutelsat 9B vom russischen Raumfahrtzentrum in Baikonur (Kasachstan) ins All gebracht worden – der Startschuss für Europas neue Datenautobahn im All. In der ersten Ausbaustufe besteht das System zunächst aus zwei geostationären Relaisatelliten in rund 36.000 Kilometer Höhe und zwei Ankerstationen auf dem Boden.

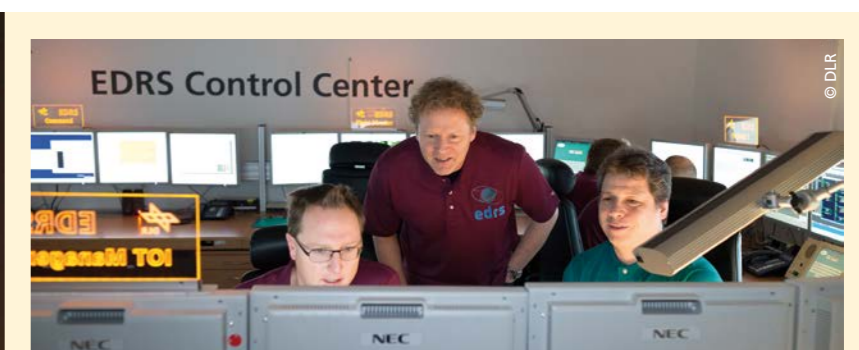
**Ein lohnender Umweg**

Mit EDRS ändert sich allerdings der zurückgelegte Weg der Daten: Vom niedrigen Erdorbit (Low Earth Orbit, LEO) bis zum Boden müssen diese Daten bisher per Funkübertragung nur 200 bis 2.000 Kilometer zurücklegen. Bei EDRS sind diese Daten vom LEO zum geostationären Erdorbit (Geostationary Earth Orbit, GEO) und dann wieder zur Erde rund 70.000 Kilometer unterwegs – die 35- bis 350-fache Strecke. Doch warum nimmt man diesen gewaltigen Umweg in Kauf? Die niedrig fliegenden Satelliten umkreisen in einem polaren Orbit in rund 100 Minuten unsere Erde, die sich durch ihre Rotation unter der Satellitenbahn wegdreht. Dadurch können im Laufe eines Tages unser Planet vollständig erfasst sowie optische sowie Radar-, Wetter- und Klimadaten täglich von jedem Punkt der Erde aufgenommen werden – ideal für Erdbeobachtungssatelliten. Einmal pro Umlauf kann der Satellit für 15 Minuten seine Daten an eine Bodenstation abgeben. Sie befinden sich in Polnähe, da sich hier die Bahnen bei jeder Umrundung kreuzen. Die Daten müssen nun möglichst schnell und verlustfrei zum Boden übertragen

A Russian Proton launcher took off from the space centre at Baikonur (Kazakhstan) at 11.19 pm Central European Time on January 29, 2016, carrying on board the Eutelsat 9B communications satellite hosting the first EDRS laser node. It was the starting gun for Europe's new data highway in space. In its first configuration, the system will comprise two geostationary relay satellites flying at an altitude of around 36,000 kilometres as well as two anchor stations on the ground.

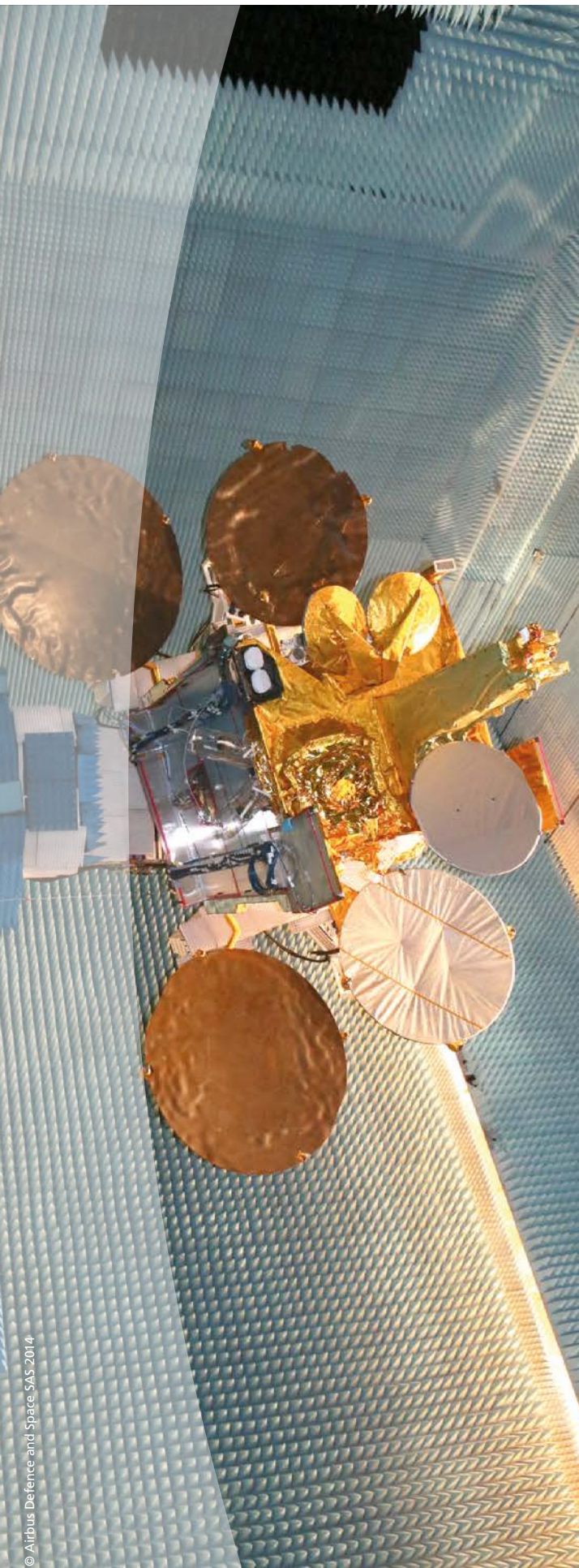
**A worthwhile detour**

However, EDRS involves far greater distances for the data to cover: so far, data have been communicated by radio from a low Earth orbit (LEO) to the ground across a distance of between 200 and 2,000 kilometres. With EDRS, the same data need to be transmitted from LEO to a geostationary Earth orbit (GEO) and then back again to Earth, travelling around 70,000 kilometres – a distance 35 to 350 times as long. But why would we be willing to put up with this enormous detour? Low-flying satellites in a polar orbit take around 100 minutes to circle our planet, which rotates under their orbits. This enables them to cover the entire surface of our planet in the course of a single day, capturing visual and radar images as well as weather and climate data from every location on Earth every day – an ideal setup for Earth-observation purposes. A satellite has 15 minutes in every orbit to transmit its data to one of the ground stations, which are located in the vicinity of the poles because it is here that satellite paths cross during each orbit. The data need to be transmitted to the ground at the highest possible speed and



Der erste Laserknoten des EDRS-Programms der ESA ist an Bord des Eutelsat-9B-Satelliten mit einer russischen Proton-Rakete vom Raumfahrtzentrum in Baikonur (Kasachstan) ins All gestartet. Für die Steuerung der Nutzlasten sowie für die Kontrolle des EDRS-C-Satelliten ist das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen zuständig. In den Aufbau des Bodensegments und die Vorbereitungen des Betriebs investierte das DLR aus Forschungsmitteln 8,7 Millionen Euro. Das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie stellte 7,5 Millionen Euro zur Verfügung.

The first laser component of Europe's 'Data Highway in Space' has been launched. The initial node of the European Data Relay System (EDRS), carried on board the Eutelsat commercial telecommunications satellite Eutelsat 9B, took off from the Baikonur Cosmodrome in Kazakhstan. The German Space Operations Center at the DLR site in Oberpfaffenhofen will be responsible for monitoring the communications payloads, and will also control the EDRS-C satellite. DLR invested 8.7 million euros for the construction and operational setup of the ground segment. The Bavarian State Ministry of Economics and Media, Energy and Technology provided another 7.5 million euros.



werden. Nicht gesendete Informationen verbleiben in einem Speicher an Bord und müssen beim nächsten Überflug zusammen mit den neu aufgenommenen Daten zum Boden geschickt werden. Das stellt hohe Ansprüche an die internen Speicher sowie das Sende- und Empfangssystem. Ändert man an dieser Stelle den Ablauf des Datentransfers und schaltet einen Relaisatelliten in einem höheren Orbit dazwischen, kann er den Kontakt zu dem niedrig fliegenden Satelliten deutlich länger aufbauen: Die Kommunikation beginnt, sobald der niedrig fliegende Satellit über dem Horizont auftaucht, und endet, wenn er unter diesem wieder verschwindet. Dadurch erhöhen sich die Datenübertragungszeiten mit nur einem zusätzlichen GEO-Satelliten von 15 auf rund 50 Minuten pro Umrundung. Der geostationäre Satellit steht permanent über einer Bodenstation und kann kontinuierlich alle aufgenommenen Daten zur Erde senden. Für den EDRS-Kunden vergeht zwischen der Aufnahme seiner Daten bis zum vorliegenden Bild im besten Fall ein Zeitraum von etwa einer Viertelstunde. EDRS ist also – ähnlich wie eine Autobahn im Vergleich zu einer Landstraße – ein Umweg, der Zeit spart und vielleicht einmal die Echtzeitdatenübertragung Wirklichkeit werden lässt.

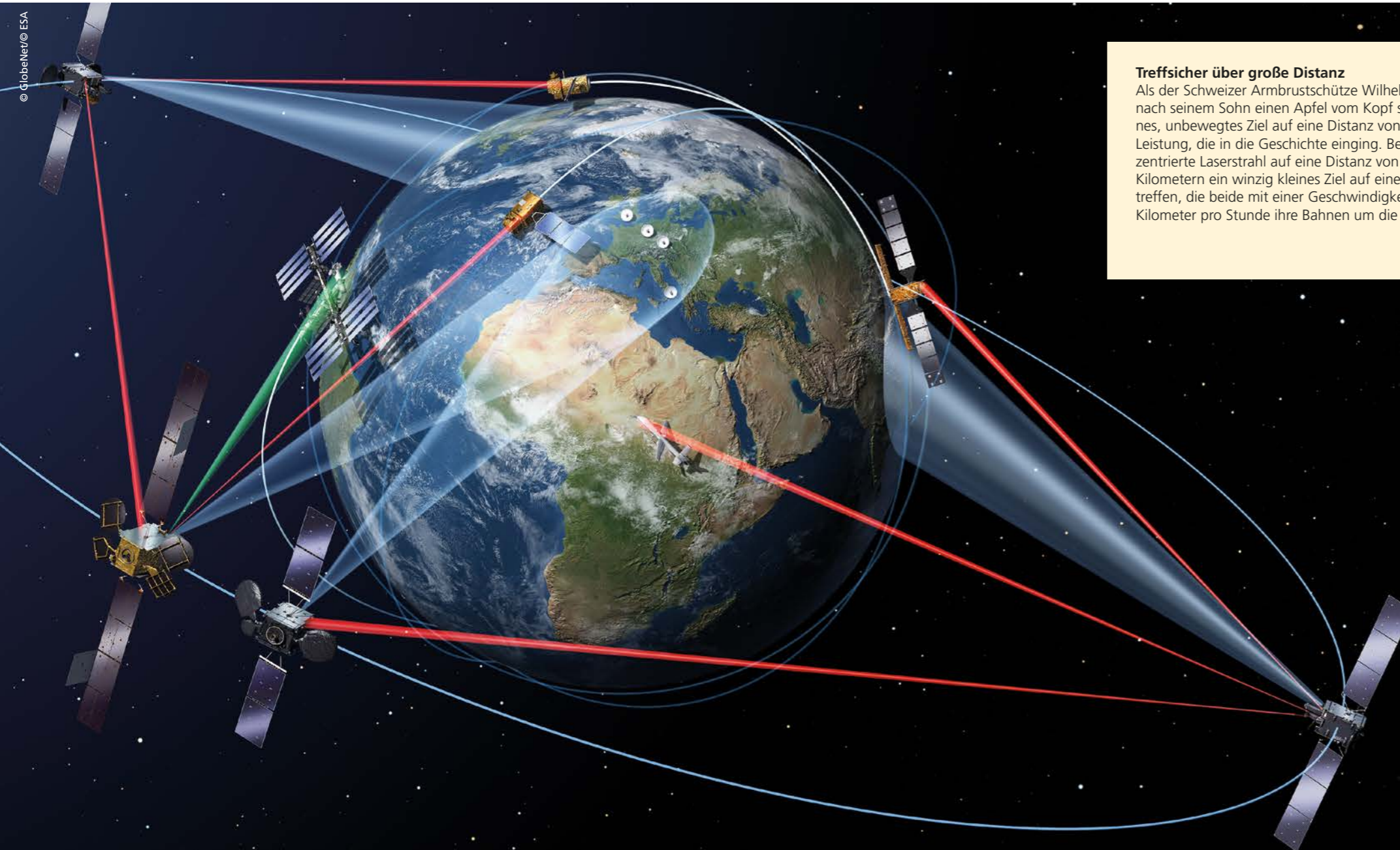
without loss. Data not yet passed on will be stored in an onboard memory, to be transmitted to the ground during the next flyover together with newly recorded data. This makes heavy demands on internal memories as well as on transmission and reception systems. By contrast, in a modified data transfer process involving a relay satellite in a higher orbit, contact to the low-flying satellite may be maintained for markedly longer periods: uplink time begins as soon as the low-flying satellite appears above the horizon and ends as it disappears on the other side of the planet. Thus, the time available for data communication may be extended from 15 to around 50 minutes per orbit by introducing no more than one additional GEO satellite. Apparently standing still above a ground station, a geostationary satellite is able to send all the data it receives to Earth on a continuous basis. For EDRS customers, the delay between the time at which their data are generated and the image becomes available will ideally be as short as a quarter of an hour. Like a highway compared to a country road, therefore, EDRS involves a detour which saves time and may even, at some point in the future, enable data communication in real time.

### Licht- statt Funkübertragung

Herzstück des EDRS ist ein Laser Communication Terminal (LCT), das die Daten optisch mit Licht überträgt und nicht wie bisher per Funk im Radiofrequenzbereich. Diese Technologie wurde in Deutschland entwickelt und ist weltmarktführend im Bereich der satellitengestützten Laserkommunikationstechnik. Der Vorteil dieses Transports liegt vor allem in der hohen Datenrate, die über eine Bündelung der Signale auf die extrem kurzen Lichtwellen von 1.064 Nanometern erreicht wird. Derzeit ist das System auf eine Rate von 1.8 Gigabit pro Sekunde zwischen zwei Satelliten ausgelegt. Das entspricht der Übertragung einer BlueRay Disk-Double Layer in weniger als vier Minuten. Gleichzeitig ist ein Laserterminal nicht an die freigegebenen Funkbänder gebunden, was die Nutzung ohne Einschränkung durch das Frequenzmanagement möglich macht. Ein weiterer Vorteil ist der extrem kleine Öffnungswinkel des Lichts. Im Gegensatz zu konventionellen Funkantennen, die eine Fläche von bis zu mehreren Tausend Quadratkilometern ausleuchten, ist der Laserstrahl selbst bei einer GEO-Entfernung von 36.000 Kilometern so gebündelt, dass der Lichtkegel auf dem Boden nur rund 800 Meter durchmisst. So werden andere Satelliten nicht von dem Lichtstrahl erfasst und damit nicht gestört. Außerdem kann der Laser nicht von anderen Empfängern aufgenommen und entschlüsselt werden. Gerade für sicherheitsrelevante Anwendungen bei der Erdbeobachtung und unbemannten Flugobjekten ist das ein entscheidender Anwendungsvorteil.

### Communicating by light instead of radio waves

The core of EDRS is a laser communication terminal (LCT), which communicates data optically, using light instead of radio frequencies. Developed in Germany, this technology leads the world market in the field of satellite-based laser communication. The chief advantage of this transport mode lies in its high data rate, which is reached by concentrating signals on extremely short light waves of 1064 nanometres. Currently, the system is designed to transmit 1.8 gigabits per second between two satellites, a rate at which a BlueRay Double Layer disk may be transmitted in less than four minutes. At the same time, a laser terminal, not being tied down to a specific radio band, may be operated without any frequency restrictions. The extremely narrow divergence angle of the light beam constitutes another advantage. Unlike conventional radio antennas, whose footprint may be as large as several thousand square kilometres, a laser beam, even if coming from a GEO distance of 36,000 kilometres, is so tightly focused that it measures no more than around 800 metres across on the ground. Thus, the light beam does not touch and, consequently, does not interfere with other satellites. Lastly, a laser beam cannot be detected and decoded by other receivers. This advantage is crucial especially for security-relevant applications in Earth observation and the control of unmanned flying objects.



### Treffsicher über große Distanz

Als der Schweizer Armbrustschütze Wilhelm Tell der Legende nach seinem Sohn einen Apfel vom Kopf schoss, traf er ein kleines, unbewegtes Ziel auf eine Distanz von 80 Schritten – eine Leistung, die in die Geschichte einging. Bei LCT muss der konzentrierte Laserstrahl auf eine Distanz von mehreren tausend Kilometern ein winzig kleines Ziel auf einem anderen Satelliten treffen, die beide mit einer Geschwindigkeit von rund 28.000 Kilometer pro Stunde ihre Bahnen um die Erde ziehen.

### Extreme precision across large distances

When the Swiss crossbow man William Tell, as legend has it, shot an apple off the head of his son, he hit a small, immobile target at a distance of 80 paces – an achievement that went down in history. An LCT must cover a distance of several thousand kilometres with its concentrated laser beam to hit a diminutive target on another satellite while both are orbiting Earth at a velocity of around 28,000 kilometres per hour.

Bei EDRS handelt es sich um ein Netzwerk geostationärer Satelliten. Mit diesem System können hohe Datenmengen von Erdbeobachtungssatelliten, die auf relativ niedrigen Umlaufbahnen um die Erde kreisen, in Echtzeit zur Erde übermittelt werden. Der entscheidende Vorteil ist, dass die Satelliten so nicht mehr an die kurzen Kontaktzeiten während ihres Fluges über die jeweiligen Bodenstationen gebunden sind.

The European Data Relay System (EDRS) will be a network of geostationary satellites. The system will allow large quantities of data to be transmitted from Earth observation satellites in low orbits to the ground in real time. The primary advantage will be that these satellites will not – as has previously been the case – be restricted to short periods of line-of-sight contact during their flight over ground stations.

### Datenaustausch durch die Atmosphäre

Zwar könnten die Daten auch schon per Laser zur Erde transportiert werden. Im operationellen EDRS-Betrieb geschieht dies allerdings zunächst über eine Ka-Band-Antenne, da sich der LCT-Downlink derzeit noch in der Erprobungsphase befindet. Denn funktioniert im Vakuum des Weltalls die Laserkommunikation zwar wunderbar, so ist die Verbindung vom Satelliten zu einer Bodenstation auf der Erde weitaus schwieriger. In der Atmosphäre unseres Heimatplaneten gibt es zu viele Störfaktoren wie Luftverwirbelungen und Wolken, die eine reibungslose Datenübertragung mittels Laserlicht beeinträchtigen. Deshalb werden bislang alle Daten mit Radiowellentechnologie zur Erde übertragen. Will man dennoch Informationen mittels Lasertechnologie vom Satelliten zur Erde schicken, um größere Datenmengen zu übertragen, dann muss entweder das Wetter stimmen oder die Ingenieure müssen die Störungen der Datenübertragung in der Atmosphäre berechnen und entsprechend korrigieren. Ingenieure der Firma Tesat haben eine spezielle Optik entwickelt, die es möglich macht, atmosphärische Störungen der Datenübertragung zu korrigieren.

### EDRS-Zeitplan und erste Kunden

Nach dem Start der ersten EDRS-Nutzlast (EDRS-A) hat dieser Relaisknoten Ende März 2016 seine endgültige Position auf 9 Grad Ost erreicht. Er ist derzeit in seiner In-Orbit-Commissioning-Phase und soll Mitte des Jahres den Betrieb aufnehmen. Zu den Erstkunden des EDRS-Datenübertragungsdienstes gehört die Europäische Kommission, die seit 2014 die Copernicus-Erdbeobachtungssatelliten betreibt. Einige dieser Satelliten sind mit hochauflösenden Radarantennen ausgestattet und sammeln dadurch riesige Datenmengen. Daher benötigen sie die EDRS-Satelliten, um diese Informationen vollständig und nahezu in Echtzeit zur Erde zu senden. 2017 wird die zweite Nutzlast (EDRS-C) in den Orbit auf die Position 31 Grad Ost gebracht. Sie ist auf einem eigenen ESA-Satelliten untergebracht, der von der Firma OHB System AG in Bremen auf Basis der SmallGeo-Plattform aufgebaut wird. Da die EDRS-Nutzlast nicht annähernd die Kapazitäten des Satelliten ausschöpft, konnte hier zusätzlich eine kommerzielle Hylas-3-Nutzlast der Firma Avanti integriert werden.

### Bodenstationen und EDRS-Ausbau

Das EDRS-Bodensegment besteht aus dem „Mission Operation Centre“ bei Airbus Defence & Space in Ottobrunn sowie den Nutzlastkontrollzentren am Deutschen Raumfahrtkontrollzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen und einem redundanten Back-up in Redu (Belgien). Zusätzlich ist das System so ausgelegt, dass sich ein kommerzieller Nutzer eine eigene Empfangsstation kaufen und somit die Daten selbst empfangen kann. Derzeit befinden sich solche Stationen in Harwell (Großbritannien) und in Materna (Italien). Die beiden ersten Satelliten sind in ihrer Position so geplant, dass ihre Daten in Europa ankommen. Dies hat zum einen Redundanzgründe, zum anderen befinden sich die Bodenstationen alle in diesem Bereich. Nach wie vor sind damit die Satelliten nicht zu erreichen, die auf der „Rückseite“ Europas Daten aufnehmen. Daher soll EDRS um mindestens einen weiteren Knotenpunkt über dem asiatisch-pazifischen Raum erweitert und so in ein weltweites GlobeNet-System überführt werden. Mit einer Verbindung der geostationären Satelliten untereinander wird es dann möglich sein, auch Daten von der Rückseite der Erde ebenfalls schnell in Europa herunterzuladen. Dafür reicht es aus – wie schon bei EDRS-A – eine Relaisnutzlast zum Beispiel auf einem TV-Satelliten eines lokalen asiatischen oder ozeanisch-australischen Betreibers unterzubringen. EDRS wurde als ESA-Programm unter deutscher Führung auf der Ministerterratskonferenz 2008 gestartet und sollte als Public Private Partnership implementiert werden. 2011 wurde ein Vertrag zur Umsetzung von EDRS zwischen ESA und damals Astrium Services (heute Airbus Defence & Space) geschlossen. Das Programm baut maßgeblich auf den Forschungen, die in Deutschland seit nunmehr 25 Jahren auf dem Gebiet der optischen Kommunikation durchgeführt werden, auf.

### Passing data through the atmosphere

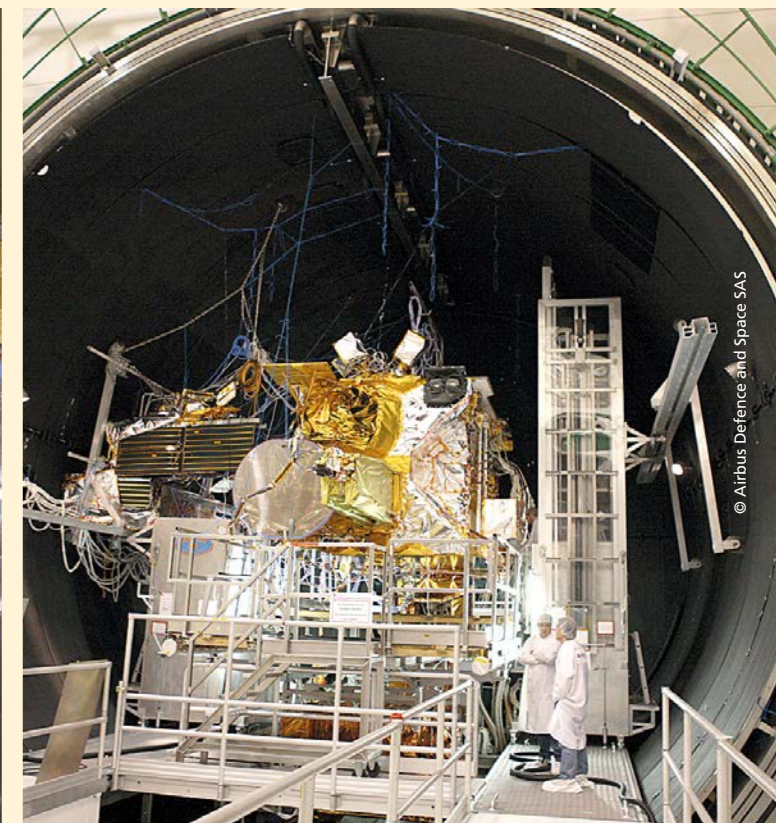
Conceivably, data could be sent to Earth by laser technology even now. In the current operation of EDRS, however, transmission is still handled by a Ka-band antenna since the LCT downlink is still in its test phase at present. For although laser communication does a great job in the vacuum of space, it is much more challenging to actually downlink satellite data to a ground station on Earth. The atmosphere of our home planet contains far too many ‘noise’ factors like air turbulences and clouds that impair the transmission of data by laser light. This is why all data are for now still transmitted to Earth by radio technology. Sending large volumes of information from a satellite to the ground by laser technology requires either the weather to be right, or engineers will have to come up with a way to calculate and correct for atmospheric interference with data communication. Engineers of the Tesat Company have developed a special optical system that is capable of atmospheric noise suppression.

### EDRS schedule and first customers

After the take-off of the first EDRS payload (EDRS-A), the relay node reached its final position at 9 degrees east late in March 2016. It is currently undergoing its in-orbit commissioning phase and is scheduled to begin operations by mid-year. One of the first customers of the EDRS data communication service is the European Commission, which has been operating the Copernicus Earth observation satellites since 2014. Some of these satellites are equipped with high-resolution radar antennas and gather enormous quantities of data. Consequently, they need the EDRS satellites to transmit this information to Earth completely and almost in real time. In 2017, the second payload (EDRS-C) will be released in orbit at 31 degrees east. It will be integrated in a dedicated ESA satellite based on the SmallGeo platform and built by OHB System AG in Bremen. Since the EDRS payload does not even approximately exhaust the satellite's capacities, it will be possible to integrate a commercial Hylas-3 payload by Avanti as well.

### Ground segments and future EDRS extension

The EDRS ground segment consists of the ‘Mission Operation Centre’ at Airbus Defence & Space in Ottobrunn, the payload control centres at the DLR German Space Operations Centre in Oberpfaffenhofen and a redundant back-up in Redu (Belgium). In addition, the system is designed to permit commercial users to buy their own ground stations with which to receive their data. At present, such stations are located in Harwell (Great Britain) and Materna (Italy). The positions of the first two satellites are such that their data arrive in Europe. One reason for this is redundancy; another is that all current ground stations are situated in this area. As it is still impossible at present to reach the satellites that gather data on the opposite side of the planet, EDRS is to be extended by at least one additional node above the Asia-Pacific region, building a worldwide GlobeNet system. Once all the geostationary satellites have been interconnected, stations in Europe will have fast access to data from the other side of Earth as well. As in the case of EDRS-A, it would be sufficient for the purpose to install a relay payload on, for example, a TV satellite operated by a local Asian or Oceanian-Australian company. Launched as a German-led ESA programme at the 2008 conference of the Ministerial Council, EDRS is implemented as a public-private partnership. In 2011, a contract on the implementation of EDRS was concluded between ESA and Astrium Services (today: Airbus Defence & Space). To a large extent, the programme is founded on research into optical communication that has been carried out for 25 years in Germany.



Das Laser Communication Terminal (LCT) wird an der Außenhülle des Eutelsat-9B-Satelliten angebracht und komplettiert den ersten Laserknoten des Europäischen Datenrelais-Systems EDRS. Mit der LCT-Technologie sollen in Zukunft rund um die Uhr deutlich höhere Datenmengen ohne Zeitverzug übertragen werden. Damit soll das Speichern großer Datenmengen überflüssig gemacht werden und die Nutzer sollen schneller auf die Informationen zugreifen können. Diese Technologie ist zum Beispiel für viele Umwelt- und Sicherheitsüberwachungen wie das europäische Copernicus-Programm relevant, da die Daten nicht nur sehr schnell, sondern auch sehr sicher übertragen werden.

The Laser Communication Terminal (LCT) has been mounted on the outer shell of the communication satellite Eutelsat 9B and completes the initial node of the European Data Relay System (EDRS). In future, LCT technology will be used to transmit substantially greater quantities of data around the clock and in real time. The aim is to make storing large amounts of data on board satellites redundant and allow users faster access to the data. This is relevant, for example, for a large number of environmental and security monitoring systems, among them the European Copernicus programme, because LCT transfers the data in a fast and yet secure way.

# Ariane-Bauaufsicht

Zuverlässigkeit durch konsequentes Qualitätsmanagement

Von Philip Kausche und Michael Schneider

Die Ariane-Trägerfamilie ist Europas Tor zum Welt- raum und ein jahrzehntelanger Garant für einen zuverlässigen und unabhängigen Zugang zum All. Diese Erfolgsgeschichte der Baureihen 1 bis 5 beruht besonders auf der technischen Zuverlässigkeit der Träger. 220 von 229 Starts waren bislang seit 1979 erfolgreich – eine Quote von rund 96 Prozent. Bei der seit 1996 startenden Baureihe Ariane 5 liegt diese Quote sogar bei knapp 98 Prozent mit 71 geglückten Starts in Folge. Diese Zuverlässigkeit wird in Europa auch durch eine „Unabhängige nationale Bauaufsicht“ sichergestellt. Sie prüft im Auftrag der Europäischen Weltraumorganisation ESA die Qualität der Träger in den jeweiligen europäischen Partnerländern. Sie überwacht vor Ort die industriellen Fertigungs- und Qualitätsmanagementprozesse der Hersteller und Zulieferer, die am Bau der Ariane beteiligt sind. Eingebunden in dieses Netzwerk nationaler Bauaufsichten arbeiten in Deutschland sechs Spezialisten der Firma IABG an den Produktions- und Teststandorten Ottobrunn, Augsburg, Lampoldshausen und Bremen wie ein „Schweizer Uhrwerk“ zusammen. Sie überwachen die Herstellung und Verarbeitung von Raumfahrtstrukturkomponenten, die Produktion von Triebwerksbrennkammern, die Triebwerksintegration, beurteilen Triebwerkstests sowie die Oberstufenintegration aller Komponenten und begleiten den Prozess der Auslieferung nach Kourou.

Ariane manufacturing audits

Reliability through rigorous testing

By Philip Kausche and Michael Schneider

The Ariane family of launchers is Europe's ticket to space, and has reliably ensured its independent access to space for decades. The success story of models 1 to 5 is founded in particular on the launchers' technical reliability. Since 1979, 220 of 229 launches have been successful – a rate of 96 per cent. Ariane 5, which has been flying since 1996, achieved nearly 98 per cent, with an unbroken series of 71 successful launches. One of the ways in which Europe secures this kind of reliability is by independent 'national surveillance organisations'. Mandated by the European Space Agency (ESA), national engineers carry out quality inspections in each European partner country. The system includes on-site reviews of industrial production and quality management processes of the manufacturers and subcontractors involved in the construction of Ariane. Embedded in this network of national surveillance organisations are six specialists from a company called IABG. Coordinated like precision clockwork, their job is to inspect the German production and test facilities of Ottobrunn, Augsburg, Lampoldshausen, and Bremen. They examine the manufacturing and assembly of structural space components, the production of engine combustion chambers, engine integration, the quality of engine tests, and the integration of all components into an upper stage as well as overseeing its shipment to Kourou.



Autoren: **Philip Kausche** (l.) wechselte im Jahr 2015 innerhalb des DLR vom Institut für Antriebstechnik in Berlin nach Bonn in die Abteilung Trägersysteme des Raumfahrtmanagements. Er betreut seitdem das Programm des europäischen Schwerlastträgers Ariane 5. **Dipl.-Ing. Michael Schneider** leitet als Projektleiter der IABG und Spezialist auf dem Gebiet der Trägerraketentechnik das Projekt „Ariane und Vega Bauaufsicht“ in Deutschland.

Authors: In 2015, **Philip Kausche** (left) transferred from the Berlin-based DLR Institute of Propulsion Systems to the launchers department of the DLR Space Administration in Bonn, where he is now responsible for the European heavy duty launcher Ariane 5 programme. Graduate engineer **Michael Schneider** is a project manager at IABG and an expert in launcher technology. He heads the German surveillance team for the Ariane and Vega programmes.

Anfang der 1960er-Jahre wurde in Europa die Notwendigkeit erkannt, eine eigene europäische Trägerrakete zu entwickeln, um einen unabhängigen Zugang zum Weltall zu ermöglichen. Es wurde schnell klar, dass ein solches Projekt nur gemeinsam gestemmt werden konnte. Aus dieser Erkenntnis gründete sich 1962 die „European Launcher Development Organisation“ ELDO mit dem Ziel, eine europäische Trägerrakete – die „Europa“ – zu entwickeln. Die beteiligten Nationen teilten sich den Bau der Raketensegmente, um sie dann für die geplanten Starts zusammenzusetzen. Letztendlich funktionierten alle Teile für sich genommen sehr gut. Das Zusammenspiel klappte allerdings nicht. Die Folge: Es gab nie einen erfolgreichen Start dieser Rakete. Der unabhängige Zugang zum Weltall blieb Europa bis dahin verwehrt. Als Konsequenz wurde das Vorhaben eingestellt – auch weil inzwischen die spezifizierten Leistungsdaten der Europa-I und -II nicht mehr den Anforderungen der Kommunikationssatelliten entsprachen. Die in deutsch-französischer Kooperation entwickelten Symphonie-Satelliten – ihrerzeit die modernsten Telekommunikationssatelliten weltweit – waren somit auf den Start mit US-amerikanischen Delta-Raketen angewiesen. Allerdings mit der Auflage der US-Regierung, sie nur zur Technologiedemonstration einzusetzen. Eine kommerzielle Nutzung wurde nicht zugelassen, um das US-Monopol für Kommunikationsdienstleistungen zu schützen. Die europäischen Staaten hatten nun erfahren, wie eingeschränkt ihre politische Souveränität ohne eigenen Weltraumzugang war.

Die Lehre hieraus war ein grundlegender Neuanfang in der Trägerentwicklung. Statt für die Entwicklung einer „Europa-III“ genannten stärkeren Trägerrakete gaben die Regierungen Europas im Jahr 1973 grünes Licht für einen neuen Vorstoß unter französischer Systemführung: das Ariane-Programm. Um die Produktqualität der verschiedenen Raketenteile in den einzelnen Ländern zu sichern und auf einem einheitlichen Qualitätsniveau zu halten, wurde damals die unabhängige Bauaufsicht eingeführt. In Deutschland nahm diese Aufgabe zunächst die Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) wahr, aus der 1989 die Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA, das heutige DLR Raumfahrtmanagement) hervorging, die fortan die nationale Bauaufsicht stellte. Um die immer umfangreicheren Aufgaben zu bewältigen, wurde schon bald die IABG als Vertragspartner mit an Bord geholt. Der programmverantwortliche Ansprechpartner gegenüber der ESA und der französischen Raumfahrtagentur CNES war aber nach wie vor die DARA. 2006 wurde die Finanzierung dieses Vertrages in das deutsche ESA-Programm überführt. 2007 wurde die Programmverantwortung der Bauaufsicht dann vollständig an die IABG vergeben. Seitdem ist auch die ESA der Auftraggeber der nationalen Bauaufsicht in Deutschland für die europäischen Raketenprogramme Ariane und Vega. Die Finanzierung der Bauaufsicht erfolgt über das sogenannte ESA „Launcher Exploitation Accompaniment Program“, an dem Deutschland einen großen Anteil trägt. Doch wie arbeitet diese Ariane Bauaufsicht eigentlich an den einzelnen Standorten?

In the early 1960s, Europe began to realise the necessity of developing its own launcher to obtain independent access to space. It was soon agreed that such an endeavour could only be mastered in a joint effort. In 1962, this insight led to the foundation of the European Launcher Development Organisation (ELDO), which was to develop a European launcher called 'Europa'. The participating nations each had a share in building rocket segments, which were eventually to be assembled prior to each scheduled launch. The outcome of this approach was that each component worked very well taken on its own, but the assembled rocket did not. As a consequence, this launcher never made a completely successful launch. Thus, Europe was still barred from independent access to space. The project was abandoned, one of the reasons being that the specified performance data of Europa I and II no longer met the requirements of communication satellites. The Symphonie satellites, developed in co-operation by Germany and France and known as the most advanced telecommunication satellites worldwide at the time, had to rely on American Delta launchers for their delivery into orbit. As an aggravating factor, the US government required that they should be used only as technology demonstrators; any commercial application was prohibited to protect the US monopoly for communication services. This brought it home to the states of Europe how restricted their political sovereignty was without having their own access to space.

The lesson learnt from this was that Europe needed to develop a launcher from scratch. In 1973, the European governments gave the go-ahead, not for the development of a more powerful launcher called Europa III but for an entirely new venture under French system leadership: the Ariane programme. At that time, independent surveillance was introduced to secure the product quality of the various rocket components in each country and keep it on a uniform level. In Germany, this responsibility was assumed at first by the German Aerospace Research and Development Institute (DFVLR) from which the Agency for Space Flight Affairs (DARA, today DLR Space Administration) emerged in 1989, which took over national surveillance from then on. To cope with the steadily growing workload, IABG was brought on board as a contract partner. DARA remained the principal contact for ESA and the French space agency CNES. In 1997, the surveillance programme was handed over entirely to IABG. In 2006, the budgetary responsibility for this contract was transferred to Germany's ESA programme. In 2007, responsibility for the programme was entirely handed over to IABG. Since that time, ESA has been the official contracting agency for Germany's national surveillance of the European Ariane and Vega launcher programmes. Funding of the surveillance programme is provided by ESA's so-called 'Launcher Exploitation Accompaniment Program' in which Germany has a large share. But what exactly do the Ariane audits include at the individual manufacturing sites?

Jubiläum: Am 27. Januar 2016 ist eine Ariane 5-Rakete (VA228) siebzig Mal hintereinander erfolgreich gestartet. Sie transportierte den 6.552 Kilogramm schweren Kommunikationssatelliten Eutelsat 29e erfolgreich auf eine geostationäre Transferbahn in rund 36.000 Kilometer Höhe. Am 9. März 2016 folgte dann mit dem Transport von Eutelsat 65W-2016 (VA229) der 71. geglückte Start in Serie.

A jubilee event: the launch of January 27, 2016, was the seventieth successful launch of an Ariane 5 (VA 228) in a row. It carried Eutelsat 29e, a 6552-kilogramme communications satellite to its geostationary transfer orbit at an altitude of about 36,000 kilometres. It was followed on March 9, 2016, by the launch of Eutelsat 65W-2016 (VA229), the seventy-first consecutive success in the series.



Hermann Rauhut vom NSO-Team am Standort Augsburg in der Booster-Fertigungshalle

Hermann Rauhut from the NSO team in the booster manufacturing hall at the Augsburg site.

#### Augsburg: Booster mit viel Schubkraft

**Hermann Rauhut, 55 Jahre, Senior Quality Engineer:**

Hier am Standort Augsburg werden neben zahlreichen Bauteilen auch Strukturkomponenten für die Ober- und Unterstufe der Ariane wie auch die Boostergehäuse für diesen Träger bei der Firma MT Aerospace AG gefertigt. Eine Ariane-Rakete hat in der derzeitigen Ausbaustufe zwei Feststoff-Booster, die jeweils aus drei Segmenten bestehen. Pro Jahr werden also bei sechs bis sieben Ariane-Starts 36 beziehungsweise 42 dieser Boostersegmente in Augsburg produziert und ausgeliefert. Und bei sieben Starts ist unser Terminkalender dann mehr als voll. Denn während seiner Herstellung durchläuft ein Booster hier vom Rohteil bis zum fertigen Segment die zahlreichen Stationen des Fertigungsprozesses: Immense Kräfte sind notwendig, um mit den „Gegenrollen-Druckwalzmaschinen“ den zentimeterdicken Stahlrohlingen in einem Kaltwalzverfahren ihre spätere grazile Form zu geben. Weitere, nicht weniger beeindruckende Fertigungsstationen, bestehen aus großen Öfen, Dreh-, Fräsanlagen, einer speziellen Elektronenstrahlschweißanlage sowie riesigen Mess- und Beschichtungsmaschinen. Nach und nach entstehen die Segmente, deren Produktion in verschiedene Abschnitte gegliedert ist. Um diesen Prozess zu überwachen, betreten wir auch am Montag, den 1. Februar 2016 wieder die Fertigungshallen. Sofort schlägt uns der Lärm der Dreh- und Fräsmaschinen entgegen, der augenblicklich alle Gespräche unterdrückt.

Bei unseren Kontrollen nehmen wir als NSO (National Surveillance Organisation der ESA) teil, um im Vieraugenprinzip mögliche Unregelmäßigkeiten zu erkennen. Wurden alle internen Kontrollschritte und externen Schlüsselpunkte erfolgreich durchlaufen, steht einer erfolgreichen Abnahme nichts mehr im Wege. Danach tritt das fertige Boostersegment seine Reise in einem großen Transportcontainer in ein europäisches Partnerland zur weiteren Bearbeitung an. Am 8. März hat eine weitere Ariane-Rakete den Telekommunikationssatelliten Eutelsat 65W sicher auf seiner Umlaufbahn abgesetzt. Auch die Booster für diesen Flug wurden hier in Augsburg ein bis zwei Jahre zuvor hergestellt. Jeder erfolgreiche Ariane-Flug honoriert also im Nachhinein auch unsere Arbeit hier in Schwaben. Im weiteren Tagesverlauf führen wir eine visuelle Kontrolle der Arbeiten an einem Fräsbauteil der Ariane 5-Oberstufe durch. Der „Inner Dome“ mit seiner komplexen Oberflächenstruktur stellt hohe Anforderungen an die Fräsarbeiten und wird aus einem einzigen großen Rohteil herausgefräst. Er befindet sich während unserer Inspektion in einwandfreiem Zustand. Nun können die Vorbereitungen für den nachfolgenden Schweißprozess auf einer speziellen Schweißanlage beginnen. Mit einem abschließenden Kontrollgang durch die Fertigungshallen beenden wir den Tagesablauf.

#### Augsburg: Booster with a powerful thrust

**Hermann Rauhut, 55 years, Senior Quality Engineer:**

At its Augsburg site, MT Aerospace AG manufactures not only numerous parts but also structural elements for Ariane's upper and lower stage as well as the booster casings for this launcher. In its present configuration, an Ariane rocket is equipped with two solid-fuel boosters, each consisting of three segments. For six to seven Ariane launches per year, therefore, 36 or 42 of these booster segments are made in and dispatched from Augsburg. If there are seven launches in a year, our schedule becomes crowded. Here, a booster passes through the many stages of the production process, from raw workpiece to finished segment. To begin with, a vast amount of power is needed to cold-roll each workpiece, which are several centimetres thick to start with, into its final profile, using counter-roller flow forming technology. This is followed by several other manufacturing stations that appear no less massive: large furnaces, lathes, milling machines, a special electron-beam welding system, and enormous measuring and coating machines employed in making such large components. Gradually, the segment takes its final shape. The inspection of the production process is subdivided into a series of key inspection points. To monitor these, we enter the production halls on Monday, February 1, 2016. We are immediately met by the noise of the lathes and milling machines which instantly drowns out any conversation.

We as NSO (National Surveillance Organisation operating on behalf of ESA) participate in inspection rounds so that we can identify any irregularities under a four-eyes principle. Once all internal control steps and external key points have been passed, nothing stands in the way of final acceptance. After this, the complete booster segment will set out in a large transport container on its journey to a European partner country where it will be processed further. On March 8, we note that another Ariane rocket has successfully released the Eutelsat 65W telecommunication satellite in its orbit. The boosters for that particular flight were also made here in Augsburg one or two years ago. Thus, every successful flight of an Ariane rocket retrospectively honours our work here in Swabia. Later in the day, we visually inspect the milling of a component of the Ariane 5 upper stage. Because of its complex surface structure, the inner dome makes great demands on milling, the piece being machined out of a single large blank. We find the inner dome in perfect condition. Preparations for the subsequent welding process on a special welding machine may begin. We end the day with a final tour of the production halls.

#### Ottobrunn: Tests für funktionstüchtige Triebwerke

**Denis Gester, 30 Jahre, Senior Quality Engineer:**

Am Freitag, den 5. Februar 2016 stehen wieder einmal „zwei Schlüsselpunkte“ an, das heißt die Untersuchung und Beurteilung eines Produktionsschrittes für Ventile sowie ein Drucktest für eine HM7B-Brennkammer. Neben Brennkammern für Oberstufentriebwerke wie jene für HM7 oder Vinci werden auch die Brennkammern für die Unterstufe der Ariane hier in Ottobrunn gefertigt. Die HM7B-Brennkammer, die wir in Ottobrunn beurteilen, soll in absehbarer Zeit in Bremen in die kommende Oberstufe integriert werden. Unser Tag beginnt gegen 7.30 Uhr zunächst mit Büroarbeit: Ein Bericht über eine planmäßige Besprechung vom gestrigen Tag muss geschrieben, die heute anstehenden Meetings – das erste ist um 9.00 Uhr geplant – vorbereitet werden. Nach einer aufmerksamen Durchsicht der Herstellungsunterlagen kann der Tag richtig beginnen. Im Anschluss an eine kurze Begrüßung des Kollegen von Airbus Safran Launchers (ASL) werden die Ventiltteile mit „scharfem Blick“ untersucht. Dieses Vieraugenprinzip hat sich bewährt, denn eine Rückrufaktion wie beim Auto ist bei Raumfahrtteilen nur schwer möglich. Bei unserer Kontrolle finden wir lediglich zwei kleine Kratzer und weisen gleich schriftlich an, diese während der Montage wegzupolieren. Ob diese Arbeiten sauber ausgeführt worden sind, werden wir in der darauffolgenden Abnahme des Ventils überprüfen.

Während der Inspektion teilt mir der Kollege mit, dass heute noch eine Beanstandungsmeldung eines anderen Bauteils besprochen werden muss. Bei dieser Gelegenheit wurden auch vorbeugende Maßnahmen dazu abschließend festgelegt. Dies ist deshalb so wichtig, da wir gemeinsam eine Null-Fehler-Politik anstreben. Nun geht es mit dem HM7B-Dichtheitstest weiter. Nachdem wir den Versuchsaufbau genau unter die Lupe genommen haben, wird der Test gestartet. Diesen Aufbau beobachten wir nun durch eine Panzerglasscheibe. In der Brennkammer wird Druck aufgebaut, der nach einer genau spezifizierten Haltedauer auf einen geringen Überdruck reduziert wird. Nun können wir den Versuchsraum wieder betreten, um nach undichten Stellen zu suchen. Sollten wir hier etwas finden, stehen qualifizierte Reparaturverfahren zur Verfügung – danach erfolgt natürlich eine erneute Dichtheitsprüfung. Doch alle Sorgen sind unbegründet: Alles ist dicht. Die Testdokumentation wird angefertigt und von allen unterschrieben. Da am Montag die Abnahme einer HM7B-Düse ansteht und noch etwas Zeit ist, führen wir gleich im Anschluss an den Drucktest noch die visuelle Inspektion dieser Düse durch. Dabei werden die Schweißnähte begutachtet und die korrekte Positionierung der Flansche geprüft. Anschließend wird die Transportkiste in Augenschein genommen und die Düse verpackt, so dass am Montag nur noch die Dokumentation geprüft werden muss. Wieder im Büro angekommen bleibt uns noch ein wenig Zeit, den Tag nachzuarbeiten.

#### Ottobrunn: Testing for functional engines

**Denis Gester, 30 years, Senior Quality Engineer:**

On Friday, February 5, 2016, our agenda once again takes us to two key inspection points, i.e. an audit of the production of valves and a pressure test for an HM7B combustion chamber. Besides combustion chambers for the upper-stage engines of HM7 and Vinci, Ottobrunn also produces combustion chambers for the lower stage of Ariane. The HM7B combustion chamber will be integrated in the next upper stage in Bremen sometime soon. But first and foremost, our day starts with some office work at about 7.30 a.m.: a report needs to be written about yesterday's scheduled meeting, and today's meetings need to be prepared – the first is planned for 9 a.m. Once the manufacturing documents have been checked for completeness, the day may begin properly. Having briefly welcomed our colleague from Airbus Safran Launchers (ASL), we take a thorough look at the valve parts. This dual checking principle has proven to be of great benefit, especially as it would be difficult to conduct recall campaigns for space components like you would for a car. All we find during our inspection is two small scratches for which we issue written instructions to eliminate them by polishing during assembly. We will see whether this job has been done properly at a later stage in the course of the valve acceptance test. During the inspection, my colleague tells me that we will have to discuss a complaint report about another component today. During the discussion, we finalise the preventive measures relating to this complaint. This is particularly important because it is our shared ambition to establish a zero-defect policy.

What follows next is the HM7B leak test. Having closely examined the test setup, we start the test. We watch the test through a sheet of armoured glass. The combustion chamber is put under pressure, which is held for an exactly specified period and then reduced to only a slight positive pressure. We are now able to enter the room to look for leaks. Should we find any evidence of that, there are qualified repair procedures in place, followed, of course, by another leak test. But our concerns are unfounded; there is no leak. The test documentation is written out and signed by all. Because the acceptance of a HM7B nozzle is scheduled for Monday and there is some time left, we conduct a visual inspection of that nozzle right after the leak test, examining the weld seams and checking the positioning of the flanges. Next, the transport crate is inspected and the nozzle packed in it, so that all that is left to do on Monday is checking the documentation. Back in the office, we have a little time left to go over the day.



Denis Gester (M.) vom NSO-Team am Standort Ottobrunn, zusammen mit den Airbus Safran Launchers-Kollegen Philipp Stadler (l.) und Alois Schießl (r.) in der HM7B-Düsenfertigung

Denis Gester (centre) from the NSO team at the Ottobrunn facility together with Airbus Safran launcher colleagues Philipp Stadler (left) and Alois Schießl (right) in the HM7B nozzle manufacturing hall

**Lampoldshausen: Viel Rauch für sichere Flüge****Marie-Pierre Budin, 30 Jahre, Senior Quality Engineer:**

Mittwoch, der 3. Februar 2016 ist ein Testtag, wie er während einer Triebwerkstestkampagne alle 14 Tage am DLR-Standort in Lampoldshausen vorkommt. Hier in der Nähe von Heilbronn ragen die Prüfstände in den Himmel, in denen unter anderem Oberstufentriebwerke unter Vakuumbedingungen aber auch das Triebwerk der Hauptstufe der Ariane 5 Trägerrakete auf Herz und Nieren geprüft werden – ein nicht ganz ungefährliches Unterfangen. Am Prüfstand P5 wird gerade das Hauptstufentriebwerk Vulcain 2 durch das Prüfstandsteam des DLR getestet. Wir als NSO sind während der kompletten Kampagne dabei, die aus verschiedenen Tests besteht. Unser Arbeitstag beginnt nur ein paar hundert Meter vom P5 entfernt mit der Vorbesprechung im Kontrollraum des unterirdischen Gebäudes M8. In diesem Meeting werden die restlichen offenen Aktionen für den anstehenden Test diskutiert, die den Prüfstand sowie das zu testende Triebwerk betreffen. Alle Einzelschritte und Aktionen müssen für diesen Test sorgfältig geprüft werden und akzeptiert sein. Nachdem die Genehmigung steht, beginnt der Chill-Down des Prüfstands. Nun ist er komplett abgeriegelt und der Sicherheitsbereich um P5 herum wird aufgebaut. Wir müssen erst einmal warten, da der Chill-Down sequenzabhängig durchgeführt wird. In dieser Zeit ist der Zugang zu M8 noch nicht gesperrt. Wir nutzen die Gelegenheit, um den Qualitätsverantwortlichen von Airbus zu sprechen und die anstehenden Meetings zu koordinieren.

Lautsprecher, die über das komplette Testgelände verteilt sind, verkünden die baldige Sperrung von M8 – höchste Zeit zum Kontrollraum zurückzugehen. Hier liegt alles im grünen Bereich. Die Beteiligten haben ihre Plätze eingenommen. Eine spürbare Anspannung erfüllt die Luft. Nun folgt der Countdown: „drei, zwei, eins, Zündung“. Die Kameras liefern die Bilder. Sie zeigen uns, was passiert. Die Computer bestätigen: Alles läuft wie erwartet. Wir notieren uns die Hauptschritte und die Entwicklung der Parameter während die Wände und der Boden vibrieren. Das Triebwerk entfaltet nun seine ganze Kraft. Jeder Betriebspunkt konnte wie geplant angefahren werden. Alle freuen sich über einen weiteren erfolgreichen Test. Nun folgt die Nachbesprechung. Hier werden alle Testparameter sowie die aufgetretenen Meldungen gesammelt. Die Planung der anstehenden Aktivitäten am Triebwerk und am P5 wird diskutiert. Wir verschaffen uns einen Überblick, was am P5 ansteht und bei welchen Themen wir bis zum nächsten Testtag dabei sein sollten. All dies fassen wir in einem detaillierten Report zusammen und informieren unseren Auftraggeber, die ESA. Der Tag endet mit der Inspektion des Triebwerks, nachdem der Prüfstand P5 wieder freigegeben ist.

**Lampoldshausen: Lots of smoke for safe flights****Marie-Pierre Budin, 30 years, Senior Quality Engineer:**

Wednesday, February 3, 2016 is a test day such as happens every two weeks during an engine test campaign at DLR's Lampoldshausen site. Here, in the vicinity of Heilbronn, test stands rear up to the sky that serve to test upper-stage engines under vacuum conditions as well as those of the Ariane 5 main stage – an undertaking that is not without danger. At the P5 test stand, a Vulcain 2 main-stage engine is just being tested by a team of DLR test operators. As NSO, we cover the entire campaign which comprises several tests. Our working day begins only a few hundred metres away from P5 with a preparatory discussion in the control room of the subterranean M8 building. The meeting serves to discuss remaining open items with regard to the test stand and the engine to be tested. Every one of them must be thoroughly inspected and accepted in its status before the test. Once the final approval has been given, the test stand chill-down begins. At that time, the stand is completely cordoned off, and a safety zone is being set up around P5. As the chill-down is carried out sequentially, we have to wait for a while. During that time, access to M8 is not yet barred. We therefore seize the opportunity to talk to the quality supervisor from Airbus to coordinate pending meetings. Loudspeakers distributed around the entire test area announce that M8 will soon be closed – high time to return to the control room. Here everything is going to plan. Everyone is in their place. Tension is physically perceptible in the room. Next comes the countdown: 'three, two, one, ignition'. Cameras deliver pictures that show us what is happening. The computers confirm that everything is going as expected.

We make notes of the key steps and the development of the parameters. All the while, the walls and the floor vibrate. The engine now unfolds its full power. The engine was successfully accelerated to all scheduled operating points. All are happy about yet another successful test. Next comes a debriefing session at which all test parameters and messages received are gathered. Plans are discussed regarding upcoming work on the engine and the test stand. We take stock of the work to be done and the issues we should address until the next test day. We summarise everything in a detailed report and inform our contracting agency, ESA. The day ends with an inspection of the engine as soon as the P5 test stand is reopened.



Die NSO-Kollegen Gerrit Buerhop (l.) und Christoph Widauer am Standort Bremen bei der Integrationsüberwachung einer Ariane 5-ESC-A-Stufe

NSO colleagues Gerrit Buerhop (left) and Christoph Widauer, supervising the integration process of an Ariane 5 ESC-A stage at the Bremen site

**Bremen: Oberstufe zur Abreise fertig****Christoph Widauer, 34 Jahre, Senior Quality Engineer:**

Der Airbus Safran Launchers Standort Bremen ist für die Ariane-Raketenproduktion eine zentrale Schnittstelle zu den anderen deutschen beziehungsweise europäischen Standorten: Hier treffen alle Bauteile ein, um anschließend zu einer fertigen Oberstufe zusammengesetzt zu werden. Jeder Kontrollgang durch die Integrationshalle hinterlässt bei uns ein beeindruckendes Gefühl, denn jede Oberstufe – und davon befinden sich vier parallel in der Integrationshalle und im Test – wird hier flügge und trägt in absehbarer Zeit eine Nutzlast Huckepack ins All. Wir als NSO haben neben dem Alltagsgeschäft ein sehr abwechslungsreiches Tätigkeitsspektrum, denn wir sind in alle relevanten Prozesse der Oberstufenfertigung eingebunden: Von der Integrationsfreigabe über die Baufortschrittskontrolle und -dokumentation, täglichen Meetings zu Modifikationsänderungen, Bauabweichungen, Fehlermeldungen bis zu stichprobenartigen Überprüfungen von Dokumentation und Hardware.

Täglich stehen wir in sehr engem Austausch mit den für die jeweilige Oberstufe zuständigen Kollegen, um gemeinsam frühzeitig die auftretenden Herausforderungen zu lösen. Um diese Aufgabe ausführen zu können, ist neben dem komplexen technischen Verständnis der Funktionsweise einer Oberstufe ein geschulter Blick bei den zahlreichen visuellen Inspektionen notwendig. Dienstag, der 8. Februar 2016: Heute ist ein besonderer Tag, denn eine Oberstufe wird ihre Reise zum europäischen Weltraumbahnhof in Kourou antreten. Zusammen mit dem Transportcontainer kommen hier schon beachtliche 45 Tonnen zusammen. Wir prüfen noch ein letztes Mal die Bauakte, die uns über einen langen Zeitraum begleitet hat. Jedes Detail muss stimmen, da das Dokument zugleich als Kontrollregister für alle Bauteile einer Oberstufe gilt. Nach einer visuellen Inspektion wird der Container verplombt. Unterschrift und Siegel beschließen unsere NSO-Tätigkeit für diese Oberstufe. Und spätestens beim Start holt uns dieses beeindruckende Gefühl wieder ein: Teil eines großen Ganzen zu sein und durch unsere Tätigkeit mit zum Erfolg des Ariane-Trägers beigetragen zu haben.

**Bremen: Upper stage ready for departure****Christoph Widauer, 34 years, Senior Quality Engineer:**

For the production of Ariane rockets, the Bremen facility of Airbus Safran Launchers is a key interface with the other German and/or European sites: this is where all those components arrive that will subsequently be assembled to form a complete upper stage. Every tour of inspection through the integration hall is deeply impressive, for this is where each upper stage, of which four are being integrated and tested in parallel, becomes fully fledged and able to carry a payload into space soon. Beyond the inevitable routine activities, our work as an NSO team is highly varied, for we are involved in all relevant processes of upper-stage production: from integration release, monitoring and documenting construction progress, daily meetings on modification changes, construction non-conformances, defect reports, etc. through to random spot checks of documentation and hardware.

Every day we engage in a very close exchange with the colleagues in charge of a particular upper stage in order to resolve any challenges that may occur together and at an early stage. Performing this task calls for technological understanding of the complex functions of an upper stage as well as for a trained eye for the numerous visual inspections. Tuesday, February 8, 2016, is another special day, because that is when an upper stage will set out on its journey to the European spaceport of Kourou. Together with its shipping container, the total weight of the consignment amounts to respectable 45 tons. For the last time, we check the construction register that has accompanied us for a long time. Every detail must be correct, for the document doubles as a control register for all the components of an upper stage. After visual inspection, the container is sealed. Our signature and stamp concludes our work as NSO for this upper stage. And at the time of the actual launch, we once again experience this overwhelming feeling of having been part of a big project, and of having made a contribution to the success of an Ariane launcher.



Der Prüfstand P5 am DLR-Standort Lampoldshausen während eines Ariane 5-Vulcain 2-Versuchs

Test stand P5 at the DLR location Lampoldshausen with a running Ariane 5 Vulcain 2 hot firing test

### Ariane 6 – die Zukunft der Bauaufsichten

Die nationalen Bauaufsichten stellen seit Beginn der Ariane-Nutzung die technische Zuverlässigkeit der europäischen Träger- raketen sicher. Ohne sie wäre die Entwicklung, die die Ariane 5 zum zuverlässigsten Träger am Markt gemacht hat, kaum denk- bar. Obwohl Ariane 5 ab 2020 sukzessive von Ariane 6 abgelöst wird, sind bis zum letzten Flug noch über 30 Starts vorgesehen. Damit auch diese Missionen erfolgreich abgeschlossen werden können, sind die nationalen Bauaufsichten bis zum letzten Tag der Ariane-5-Nutzung gefordert. Auch bei der Ariane 6 werden die Bauaufsichten eine wichtige Rolle spielen. Die Entwicklung und auch die spätere Nutzung bauen auf einer neuen Rollenver- teilung zwischen öffentlichem Auftraggeber und industriellen Auftragnehmern auf: Die Industrie erhält mehr Freiheiten bei der technischen Umsetzung, muss aber im Gegenzug hierzu eine höhere Eigenverantwortung und damit auch mehr Risiken tra- gen. Auch in dieser neuen Struktur werden die nationalen Bau- aufsichten eine wichtige Rolle spielen – das ist sowohl vonseiten der ESA als auch des DLR nachdrücklich gewollt. Die detaillierte Ausgestaltung der Rolle der Bauaufsichten ist eine Frage, die in unmittelbarer Zukunft geklärt wird.

### Ariane 6 – the future of surveillance

Independent national surveillance has been contributing to ensure the technical reliability of European launchers ever since the first Ariane was deployed. The development, which made Ariane the most reliable launcher on the market would be almost inconceivable without it. Although Ariane 5 will be suc- cessively replaced by Ariane 6 from 2020 onwards, more than 30 launches are still in the pipeline. Ensuring that these missions, too, may be completed successfully will be the challenge facing the national surveillance organisations to the last operating day of Ariane 5. Looking further ahead, surveillance organisations will play an equally important role for Ariane 6. Its development as well as its later use will be based on a new arrangement between public contracting authorities and manufacturers: the industry will enjoy greater freedom in technical implementation but will have to assume more responsibility and, consequently, bear additional risks. In this new structure, too, national surveil- lance will play an important role; this is the strong wish of both ESA and DLR. The details of the part to be played by surveillance organisations will be determined in the near future.



# Sind wir bereit für New Space?

Die deutsche Raumfahrtlandschaft muss mehr riskieren

Von Dr. Hendrik Fischer und Martin Fleischmann

Mehr Mut zum Risiko – mit dieser Forderung an den deutschen Unternehmergeist könnte man die Studie „New Space – Geschäftsmodelle an der Schnittstelle von Raumfahrt und digitaler Wirtschaft“ in einem Satz zusammenfassen. Doch das greift zu kurz. Das 163 Seiten starke Dokument, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) in Auftrag gegeben wurde, ist vielschichtiger, als die Kernthese vermuten lässt. Viel mehr ist nötig, um die deutsche und europäische Raumfahrt für den Weltmarkt fit zu machen. Aber wenn sich diese Kernforderung nicht erfüllt, wird es deutschen Unternehmen nicht gelingen, mit mutigen amerikanischen Unternehmen wie SpaceX und SkyBox zu konkurrieren. Airbus Defence & Space hat einen ersten Schritt getan und ist ein Joint Venture mit dem US-Start-up OneWeb eingegangen – vor allem, um den amerikanischen New-Space-Ansatz besser kennen zu lernen und in kürzester Zeit weltweites Internet mit einer vollelektrisch angetriebenen Kleinsatellitenflotte möglich zu machen. Das Unternehmen hat damit einen Schritt in Richtung New Space getan.

Are we ready for New Space?

Germany's space industry must take more risks

By Dr Hendrik Fischer and Martin Fleischmann

Have more courage to take risks – this appeal to the German entrepreneurial spirit might serve as a summary of the study 'New Space – business models at the interface between space flight and the digital economy'. But that would be inadequate. Commissioned by the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi), the 163-page document has more facets than its core proposition suggests. Much more will be needed to render Germany's and Europe's space sector fit for the world market. But if this core proposition is not fulfilled, German companies will not be able to compete against courageous American enterprises like SpaceX and SkyBox. Airbus Defence & Space has taken a first step, entering into a joint venture with the American start-up OneWeb, its chief purpose being to learn more about the American New Space approach and enable the creation of a worldwide Internet based on a fleet of electrically-driven small satellites in the very near future. By doing so, the enterprise has taken a step towards New Space.

Visionäre Technologie: In Zukunft soll der Bau von Mondbasen direkt vor Ort durch 3D-Drucker unterstützt werden. Roboter überziehen die Gebäude mit einer Schicht aus Regolith, die die Astronauten vor der Strahlung und dem Einschlag von Mikrometeoriten schützen soll.

A visionary technology: building a multi-dome lunar base, based on the 3D printing concept. Once assembled, the inflated domes are covered with a layer of 3D-printed lunar regolith by robots to help protect the occupants against space radiation and micrometeorites.



Autoren: **Dr. Hendrik Fischer** (l.) ist stellvertretender Leiter der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik im DLR Raumfahrtmanagement. Er hat gemeinsam mit seiner Abteilung an der Entstehung der Studie mitgearbeitet. **Martin Fleischmann** war als COUNTDOWN-Chefredakteur bei der Vorstellung der Studie im Bundeswirtschaftsministerium in Bonn mit dabei. Authors: **Dr Hendrik Fischer** (left) is deputy head of Space Strategy and Programme Planning at the DLR Space Administration. He and his team have been actively involved in the study. **Martin Fleischmann** as the COUNTDOWN editor in chief attended the presentation of the study at the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy in Bonn.

Von der Idee bis zum Produkt – ein langer Weg

Noch ist Europa Exportweltmeister für Raumfahrttechnik und Dienstleistungen. Arianespace führt den Markt bei kommerziellen Satellitenstarts an. Mehrere größere Satellitendienstleister haben sich in Europa niedergelassen. Das hat einen Grund: Im Vergleich zu den USA ist die Nachfrage institutioneller Kunden eher gering. Daher waren europäische Firmen gezwungen, ihr Geschäftsmodell auf kommerzielle Kunden auszurichten. Diese Wettbewerbsfähigkeit der traditionellen europäischen Raumfahrtindustrie muss nun in neuen Technologien und Anwendungen erhalten bleiben, um die Chancen von New Space zu nutzen. Denn die Welt ist im Wandel: Es finden viele Paradigmenwechsel statt. Ein wichtiger ist die Verschiebung des herkömmlichen Fernsehens zum Internet-TV. Die Zukunft wird digital und New Space ist direkt mit diesem Digitalisierungsschub verknüpft. Dieser Wandel vollzieht sich weltweit sehr schnell, trifft in Europa aber auf träge Strukturen. Daher ist höhere „Innovationsgeschwindigkeit“ ein weiterer Appell aus der Studie: Der Weg von der Idee bis zum fertigen Produkt dauert viel zu lange. Traditionelles Denken aus der Zeit, als Raumfahrt hauptsächlich aus dem Bau staatlich finanzierter Forschungs sonden bestand, versperrt in Europa einen schnellen

„Wir können es uns nicht leisten, der nächsten industriellen Revolution hinterherzuhinken: der digitalen Entwicklung und Fertigung.“

Tom Enders, CEO von Airbus

‘We cannot afford missing the next industrial revolution: digital development and manufacturing.’

Tom Enders, CEO of Airbus

From the idea to the product – a long way to go

At present, Europe still is the world's champion in exporting space technologies and services. Arianespace leads the market for commercial satellite launchers. Several major providers of satellite-based services have taken up residence in Europe. There is a reason for this: because the demand from public-sector customers is rather low in Europe compared to the USA, European companies were compelled early on to focus their business models on commercial customers. This good competitive position of Europe's traditional space industry now needs to be maintained in the area of new technologies and applications if the opportunities offered by New Space are to be exploited. For the world is in transformation: there are many paradigm changes taking place. Important among these is the shift from conventional television to internet TV. The future will be digital, and New Space is directly linked to this wave of digitalisation. The transformation is happening very swiftly worldwide but encounters sluggish structures in Europe. This is why the study contains another appeal, this time for speedier innovation: it simply takes far too long to get from an idea to the finished product. In Europe, quick access to the market is hampered by a lot of traditional thinking dating back to an era



Links: Bevor ein 3D-gedrucktes Bauteil im Weltraum zum Einsatz kommen kann, muss es genau durchleuchtet werden. Das übernimmt ein Röntgenscanner im ESA Materials and Electrical Components Laboratory. Der 3D-gedruckte Spiegel wird auf dem Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-5 Precursor zum Einsatz kommen, der im Herbst 2016 ins All starten soll. Rechts: Das Raumfahrtunternehmen SpaceX hat schon früh auf 3D-Druck gesetzt und produziert für die Falcon 9-Raketen die SuperDraco-Raketentriebwerke komplett mit diesem Verfahren. Sie sind die ersten Antriebe, die vollständig auf diese Weise hergestellt wurden. Als Werkstoff wird eine hochhitzebeständige Nickelbasislegierung verwendet.

Left: Before being deployed in space, a component made on a 3D printer must be thoroughly scrutinised. This is done on an X-ray scanner at the ESA Materials and Electrical Components Laboratory. The mirror printed in 3D will be deployed on the Sentinel-5 Precursor Earth observation satellite, which will head for space in autumn 2016. Right: SpaceX was an early adopter of 3D printing technology. It produces the entire SuperDraco boosters of its Falcon 9 launchers on a printer, making them the first boosters to be manufactured entirely in this way. The material used is a highly heat-resistant nickel-base alloy.

Zugang zum Markt: Hindernisse sind technischer Perfektionismus, das Einhalten restriktiver Standards und staatliche Regulierung.

Auch hier spielt Mut zum Risiko eine Rolle. US-amerikanische New Space-Unternehmen gehen mit einem Produkt an den Start, das noch nicht bis ins kleinste Detail stimmig ist. Diese Firmen sehen eine Geschäftsidee und gehen dieser nach – auch auf das Risiko hin, zu scheitern. Diese Newcomer, die so gut wie nie aus der Raumfahrt stammen, versuchen für ihre Idee sofort Kapital aufzutreiben. „Das gelingt ihnen paradoxerweise besser, wenn sie schon einmal gescheitert sind. Dass sie nicht aufgeben, macht sie für die großen Venture Capital Fonds in Amerika viel attraktiver als Newcomer mit einer weißen Weste“, sagte Dr. Norbert Frischauf, der bei SpaceTec-Partners an der Erstellung der Studie beteiligt war, bei der Präsentation im BMWi in Bonn.

#### Deutschland hat ein Mentalitätsproblem

Gibt es in Deutschland Newcomer, so stammen sie in der Regel aus der Raumfahrt. Am häufigsten sind solche Unternehmen Ausgründungen von Wissenschaftlern oder Ingenieuren aus Raumfahrtforschungsinstituten. Großdenkende, fachfremde Visionäre werden oft belächelt. Das ist der große Mentalitätsunterschied zu den USA. Hier empfiehlt die Studie, den Horizont zu erweitern. SpaceX-Gründer Elon Musk kommt nicht aus der Raumfahrt, hat den New-Space-Markt aber geprägt und weiter vorangetrieben. Diese „Serial Entrepreneurs“ – ideenreiche, risikobereite Unternehmer mit viel Eigenkapital, die schon Geschäfte aufgebaut und wieder zu Geld gemacht haben – ziehen vor allem Risikokapitalgeber an. Gerade in den USA ist in den letzten Jahren kräftig Venture Capital investiert worden: Allein im Jahr 2015 wurden von 55 dieser Fonds 1,8 Milliarden US-Dollar in 22 Start-up-Firmen gepumpt – allein in SpaceX und OneWeb wurden 500 Millionen US-Dollar investiert. Im Durchschnitt betrug eine VC-Transaktion 15 Millionen US-Dollar – in Europa werden gerade einmal 2,7 Millionen US-Dollar im Schnitt ausgegeben. Neben Drohnen, Robotik, Augmented Reality und Virtual Reality ist New Space in den USA damit zum neuen, spannenden Investitionsbereich aufgestiegen. Doch was macht diesen Markt für Investoren so interessant? Die Kapitalgeber haben darauf eine einfache Antwort: das enorme Verbesserungspotenzial gegenüber dem klassischen Raumfahrtgeschäft sowie das Zusammenwirken von staatlichen Institutionen und Internetwirt-

when space flight consisted mainly of building space probes with government funds for research purposes: technical perfectionism, conformance to restrictive standards, and governmental regulation constitute the chief obstacles.

Once again, the courage to run risks plays a part in this context. American New Space companies start off with products that are not yet perfect in all detail. These companies recognise a business opportunity when they see one and follow it up – even at the risk of failure. The newcomers, who virtually never come from the space sector, immediately begin to raise capital for their idea. ‘Paradoxically, they are more likely to succeed in this if they have failed once before. The fact that they never give up makes them appear much more attractive to the big venture capital funds in America than newcomers with a clean slate,’ said Dr Norbert Frischauf, who was involved in drafting the study at SpaceTec Partners, when the document was presented at the BMWi in Bonn.

#### Germany has a mentality problem

Newcomer firms in Germany generally already come from the space sector. Most frequently, such enterprises are spin-offs founded by scientists or engineers from space research institutes. Big-thinking non-specialist visionaries are often smiled at. Here we have the big difference in mentality between Europe and the USA. The study recommends widening the horizon. Elon Musk, the founder of SpaceX, not originally from the space sector, has left his mark on the New Space market and advanced it considerably. These ‘serial entrepreneurs’ – ready to take risks and wielding a great deal of equity capital, having previously built up and sold other businesses – are particularly attractive to venture capital investors. In recent years, venture capital investments boomed particularly in the USA: in 2015 alone, 55 venture capital funds piped 1.8 billion dollars into 22 start-up companies, of which SpaceX and OneWeb alone received 500 million. On average, venture capital transactions amounted to 25 million dollars each; in Europe, the average sum spent is 2.7 million dollars. Thus, New Space has risen to the status of a new, intriguing investment industry in the USA, next to drones, robotics, augmented reality, and virtual reality. But what makes this market so interesting to investors? They have a simple answer to that: the enormous potential for improvement compared to the classical space business and the interaction between govern-

schaft. Je näher eine Raumfahrtidee am IT-Geschäft liegt, desto leichter kann sie Investoren gewinnen. Das zieht neben Kapitalgesellschaften auch private Investoren – die sogenannten Business Angel – an. 21 Milliardäre der Forbes-Liste sind in New Space aktiv eingestiegen. Auch branchenübergreifende Steuerergünstigungen sowie öffentlich ausgeschriebene Anreizwettbewerbsergebnisse können weltweit Kreativität mobilisieren – mögliche Steuerinstrumente für den Gesetzgeber und die Raumfahrtagenturen.

#### Raumfahrtagenturen sind gefordert

Doch die Studie verlangt noch mehr von Agenturen und Behörden: Sie müssen über den Abbau von Hürden nachdenken. Zu den Hemmnissen zählen die strengen europäischen Vorschriften zu Export-, Ausschreibungs-, Vertrags- und Standardbedingungen. „Sobald irgendeine Raumfahrtagentur im Spiel ist, wird man zu Old Space aufgrund der verlangten Standards“, wird ein nicht namentlich genannter KMU-Vertreter in der Studie zitiert. Deshalb fordert das

„Wir hatten eine Tochtergesellschaft für New Space-Aktivitäten vorgesehen – mit ihren neuen ESA-Aufträgen trifft sie nun die volle Wucht der Prozessadministration.“

OHB-Vorstand Dr. Fritz Merkle

‘We had originally set up one subsidiary for New Space activities – now that the new ESA contracts have arrived, it is hit by the full force of process administration.’

OHB Director Dr Fritz Merkle

Papier den Abbau bürokratischer Hürden und die Einführung pragmatischer Standards, die es Firmen erlauben, ihre Produkte schneller in den Orbit zu bringen. SpaceX hat schon in der Entwicklung an günstige Herstellungsprozesse gedacht und Komponenten nach Möglichkeit „aus dem Regal“ eingekauft – ein Grund dafür, warum das Unternehmen so erfolgreich ist. Wenn dieses Beispiel auch in Deutschland Schule macht, die Miniaturisierung und die Softwareentwicklung weiter voranschreiten sowie die Künstliche Intelligenz und Automation der Systeme verbessert werden, kann auch hierzulande der Einstieg in New Space gelingen. Erste Ansätze gibt es bereits. So ist die deutsche Hauptstadt bereits zu einer richtigen Kleinsatelliten-Metropole geworden. Hier hat sich eine Reihe von Start-ups niedergelassen – ein kleines „Berlin Valley“ ist entstanden. Mit dem großen kalifornischen Silicon Valley ist diese Entwicklung zwar nicht vergleichbar, hat aber Berlin vor London zur führenden New Space-Hotspot in Europa gemacht. Auch München, Hamburg und Bremen haben großes Potenzial, das noch gesteigert werden könnte: Spin-in heißt hier das Zauberwort. Fortschritte aus dem Maschinenbau sollten künftig stärker in der Raumfahrt genutzt werden. So verwenden viele US-amerikanische New Space-Firmen in der Serienproduktion von Kleinsatelliten schon deutsches Know-how im 3D-Druck, um die Wettbewerbsnachteile, die unter anderem durch fehlende Serienproduktion entstehen, auszugleichen.

mental institutions and the internet economy. The closer a space idea is to the IT business, the easier it is to recruit investors. Besides attracting capital from the corporate sector, businesses are also funded by private investors called business angels. 21 billionaires named in the Forbes list have actively entered the New Space market. Moreover, creativity may also be mobilised worldwide by cross-sectoral tax breaks and publically tendered incentive contests – potential control tools for lawmakers and space agencies.

#### Challenging the space agencies

Yet the study also demands a better effort made by public authorities and agencies: they should consider lowering bureaucratic hurdles. Obstructions include Europe’s strict regulations governing exports, public tenders, contracts, and standards. ‘As soon as any space agency comes into play, you become Old Space because of the standards required,’ the study quotes an unnamed SME representative as saying. This is why the paper demands that bureaucratic hurdles be lowered and pragmatic standards be introduced which permit companies to put their product into orbit in less time. Even in the development phase, SpaceX considered cost-efficient production processes, purchasing components ‘off the shelf’ wherever possible – one reason why the company is so successful. If this example is followed in Germany, if miniaturisation and software development progress further, and if artificial intelligence and system automation are improved, Germany, too, might make a successful entry into New Space. Some initial moves have already been made. In fact, Germany’s capital has already become a proper metropolis for small satellites. A variety of start-ups have settled in the city, creating a small ‘Berlin Valley’. While it cannot be



Links: Im Berlin Valley werden seit 30 Jahren Kleinsatelliten gebaut. Die TU Berlin hat mit ihren fliegenden Winzlingen der BEESAT-Reihe Pionierarbeit auf diesem Gebiet geleistet. Rechts: Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel (l) und Elon Musk, CEO von Tesla Motors und SpaceX, haben sich anlässlich der Veranstaltung „Wirtschaft für Morgen“ am 24. September 2015 im Bundeswirtschaftsministerium in Berlin über die Zukunft der Raumfahrt unterhalten.

Left: Engineers at Berlin Valley have been building miniature satellites for 30 years. TU Berlin has been doing pioneering work with its flying midgets of the EESAT series. Right: At the ‘Economics for Tomorrow’ conference held at the Federal Ministry of Economic Affairs in Berlin on September 24, 2015, Federal Minister Sigmar Gabriel (left) and Elon Musk, CEO of Tesla Motors and SpaceX met to discuss the future of space flight.

Raumfahrtgeschichte geschrieben: Eine Falcon 9-Rakete brachte zunächst den Frachter „Dragon“ mit Versorgungsnachschub auf den Weg in Richtung Internationale Raumstation ISS. Nach dessen Abkoppelung und der Trennung der vorderen Raketstufe machte sich die hintere senkrecht wieder auf den Rückweg und landete am 9. April 2016 sicher auf der unbemannten schwimmenden Plattform „Of Course I Still Love You“ im Atlantik. Zum ersten Mal in der Geschichte der Raumfahrt hatte eine solche Landung auf dem Meer geklappt. Vier Versuche von SpaceX scheiterten zuvor. Die Raketstufe soll nun schnell wiederverwendet werden – möglicherweise bereits im Juni. Sollte diese Prozedur Erfolg haben, ließen sich damit laut Angaben von SpaceX Kosten im zweistelligen Millionenbereich pro Flug sparen. Der Preis für Raketenstarts könnte dann konkurrenzlos günstig werden.

Historical space flight event: a Falcon 9 launcher first sent the Dragon freighter on its way to the International Space Station ISS to deliver fresh supplies. After its release and the separation of the first rocket stage, its rear portion made its way back to Earth, safely landing on April 9, 2016, at the unmanned platform ‘Of Course I Still Love You’ floating in the Atlantic. It was the first time in history of space flight for this kind of a landing to succeed. Four earlier attempts made by SpaceX had failed. The rocket stage will now soon be ready for re-use, possibly as early as June. Should that procedure prove successful, the cost per flight could be reduced by an amount in the double-digit millions, SpaceX says. The price of a rocket launch would then become very affordable.



### Deutscher Einstieg in Industrie 4.0

Großes Potenzial für New Space hierzulande sieht die Studie in der Erdbbeobachtung: Quantitative Fernerkundung in Optik und Radar, digitale 3D-Geländemodelle, Bild- und Veränderungserkennung sowie Geo-Cloud-Plattformen – in diesen Themenfeldern ist Deutschland an der Spitze. Das gilt auch für die Raumfahrtgebiete Robotik und Autonome Systeme, Komponenten und Subsysteme sowie für die Satellitenkommunikation. Sehr gute Chancen für New Space ergeben sich aber auch durch die Synergien mit der digital vernetzten Produktion – der Industrie 4.0. New Space kann hierfür mit sicheren Kommunikations-, Überwachungs- und Navigationsverfahren wichtige Services bereitstellen. Denn die Weltmarktführer für Industriesoftware sitzen in Deutschland und liefern mit ihren Produkten den Werkzeugkasten für das industrielle Internet der Dinge: der Industriesoftwaregigant SAP, der Weltmarktführer für automobiler Kartensoftware HERE, Bosch, HEXAGON, Giesecke & Devrient oder die Software AG als Weltmarktführer für Maschinensoftware liefern für die Industrie wichtige Programme, um Produktionsanlagen ebenso wie Gegenstände unseres Alltags mit dem Internet zu verbinden. Die deutsche Autoindustrie hat bereits die Kartensoftware-Firma HERE gekauft, um das Knowhow für die nächsten Wagengenerationen in Deutschland zu sichern.

### Türöffner autonomes Fahren

Das autonome Autofahren ist ein wichtiges Geschäft, das ohne New Space-Entwicklungen nicht laufen wird. Beim autonomen Fahren konkurriert Deutschland vor allem mit den USA, Japan und China. General Motors hat 500 Millionen US-Dollar in Uber, Tesla und Google für autonomes Fahren investiert. Toyota kooperiert mit dem Bill-Gates-Start-Up KYMETA, um über neue Satellitenantennen das nagelneue Brennstoffzellenauto Mirai mit dem Internet zu verbinden. Renault-Nissan hat eine Forschungsallianz mit dem Ames Research Center der NASA zum autonomen Fahren geschlossen. Alibaba kooperiert mit dem staatlichen Verteidigungs- und Nutzfahrzeughersteller Norinco und Smart-City-Lösungen sowie E-Mobility stehen im 13. Fünfjahresplan der chinesischen Regierung. Die deutschen IT-Firmen sollten den Einstieg in New Space hier nicht „verschlafen“, denn

compared to the great Californian Silicon Valley, this development sufficed to make Berlin the leading New Space hotspot in Europe, with London in second place. In this respect, Munich, Hamburg, and Bremen also have great potential that might still be increased, the magic word in this case being spin-in. Progress made in mechanical engineering should be used more extensively in the space sector in the future. Thus, many American New Space companies already use German 3D-printing know-how in their serial production of small satellites to compensate the competitive disadvantages that arise, among other things, from the absence of mass production.

### Germany's entry into Industry 4.0

Earth observation is a field in which the study identifies a great New Space potential for Germany: quantitative remote sensing by optical and radar systems, digital 3D terrain models, image and change recognition, and geo-cloud platforms – Germany is in the lead in all these fields. The same holds true for robotics and autonomous systems, components and subsystems, and satellite communication. Then again, excellent opportunities for New Space might come from synergies reached under a digitally networked production regime – Industry 4.0. In this field, New Space might supply important elements, including safe methods of communication, monitoring, and navigation. The leaders of the world market for industrial software are domiciled in Germany, and their products make up the toolkit for the industrial Internet of Things: the industrial-software giant SAP, the world market leader for automobile map software, HERE, Bosch, HEXAGON, Giesecke & Devrient, or Software AG, the leader of the world market for machine software. All these companies make industrial programmes that will link everyday objects as well as production plants with the Internet. The German automotive industry has already acquired the map software firm HERE to secure its know-how for the next generation of cars in Germany.

dieser Zweig könnte zur Stärkung der deutschen Wirtschaftsleistung viel beitragen. New Space bildet hier die Brücke zwischen konventioneller Raumfahrt und der Digitalwirtschaft.

### Anreize für Unternehmertum schaffen

Oftmals endet die klassische Technologieförderung für ein Start-up-Unternehmen zu früh. Das Projekt erreicht sein Ende, die Förderung läuft aus und das Produkt kommt nie auf den Markt. Zwischen dem Auslaufen der Förderung und dem Erreichen der Gewinnzone liegt daher leider allzu oft ein „Tal des Todes“: Während in den USA Venture Capital diese Lücke schließt, denkt man in Europa mangels investitionswilliger Technologie-milliardäre über andere Finanzierungsmöglichkeiten nach. Die Studie schlägt vor, im Rahmen der nationalen und europäischen Förderpolitik und des Vergaberechts neue Instrumente zu entwickeln, die Unternehmen helfen sollen, innovative Produkte und Anwendungen erfolgreich auf den Markt zu bringen. Ansätze dieser Technologieförderung finden sich zum Beispiel im EU-Programm Horizon 2020 (siehe Seite 74). Außerdem könnten Raumfahrtagenturen Anreize für mehr Unternehmertum fördern, indem sie zum Beispiel Kapital- und Ideengeber zusammenbringen. Dafür hatte das DLR Raumfahrtmanagement am 15. März 2016 Unternehmen und Banken im Rahmen der Komponenteninitiative (siehe Ausgabe 31 der COUNTDOWN) nach Bonn geladen: Unter dem Titel „Finanzierung neuer Geschäftsmodelle in der Raumfahrt“ wurden beide Seiten an einen Tisch gebracht: Raumfahrtunternehmen tauschten sich mit Venture-Kapitalisten, Geschäfts- und Förderbanken über Möglichkeiten der Zusammenarbeit aus.

„Die Raumfahrtindustrie muss sich selbst die Märkte für New Space erschließen. Dabei sollte sie sich nicht auf eine Vorreiterrolle der Agenturen verlassen. Diese Eigenverantwortung sorgt für die nötige Flexibilität.“

Dr. Gerd Gruppe,  
Vorstand des DLR Raumfahrtmanagements

‘The space industry must develop its own New Space markets. It should not bank on the pioneering role of the agencies. This self-reliance ensures the requisite flexibility.’

Dr. Gerd Gruppe,  
Director of the DLR Space Administration

### Autonomous driving – a door opener

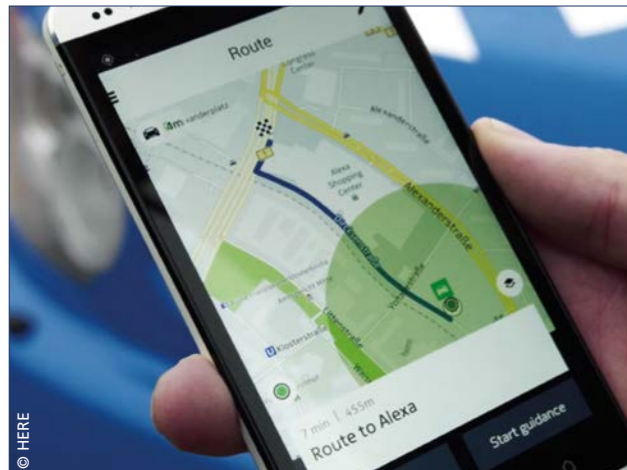
Autonomous driving is an important business that will not prosper without New Space developments. In that field, Germany's biggest competitors are the USA, Japan, and China. General Motors has invested 500 million dollars in Uber, Tesla, and Google in connection with autonomous driving. Toyota is co-operating with Bill Gates' start-up KYMETA to connect the brand-new fuel-cell car Mirai to the Internet via a new type of satellite antenna. Renault-Nissan has set up a research alliance on autonomous driving with NASA's Ames Research Center. Alibaba is co-operating with the government-owned manufacturer of defence and commercial vehicles, Norinco, and smart-city solutions and e-mobility appear in the Chinese government's thirteenth five-year plan. Germany's IT companies should not miss the opportunity to enter New Space, for it might contribute much towards strengthening the country's economic output. In this case, New Space represents the bridge between conventional space flight and the digital economy.

### Creating incentives for entrepreneurs

In many cases, classic technology promotion ends too early for start-up companies. A project has reached its end, promotion runs out, and the product never reaches the market. All too often, therefore, the end of promotion is separated from the break-even point by a 'valley of death': while this gap is closed by

venture capital in the USA, Europe considers other funding options in the absence of technology billionaires who are willing to invest. Within the framework set by national and European promotion policies and the law of public procurement, the study proposes developing new instruments to assist enterprises in marketing innovative products and applications successfully. Rudiments of this kind of technology promotion are to be found, for example, in the EU's Horizon 2020 programme (see page 74). Moreover, space agencies might create incentives to boost entrepreneurial thinking by, for example, arranging meetings between investors and the originators of ideas. It was for this purpose that the DLR Space Administration invited enterprises and banks to come to Bonn on March 15, 2016, under the Component Initiative (see edition 31 of COUNTDOWN): under the heading 'financing new business models in the space sector', both sides met at a round table: space companies exchanged views on collaboration options with venture capitalists as well as commercial and development banks.

Furthermore, the INNOspace initiative (see COUNTDOWN edition 21) promotes exchanges between classical space enterprises and other industries to clear the way for spin-ins and spin-offs, following the pattern set by Copernicus Masters, Galileo Masters, INNOspace Masters, and the DLR SpaceBot Cup. Another idea would be for space agencies to guarantee that the idea of a newcomer does reach outer space in order to demonstrate that it works, which would make it interesting to the global space component market. The remainder of the mission would then be developed by the start-up itself. A similar incentive worked 30 years ago in Berlin: the German Agency for Space Flight Affairs (DARA; today: DLR Space Administration) paid the cost of launching the very first small satellite built in Berlin on an Ariane rocket.



Die Firma HERE mit Hauptsitz in Berlin ist ganz groß im Kartengeschäft: 6.000 Mitarbeiter liefern Karten in 196 Länder. Die Daten dafür bekommt die Firma aus 80.000 Quellen – auch mit LiDAR-Technologie ausgestattete Autos liefern Informationen. Am 4. Dezember 2015 haben die drei deutschen Premiumhersteller Audi, BMW und Daimler gemeinsam das Berliner Unternehmen für 2,8 Milliarden Euro von Nokia übernommen. Abgesehen von der Satellitennavigation sind aber noch andere Technologien für New Space gefragt: Die Raumfahrt benötigt autonom agierende, sichere und leistungsfähige Raumfahrtsysteme und ist daher einer der Vorreiter bei Automations- und Robotik-Technologien, zum Beispiel bei Algorithmen oder in der Sensorik.

HERE, a company headquartered in Berlin, is big in the map business. 6000 employees deliver maps to 196 countries. The data for generating the maps is delivered by 80,000 sources, including data delivered by motor vehicles equipped with LiDAR technology. On December 4, 2015, the three premium German car makers Audi, BMW, and Daimler, joined forces to take over the Berlin firm at a price of 2.8 billion euros. Apart from SatNav systems, the New Space study has identified a demand for other technologies as well. The space industry requires autonomous, safe, and powerful space exploration systems, making it a number one customer for automation and robotics, requiring, for example, a whole range of new algorithms and sensors.

Außerdem fördert die INNOspace-Initiative (siehe COUNTDOWN Ausgabe 21) den Austausch klassischer Raumfahrtunternehmen mit Firmen in anderen Branchen, um den Weg für Spin-ins und Spin-offs freizumachen. Ein weiterer Anreiz wären Ideenwettbewerbe: Copernicus Masters, Galileo Masters, INNOspace Masters oder auch der DLR SpaceBot Cup sind hier erste Ansätze. Eine weitere Möglichkeit: Die Raumfahrtagentur garantiert, dass die Idee eines Newcomers ins All kommt, um zu demonstrieren, dass sie funktioniert und dadurch für den globalen Raumfahrtkomponentenmarkt interessant wird. Den Rest der Mission entwickelt das Start-up selbst. In Berlin hat ein ähnlicher Anreiz vor 30 Jahren schon einmal funktioniert: Die Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA; heute: DLR Raumfahrtmanagement) übernahm die Startkosten für den allerersten Berliner Kleinsatelliten auf einer Ariane-Rakete.



Zukunftsvision: Die heute üblichen „Einwegsatelliten“ gehören bald der Vergangenheit an. Zukünftige, erweiterbare und wartungsfreundliche Weltrauminfrastrukturen werden eher an Bausätze eines dänischen Spielzeugherstellers erinnern. Bald könnte dieses Baukastenprinzip im Weltall angewandt werden.

A vision of the future: today's 'one-way' satellites are soon to become a thing of the past. Future expandable, maintenance-friendly space infrastructures will look rather more like construction kits of a Danish toy manufacturer, a highly imaginative toy concept that could soon be applied in space.

## Hightech-Würfel im All

Das iBOSS-Konzept setzt auf modulare Bausteine

Von Daniel Nölke

Raumfahrt soll auch zukünftig bezahlbar bleiben und gleichzeitig nachhaltiger werden. Dafür müssen Kosten gesenkt sowie die Umsetzung vereinfacht und damit auch beschleunigt werden. Doch wie kann so ein Zukunftskonzept aussehen? Raumfahrzeuge werden an Missionsbedürfnisse angepasst und von Anfang an wartungsfreundlich, ressourcenschonend, müllvermeidend und kosteneffizient gebaut. Dafür muss Raumfahrt völlig neu gedacht werden: Satelliten und Raumstationen setzen sich künftig – ähnlich wie ein Baukasten – aus modularen und daher flexibel austauschbaren Elementen zusammen. Diese Bestandteile des Baukastens – die sogenannten Building Blocks – sind nach einem System in einem Bausteinkatalog abgelegt. Sie verfügen alle über eine standardisierte Schnittstelle nach dem Prinzip „USB in Space“. So können die Raumfahrzeuge der Zukunft im Weltall gebaut, gewartet und betankt werden. Dieses deutsche „intelligent Building Blocks for On-Orbit Satellite Servicing and Assembly“ (iBOSS)-Konzept soll die Raumfahrt nachhaltig verändern und sorgt hier für internationale Aufmerksamkeit.

### High-tech cubes in space

The iBOSS concept focuses on modular building blocks

By Daniel Nölke

Space flight should remain affordable and become more sustainable in the future. To achieve this, costs will have to be cut and implementation simplified and thus accelerated as well. But what might such a concept for the future look like? Space vehicles will be adapted to the needs of a mission and built from the start so that they are easy to service, conserve resources, avoid waste, and are cost-efficient. This means that space concepts will have to be reconsidered from the ground up: in the future, satellites and space stations will be composed of what might be called a kit of modular elements that are flexibly interchangeable. These kit elements, or building blocks, will be systematically filed in a catalogue of modules. All building blocks will have a standardised interface following a kind of 'USB in space' principle, so that the space vehicles of the future may be built, serviced, and fuelled in space. Developed in Germany and called 'intelligent Building Blocks for On-Orbit Satellite Servicing and Assembly' (iBOSS), this concept is expected to change space flight in a sustainable way and stirred up already attention at an international level.



Autor: **Daniel Nölke** hat eine Vision: Er will die Raumfahrt flexibler und dadurch auch kostengünstiger machen. Er arbeitet in der Abteilung Technik für Raumfahrt-Systeme und Robotik des DLR Raumfahrtmanagements und ist der verantwortliche Projektleiter für das iBOSS-Projekt.

Author: **Daniel Nölke** has a vision. He is hoping to see space technology becoming more flexible and thus more economical. He works at DLR Space Administration's Department of Robotics and Mechatronics as the project manager responsible for the iBOSS project.

### Ende der „Einwegsatelliten“

Ist ein Satellit defekt oder veraltet, wird er bislang durch einen neuen ersetzt. Nur wenige werden repariert. Die Reparatur und der Start eines neuen Orbiters sind aufwändig, kostspielig und erzeugen Weltraumschrott. Doch diese heute üblichen „Einwegsatelliten“ gehören bald der Vergangenheit an. Zukünftige, wartungsfreundliche Weltrauminfrastrukturen erinnern eher an Bausätze eines dänischen Spielzeugherstellers, die schon in der Vergangenheit aus Kindern Ingenieure gemacht haben. Bereits im Kinderzimmer wurden die bunten Klötzchen zu Raumschiffen und Raketen zusammengesetzt, mit denen wir in unserer Phantasie die Erde umkreisen oder zu fernen Planeten aufbrechen. In naher Zukunft soll dieses phantastische Prinzip im Weltall angewandt werden. Statt großer, schwerer Teile kommen austauschbare Module zum Einsatz – Bausteine, die je nach Funktionsbedarf zusammengebaut, dank ihrer standardisierten Schnittstelle iSSI – intelligent Space System Interface – für nahezu beliebige Aufgaben kombiniert werden und je nach Anforderung neue oder leistungsfähigere Nutzlasten aufnehmen können. Alle Bausteine – vom Antrieb über die Lage- und Bahnregelung, die Kommunikation, Sensoren, Batterieeinheiten bis hin zur Datenspeicherung – sind austauschbar. Wie im Baukasten werden diese Module vor Ort in der Umlaufbahn weitgehend autonom zusammengesetzt und später gewartet, versorgt, erneuert und am Ende auch sicher entsorgt. Damit wird die zeitnahe Modernisierung und Erweiterung von Nutzlasten – oder ihr Ersatz im Falle eines Defektes – zur Routine. Die entsprechenden Bau- und Ersatzteile sowie Treibstoff werden mit Raketen zu Weltraumlagern gebracht und dort verstaut. Wartungsroboter bedienen sich in diesen Lagern, steuern einen defekten Satelliten an, erfassen ihn mit einem Greifarm, ziehen ihn heran,

### The era of 'one-way satellites' ends

A satellite that is defective or outdated has so far been replaced by a new one. Only few of them are ever repaired. Repairs and launches of new orbiters are complex and costly operations that lead to ever more space debris. However, these 'one-way satellites' that are still common today will soon be a thing of the past. The maintenance-friendly space infrastructures of the future rather resemble kits of a Danish toy manufacturer which has long been turning children into little engineers. Back in our nursery days we built space ships and rockets from these colourful blocks on which we circled around the Earth or set out for distant planets in our imagination. In the near future, this fantastic toy concept will be applied in space. Big, heavy components will be replaced by interchangeable modules – building blocks capable of being assembled as needed, combined for different functions thanks to their standardised interface (intelligent Space System Interface, iSSI), ready to accommodate new or more powerful payloads. All modules are interchangeable, from engine units, attitude and flight-path control, communication, sensors, and battery units right down to data storage. Like toy kit elements, these modules will be assembled largely autonomously on orbit, serviced, supplied, and renewed later on and safely disposed of in the end. In this way, the prompt modernisation and extension of payloads – or their replacement in case of a defect – will become routine. Requisite components and spares as well as fuel will be carried by rockets to space warehouses and stored there. Maintenance robots will help themselves from these warehouses, set a course for a defective satellite, catch hold of it with a gripper arm, pull it close, dock on, repair it, and return to their warehouse, where they will equip



Statt großer, schwerer Teile kommen austauschbare Elemente (l. noch als Modell) zum Einsatz – Bausteine, die je nach Funktionsbedarf zusammengebaut, für beliebige Aufgaben kombiniert werden und je nach Anforderung neue oder leistungsfähigere Nutzlasten aufnehmen können. Den Einbau im Weltraum sollen Roboter übernehmen. Die ersten 40 Kubikzentimeter großen Würfel (r.) sind schon mit weltraumqualifizierten Bauteilen bestückt und werden bis 2017 für den Einsatz im All qualifiziert. An jeder Seite sorgt eine standardisierte, multifunktionale Schnittstelle dafür, dass sich die Würfel beliebig miteinander koppeln lassen.

Interchangeable elements (shown on the left, still as a model) will replace large, heavy components – building blocks capable of being assembled as needed, combined for different functions, ready to accommodate new or more powerful payloads. Their installation is to be carried out in situ by robots. The first 40 cubic centimetres sized cubes (right) have already been fitted with space-qualified components and the complete assemblies are scheduled for final space qualification by 2017. On each side, they feature a standardised multi-functional interface, which ensures that the cubes can be joined together in any desired configuration.

docken an, reparieren ihn und kehren anschließend zu ihrem Lager zurück, wo sie sich für den nächsten Auftrag ausrüsten – ein ADAC im Weltall. Der Weltraum wird damit zur Konstruktionshalle, in der intelligente Roboterfachkräfte komplexe Satellitensysteme und Raumstationen aufbauen, bewirtschaften, letztlich auch wieder abbauen und an neue Bedürfnisse anpassen.

#### iBOSS – von der Theorie zur Praxis

Soll aus dieser Vision bald schon Realität werden, muss ein passendes Konzept her. Wie so ein wartungsfreundliches Raumfahrzeug gebaut werden soll, wird daher vom DLR Raumfahrtmanagement im Projekt iBOSS untersucht. Dessen systematische Struktur durch genormte, einheitliche Bauteile soll die Kosten für die Wartung drastisch senken. Beschädigte oder veraltete Module werden im Orbit einfach ausgetauscht, statt wie bisher den ganzen Satelliten zu ersetzen. Ein intelligenter Weltraumroboter entfernt ein altes oder defektes Bauteil und steckt das neue Ersatzteil mittels genormter Steckverbindungen einfach an die gleiche Stelle. Neben den eigentlichen Elementen des Baukastens werden die notwendigen Prozessketten von der Entwicklung eines Raumfahrtsystems bis zu seinem Lebensende bestimmt. Ein wichtiges Element sind dabei die entwicklungsbegleitenden Werkzeuge: das computergestützte intelligente Satellitendesign (iCASD) sowie das virtuelle Testbed (VTi). Die Bausteine sind alle in einem Katalog hinterlegt, der beliebig erweiterbar ist. Ein potenzieller Kunde kann über die Werkzeuge und mit Hilfe dieses Baukastens durch einfache Definition des Missionsprofils einen Vorschlag für seinen Satellitendesignentwurf bekommen. Außerdem kann einem Experimentbetreiber eine Auswahl an verschiedenen großen und bereits qualifizierten Modulboxen (iBLOCKS) für seine Komponenten zur Verfügung gestellt werden. Die Module lassen sich am Rechner zusammensetzen und im VTi testen. Erst danach wird die eigentliche Hardware – am Boden oder im All – gebaut und zusammengesetzt. Mittel- bis langfristig wird es schneller und günstiger sein, Module als Stapel in den Orbit zu bringen und Satelliten auf einer Plattform – wie zum Beispiel zu Beginn die Internationale Raumstation ISS – robotisch zu montieren. Anschließend wird das neue Raumfahrzeug durch Antriebsmodule zum Beispiel elektrisch auf seine Zielbahn befördert. Das spart Transportkosten und macht die Raumfahrt gleichzeitig nachhaltiger. Doch damit aus dieser Idee Realität wird, müssen Standards geschaffen werden, um die Satellitenbusse zu vereinheitlichen. Im Jahr 1999 wurde bereits ein erster Schritt in diese Richtung gegangen und die international gültige Definition des CubeSat-Standards eingeführt. Im Bereich der Kleinsatelliten hat er die Startkosten von Nutzlasten mit einer Masse von ein bis drei Kilogramm bereits drastisch gesenkt – ein erster Schritt. Was im Kleinen schon gelungen ist, muss nun im Großen folgen. Einheitliche Satellitenplattformen sollen in Zukunft in kürzester Zeit an die Anforderungen einer neuen Mission angepasst werden können. Zeitaufwändige und kostenintensive Einzelentwicklungen werden damit der Vergangenheit angehören.

#### Neue Märkte erschließen

Mit diesen Entwicklungen und Ideen ebnet das DLR Raumfahrtmanagement den Weg für eine stärker kommerzielle Ausrichtung der Raumfahrt. Durch dieses nachhaltige, modulare und flexible Konzept sollen neue Geschäftsfelder entstehen. Bausteine können durch den „offenen“ Standard in großen und kleinen Firmen gebaut werden, die so am stetigen Ausbau und der Baukastenentwicklung beteiligt sind. Mit jeder neuen Mission wächst der Katalog qualifizierter Bausteine. Firmen können sich auf deren Entwicklung, Logistik oder Wartung konzentrieren. Die Geschäftsfelder sind vielfältig, denn Logistik-, Plattform- und Nutzlastelemente lassen sich getrennt voneinander betreiben. Staatliche und kommerzielle Nutzer können sich so auf die Verwendung der Satellitendaten und private Satellitendienstleister auf die Bereitstellung der Nutzlast sowie die Vermarktung der Dienste – also ihr Kerngeschäft – konzentrieren. Durch diese Ansätze ergeben sich neue wirtschaftliche Perspektiven, die über

themselves for the next mission – a spaceborne breakdown service. Outer space will thus become a construction shed where intelligent and skilled robots will build complex satellite systems and space stations, managing them and automatically dismantling or adapting them to new requirements.

#### iBOSS – from theory to practice

If this vision is to become reality soon, a proper concept will have to be developed. Consequently, under the iBOSS project the DLR Space Administration is currently investigating the question of how such a maintenance-friendly space vehicle should be built. Its systematic structure based on standardised, uniform components is expected to lower maintenance costs drastically. Damaged or obsolete modules will simply be exchanged in orbit instead of replacing the entire satellite as before. An intelligent space robot will remove old or defective components, replacing them simply by plugging a new component into the same standardised socket. Next to the kit elements proper, the process chains that extend from the development of a space system to the end of its life will be identified. One important element will be the tools that support the development process: computer-based intelligent satellite design (iCASD) and the virtual test bed (VTi). All components will be filed in a catalogue that can be extended at will. By using these tools and the kit, a potential end customer may obtain a proposal for his satellite design simply by defining the mission profile. Furthermore, experiment operators will be able to choose their components from a selection of previously qualified module boxes (iBLOCKS) of various sizes. These modules may be assembled on a computer and tested in a VTi. Only after that will the hardware proper be built and assembled on the ground or in space. In the medium to long term, it will be quicker and more cost-efficient to carry stacks of modules into orbit and assemble satellites robotically on a platform, such as a space station (the ISS, for a start). After that, the new space vehicle will be brought into its target orbit by, for example, electric thruster modules. Not only will this save transport expenses, it will make space flight more sustainable as well. For this idea to become reality, however, standards will have to be created to ensure that satellite buses are uniform. The first step in that direction was taken in 1999, when an internationally valid definition of standards for CubeSats was introduced. Applying to small satellites, this standard has already reduced the launch costs of payloads with a mass of one to three kilograms drastically – a first step. What has already succeeded on a small scale must now follow on a large scale. It is expected that it will be possible in the future to adapt standardised satellite platforms quite rapidly to the requirements of a new mission. Thus, isolated developments that are expensive in terms of both time and money will become a thing of the past.

#### Developing new markets

By means of these developments and ideas, the DLR Space Administration is clearing the way for a more commercial orientation of space flight. This sustainable, modular and flexible concept will give rise to new fields of business. Because the standard is 'open', modules may be built by big and small companies alike, thus giving them a share in the steady enlargement and development of the kit. The catalogue of qualified modules grows with every new mission. Companies may concentrate on module development, logistics, or maintenance. The diversity of business fields is great, for logistics, platforms, and payload elements may be managed separately. This enables governmental and commercial users to concentrate on the exploitation of satellite data, while private satellite-service providers may focus on supplying payloads and marketing services – their core business. These approaches give rise to innovative economic perspectives that range far beyond traditional business

© TU Berlin© RWTH Aachen© FZI Karlsruhe



**Baukastenprinzip:** Satelliten sollen zukünftig modular und flexibel erweiterbar aufgebaut werden. Das erhöht ihre Einsatzflexibilität und macht sie wartungsfreundlicher. Dadurch wird ihre Lebenszeit entscheidend verlängert sowie Weltraumschrott reduziert. Geht man noch einen Schritt weiter, so könnten ganze Raumstationen einmal aus Bausteinen aufgebaut werden, die wiederum von Robotern repariert und ausgetauscht werden könnten.

**Construction kit principle:** in future, satellites are to be produced in a modular design. This construction concept would make satellites easy to maintain, help extend their service life and avoid accumulating space debris. Thinking one step further, entire space stations might one day be built from small standard modules. These modules could be repaired and exchanged by robots.

die traditionellen Geschäftsmodelle weit hinausreichen. Das macht iBOSS für viele Firmen weltweit attraktiv. Das Projekt wurde auf der Space Tech Expo Europe in Bremen im November 2015 erstmals vorgestellt. Das Projektteam hat am 11. und 12. Februar 2016 beim größten Treffen der Raumfahrt in Südostasien – der Global Space & Technology Convention 2016 (GSTC) in Singapur – die Gelegenheit genutzt, mit dem dortigen Minister für Handel und Industrie, S. Iswaran, und asiatischen Industrievertretern zu sprechen. Danach reiste das iBOSS-Team nach Cyberjaya (Malaysia) weiter. Einer der führenden Satellitenbetreiber Asiens hatte die deutsche Delegation eingeladen. Dieser Dialog mit 13 Vertretern des MEASAT-Managements am 15. Februar 2016 hat wichtige Impulse für iBOSS gegeben und Kooperationsmöglichkeiten aufgezeigt. Doch nicht nur in Asien ist man auf das Projekt aufmerksam geworden. Schon seit Jahren beobachtet man iBOSS auch in den USA. Beim 32. Space Symposium vom 11. bis 14. April in Colorado Springs wurde das Projekt vorgestellt und beim US-German Aerospace Round Table (UGART) als Kooperationsvorschlag eingebracht. Auch hier besteht Interesse an „Game Changing Technology“ – made in Germany.

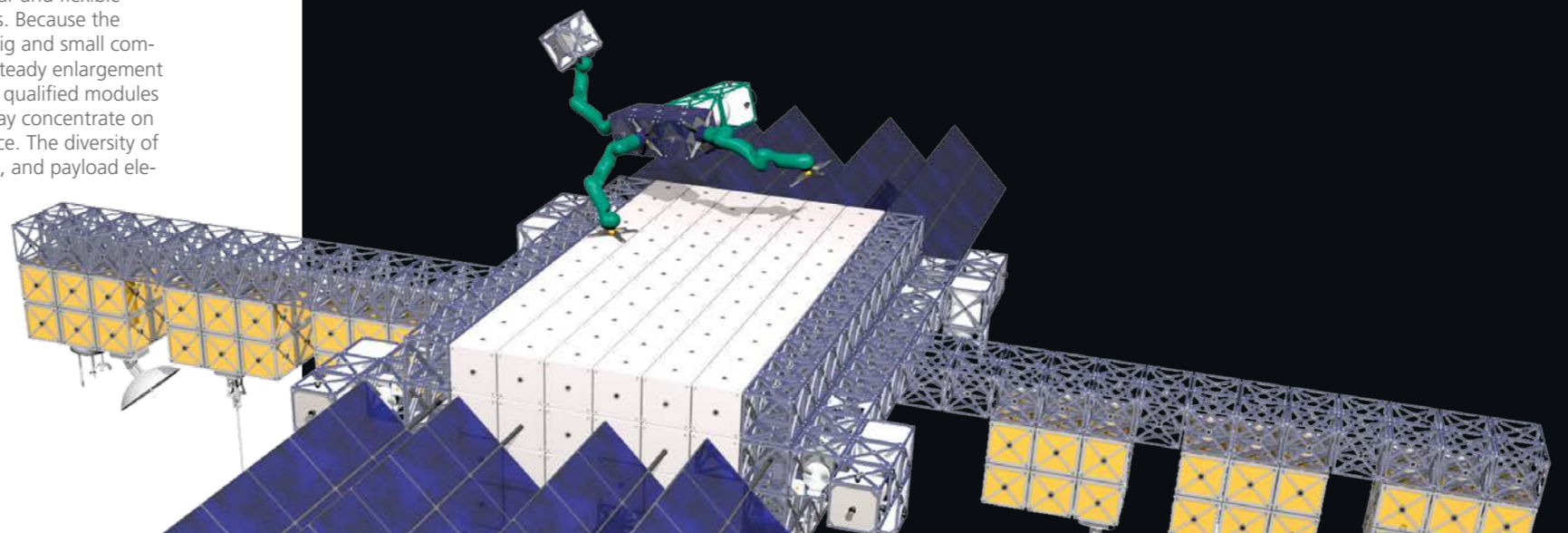
#### Ab ins All

Nach diesen wichtigen wirtschaftlichen Kontakten wäre der nächste logische Schritt eine In-Orbit-Demonstration, um die Funktionsfähigkeit des „Baukastens im All“ unter Beweis zu stellen – zum Beispiel mit der ISS als Plattform. Erste Experimentvorschläge liegen bereits auf dem Tisch. Während andere Staaten erste Raumfahrtobjekte mit einem 3D-Drucker im Orbit herstellen, könnte Deutschland erstmals einen funktionsfähigen Satelliten auf der ISS zusammenbauen und im zweiten Schritt von dort aus im Weltraum aussetzen. Von der einfachen und kostengünstigen Integration der Bausteine am Boden über einen Transport gestapelter Module zu einer Plattform im Orbit bis hin zum Bau des Objekts nach Bauplan und Aussetzen im Orbit wäre die gesamte Prozesskette durchlaufen und der Startschuss für Industrie 4.0 im Weltraum gefallen.

models, which is why iBOSS is attractive to numerous companies worldwide. The project was first presented to a large expert audience at the Space Tech Expo Europe in Bremen in November 2015. The project team seized the opportunity presented on February 11 and 12, 2016 by the Global Space & Technology Convention 2016 (GSTC) in Singapore, the biggest space meeting in Southeast Asia, to talk to the local Minister of Trade and Industry, S. Iswaran, and to industry representatives from Asia. Afterwards, the iBOSS team went on to Cyberjaya (Malaysia) at the invitation of one of Asia's leading satellite operators. From this dialogue with 13 representatives of the MEASAT management on February 15, 2016, important impulses for iBOSS as well as opportunities for co-operation emerged. But the project has aroused attention not only in Asia. For years, iBOSS has been watched in the USA as well. It was presented at the 32<sup>nd</sup> Space Symposium held in Colorado Springs from April 11 to 14 and introduced as a co-operation proposal at the US-German Aerospace Round Table (UGART). On these occasions, interest in the game-changing technology made in Germany was evident as well.

#### Off to space

Having made these important business contacts, the next logical step would be an in-orbit demonstration to furnish evidence of the kit's ability to function in space – using the International Space Station as a platform, for example. Initial proposals for experiments have already been submitted. While other states have begun to manufacture space objects in orbit with a 3D printer, Germany might become the first industrialised nation to assemble a functional satellite on the ISS and release it into space from there in a second step. As this would mean going through the entire process chain – from simply and cost-efficiently integrating modules on the ground, transporting stacked modules to a platform in orbit, building an object in conformance with a blueprint, and releasing it in orbit – the starting gun for Industry 4.0 in space would thus be fired.



## Horizon 2020:

### Die EU fördert zukunftssträngige Raumfahrttechnologien Teil 1: Elektrische Antriebe

Von Lisa Martín Pérez und Marc Jochemich

**Innovation fördern – das hat sich die Europäische Kommission mit dem Nachfolger zum 7. Forschungsrahmenprogramm auf die Fahnen geschrieben. War der Vorläufer noch vollständig auf Forschungsförderung ausgerichtet, so zeichnet sich Horizon 2020 durch eine starke Unterstützung der Industrie aus, um europäischen Firmen den Weg in Zukunftsmärkte zu bahnen. Dafür sollen neue Technologien angestoßen und so konkreten Raumfahrtprojekten eine langfristige Perspektive gegeben werden. Als besonders zukunftssträngig werden die Raumfahrttechnologien Elektrische Antriebe und Robotik angesehen. Daher wurden zwei Strategic Research Cluster (SRC) zu diesen Themen eingeführt. Diese strategischen Forschungsnetzwerke werden von sogenannten Programme Support Activities (PSAs) vorbereitet, überwacht und koordiniert. Rund 100 Millionen Euro sind der Europäischen Kommission diese Innovationsmaßnahmen wert. Dabei werden die PSAs als eigenständige Projekte aus Horizon 2020 finanziert. Das DLR Raumfahrtmanagement beteiligt sich an beiden PSAs.**

### Horizon 2020:

#### The EU funds promising space technologies Part 1: Electric propulsion

By Lisa Martín Pérez and Marc Jochemich

**Promoting innovation is the new watchword in the European Commission's follow-up to the Seventh Framework Programme for Research. While the last programme aimed entirely at promoting scientific research, Horizon 2020 is geared towards providing support for the industry, paving the way for European companies to get ready for future markets. The aim is to promote a range of new technologies that will give future space projects a long-term perspective. Among these, electric propulsion systems and robotics are regarded as particularly promising. Consequently, two strategic research clusters (SRCs) were created to address these subjects. Relevant strategic research networks are being set up, monitored, and co-ordinated within two so-called Programme Support Activities (PSAs). The European Commission is willing to invest about 100 million euros into these innovation initiatives. The PSAs are being funded under Horizon 2020 as stand-alone projects. The DLR Space Administration contributes to both PSAs.**

Der Heinrich-Hertz-Satellit wird nicht mit dem standardmäßigen chemischen Antrieb, sondern mit einem chemisch-elektrischen Antrieb gebaut. Diese innovative Kombination spart Masse ein und erhöht damit die Nutzlastkapazitäten für Technologien und Experimente. Das Plasma-triebwerk HEMP soll in der Heinrich-Hertz-Mission seine Weltraumtauglichkeit beweisen.

The Heinrich Hertz satellite is not built with a conventional chemical propulsion system but with a combined chemical and electric engine. This innovative thruster technology reduces a satellite's mass and thus gives it extra payload capacity for technology demonstration and experiments. The HEMP plasma thruster should demonstrate its space-readiness on the Heinrich Hertz mission.



Autoren: **Marc Jochemich** arbeitet in der Abteilung für EU-Angelegenheiten und unterstützt die Durchführung von EPIC. Er berät deutsche Interessenten in Horizon 2020 unter anderem im Bereich elektrische Antriebe. **Lisa Martín Pérez** ist die Vertreterin in der PSA EPIC. Sie leitet und betreut innovative nationale Projekte im Fachgebiet Elektrische Antriebe in der Abteilung Technik für Raumfahrtsysteme und Robotik.

Authors: From his office at DLR's department of EU Affairs, **Marc Jochemich** oversees the implementation of EPIC. He helps advising German interested parties in the Horizon 2020 programme, e.g. for electric propulsion. **Lisa Martín Pérez** is a delegate at the EPIC PSA. She conducts and oversees innovative national projects in the field of electric propulsion at the Space Administration's department of Space Systems and Robotics.

#### Elektrische Antriebe – Zukunftsmotor für die Raumfahrt?

Damit Satelliten mit einer Trägerrakete ihre Umlaufbahn erreichen, müssen sie die Schwerkraft und den Luftwiderstand überwinden. Für die notwendige Beschleunigung werden chemische Triebwerke mit hoher Schubkraft eingesetzt. Sie tragen Rakete und Satellit in die geplante Umlaufbahn. Doch wenn sie dort angekommen sind, können Orbit und Ausrichtung des Satelliten im Vakuum mit elektrischen Triebwerken wesentlich effektiver als mit chemischen gesteuert werden.

Der große Vorteil der elektrischen Plasmaantriebe liegt in ihrem geringen Treibstoffverbrauch: Diese Triebwerke erreichen einen höheren spezifischen Impuls als chemische Antriebe, was dazu führt, dass die Treibstoffmasse erheblich sinkt. Der spezifische Impuls bestimmt die Effizienz von Triebwerken als Maß für die Ausnutzung der Treibstoffmasse. Er ist proportional zur Austrittsgeschwindigkeit des Treibstoffs und bezogen auf die Erdbeschleunigung ergibt sich seine Maßeinheit in Sekunden. Chemische Triebwerke können höchstens 470 Sekunden erreichen, das deutsche High Efficiency Multi Stage Plasma (HEMP)-Triebwerk erzielt derzeit 2.300 Sekunden. Mit HEMP, aber auch mit anderen Technologien für elektrische Triebwerke (wie dem Hall-

#### Electric propulsion – powering future missions?

For a satellite to reach its orbit on a launcher, it is necessary to defeat both gravity and air drag. The requisite acceleration is provided by chemical engines generating a powerful thrust, carrying both the rocket and the satellite up to their assigned orbit. Once a satellite has arrived there, however, its orbit and attitude may be controlled in vacuum considerably more effectively by electric rather than by chemical propulsion systems.

The great advantage of electric plasma propulsion systems is their low fuel consumption: these thrusters generate a higher specific impulse than chemical propulsion, which leads to a lower fuel mass of the propulsion system. The efficiency of an engine is determined by the specific impulse, a measure for the economic utilisation of the available propellant mass. The specific impulse is proportional to the exhaust velocity of the fuel and related to gravitational acceleration. It is measured in seconds. While chemical thrusters reach 470 seconds at best, the German-built High Efficiency Multi Stage Plasma (HEMP) thruster is currently at 2300 seconds. Depending on their configuration, HEMP as well as other electric technologies (like the Hall Effect thruster HET and Radio Frequency Ion Thruster RIT) can achieve



Die EU-Kommission will Raumfahrttechnologien zur Marktreife bringen. Dafür setzt sie in Horizon 2020 auf Industrieförderung, um europäischen Firmen den Weg in Zukunftsmärkte zu bahnen. Dafür sollen neue Technologien angestoßen und so konkreten Projekten eine langfristige Perspektive gegeben werden.

The EU Commission aims to help develop space technology to marketability. Under its Horizon 2020 programme, it offers financial support to industry, opening the door for European firms to future markets. It is hoped that the measure will kick-start the development of new technologies and offer a long-term perspective for space projects.

Effekt-Triebwerk HET und dem Radiofrequenz-Ionenantrieb RIT) sind je nach Auslegung sehr viel höhere Werte möglich, die – insbesondere bei interplanetaren Missionen – Satelliten auf Geschwindigkeiten beschleunigen können, die mit chemischen Antrieben unerreichbar sind. Aus diesem Grund werden elektrische Antriebe bei Langzeitmissionen eingesetzt, wo grundsätzlich nur ein begrenzter Treibstoffvorrat an Bord mitgeführt werden kann.

#### Rein in den Satellitenkommunikationsmarkt

Die benötigte elektrische Energie können die Satelliten während der Mission durch ihre Solarpaneele gewinnen. Die installierte elektrische Leistung für die Versorgung der Systeme in den Satelliten ist in den letzten Jahren so stark angestiegen, dass sie effizient zum Antrieb genutzt werden kann. Dadurch konnten elektrische Antriebe zunehmend an Bedeutung gewinnen und ihre Anwendungsbereiche signifikant erweitert werden. Neben der Lagehaltung der Satelliten und dem Antrieb von Raumsonden fliegt seit 2015 der erste elektrisch angetriebene Kommunikationssatellit, der nach dem Aussetzen von der Trägerrakete eigenständig seinen Zielorbit erreicht hat.

Für die kommenden Jahrzehnte ist damit zu rechnen, dass voll-elektrisch angetriebene Satelliten sich gegenüber herkömmlichen Satelliten durchsetzen werden. Die einzelnen Triebwerke, die für diese Anwendung eingesetzt werden, erzeugen dabei einen Schub von 25 Gramm mit Xenon-Gas. Wegen dieses relativ kleinen Schubs müssen sie für längere Zeit eingeschaltet werden, um die gleiche Bewegung wie mit chemischen Triebwerken zu erreichen. Durch einen Wechsel von chemischen auf elektrische Triebwerke kann daher das Gewicht eines Satelliten um mindestens 40 Prozent verringert werden. Zudem kann die Lebensdauer der Satelliten um bis zu 20 Prozent erhöht werden. Genau das macht diese elektrischen Antriebe für die Satellitenhersteller – und somit auch für die Europäische Kommission – so interessant, denn durch den Einbau dieser leichten Triebwerke

an even better performance, particularly on interplanetary missions, enabling them to accelerate satellites to velocities way beyond those of any chemical thruster. This makes electric propulsion systems a great solution for long-term missions on which the amount of propellant that can be carried on board is strictly limited.

#### Into the market for satellite communications

During a mission, satellites can generate all the electrical energy their instruments need with their solar panels. The electrical capacity installed in satellites to supply their systems has increased enough in recent years for it to be used efficiently for propulsion purposes as well. This has made electric propulsion systems increasingly attractive, and their range of applications has expanded significantly. Besides keeping satellites in their position and the propulsion of space probes, 2015 saw the first electrically powered communications satellite that reached its target orbit under its own power after its release from the launcher.

In the coming decades, we may expect all-electric powered satellites to gradually supersede conventional satellites. The propulsion systems used in these applications generate a thrust of 25 grammes, using xenon gas. Because of their relatively low thrust, they must be kept running for longer periods to achieve the same propulsion as chemical systems. Yet, by switching from chemical to electric thrusters, the weight of a satellite may be reduced by at least 40 per cent. Moreover, the lifetime of a satellite may be lengthened by up to 20 per cent. This is exactly why satellite manufacturers – and, by extension, the European Commission – are so interested in electric propulsion, because these systems permit either increasing payload or making satellites smaller and lighter.

So far, only one satellite is orbiting the Earth with a fully electric thruster system. Further launches have been planned. Hybrid

kann entweder mehr Nutzlast mitgenommen oder der Satellit kleiner und leichter gebaut werden.

Bislang umkreist erst ein Satellit mit ausschließlich elektrischem Antrieb die Erde. Für weitere sind die Starts bereits geplant. In Kombination mit chemischen Antrieben haben elektrische Antriebe jedoch schon in mehreren Missionen ihre Tauglichkeit unter Beweis gestellt. Dennoch müssen diese Triebwerke weiterentwickelt und verbessert werden, um zum Standardantrieb vor allem in Telekommunikationssatelliten zu werden. So soll der größte Raumfahrtmarkt in dieser Sparte erschlossen werden. Einen weiteren interessanten Markt bildet der Einsatz von zuverlässigen, einfachen und vor allem kostengünstigen elektrischen Antriebssystemen Satellitenkonstellationen im niedrigen Erdorbit (Low Earth Orbit, LEO).

#### Drei Antriebstechnologien fast marktreif

Das High Efficiency Multi Stage Plasma (HEMP)-Triebwerk ist neben den Hall-Effekt-Triebwerken (HET) und der Radiofrequenz-Ionenantriebs-Technologie (RIT) eine von insgesamt drei Antriebstechnologien, die im SRC zu den elektrischen Antrieben – auch „In-space electrical propulsion and station-keeping“ genannt – in Horizon 2020 gefördert und als „incremental“ angesehen werden. Das bedeutet, dass die Europäische Kommission diese Technologien als fortgeschrittene Zukunftstechnologien auserkoren hat. Sie haben ein hohes Technologiereifelevel und gelten damit als fast marktreif. Die Forschungsarbeiten in Deutschland konzentrieren sich neben HEMP noch auf die Verbesserung der bereits im Orbit eingesetzten RIT-Triebwerke, an denen auch die Universität Gießen und Airbus DS beteiligt sind. Beide Triebwerke haben ein beachtliches Potenzial. Dank der Spezialisierung der deutschen Industrie, Forschungszentren und Universitäten ist die Entwicklung der Systemkomponenten so weit fortgeschritten, dass ein komplettes Antriebssystem in Deutschland gebaut werden kann.

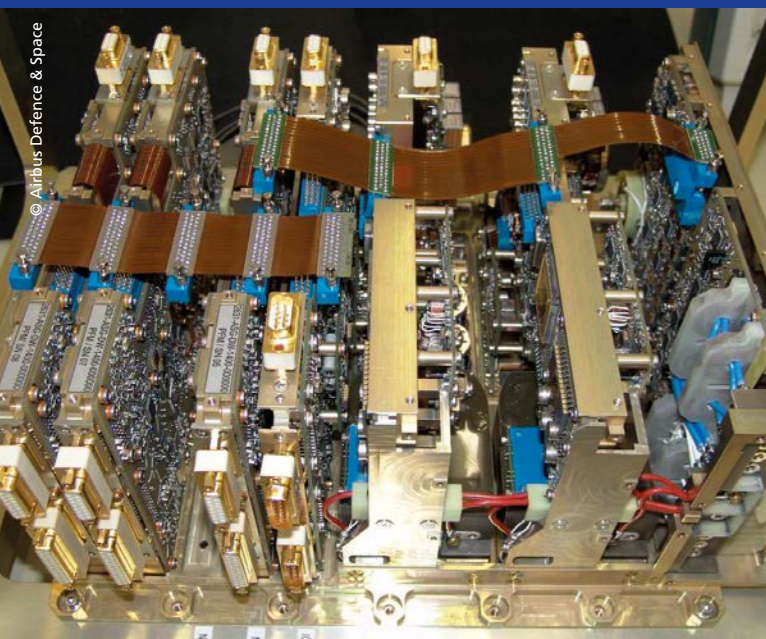
systems of electric thrusters in combination with chemical drives have already proven their worth on several missions. Yet, these systems need to be developed and improved further if they are to be installed as standard thrusters especially in telecommunication satellites. All this will eventually open up a substantial new space technology market. The installation of reliable, uncomplicated, and – most importantly – cost-efficient electric propulsion systems in Low-Earth-Orbit satellite constellations will be another interesting market.

#### Three propulsion technologies nearly ready for the market

Besides the Hall Effect (HET) and the Radio Frequency Ion (RIT) technology, the High Efficiency Multi Stage Plasma (HEMP) thruster constitutes one of three propulsion technologies belonging to the ‘In-Space electrical propulsion and station-keeping’ research cluster – funded under Horizon 2020 and regarded as ‘incremental’. This means that the European Commission has decided to rate these technologies as advanced technologies of the future. Their technology readiness level is high, their marketability is imminent. Besides HEMP, research activities in Germany focus on improving the RIT thrusters that are already used in orbit, with Gießen University and Airbus DS participating. Both systems have considerable potential. Thanks to the expertise of Germany’s industry, research centres, and universities, system components have now matured to a level where a complete electric thruster system can be built in Germany.

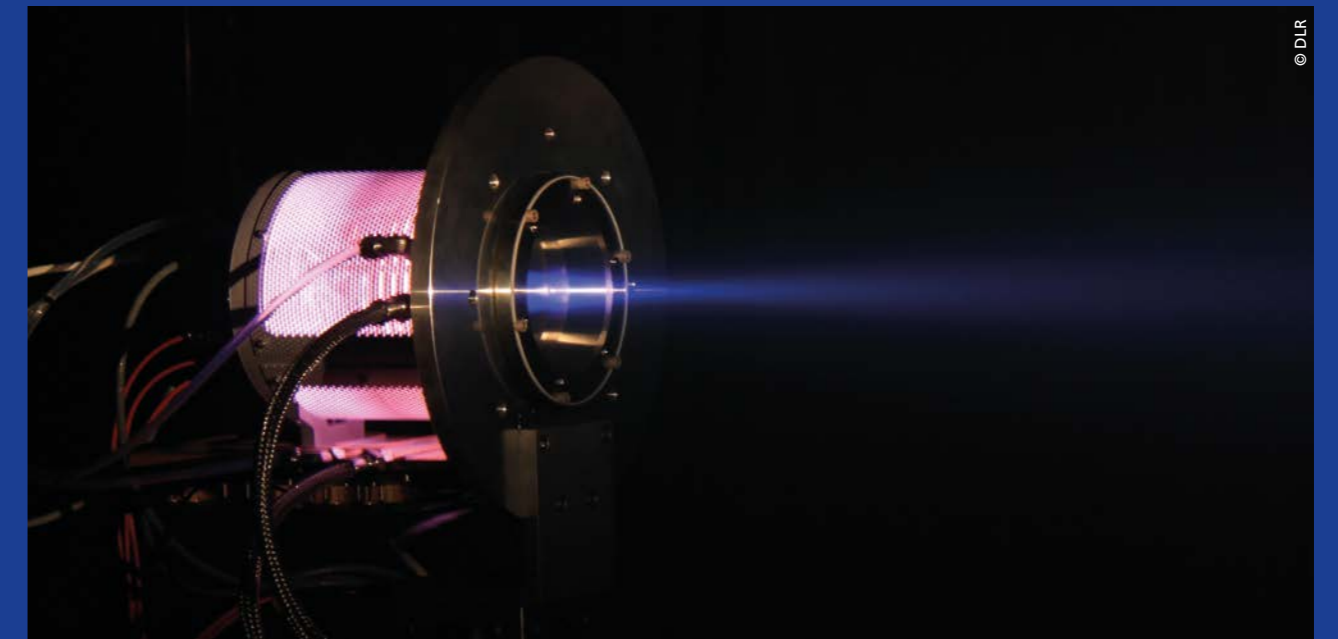
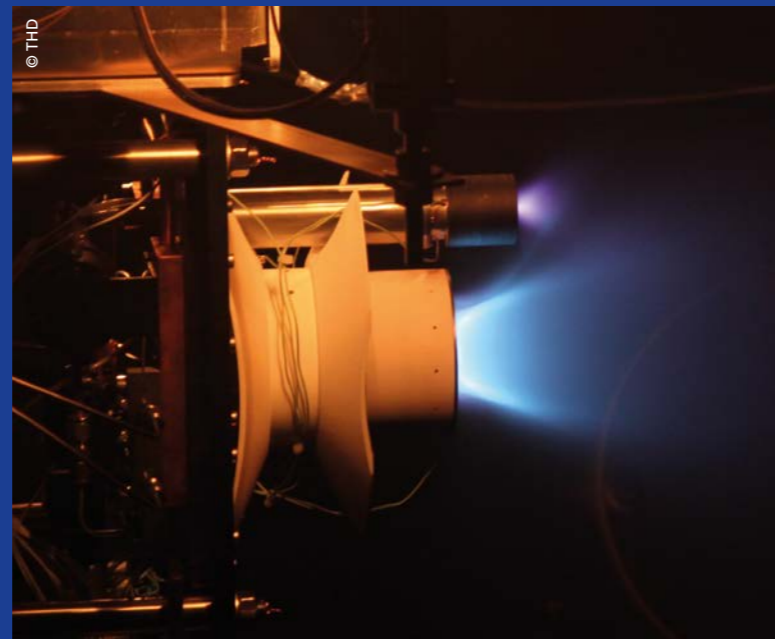
#### DLR shores up support for German technology

However, the technologies sponsored in the electric thruster segment include some that are less mature. Funding policies are not too restrictive, leaving elbow room for concepts rated as disruptive, from which, it is hoped, revolutionary ideas will emerge which could massively benefit present engineering efforts, and even make some existing technologies entirely obsolete. All these projects are collected and co-ordinated within the SRC,



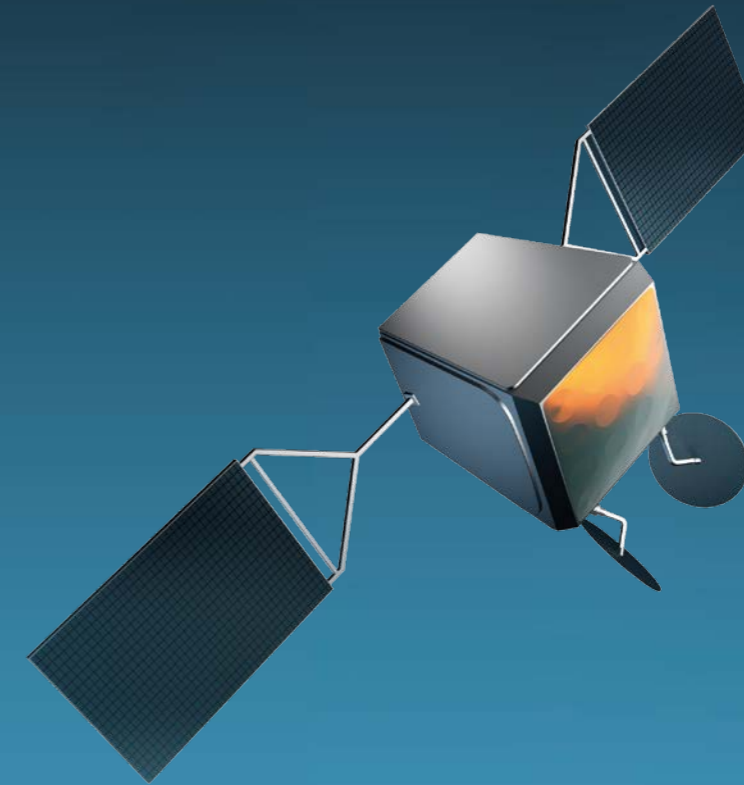
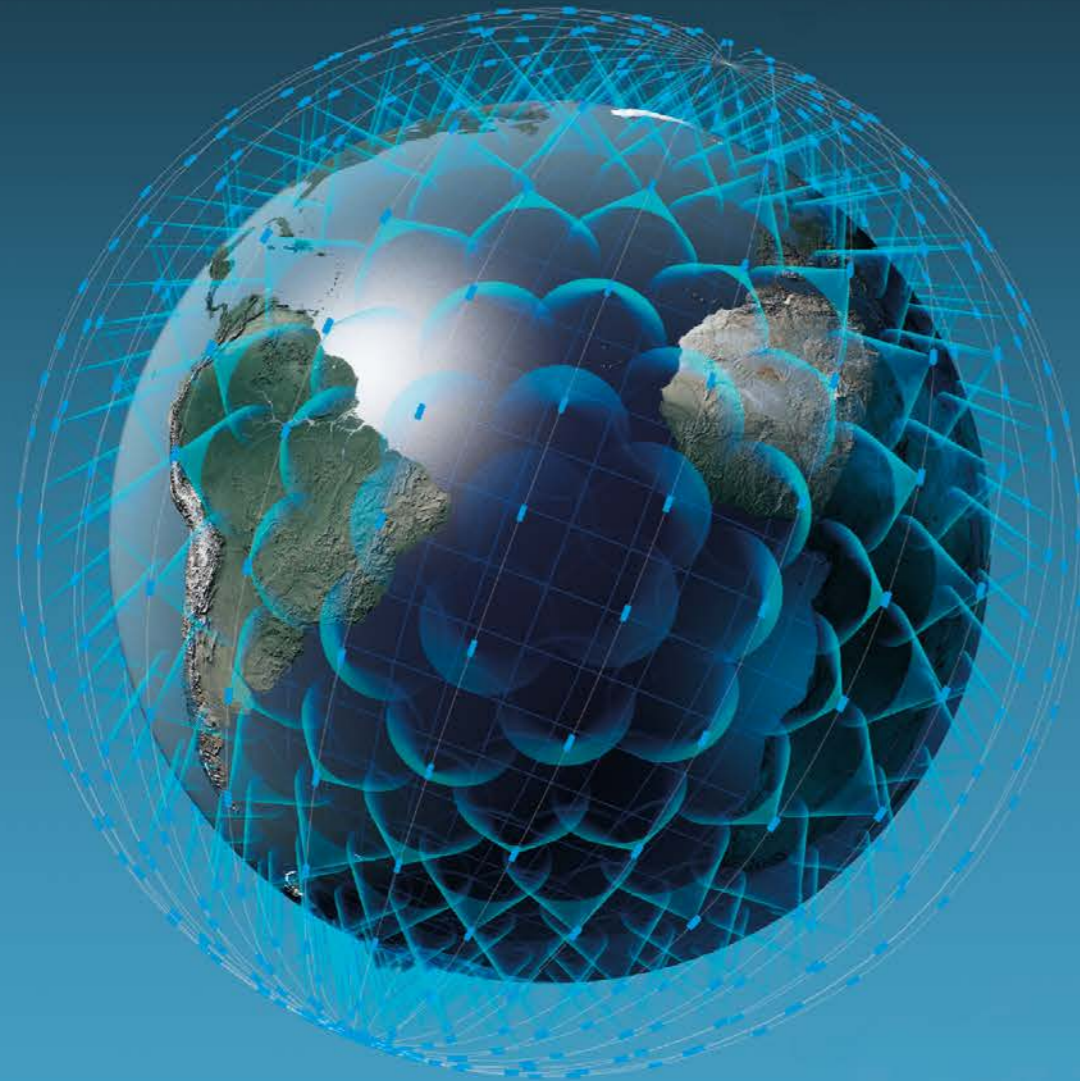
Das positiv geladene Xenon-Gas wird durch ein sehr starkes Magnetfeld in dem zylindrischen Entladungskanal konzentriert gehalten. Beim HEMP-Prinzip wird ein 1,2-Tesla-starkes Magnetfeld durch Permanentmagnete erzeugt. Am gegenüberliegenden Ende des Kanals sammeln sich die negativ geladenen Elektronen durch die besondere Topologie des Magnetfeldes und erzeugen ein großes elektrisches Potenzial, indem die Xenon-Ionen beschleunigt werden und Schub erzeugen. Tritt das ionisierte Gas am Ende des Kanals aus, gibt ein Neutralisator jedem Atom seine Elektronen zurück. Die umfangreiche Hochspannungselektronik ist dafür auf engstem Raum untergebracht. Das Gehäuse in Größe eines Schuhkartons beinhaltet Einsteckplatinen und Verbindungselemente.

In this cylindrical discharge tube, xenon gas, which carries a positive charge, is concentrated and held in place by a very strong magnetic field. The HEMP principle is based on permanent magnets generating a 1.2-Tesla magnetic field. Thanks to the special topology of that magnetic field the negatively charged electrons gather at the opposite end of the tube, thus generating a high electric potential, whereby the xenon electrons are accelerated and generate thrust. As the ionised gas escapes at the end of the tube, a neutraliser gives each atom their electrons back. The complex high-voltage electronic system required for this apparatus is accommodated within a very compact space. Its shoebox-sized housing is tightly packed with all the necessary circuit boards and connectors.



Ein Radiofrequenz-Ionen-Triebwerk aus der RIT-10-Familie wird in einer Testkammer des DLR-Instituts für Aerodynamik und Strömungstechnik in Göttingen getestet. Mit dem RIT-10-Antrieb von Airbus Defence & Space Lampoldshausen wurde ein Satellit (ARTEMIS) zum ersten Mal elektrisch auf seinen Zielorbit gebracht, nachdem der chemische Antrieb, der für diese Aufgabe vorgesehen war, versagte. Das RIT-10 war ursprünglich nur für Bahnkorrekturen vorgesehen, lieferte aber den Antrieb für die fehlenden 5.000 Kilometer zum Zielorbit und funktioniert immer noch.

Trial of a radio frequency ion engine of the RIT-10 family in the test chamber at the DLR Institute of Aerodynamics and Flow Technology in Göttingen. A RIT-10 thruster built by Airbus Defence & Space in Lampoldshausen was the first one used in a satellite (ARTEMIS) to move it into its target orbit after its chemical engine that was intended for the purpose failed. Originally, the RIT-10 had only been installed as an auxiliary thruster for orbital correction, but proved capable of providing enough thrust to cover the last 5000 kilometres to the target orbit, and is still working.



Elektrische Antriebe bringen flächendeckendes Internet weltweit in den richtigen Orbit: Airbus Defence & Space und das US-Unternehmen OneWeb haben ein Joint Venture geschlossen, um die Welt ab 2018 in nur zwei Jahren flächendeckend vom niedrigen Erdorbit mit schnellem Internet zu versorgen. Dafür werden sie 900 Satelliten bauen – vier pro Tag, 648 davon sind immer aktiv. Die restlichen dienen als Ersatz. Jeder Satellit wiegt weniger als 150 Kilogramm. Dieses geringe Startgewicht und der günstige Preis von 400.000 bis 500.000 Euro pro Orbiter sind nur möglich, weil sie komplett elektrisch angetrieben werden. Dieser Antrieb wird die Satelliten von 500 Kilometer auf 1.200 Kilometer Höhe anheben. 2018 sollen die ersten Starts von Ariespace und Virgin Galactic ausgeführt werden. Ariespace wird dafür 21 Sojus vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou ins All bringen. Optionen für fünf weitere Sojus und drei Ariane-6-Starts stehen noch aus.

Electric propulsion systems provide the world with area-wide Internet coverage from orbit. In a joint venture, Airbus Defence & Space and the US-based company OneWeb are planning to offer world-wide fast Internet coverage in a mere two years starting 2018 from a Low Earth Orbit. To make this work, they intend to build 900 satellites – four per day, 648 of them will be permanently active. The remaining satellites will be on stand-by. Each satellite weighs less than 150 kilograms. The low launch weight and the low price of between 400,000 and 500,000 euros per satellite can only be achieved because the satellites are exclusively electrically powered. Electric thrusters will lift the satellites from 500 kilometres to 1,200 kilometres. The first series of launches are to be conducted by Ariespace and Virgin Galactic in 2018. Ariespace will launch 21 Soyuz rockets from Europe's spaceport in Kourou. Further options include another five Soyuz and three Ariane-6 launches further down the line.

#### DLR sichert deutsche Technologien

Im Bereich elektrische Antriebe werden aber auch Technologien gefördert, die noch nicht so weit fortgeschritten sind. Hier sind die Grenzen nicht so eng gesteckt. Dieser Freiraum für die als „disruptive“ eingestuften Triebwerkskonzepte soll ganz neue, revolutionäre Ideen hervorbringen, um bestehende Entwicklungen zu verbessern oder gar rückständige Technologie ganz zu ersetzen. Diese ganzen Projekte werden im SRC zusammengeführt, koordiniert und in später folgenden Ausschreibungen ausgewählt, um ein gemeinsames, übergeordnetes Ziel zu erreichen: bis zum Jahr 2023 elektrische Antriebssysteme aus Europa als feste, wettbewerbsfähige Komponente im globalen Satellitenmarkt zu positionieren.

In der PSA „Electric Propulsion Innovation & Competitiveness“ (EPIC) begleitet das DLR Raumfahrtmanagement seit Oktober 2014 diese Entwicklung im strategischen Forschungscluster, um die in Deutschland geförderten und entwickelten Technologien zu vertreten und so die Chancen der deutschen Raumfahrtindustrie auf eine erfolgreiche Vermarktung ihrer Technologien zu erhöhen.

Die Europäische Weltraumorganisation ESA ist der EPIC-Projekt-koordinator des auf fünf Jahre ausgelegten Projekts. Partner sind neben dem DLR die europäischen Raumfahrtagenturen Agenzia

and kept at the ready for future calls. The common, overarching goal is to establish electric propulsion systems from Europe permanently as competitive components on the global satellite market by 2023.

Under the ‘Electric Propulsion Innovation & Competitiveness’ (EPIC) project, the DLR Space Administration has been closely following and supporting developments in this strategic research cluster since October 2014, representing technologies developed and funded in Germany and working to improve the German space industry's chances to market its technologies successfully.

The EPIC project, which is scheduled for a term of five years, is co-ordinated by the European Space Agency. Besides DLR, partners include the European space agencies Agenzia Spaziale Italiana (ASI), Belgian Science Policy (BELSPO), Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), Centre National d'Études Spatiales (CNES) and UK Space Agency (UKSA) as well as two industrial associations, ASD Eurospace and SME4space.

Spaziale Italiana (ASI), Belgian Science Policy (BELSPO), Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), Centre National d'Études Spatiales (CNES) und UK Space Agency (UKSA) sowie die Industrieverbände ASD-Eurospace und SME4space.

#### Entscheidung im Sommer 2016

EPIC hat in seinem ersten Projektjahr einen übergreifenden Arbeits- und Umsetzungsplan für das strategische Forschungscluster – die sogenannte SRC Roadmap – ausgearbeitet. Zu den weiteren Aufgaben gehören die Beratung der Europäischen Kommission bei den Ausschreibungen für die Zuwendungen sowie die Sicherstellung, dass die Ergebnisse kompatibel sind und zur Erreichung des übergeordneten Ziels des SRC beitragen. Diese Projekte werden von der Europäischen Kommission in Form von Forschungs- und Innovationsmaßnahmen (100-prozentige Zuwendung) und reinen Innovationsmaßnahmen (70-prozentige Zuwendung) ausgeschrieben. Das Gesamtbudget des SRC für elektrische Antriebe bewegt sich in der Größenordnung von circa 60 Millionen Euro, verteilt auf zwei oder drei Ausschreibungen in den kommenden fünf Jahren. Die erste und richtungsweisende hat am 15. November 2015 begonnen und endete am 3. März 2016. In den nächsten Monaten wird sich entscheiden, ob deutsche Technologien am zukünftigen europäischen Markt für elektrische Antriebe teilhaben werden.

#### Choices to be made in summer 2016

In its first year, EPIC has developed an interdisciplinary work and implementation plan for the strategic research cluster called the SRC roadmap. Additional tasks include advising the European Commission on proposals received, and ensuring that results are compatible and contribute towards achieving the SRC's ultimate goal. The European Commission issues calls for proposals under two grant funding programmes, either for research and innovation measures (100 per cent funding) or for pure innovation measures (70 per cent funding). The total budget of the SRC for electric thruster systems amounts to approximately 60 million euros, shared out among two or three calls over the next five years. A first important call was that of November 15, 2015, which ended on March 3, 2016. The following months will decide whether or not German technologies will get a share in the future European market for electric propulsion systems.

# Gehirne von Raumfahrtmissionen

Ohne Software läuft in der Raumfahrt fast nichts

Von Dr. Christian Prause und Uwe Soltau

Sie wiegt nichts, steuert dennoch fast alles und trägt somit zum erfolgreichen Gelingen von Programmen maßgeblich bei: Software. Heutzutage ist sie ein Teil von praktisch allen Weltraumsystemen und als sogenannte Embedded Software oder Firmware oft schon in einfachsten Geräten enthalten. Gleichzeitig ist sie – im Gegensatz zu Hardware – von Schwerelosigkeit, Vakuum, Erschütterungen, extremen Temperaturen und Temperaturschwankungen und den verschiedenen Arten von Strahlung – also den physikalischen Bedingungen einer Weltraummission – unabhängig. Das bedeutet jedoch nicht, dass Software ausführende Hardwareteile wie Prozessor oder Arbeitsspeicher nicht doch ausfallen könnten. Aus diesem Grund verwenden zum Beispiel Ariane-Raketen mehrere Bordcomputer. Softwarekomponenten sind miteinander und gleichzeitig mit Hardware verbunden. Sie kommunizieren, konkurrieren und steuern Hardware. Fortschritte auf dem Gebiet der Software und ihrer Entwicklung machen Raumfahrtmissionen – über einen langen Zeitraum gesehen – zuverlässiger, flexibler und günstiger.

## Brains of missions

Without software space technology could not run successfully

By Dr Christian Prause and Uwe Soltau

It weighs nothing but controls almost everything and contributes significantly to a successful mission: software. Today, it figures in virtually all space systems, often forming part of even the most basic devices as embedded software or firmware. At the same time, it is – unlike hardware – unaffected by microgravity, vacuum, shocks, extreme temperatures and temperature fluctuations, and various kinds of radiation – in other words: the physical conditions of a space mission. However, this is not to say that the hardware components which execute software, such as processors or memory, do not fail. It is for this reason that Ariane launchers, for example, use several on-board computers. Software components are closely interconnected and linked with hardware. Software communicates with other components and competes for resources. Progress in the field of software and its development makes space missions more dependable, more flexible and cost-efficient in the long run.

Software – eine Chance für KMU und Start-ups: Herstellungsprozesse ohne große Produktionsanlagen, umfangreiche Belegschaft für einfache Tätigkeiten, Warenlogistikleistungen usw. erleichtern den Markteintritt gerade für diese Unternehmen in die Raumfahrt. Da Software außerdem weitgehend unabhängig von den Weltraumbedingungen ist, bietet sie großes Potenzial für Raumfahrt-Spin-ins und Spin-outs.

Software – a great opportunity for SMEs and start-ups. Being able to make do without any major production facilities, a big workforce performing simple jobs, or logistics operations makes it easier for these space companies to enter the space tech market. The fact that software is largely unaffected by the operating conditions prevailing in space makes it a high-potential business for space spin-ins and spin-outs.



Autoren: **Dr. Christian Prause** (links) arbeitet in der Abteilung Produktsicherung im DLR Raumfahrtmanagement. Er ist der Fachgebietsleiter Software-Qualitätssicherung in Bonn. **Uwe Soltau** ist Fachgruppenleiter Industriepolitik in der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik und KMU-Beauftragter des DLR Raumfahrtmanagements.

Authors: **Dr Christian Prause** (left) works at the Product Assurance department of the DLR Space Administration. He is in charge of software quality assurance. Working at the department for Space Programme Planning, **Uwe Soltau** is head of Industrial Policy and the SME-Commissioner of the DLR Space Administration.

Von Software wird viel erwartet: Sie soll die unterschiedlichsten Geräte an Bord eines Satelliten korrekt verbinden, ansteuern und bedienen sowie plötzlich auftretende Fehlfunktionen entdecken, isolieren und abfangen. Um dem Satelliten eine gewisse Selbstständigkeit zu geben, muss die Software die Zustandsparameter der Geräte kennen und analysieren. Dazu gehören Parameter, die deren inneren Zustand beschreiben, wie Batterieladestand oder verfügbarer Speicher, aber auch diejenigen des äußeren Zustands, wie Tag/Nacht oder Position. Software gibt einem Satelliten somit ein beschränktes „Selbstverständnis“. Sie ist dessen Gehirn – also das Organ, das man aufgrund seiner Komplexität in der Medizin bislang am wenigsten verstanden hat. In Software selbst steckt dabei eine noch viel höhere technische Komplexität – je vielschichtiger ihre Umgebung, desto anspruchsvoller die Prozesse. Besteht ein kleines Programm mit wenigen Zeilen vielleicht noch aus überschaubar vielen Logiken und Rechenpfaden, sind schon bei doppelter Größe exponentiell mehr Pfade möglich. Daher lässt sich ein umfangreiches Programm nicht mehr vollständig durch Tests überprüfen. Das Testen muss also mit anderen Verfahren kombiniert werden.

## Immun gegen Alterung und Verschleiß

Soft- und Hardwaretests unterscheiden sich nicht nur voneinander, weil Programme gegenüber den physikalischen Bedingungen des Weltraums immun sind: Überprüft man ein Stück Hardware, so kann dieses beim zehnten, hundertsten oder

Software is expected to do a lot. It is supposed to correctly control and operate a wide range of devices on board a satellite and to detect, isolate, and recover sudden faults. To give a satellite a certain degree of autonomy, software has to know and analyse the interior (e.g. battery charge, available memory) and exterior condition (e.g. day/night, position) of each device, thereby providing a satellite with a limited degree of self-perception. Software is a satellite's brain – the organ which to this day is most imperfectly understood in medicine because of its complexity. The technical complexity inside of software tends to increase very rapidly – the greater the variety of facets in its environment, the more demanding the processes will be. While a small program comprising a simple logic and a few lines of code may consist of a manageable number of computational paths, that number grows exponentially even when the length of a program is merely doubled. Therefore, a lengthy program cannot be checked in its entirety merely by testing, so that testing needs to be combined with other methods.

## Immune to ageing and wear

Software and hardware tests differ not only because programs are immune to the physical conditions of space: a piece of hardware you are testing may suddenly break after ten, a hundred or a thousand test runs. Software, on the other hand, knows neither ageing nor wear: two identical inputs will always produce two identical results. However, this also applies if a program is



Links: Ariane-Raketen verwenden mehrere Bordcomputer. Fällt ein Rechner aus, so kann ein anderer einspringen, um einen Systemausfall zu vermeiden. Rechts: Der Mars Climate Orbiter (MCO) der NASA sollte günstiger gebaut werden. Dadurch wurde er gegen die ursprüngliche Planung mit nur einem anstatt symmetrisch mit zwei Solarpanelen konstruiert. So musste als Designkompromiss eine Software entwickelt werden, die die Orientierungsänderungen der asymmetrischen Sonde ausgleichen sollte. Ein Einheitenfehler führte zu einer falschen Navigation und der Orbiter verglühte im Jahr 1999 in der Mars-Atmosphäre.

Left: Ariane launchers use more than one on-board computer. If one of them fails, another can take over, so a full system failure can be ruled out. Right: NASA intended to build a less costly version of the Mars Climate Orbiter (MCO). As a result, it was designed with only one instead of two symmetrically arranged solar panels. To compensate for this design modification, the software developers had to come up with a compromise solution that would make up for the altered orientation of the asymmetrical space vehicle. A unit error ended up corrupting the orbiter's navigation, causing it to burn up in the Martian atmosphere in 1999.

tausendsten Mal plötzlich defekt sein. Nicht so Software, denn sie kennt weder Alterung noch Verschleiß: Sind zwei Eingaben gleich, dann wird das Ergebnis auch immer das Gleiche sein. Das gilt jedoch auch, wenn ein Programm fehlerhaft ist. Daher funktioniert Redundanz im klassischen Sinn nicht: Der Fehler würde immer wieder beziehungsweise überall auftreten. Das musste die Ariane 5 auf ihrem allerersten Flug am 4. Juni 1996 erfahren. Nach einem perfekten Start trat ein Softwarefehler in einem eigentlich nur vor dem Start benötigten Teil des Navigationssystems auf. Der Hauptcomputer konnte jedoch nicht auf das Ersatzsystem umschalten, da es wegen des gleichen Fehlers bereits zuvor abgestürzt bzw. abgeschaltet war. Die Steuerdüsen verursachten daraufhin eine abrupte Bahnänderung, die die Rakete unkontrolliert fliegen und auseinanderbrechen zu lassen drohten. Um noch Schlimmeres zu verhindern, musste die Selbsterstörung ausgelöst werden. Entsprechend muss man feststellen: Es half nicht, dass die Ariane mehrere Rechner mit der gleichen Software an Bord hatte. Redundanz ist nur möglich, wenn unterschiedliche Programme verwendet werden – ein kostspieliges Unterfangen. Da allerdings auch ein Fehlstart oder eine Fehlfunktion sehr teuer ist, kann es – ganz im Sinne von Philip Crosby – billiger sein, die Software direkt beim ersten Mal richtig zu entwickeln.

#### Ohne Produktionskosten in den Weltraum

Der Entwicklungsaufwand für Software ist bei gleichen Komponenten-Gesamtkosten wesentlich umfangreicher als für Hardware – da die Herstellung von Software zu nahezu 100 Prozent Entwicklungsarbeit ist. Diese Prozesse sind organisatorisch aufwändig, da mehr Entwickler zusammenarbeiten. Im Hardwarebereich sind außerdem Aufgabengebiete wie zum Beispiel Thermal, Struktur und Optik leichter zu trennen. Gleichzeitig leben Software-Entwicklungsarbeiten von Kreativität. Dafür braucht es jedoch Freiraum, der auf Kosten der Nachhaltigkeit gehen kann. Das Bild des einfachen Programmierers, der Anweisungen stupide in Programmcodes umsetzt, ist eine Illusion. Vielmehr sind Softwareentwickler die prototypischen „knowledge workers“ mit einer hochgradig wissensintensiven Arbeit. Die Herausforderung: Kreativität und Freiheit müssen mit organisatorischer Steuerung für Nachhaltigkeit in einem ausgewogenen Gleichgewicht gehalten werden. Dafür fallen – anders als bei Hardware – so gut wie keine Produktionskosten an. Der abschließende Herstellungsprozess kann somit praktisch vollständig automatisiert erfolgen und nahezu perfekt reproduzierbar ablaufen. Dies entspricht den kühnsten Träumen von Hardwareproduzenten zum Beispiel aus dem Automobil- oder Halbleiterbereich. Es gibt praktisch keine einfachen Tätigkeiten

faulty. This is why redundancy in the classical sense will not work: an error would occur at all times and/or everywhere. This is what happened to Ariane 5 on its very first flight on June 4, 1996. After a perfect lift-off, a software error occurred in a part of the navigation system that really was needed only before the launch. However, the main computer was unable to switch to the standby system since it had crashed before because of the same error. Subsequently, the control jets caused the rocket to change its path abruptly, so that it threatened to break apart. To prevent an even worse outcome, self-destruction had to be initiated. So we have to conclude that it did not help Ariane to have several computers with identical software on board. Therefore, redundancy is an option only if different programs are used – a costly undertaking. However, as an aborted launch is very costly as well, it may be cheaper, following Philip Crosby, to develop the software right the first time.

#### To space without production costs

Assuming that the total component cost is the same, the development effort for software is materially more extensive than for hardware – because building software consists to nearly 100 per cent of development work. Organising a process of software development is complex because more developers are working together. In the hardware sector, moreover, the tasks of individual developers working on, for example, thermal, structural, or optical issues are easier to keep separate. At the same time, development work thrives on creativity. Creativity, however, calls for latitude, which may have a negative impact on sustainability. The idea of a simple programmer mindlessly translating instructions into program codes is illusory. Rather, software developers are archetypal knowledge workers doing a highly scientific job. The challenge: there has to be a balance between creativity and latitude on the one hand and organisational control for sustainability on the other. Therefore, the cost of producing software – unlike that of hardware – is practically nil. Thus, software may be made in a process that is virtually fully automated and almost perfectly reproducible, fulfilling the wildest dreams of hardware producers from, for example, the motor-vehicle or semiconductor industry. Software production involves practically no simple activities, such as soldering, gluing, screwing, painting, commissioning, carrying or packaging. Routine work is continuously being eliminated by automation.

#### Dabei gliedert sich Software in drei große Themenbereiche:

- Flugsoftware, die als Komponente die Steuerung im Flug übernimmt,
- Ground-support Software, bestehend aus Teilen für die Zeit vor, während und nach einem Überflug, und
- Softwarewerkzeuge, um Missionen, Hardware und Software zu gestalten und zu entwickeln.

#### Software falls into three major categories:

- Flight software, which handles in-flight control as a component,
- ground support software comprising segments addressing the time before, during, and after a flyover, and
- software tools to design and develop missions, hardware and software.

wie Löten, Kleben, Schrauben, Streichen, Kommissionieren, Tragen oder Verpacken in der Softwareproduktion – Routinearbeiten werden kontinuierlich durch Automation eliminiert.

#### Software rettet Weltraummissionen

Dennoch dient Software oftmals als „Heftpflaster“ für Designkompromisse – dies kann eine Gefahr für die Sicherheit von Missionen oder aber zugleich eine Chance auf Kosteneinsparung sein. Der Mars Climate Orbiter (MCO) der NASA ist hierfür ein klassisches Beispiel: Hätte das „Faster-Better-Cheaper“-Regime nicht auf eine starke Senkung der Projektkosten gedrängt, wäre der Satellit des Discovery-Programms wie geplant symmetrisch mit zwei Solarpanelen statt einem einzelnen gebaut worden. So aber wurde als Designkompromiss eine Software entwickelt, die die Orientierungsänderungen der Sonde, die aus dem Strahlungsdruck der Sonne auf die asymmetrische Struktur entstehen, ausgleichen sollte. Die Folge: Ein Einheitenfehler in der Software führte zu einer falschen Navigation und der Orbiter verglühte im Jahr 1999 in der Mars-Atmosphäre. Ungeachtet des Fehlschlags hat der NASA-Ingenieur Eberhardt Rechtin zu Recht auf das Potenzial von Software zur Kostensenkung hingewiesen. Die Flexibilität von Kommunikationssatelliten durch Software zeigt es. Dabei sollte man jedoch klar feststellen, dass Software viel mehr Missionen gerettet hat als durch sie verloren gegangen sind. Denn sie lässt sich – im Gegensatz zur Flughardware – nach dem Start noch ändern, wovon auch oft Gebrauch gemacht wird. So kann Software Hardwareausfälle noch ausgleichen, wo andernfalls mit Einschränkungen oder gar dem Verlust der Mission gerechnet werden müsste. Ein anderes Beispiel sind FDIR (Fault Detection, Isolation and Recovery)-Softwaresysteme, die es dem Raumfahrzeug erlauben, flexibel auf problematische Ereignisse zu reagieren. Da Software kein Gewicht hat, erhöhen zusätzliche Funktionen, anders als Hardware, auch nicht das Startgewicht. Daher werden immer häufiger auch kritische Funktionen – manchmal sogar ausschließlich – durch Software abgesichert. In der Vergangenheit mussten gefährliche Funktionen immer zusätzlich durch Hardwaremaßnahmen abgesichert werden. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird eine überarbeitete Fassung bestimmter Raumfahrtstandards Software und Hardware in Bezug auf ihre Funktion als kritische Komponente auf eine Stufe stellen.

#### Investitionen in Software zahlen sich langfristig aus

Im Automobilbereich entfallen inzwischen über zwei Drittel aller Innovationen auf Software. Bei Militärflugzeugen ist im Zeitraum von 1960 bis 2000 der Anteil an Funktionalität, die von Software zur Verfügung gestellt wird, von acht auf 80 Prozent angewachsen. Der Umfang des Codes ist von 1.000 Zeilen auf sechs Millionen angestiegen und schätzungsweise 24 Millionen im modernsten Kampfflugzeug – der F-35. Eine Zahl, die in der Raumfahrt bislang noch nicht erreicht wird. Dennoch zahlt sich das nun aus: Für wissenschaftliche Missionen hat sich das Verhältnis von Hard- zu Softwarekosten inzwischen von 10:1 zu 1:2 umgekehrt. Im Bereich der Flugsoftware überstiegen vor 20 Jahren die Kosten erstmals die Marke von zehn Prozent an den Gesamtkosten. Neuere Zahlen aus dem amerikanischen Raum sehen die Kosten für die Entwicklung von Flugsoftware heute sogar bei 20 bis 30 Prozent des gesamten Raumfahrzeugs.

#### Software as a space mission safeguard

Software often serves as a 'band-aid' for compromises in design; while this, on the one hand, could pose a threat to the safety of a mission or a way to save on costs. One classical case in point is NASA's Mars Climate Orbiter (MCO): if the faster-better-cheaper regime had not urged a massive reduction in the cost of the project, this satellite of the discovery programme would have been built symmetrically as planned, featuring two solar panels instead of one. Instead, the engineers decided to go for a design compromise, based on a software package that would compensate changes in the attitude of the probe caused by the pressure exerted by solar radiation on the asymmetrical structure. The consequence: a metric/imperial unit conversion error in the software led to faulty navigation, and the orbiter burned up in the atmosphere of Mars in 1999. Leaving this mishap aside, the famous NASA engineer Eberhardt Rechtin was quite right in insisting on the cost-cutting potential of software. The flexibility of communication satellites by software prove this statement. It should also be clearly stated in this context that software has saved many more missions than were lost because of it. Software, unlike flight hardware, can, for example, still be modified after take-off, an option which is frequently used. Thus, hardware failures may be compensated by software instead of a restriction or loss of a mission. Another example are Fault Detection, Isolation and Recovery (FDIR) systems implemented in software that allow a spacecraft to flexibly react to problematic events originating from inside or outside the spacecraft. As opposed to hardware, software has practically no weight. Hence, functions implemented in software do not increase launch weight. This is why more and more critical functions are realised in software, sometimes even exclusively. In the past, hazardous functions always had to be backed up by hardware solutions. To account for this situation, revised versions of certain space standards will place software and hardware on the same level as far as their function as critical components is concerned.

#### Investments in software pay off in the long run

In the motor vehicle sector, more than two thirds of all innovations relate to software by now. In military aircraft, the proportion of functionality provided by software rose from eight to 80 per cent in the period from 1960 to 2000. Code lengths have increased from 1000 to six million lines and by guess up to 24 million in the latest fighter yet F-35. A mark, which has not been reached in the space flight sector. However, in the space sector, too, software investments have been massive, and they are now paying off: in scientific missions, the ratio between hardware and software costs has been reversed, from 10:1 to 1:2. It was 20 years ago that the cost of flight software first rose above the mark of ten per cent of the overall cost. More recent figures from the American region even indicate that the present cost of developing flight software ranges between 20 and 30 per cent of the entire spacecraft.

#### Großes Potenzial für KMU

Gerade einmal gut 50 Jahre alt – seit der berühmten NATO-Konferenz in Garmisch-Partenkirchen 1968 – ist die Softwaretechnik eine junge und empirische Wissenschaft, die sich noch stark in der Entwicklung befindet. Dieser Markt bietet gerade KMU und Start-ups Raum für einen einfachen Einstieg, da keine großen Produktionsanlagen, keine umfangreiche Belegschaft für einfache Tätigkeiten, Warenlogistikleistungen usw. benötigt werden. „Open Source“-Software gestattet auch kleinen Unternehmen mit kleinem Kapital Zugang zu modernen Produktionsmitteln. Da Software weitgehend unabhängig von den physikalischen Eigenschaften ihrer Umgebung ist, bietet sie großes Potenzial für Spin-ins und Spin-outs aus der Raumfahrt.

#### Great potential for SMEs

Having just about reached the age of 50 after the famous NATO conference of 1968 in Garmisch-Partenkirchen, software engineering is a young and empirical discipline of science that is still very much in its development stage. It offers the chance of an easy market entry to SMEs and start-ups because there is no need for large production facilities and numerous employees to handle basic jobs, logistics services, etc. 'Open Source' software affords access to modern means of production even to small enterprises with little capital. Being largely independent of its physical production environment, software offers a great potential for spin-ins and spin-outs in the space industry.

# Business Launch

Im Rahmen der „Global Space and Technology Convention“ in Singapur informierte sich auch der Minister für Handel und Industrie in Singapur, S. Iswaran, bei DLR-Vorstandsmitglied Dr. Gerd Gruppe (M.) und Projektleiter Daniel Nölke (I.) über das iBOSS-Projekt (siehe Seite 70) – ein zukunftsweisendes Konzept, um die Nachhaltigkeit und Effizienz künftiger Raumfahrtinfrastrukturen zu erhöhen.

While attending the Global Space and Technology Convention in Singapore, Singapore's Minister for Trade and Industry Mr. S. Iswaran spoke to DLR board member Dr Gerd Gruppe (centre) and project manager Daniel Nölke (left) to receive details about the iBOSS project (cf. page 70) – a forward-looking concept to increase the sustainability and efficiency of future space infrastructure.



Deutsch-amerikanisches Raumfahrttreffen auf höchster Ebene: Charles „Charlie“ Bolden, NASA-Administrator, Prof. Pascale Ehrenfreund, Vorstandsvorsitzende des DLR, Dava Newman, NASA-Vizeadministrator, und Dr. Gerd Gruppe, Mitglied des DLR-Vorstands für das Raumfahrtmanagement (v. l.) trafen in Colorado Springs (USA) anlässlich des 32. Space Symposiums zusammen.

A high-level German-American space meeting: NASA Administrator Charles "Charlie" Bolden, Professor Pascale Ehrenfreund, Chair of the DLR Executive Board, NASA's Vice Administrator Dana Newmann, and Dr Gerd Gruppe, DLR board member responsible for Space Administration (left to right) met at the 32<sup>nd</sup> Space Symposium at Colorado Springs (USA).



Die Koordinatorin der Bundesregierung für die Deutsche Luft- und Raumfahrt, Brigitte Zypries (1. Reihe, M.), traf sich anlässlich des „Branchendialogs Luft- und Raumfahrt – Partnerschaft für Zukunft made in Germany“ mit Spitzenvertreterinnen und -vertretern des Fachs: Auch die beiden DLR-Vorstandsmitglieder Dr. Gerd Gruppe (2. Reihe, 2. v. r.) und Prof. Hansjörg Dittus (7. Reihe, M.) waren im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie in Berlin mit dabei.

Brigitte Zypries (front row, centre), the Federal Government's aerospace coordinator, met distinguished representatives of the sector at the aerospace dialogue event 'Partnership for a Future Made in Germany'. Also present at the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy in Berlin were the two DLR board members Dr Gerd Gruppe (2<sup>nd</sup> row, 2<sup>nd</sup> from the right) and Professor Hansjörg Dittus (7<sup>th</sup> row, centre).

Anja Blumentritt © BMWI



Frank Eppler © DLR

Der jährlich beim DLR Lampoldshausen stattfindende Industrial Day hat sich in der europäischen Raumfahrtcommunity fest etabliert. Unter den Teilnehmern waren Prof. Johann-Dietrich Wörner, Generaldirektor der ESA, Jean-Marc Astorg, Direktor Trägerraketen der französischen Raumfahrtagentur CNES, Roberto Battiston, Präsident der italienischen Raumfahrtagentur ASI sowie Jürgen Ackermann, Generalsekretär des Raumfahrtunternehmens Airbus Safran Launchers.

Industrial Day, an annual event taking place at DLR's Lampoldshausen site, has become a regular date in the diaries of the European space community. Among this year's participants were Professor Johann-Dietrich Wörner, Director General ESA, Jean-Marc Astorg, Director of Launcher Systems at the French space agency CNES, Roberto Battiston, President of the Italian space agency ASI, and Jürgen Ackermann, Secretary General of the space company Airbus Safran Launchers.

# Raumfahrtkalender

Termin Ereignis

2016	
1. – 4. Juni	ILA Berlin Airshow
8. Juni	Start der Telekommunikationssatelliten EHOSTAR 18 und BRISAT mit Ariane 5 von Kourou (Französisch-Guyana)
21. Juni	Start Sojus 47S von Baikonur (Kasachstan, ISS Expedition)
24. Juni	Start Falcon 9 von Cape Canaveral (Florida/USA), 9. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-9)
4. Juli	Start Progress 64P von Baikonur (Versorgung ISS)
1. August	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, 10. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-10)
5. – 17. September	29. DLR-Parabelflug-Kampagne in Bordeaux (Frankreich)
23. September	Start Sojus 48S von Baikonur (ISS Expedition)
30. September – 10. Oktober	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 22/23 in Esrange (Nordschweden) mit zwei Experimenten deutscher Teams
Ende September	Landung der Rosetta-Raumsonde auf der Oberfläche des Kometenkörpers und Ende der Rosetta-Messungen
Oktober	Start HTV-6 von Tanegashima Space Center, Japan (Versorgung ISS)
Oktober/November	Start des europäischen Copernicus-Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-5P mit Rockot von Plesetsk (Russland)
3. Oktober	Start Forschungsrakete MAIUS 1 mit einem deutschen Experiment (QUANTUS-Forschungsverbund) von Esrange
20. Oktober	Start Progress 65P von Baikonur (Versorgung ISS)
November	Start Forschungsrakete MAXUS 9 (ESA) mit zwei deutschen Experimenten von Esrange
16. November	Start Sojus 49S von Baikonur (Versorgung ISS)
17. November	Start der beiden Galileo-Navigationssatelliten 15 und 16 mit Ariane 5 von Kourou

# Space Calendar

Date Event

2016	
June 1 – 4	ILA Berlin Airshow
June 8	Launch of Ariane 5 from Kourou (French-Guiana); carrying the telecommunication satellites EHOSTAR 18 and BRISAT
June 21	Launch of Soyuz 47S from Baikonur (Kazakhstan, ISS expedition)
June 24	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA), 9 <sup>th</sup> ISS logistics flight (SpaceX CRS-9)
July 4	Launch of Progress 64P from Baikonur (ISS logistics)
August 1	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, 10 <sup>th</sup> ISS logistics flight (SpaceX CRS-10)
September 5 – 17	29 <sup>th</sup> DLR parabolic flight campaign in Bordeaux (France)
September 23	Launch of Soyuz 48S from Baikonur (ISS expedition)
September 30 – October 10	Student balloon campaign BEXUS 22/23 in Esrange (North of Sweden); carrying two experiments from German teams
End of September	Landing of the Rosetta space probe on the surface of the comet and the end of the Rosetta measurements
October	Launch of HTV-6 from Tanegashima Space Center, Japan (ISS logistics)
October/November	Launch of Rockot from Plesetsk (Russia); carrying the European Copernicus Earth observation satellite Sentinel-5P
October 3	Launch of the sounding rocket MAIUS 1 from Esrange; carrying one German experiment (QUANTUS scientific group)
October 20	Launch of Progress 65P from Baikonur (ISS logistics)
November	Launch of the sounding rocket MAXUS 9 (ESA) from Esrange; carrying two German experiments
November 16	Launch of Soyuz 49S from Baikonur (ISS logistics)
November 17	Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying the Galileo navigation satellites 15 and 16



## 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.

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

## Impressum

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

Sabine Hoffmann  
Leiterin DLR-Kommunikation  
(ViSdP)

Redaktion:  
Andreas Schütz (Imprimatur)  
Elisabeth Mittelbach (Teamleitung)  
Martin Fleischmann (Redaktionsleitung)  
Diana Gonzalez (Raumfahrtkalender)

Hausanschrift:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn  
Telefon: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-Mail: [countdown@dlr.de](mailto:countdown@dlr.de)  
[DLR.de/rd](http://DLR.de/rd)

Druck: AZ Druck und Datentechnik GmbH, 87437 Kempten  
<http://www.az-druck.de>



Druck | ID: 53106-1605-1001



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

Quelle des Titelbildes: Sascha Hilgers/© BMUB

ISSN 2190-7072

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

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## DLR at a glance

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

DLR has approximately 8,000 employees at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo, and Washington D.C.

## Imprint

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

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

Editorial office:  
Andreas Schütz (Imprimatur)  
Elisabeth Mittelbach (Team Leader)  
Martin Fleischmann (Editor in Chief)  
Diana Gonzalez (Space Calendar)

Postal address:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn, Germany  
Telephone: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-mail: [countdown@dlr.de](mailto:countdown@dlr.de)  
[DLR.de/rd](http://DLR.de/rd)

Print: AZ Druck und Datentechnik GmbH, 87437 Kempten  
<http://www.az-druck.de>



Print | ID: 53106-1605-1001



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

Source of the cover picture: Sascha Hilgers/© BMUB

ISSN 2190-7072

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

Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag