

**Das DLR im Überblick**

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

In den 15 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

**Impressum**

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

Sabine Göge  
(VISdP)

Redaktion:  
Michael Müller (Redaktionsleitung),  
Martin Fleischmann (verantwortlicher Redakteur)  
Diana Gonzalez (Raumfahrkalender)

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

Druck: KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH  
53117 Bonn-Buschdorf

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

ISSN 2190-7072

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

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**DLR at a glance**

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

Approximately 6,900 people are employed at 15 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also operates offices in Brussels, Paris, and Washington D.C.

**Imprint**

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

Sabine Göge  
(responsible according to the press law)

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

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

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

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

ISSN 2190-7072

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

Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag

Heft 2/2012 April 2012 | Issue 2/2012 April 2012

Aktuelles aus dem DLR Raumfahrtmanagement | Topics from DLR Space Administration

DLR COUNTDOWN · www.DLR.de/rd  
DLR newsletter COUNTDOWN 18



**Robotik: Unsere Wegbegleiter ins All**  
**Robotics: Our Trailblazers in Space**

Seite 6 / page 6

**Private Raumfahrt: Interview zum kommenden Start von Dragon und Cygnus**  
Commercial Space Flight: Upcoming Launch of Dragon and Cygnus – an Interview 12

**Erdbeobachtung: Zehn Jahre SCIAMACHY auf ENVISAT**  
Earth Observation: Ten Years of SCIAMACHY and ENVISAT 20

**Forschung unter Weltraumbedingungen: 40 Jahre deutsche Biowissenschaftliche Weltraumforschung – Teil 1**  
Microgravity Research: 40 Years of German Life Sciences in Space – Part 1 24

**Navigation: EnEx und die Suche nach Leben im Wasser auf Enceladus**  
Navigation: EnEx and the Probing for Life in the Water of Enceladus 28

**EU: Das neue Förderprogramm Horizon 2020**  
EU: The New Research Programme Horizon 2020 32

**Weltraumrecht: Das Berliner Protokoll**  
Space Law: The Berlin Protocol 36

**KMU: Beginn einer Vorstellungsserie**  
SME: Start of a Presentation Series 40

**Deutsche Raumfahrtmissionen: TV Sat**  
German Space Missions: TV Sat 44

**Raumfahrkalender**  
Space Calendar 50



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

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

**Liebe Leserinnen und Leser,  
liebe Partner des DLR-Raumfahrtmanagements,**

Ende Februar hat ein wahrer Veranstaltungsmarathon begonnen: Zum Auftakt hat das DLR Raumfahrtmanagement gemeinsam mit der Europäischen Kommission die Space<sup>EU</sup>-Konferenz in Brüssel organisiert. Wir haben europäische und nichteuropäische Raumfahrtakteure zusammengebracht, um sie über die Pläne der EU im neuen EU-Forschungsförderungsprogramm Horizon 2020 zu informieren und neue Partnerschaften für zukünftige Projekte zu ermöglichen. Hier wurde die Grundlage für neue Netzwerke geschaffen, um Menschen zusammenzubringen – zum Beispiel Satellitenbauer aus Bremen und Endnutzer von den Azoren. So erhalten die Gesprächspartner Einblicke in Projekte, die sie sonst nicht kennenlernen würden. Mehr zu dieser Konferenz erfahren Sie auf den Seiten 32 bis 35.

Anfang März haben wir die Zweite Nationale Robotik-Konferenz in Berlin in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) veranstaltet. Hier wurden Robotik-Themen besprochen, welche die Raumfahrt in Zukunft maßgeblich prägen werden. Das Resultat ist eine Robotik-Roadmap – ein Fahrplan, wie wir Projekte von der Idee bis zum systemfähigen Endprodukt begleiten. Deutschland hat gehört auf dem Feld der Robotik zur internationalen Spitzengruppe. Wir haben in den letzten Jahren viel in die Entwicklung von Technologien investiert. Jetzt gilt es, den Blick auf die konkrete Anwendung zu richten. Wir werden dies in drei Bereichen angehen: In der orbitalen Robotik, in der Explorationsrobotik und in der terrestrischen Anwendung. Dafür werden wir in der Technologieentwicklung Prioritäten setzen und auf diesen Feldern Systemfähigkeit anstreben. Mehr zur Robotik-Roadmap erfahren Sie auf den Seiten 6 bis 11.

Mit der Unterzeichnung des Berliner Protokolls am 9. März wurde im Rahmen der UNIDROIT-Konferenz ein neues Kreditsicherungsinstrument für die Raumfahrt geschaffen. Das Berliner Protokoll ist die weltweit erste, internationale Privatrechtsvereinbarung im Bereich der kommerziellen Raumfahrt. Während bei Flugzeugen das internationale Sicherheitsrecht bereits seit 2006 mit großem Erfolg genutzt wird, fehlte es bislang in der Raumfahrt. Dies wird sich nun ändern: Durch das Berliner Weltraumprotokoll können jetzt auch Satelliten und Raumstationen sowie ihre Bestandteile als werthaltige Kreditsicherheit verwendet werden. Dies bringt Vorteile für Finanzierer, Kreditnehmer und Hersteller: Die Sicherheit der Kredite wird verbessert. Dadurch sinken die Finanzierungs- und Anschaffungskosten, wodurch wiederum die Absatzchancen steigen. Es ist mir ein besonderes Anliegen, die aktive Rolle des DLR Raumfahrtmanagements in diesem Prozess hervorzuheben. Mehr zum Berliner Protokoll lesen Sie auf den Seiten 36 bis 39.

Den ereignisreichen März beendete die Dritte Nationale Konferenz Satellitenkommunikation in Bonn. Die Satellitenkommunikation ist für die Bundesregierung eine strategische Raumfahrtkompetenz. In der Wissensgesellschaft ist sie eines der wichtigsten Instrumente zur Bewältigung globaler Herausforderungen. In den letzten Jahren hat sich die Satellitenkommunikation in Deutschland hervorragend entwickelt. Das verdanken wir auch den nachhaltigen, kontinuierlichen Förderprogrammen, die von Forschung und Industrie sehr gut angenommen werden. In diesem kommerziell erfolgreichsten Bereich der Raumfahrt steckt noch viel Potenzial für die deutsche Wirtschaft. Wir wollen und werden uns dem internationalen Wettbewerb mit den Mitteln stellen, für die Deutschland in der Welt bekannt ist – der Kreativität seiner Ingenieure und dem Mut seiner Unternehmer.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude bei der Lektüre

Ihr Gerd Gruppe

**Dear readers,  
dear partners of the DLR Space Administration,**

The end of February marked the beginning of a veritable conference marathon, starting with the Space<sup>EU</sup> Conference hosted by the DLR Space Administration in cooperation with the European Commission in Brussels. We brought together a congregation of space-sector stakeholders from European and non-European countries to inform them about the EU's new research funding programme, Horizon 2020, and to provide opportunities to forge new partnerships for future projects. The groundwork was laid for new networks that bring people together – such as satellite builders from Bremen meeting end users from the Azores. Thus everyone attending gained insights into projects they would otherwise hardly have come to know. You can learn more about the conference on pages 32 to 35.

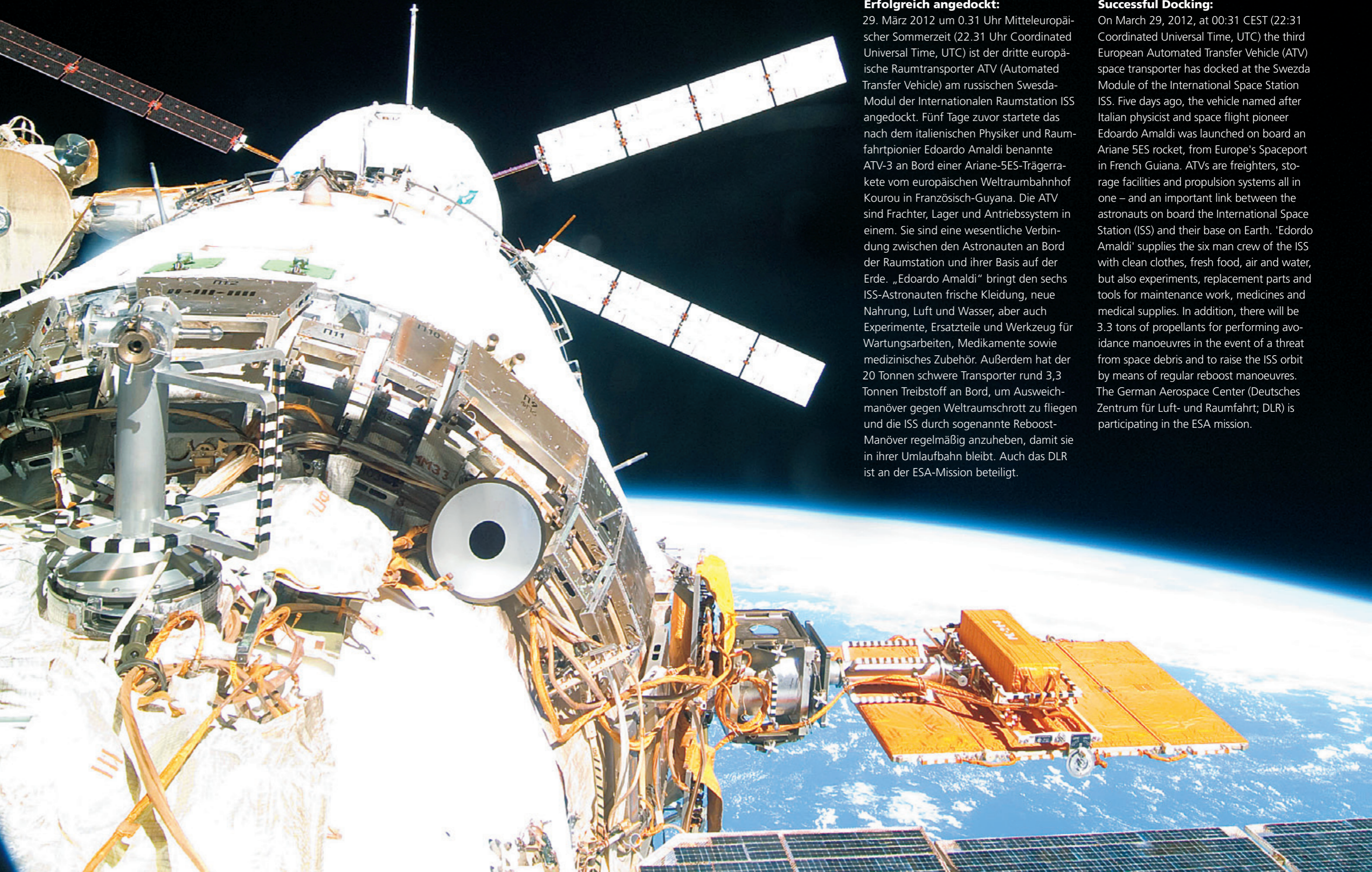
Early in March, we hosted the Second National Conference on Robotics in Berlin in cooperation with the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi). The agenda revolved around robotics and the role it will play in shaping future space activities. The results of the conference were summarised in a robotics 'roadmap' to mark out the course of future projects from their initial idea to a fully system capable end product. In the field of robotics Germany is among the top players. A lot has been invested in terms of technology development over the past few years. Building on that, we must now turn to concrete applications. We will tackle this task in three areas: orbital robotics, exploration robotics and terrestrial applications. We will put priority on these in our technology development efforts and head for full system capability in all these areas. There is more to be read about the robotics roadmap on pages 6 to 11.

The adoption of the Berlin Protocol on March 9, 2012, in the framework of the UNIDROIT conference marks the launch of a new financing facility for the space sector. The Berlin Space Protocol is the first ever agreement on private international law pertaining to the commercial space sector. Whereas in the aircraft industry a regime of international interests has been in place and used with great success since 2006, such a regime has been lacking so far in the space sector. This will now change: Pursuant to the Berlin Space Protocol, satellites and space stations as well as their components can now be pledged as collateral, too. Financing institutions, debtors and manufacturers stand to benefit. Credit becomes more secure, which lowers the credit risk and thus helps reduce financing costs. It is my special wish to mention the active role played by DLR Space Administration staff in this process. You will find more details about the Berlin Protocol on pages 36 to 39.

The busy month of March ended with the Third National Conference on Satellite Communication in Bonn. Satellite communication is part of the Federal Government's strategic space competence. In our knowledge society it has become one of key instruments for us to address global challenges. The satellite communication sector has done very well in Germany in recent years. We owe this amongst other things to sustainable, continued funding programmes that have come to be very popular among the science and industry communities. Being the most successful line of space activities, the sector still harbours great potential for German companies. To stand our ground in a competitive international environment we can and we will rely on what this country is known for – the creativity of Germany's engineers and the courage of its entrepreneurs.

On this note, I hope you will enjoy reading this issue.

Sincerely yours,  
Gerd Gruppe



### **Erfolgreich andockt:**

29. März 2012 um 0.31 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (22.31 Uhr Coordinated Universal Time, UTC) ist der dritte europäische Raumtransporter ATV (Automated Transfer Vehicle) am russischen Swesda-Modul der Internationalen Raumstation ISS andockt. Fünf Tage zuvor startete das nach dem italienischen Physiker und Raumfahrtpionier Edoardo Amaldi benannte ATV-3 an Bord einer Ariane-5ES-Trägerrakete vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guyana. Die ATV sind Frachter, Lager und Antriebssystem in einem. Sie sind eine wesentliche Verbindung zwischen den Astronauten an Bord der Raumstation und ihrer Basis auf der Erde. „Edoardo Amaldi“ bringt den sechs ISS-Astronauten frische Kleidung, neue Nahrung, Luft und Wasser, aber auch Experimente, Ersatzteile und Werkzeug für Wartungsarbeiten, Medikamente sowie medizinisches Zubehör. Außerdem hat der 20 Tonnen schwere Transporter rund 3,3 Tonnen Treibstoff an Bord, um Ausweichmanöver gegen Weltraumschrott zu fliegen und die ISS durch sogenannte Reboost-Manöver regelmäßig anzuheben, damit sie in ihrer Umlaufbahn bleibt. Auch das DLR ist an der ESA-Mission beteiligt.

### **Successful Docking:**

On March 29, 2012, at 00:31 CEST (22:31 Coordinated Universal Time, UTC) the third European Automated Transfer Vehicle (ATV) space transporter has docked at the Swesda Module of the International Space Station ISS. Five days ago, the vehicle named after Italian physicist and space flight pioneer Edoardo Amaldi was launched on board an Ariane 5ES rocket, from Europe's Spaceport in French Guiana. ATVs are freighters, storage facilities and propulsion systems all in one – and an important link between the astronauts on board the International Space Station (ISS) and their base on Earth. 'Edoardo Amaldi' supplies the six man crew of the ISS with clean clothes, fresh food, air and water, but also experiments, replacement parts and tools for maintenance work, medicines and medical supplies. In addition, there will be 3.3 tons of propellants for performing avoidance manoeuvres in the event of a threat from space debris and to raise the ISS orbit by means of regular reboost manoeuvres. The German Aerospace Center (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; DLR) is participating in the ESA mission.

# Raumfahrt-Robotik

## Unsere Wegbegleiter ins All

Von Paul Feddeck und Bernd Sommer

Intelligente Roboter werden die Reichweite des Menschen im Weltraum vergrößern. Sie sind unsere Wegbereiter ins All und Technologien der Raumfahrt-Robotik helfen uns zugleich auf der Erde. Aufgrund dieses Potenzials erklärte die Bundesregierung die Raumfahrt-Robotik vor drei Jahren zu einem Schwerpunkt im Nationalen Raumfahrtprogramm. Die Robotik vernetzt Technologieentwicklungen aus Materialwissenschaften, Informations- und Kommunikationstechnologie, Sensorik und Mechatronik – ein erstklassiger Nährboden für Innovationen, die auch auf der Erde Technologiesprünge möglich machen, etwa in der industriellen Produktion oder der Medizintechnik. Am 6. und 7. März 2012 veranstaltete das DLR Raumfahrtmanagement in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) die Zweite Nationale Konferenz zur Raumfahrt-Robotik. Hier wurde der seit 2009 erreichte Fortschritt präsentiert. Zudem wurden eine Roadmap vorgestellt, die programmatische Ziele für die kommenden Jahre definiert.

## Space Robotics

### Our Trailblazers in Space

By Paul Feddeck and Bernd Sommer

Intelligent robots are our trailblazers and extend mankind's reach into space. At the same time, space robotic technologies help us here on Earth. Given this capability, space robotics became a key item in the Federal Government's national space programme three years ago. Drawing on a whole cluster of technological developments in materials science, information and communication technology, sensor systems, and mechatronics, it forms a first-rate substrate for innovations which can bring about a great leap forward in terrestrial technologies, too – industrial production, for example, or medical technology. On March 6 and 7, 2012, DLR Space Administration hosted the 2nd National Conference on Space Robotics in consultation with the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi). At the conference, the progress made since 2009 was presented together with a road map in which programmatic objectives were laid down for the years to come.

Im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) eröffnet Bundesminister Dr. Philipp Rösler am 6. März 2012 die 2. Nationale Raumfahrt-Robotik-Konferenz des DLR.

Federal Minister Dr. Philipp Rösler, opening the 2nd National Conference on Space Robotics hosted by DLR at the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) on March 6, 2012



Autoren: **Paul Feddeck** leitet die Fachgruppe Programmatik in der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik des DLR Raumfahrtmanagements. **Bernd Sommer** arbeitet in der Abteilung Technik für Raumfahrt-Systeme und Robotik. Er hat die Zweite Nationale Konferenz zur Raumfahrt-Robotik in Zusammenarbeit mit dem BMWi verantwortete.

Authors: **Paul Feddeck** leads the programmatic division in the Space Strategy and Programme department of the DLR Space Administration. **Bernd Sommer** is working for the General Technologies and Robotics department of the DLR Space Administration. In consultation with the BMWi, he was responsible for the 2<sup>nd</sup> National Conference on Space Robotics.

### DEOS – Deutsche Orbitale Servicing Mission

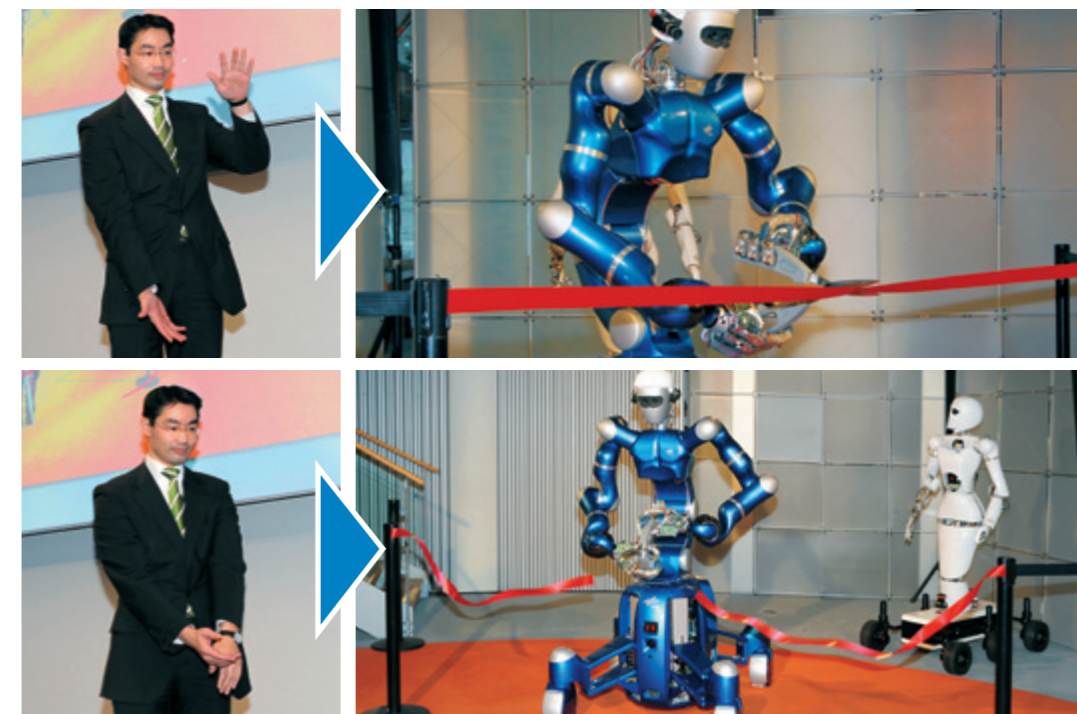
Seit dem Start des ersten Sputnik am 4. Oktober 1957 ist die Anzahl von Satelliten in den Erdumlaufbahnen drastisch gestiegen. Satelliten sind mittlerweile hochkomplexe Systeme bei denen es trotz der hohen Qualitätsstandards, während des Betriebs zu Ausfällen kommen kann. Eine Reparatur durch den Menschen ist - wie bei technischen Systemen auf der Erde - nicht finanzierbar, außerdem sind die Satelliten nur in Ausnahmefällen für Astronauten erreichbar. Unmittelbare Konsequenz: die zunehmende Behinderung unserer Raumfahrtaktivitäten durch defekte, manövrierunfähige oder ausgediente Satelliten und große Raketenoberstufen.

Es ist also enorm wichtig, künftig Serviceleistungen zur Entsorgung defekter Satelliten oder später auch zur Reparatur im Weltraum erbringen zu können, und diese werden erst durch Raumfahrtrobotik möglich. Die Deutsche Orbitale Servicing Mission (DEOS) soll dies um das Jahr 2017 erstmals unter Beweis stellen – als nationale Tehnologiedemonstration zur Wartung und gezielten Rückführung ausgedienter Satelliten aus einer niedrigen Erdumlaufbahn. Mit DEOS wird zugleich die Einführung nachhaltiger orbitaler Infrastrukturen vorbereitet. Im Fokus der Mission stehen leistungsfähige Steuerungsmethoden für Tele-Operation und Automatikbetrieb sowie die dynamische Interaktion zwischen Manipulator, Satellitenplattform und Zielobjekt.

### DEOS, the German orbital servicing mission

Since the first Sputnik was launched in 1957, the number of satellites in various orbits around Earth has been rising at a drastic rate. Today's satellites are extremely complex systems within which failures may occur despite rigid quality requirements. Manual repairs, such as are performed on technical systems on Earth, are too expensive. Furthermore, the satellites cannot be reached by astronauts. Consequently, our activities in space are increasingly hampered by defective, disabled, or derelict satellites and large upper rocket stages.

For this reason, the launch of servicing operations in space – e.g. to repair or dispose of defective satellites – gain more importance. This will be proven for the first time by the German orbital servicing mission (DEOS) around 2017 – a national technology demonstrator designed for servicing operational and selectively returning decommissioned satellites from near-Earth orbits. At the same time, DEOS serves to prepare the introduction of sustainable orbital infrastructures. The mission focusses on efficient control methods for automatic and tele-operation as well as on the dynamic interaction between manipulators, satellite platforms, and target objects.



Unmittelbar nach den Eingangsstatements demonstrierte Bundesminister Rösler, was bereits heute technologisch möglich ist, um große Distanzen im Weltraum zu überbrücken. Er eröffnete mithilfe von Telepräsenz und unterstützt von den Robotern Justin (DLR) und Aila (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz) die Sonderausstellung „Roboter – unsere Wegbereiter ins Weltall“ im Deutschen Museum Bonn.

Following his opening statements, Federal Minister Rösler demonstrated what technology can do today to bridge large distances in space. With the aid of a telepresence system and the support of two robots, Justin (DLR) and Aila (German Research Centre for Artificial Intelligence), he opened a special exhibition called 'Robots – our pathfinders in space' at the Deutsches Museum in Bonn.



1

### iBOSS – Intelligentes Baustein-Konzept für Satelliten

Die Raumfahrt-Robotik bietet – über reine Entsorgungsszenarien hinaus – Möglichkeiten, Weltraummüll zu vermeiden. Inspektion, Betankung oder Reparatur im All kann die Lebensdauer von Raumfahrtssystemen wesentlich verlängern. Wichtige Voraussetzung: Satelliten der Zukunft müssen von vorneherein wartungsfreundlich geplant und gebaut werden.

In Kooperation haben die TU Berlin, das FZI Karlsruhe und die RWTH Aachen ein Konzept erarbeitet, in dem eine konventionelle Satellitenplattform gezielt in standardisierte Funktionsbausteine unterschiedlicher Ausprägung zerlegt wurde, etwa für Lage- und Bahnregelungssystem, Kommunikation, Datenverarbeitung etc. Diese Modularisierung bietet neue Möglichkeiten für die industrielle Fertigung von Standard-Komponenten und damit eine Perspektive für den wirtschaftlichen Betrieb von Satelliten verschiedenster Einsatzzwecke.

Auch für die Steuerungsebene ist das Modularitätskonzept relevant: Softwarekomponenten eines Satellitensystems werden flexibel über vorhandene Rechnerkomponenten verteilt, was die verfügbare Rechenleistung steigert. Positiver Nebeneffekt: eine hohe Ausfallsicherheit des Gesamtsystems – der Verlust einzelner Komponenten führt lediglich zu geringen Leistungseinbußen.

### Mobile Roboter auf Planeten

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus DEOS kann Deutschland bei der Explorationsrobotik, also außerhalb einer niedrigen Erdumlaufbahn, konkrete Beiträge zu internationalen Missionen liefern. Die Erkundung von Planeten durch mobile Roboter erfordert Systeme, die sich in unwegsamer Umgebung zurechtfinden, um in wissenschaftlich interessante Regionen vorzudringen. Mehrbeinige Roboter können ihr Laufverhalten an eine Vielzahl unterschiedlicher Böden anpassen.



2

### iBOSS, an intelligent modular concept for satellites

Beyond disposal scenarios pure and simple, space robotics offers a way of avoiding space debris. Space systems may live considerably longer if they can be inspected, refuelled or repaired in space. One important prerequisite is that the satellites of the future should be designed and built for service-friendliness from the start.

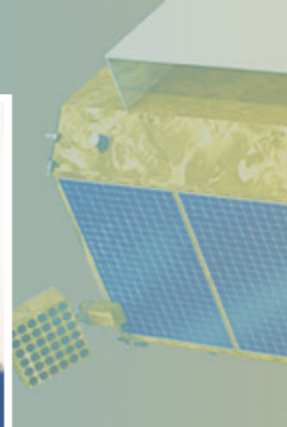
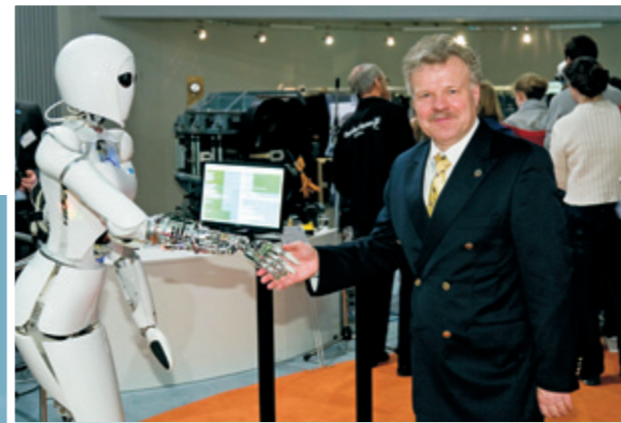
In a co-operative venture, Berlin University of Applied Science, the FZI Karlsruhe, and Aachen University have developed a concept for dissecting a conventional satellite bus into a set of standardised functional modules serving various purposes, such as attitude and orbit control, communication, data processing, etc. This modularisation opens up new options of manufacturing standard components industrially and, by the same token, for operating satellites more cost-effectively for a wide range of applications.

The concept of modularity is also relevant at the control level: it permits sharing out the software components of a satellite system among existing computer components so that more computing power becomes available. A positive side-effect is that the system as a whole becomes highly fail-safe because the failure of an individual component will cause only a small loss of computing power.

### Mobile robots on planets

Building on the knowledge gained from DEOS will enable Germany to make concrete contributions to the robotics of international exploration missions beyond the range of near-Earth orbits. For planets to be explored by mobile robots, systems will be needed that are capable of getting their bearings in rough terrain so that they can advance into regions of scientific interest. Multi-legged robots should be able to adapt their walking modes to a multitude of different terrains.

5



3

In dem Vorhaben SpaceClimber wurde beim Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Bremen ein sechsbeiniger Laufroboter entwickelt, der in der Lage ist, sich in Geröllfeldern und Kraterwänden fortzubewegen. Sowohl bei dem mechatronischen Design als auch bei dem Konzept zur Steuerung der Fortbewegung wurden Anforderungen berücksichtigt, die sich auch bei einem extra-terrestrischen Einsatz ergeben.

Im Projekt RIMRES entwickelt das DFKI dieses Mobilitätskonzept weiter: Der SpaceClimber wird als „Scout“ in einem heterogenen Mehrroboter-System genutzt. Von einem hochmobilen „Schreit-Rover“ getragen, erreicht man vom Landesystem aus zum Beispiel den Rand eines Kraters. Dort angekommen, wird die Verbindung zwischen Rover und Scout gelöst, damit der Scout den Abstieg in den Krater vornimmt. Auch hier führt der modulare Ansatz zu einer deutlichen Verringerung des Missionsrisikos.

### Virtuelle Welten

Egal, ob robotische Missionen in der Erdumlaufbahn oder zur Erkundung fremder Welten – neuartige Entwicklungsmethoden sind erforderlich, um solch komplexe Infrastrukturprojekte umzusetzen. Nur durch virtuelle Testanlagen kann eine komplette Weltraum-Mission inklusive Bodensegment bereits vor Missionsstart unter realitätsnahen Bedingungen durchgetestet werden. Ferner können auf diese Weise großräumig verteilte und interdisziplinäre Entwicklungsteams koordiniert sowie deren Ergebnisse über Projektgrenzen hinaus ausgetauscht werden.

Die Partner in den Projekten Virtual Crater, SELOK und FastMap – RWTH Aachen und RIF e.V. (Dortmunder Initiative zur Rechner-integrierten Fertigung) – bewältigen diese Herausforderungen, indem sie Entwicklungen in einer virtuellen Testumgebung (einem „Virtuellen



4

Under a project called SpaceClimber, the German Research Centre for Artificial Intelligence DFKI of Bremen developed a six-legged walking robot that is capable of moving through rock debris and along crater walls. Some of the requirements taken into consideration in the design of the robot's mechatronics and its movement control concept are the same as those that apply in extra-terrestrial missions.

Under the RIMRES project, the DFKI is developing this mobility concept further: the SpaceClimber is used as a 'scout' in a heterogeneous multi-robot system. Carried away from the lander by a highly mobile 'striding rover', the SpaceClimber reaches, say, the rim of a crater. Once arrived, the connection between rover and scout is severed so that the latter can begin its descent into the crater. Thus, the modular approach once again markedly mitigates the risks involved in the mission.

### Virtual worlds

No matter whether robots are used in an orbit around Earth or in the exploration of alien worlds – innovative methods of development are needed to realise infrastructural projects of such complexity. Only virtual test systems permit examining entire space missions, ground segments included, under realistic conditions before a mission is actually launched. In this way it also becomes possible for widely distributed interdisciplinary development teams to coordinate their work and share their results across project boundaries.

RWTH Aachen and RIF e.V. (Dortmund initiative on computer-integrated manufacturing), both partners in the Virtual Crater, SELOK, and FastMap projects, solved these challenges by bringing developments together in a 'virtual test bed', where artificial worlds

- 1 PStS Peter Hintze, DLR-Vorstandsvorsitzendem Prof. Jan Wörner und DLR-Vorstand zuständig für das Raumfahrtmanagement Dr. Gerd Gruppe lassen sich den Ablauf der Orbitalen Service Mission DEOS erklären. Undersecretary of State Peter Hintze, the Chairman of the Board of DLR, Professor Jan Wörner, and the DLR Board Member in Charge of Space Administration, Dr Gerd Gruppe are interested in the schedule of the DEOS Orbital Service Mission.
- 2 Kinder bestaunen das intelligente Baustein-Konzept für Satelliten iBOSS. Children marvelling at the intelligent building block concept of the iBOSS satellite
- 3 Ein Skorpion im Rampenlicht: Der SpaceClimber SCORPION ist ein achtbeiniger Laufroboter für schwierige Outdoor-Einsätze. Er ist in der Lage dorthin zu gehen, wo radgetriebene Systeme an ihre Grenzen stoßen. Als „Scout“ soll der Roboter in einem heterogenen Mehrroboter-System auf Planeten in Krater „krabbeln“. A scorpion scampering past in the limelight: The SCORPION SpaceClimber is an eight-legged walking robot for tricky outdoor jobs. It can go where wheel-mounted systems hit their limit. Used as a 'scout', this robot is intended to crawl into craters as part of a heterogeneous multi-robot system.
- 4 Der ARAMIES-Laufroboter ist ein wahrer Bergsteiger. Dank seiner 26 Gelenke – sechs pro Bein und zwei für die Bewegung des Kopfes – kommt der vierbeinige ARAMIES-Roboter in unwegsamem Gelände bestens zurecht. The ARAMIES walking robot is a passionate mountaineer. Thanks to its 26 joints – six per leg and two for its head movements – the four-legged ARAMIES robot finds its way through rough terrain.
- 5 Feinmotorikerin AILA: Der mobile, autonome Dual-Arm Roboter kann in Form und Objekteigenschaften stark voneinander abweichende Gegenstände – wie Flaschen, Kartons oder Beutel – individuell handhaben. In ihrem digitalen Produktgedächtnis sind Objektinformationen gespeichert. AILA passt ihr Greif- und Transportverhalten an diese gespeicherten Eigenschaften des Gegenstandes – wie Größe, Gewicht und Greifpunkte – an. So kann sie auch Bälle – geworfen von Staatssekretär Peter Hintze – sicher fangen oder die Hand des Astronauten Reinhold Ewald schütteln. Nimble-fingered AILA: The mobile autonomous dual-arm robot can handle objects of various shapes and materials, such as bottles, boxes or bags. Individual object data are kept in her product memory. AILA adjusts the way she grips and moves an object according to her object data, i.e. size, weight and grip points. She can even catch a ball - thrown here by Undersecretary of State Peter Hinze – or shake astronaut Reinhold Ewald's hand.

Testbed“) zusammenführen: Leistungsfähige Simulationsalgorithmen von der Starrkörperdynamik über die Bodenmechanik bis zur Simulation vielfältiger Aktuatorik und Sensorik schaffen künstliche Welten, die den Verhältnissen im Weltraum entsprechen.

Im praktischen Betrieb können Virtuelle Testbeds künftig teure und aufwändige reale Modelle ersetzen. Mit ihnen können Raumfahrt-Ingenieure Wechselwirkungen zwischen Komponenten modellieren, das Systemverhalten in unterschiedlichen Zuständen verifizieren und Entwicklungsfortschritte schnell beurteilen. Die Folge: signifikante Steigerung sowohl der Entwicklungsgeschwindigkeit als auch der „Robustheit“ der Ergebnisse. Durch den Wechsel des Anwendungsszenarios können auch potenzielle terrestrische Anwendungen unmittelbar profitieren. Virtuelle Welten führen so zu einem effizienten Technologietransfer von der Raumfahrt zur Erde.

#### Konkrete Ziele in der Robotik

Der enge Austausch zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik – wie bei der 2. Nationalen Konferenz zur Raumfahrt-Robotik in Berlin – war die Grundlage für eine innovative deutsche Raumfahrt-Robotik. In den letzten Jahren konnte die technologische Basis der Raumfahrt-Robotik so verbreitert werden, dass Deutschland eine Spitzenstellung in Europa – in manchen Bereichen sogar weltweit – einnimmt.

corresponding to the conditions prevailing in space are created by high-performance simulation algorithms involving rigid-body dynamics, ground mechanics, and the simulation of a wide range of actuator and sensor systems.

In the future, virtual test beds will replace expensive and elaborate hardware models in daily practice. Such test beds permit space engineers to model interactions between components, verify the behaviour of a system in various operating states, and rapidly assess any progress in development. The result: significant increases in the speed of development as well as in the robustness of the results. By modifying application scenarios, potential terrestrial applications may emerge as well. Thus, virtual worlds enable technology to be transferred efficiently from space to Earth.

#### Concrete objectives in robotics

A close interaction between science, business, and politics – which took place at the 2<sup>nd</sup> National Conference on Space Robotics in Berlin – laid the foundations for an innovative German space robotics. In recent years, the technological base of space robotics has been enhanced sufficiently for Germany to occupy a leading position in Europe and, in certain areas, even worldwide. The next step will be to create infrastructures which permit assembling, supplying, modernising, and safely disposing of satellites and space stations in outer space – the beginning of a new epoch in space technology.

#### Die Roadmap der deutschen Raumfahrt-Robotik definiert drei programmatische Ziele:

1. Spitzentechnologien fördern – durch ein konsolidiertes Technologieprogramm mit gezieltem Fokus auf Systemfähigkeit in der Explorationsrobotik und On-Orbit-Servicing,
2. Verstärkt das Thema Nachhaltigkeit verfolgen – damit wir auch morgen noch Raumfahrt zum Wohle der Menschen auf der Erde nutzen können,
3. Den Technologietransfer in Anwendungsbereiche außerhalb der Raumfahrt vorantreiben – durch bessere Vernetzung der vorhandenen Kräfte.

Um das Innovationspotenzial der deutschen Robotik besser zu erschließen und um den Dialog zwischen Raumfahrt-Robotik und anderen Disziplinen auszubauen, plant das DLR-Raumfahrtmanagement darüber hinaus einen Wettbewerb der besten Köpfe in der Robotik. Dessen erste Runde soll bis zum Herbst 2013 mit einem Leistungstest unter realitätsnahen Bedingungen abgeschlossen werden. Der Startschuss erfolgt während der ILA 2012 im September in Berlin.

#### The Roadmap of German space robotics defines three programmatic goals:

1. Develop cutting-edge technologies designed for exploration and on-orbit servicing, funded by a consolidated technology programme with a full focus on system capability,
2. Put increasing emphasis on sustainability to ensure that space activities can be continued even tomorrow for the benefit of mankind,
3. Continue with technology transfer into areas outside space applications – make more efficient use of resources through networking

To improve the development of the innovation potential of German robotics and to optimise the dialogue between the space robotics and other sectors, DLR Space Administration is planning a contest among the country's best brains in robotics. The first round will be concluded by a performance test under realistic conditions in the autumn of 2013. The starting gun will be fired during the ILA 2012 in Berlin in September.

Großer Andrang bei der Eröffnung der Robotik-Ausstellung im Deutschen Museum Bonn: Schulkinder begrüßen die humanoide Roboterfrau AILA vom DFKI.

Crowds churning at the opening of the robotics exhibition at the Deutsches Museum in Bonn: school children greeting the humanoid robot girl, AILA, from the artificial intelligence research centre.



Gruppenbild mit dem DLR-Roboter Justin (v.l.n.r.): Dr. Gerd Gruppe, Prof. Jan Wörner (beide DLR), Dr. Andrea Niehaus (Deutsches Museum Bonn), PStS Peter Hintze (BMW), DLR-Roboter Justin, Christoph Borst (DLR Institute of Robotics and Mechatronics), Dr. Ulrich Ziegenhagen (Stadt Bonn) und Dr. Reinhold Ewald (ESA) im Deutschen Museum Bonn.

Group photograph with Justin, the DLR robot (from left): Dr Gerd Gruppe, Prof Jan Wörner (both DLR), Dr Andrea Niehaus (Deutsches Museum, Bonn), PStS Peter Hintze (BMW), DLR robot Justin, Christoph Borst (DLR Institute of Robotics and Mechatronics), Dr Ulrich Ziegenhagen (City of Bonn), and Dr Reinhold Ewald (ESA) at the Deutsches Museum in Bonn.





Am 8. Dezember 2010 um 10:43 a.m. EST startete die Falcon 9 Rakete mit der Dragon-Kapsel zu ihrem ersten Demo-Flug im Rahmen des COTS-Programms vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral (Florida).

On December 8, 2010, at 10:43 a.m. EST the Falcon 9 rocket carrying the Dragon spacecraft lift off from Cape Canaveral Air Force Station (Florida) for the first demonstration flight concerning the COTS programme. (Kevin O'Connell/NASA)

## Private Raumfahrt

Spitzentechnologie gibt es nicht zum Discountpreis

Martin Fleischmann befragte Dr. Gerd Gruppe

„Falcon 9“ und „Antares“ – so heißen die ersten Träger, die dieses Jahr im Rahmen der NASA-Programme Commercial Orbital Transportation Services (COTS) und Commercial Resupply Services (CRS) starten. Sie sollen den amerikanischen Pflichtteil der ISS-Versorgung durch private Unternehmen abdecken. Die Abteilung für Trägersysteme des DLR Raumfahrtmanagements verfolgt und analysiert die Entwicklungen im internationalen Raumtransport. Auch für Falcon und Antares hat das Raumfahrtmanagement eine Einschätzung der realen Leistungsparameter und Kosten erstellt. Über die Ergebnisse der Analysen und die Privatisierung der ISS-Versorgung sprechen wir mit Dr. Gerd Gruppe, DLR Vorstand zuständig für das Raumfahrtmanagement.

## Commercial Space Flight

Top Technologies Do Not Come at Discount Prices

Martin Fleischmann asked Dr Gerd Gruppe

'Falcon 9' and 'Antares' – these are the names of the first launchers that will take off this year under two NASA programmes, Commercial Orbital Transportation Services (COTS) and Commercial Re-supply Services (CRS). The intention is to use private companies to provide America's obligatory contribution to the supply of the ISS. The launcher systems department of the DLR Space Administration tracks and analyses developments in international space transport. It has assessed the performance parameters and costs of the Falcon and Antares rockets in real terms. The privatisation of the ISS logistics and the results of these analyses are the subject of our interview with Dr Gerd Gruppe, the DLR Board member in charge of Space Administration.

1 2

Bilderfolge vom Abriss bis zum Neuaufbau: Der obere Teil der Startanlage Space Launch Complex 40 am Weltraumbahnhof Cape Canaveral stürzt nach einer Sprengung in sich zusammen. Nur das Gerippe des Startturms bleibt zurück.

Line of pictures from demolition to rebuilding of the spaceport: The upper part of the gantry at Space Launch Complex 40 at Cape Canaveral falls to the ground after the base was blasted. Just the skeleton of the gantry remains. (Cory Huston/NASA)



Was bedeutet für Sie „private Raumfahrt“?

Privat heißt, dass die gesamte Aufgabe – einschließlich des technischen und kommerziellen Risikos – von der Entwicklung eines Systems bis zu dessen erfolgreichem Einsatz von einem nichtstaatlichen Unternehmen getragen wird. Geschäftsleute bringen eigenes Kapital auf, um Raumfahrtsysteme zu entwickeln und diese zu verkaufen oder Missionen durchzuführen – alles ohne öffentliche Gelder. Das unterscheidet sich vom klassischen System, wie wir es beispielsweise in Europa kennen: Raumfahrtagenturen führen Missionen durch, bezahlen im Auftrag von Staaten die Systementwicklung und unterstützen dies dann durch Folgeaufträge weiter.

Die NASA-Programme COTS und CRS sind ja erste Formen dieses Kommerzialisierungstrebens. Was verbirgt sich hinter diesen Programmen?

Die NASA wusste spätestens zur Jahrtausendwende, dass das Shuttle-Programm in absehbarer Zeit enden würde. Die Raumstation muss aber weiterhin versorgt werden. Also suchte man eine Alternative. Mitte 2006 schrieb die NASA im Rahmen des Commercial Orbital Transportation Services (COTS) Programms Aufträge aus, um private Anbieter von Launch Services an den Start zu bringen. Sie sollten die Fähigkeit entwickeln, die ISS-Versorgung nach dem Ende der Shuttle-Ära abzusichern. Hierfür wurde eine Anschubfinanzierung bereitgestellt, für die Entwicklung von Trägersystemen und Versorgungsfahrzeugen. Insgesamt wurden 500 Millionen US-Dollar an die beiden Unternehmen SpaceX sowie Orbital Sciences (OSC) vergeben. Damit wurde die Entwicklung der Trägersysteme Falcon 9 von SpaceX und Antares von OSC sowie der Raumkapseln Dragon von SpaceX und Cygnus von OSC gefördert.

Den COTS-Verträgen schlossen sich Ende 2008 Aufträge im Rahmen des Commercial Resupply Services (CRS) Programms mit NASA an. Aus diesem Vertrag erhält SpaceX 1,6 Milliarden US-Dollar, um eine Gesamtnutzlast von 20 Tonnen – aufgeteilt auf zwölf Versorgungsmissionen – zur ISS zu bringen; Orbital erhält 1,9 Milliarden US-Dollar für ebenfalls 20 Tonnen Gesamtnutzlast in acht Missionen. Hier lohnt ein Vergleich mit der Kostensituation im Rahmen des Shuttle-Programms: Ein Shuttle-Flug brachte für Gesamtkosten von rund einer Milliarde US-Dollar zwischen 15 und 17 Tonnen Nutzlast zur ISS. So gesehen

Autoren: **Martin Fleischmann**, Redakteur der Printtitel des DLR Raumfahrtmanagements sowie des Newsletters COUNTDOWN, führte das Gespräch zur Entwicklung der privaten Raumfahrt mit **Dr. Gerd Gruppe**, DLR-Vorstand zuständig für das Raumfahrtmanagement.

Authors: **Martin Fleischmann**, editor of the DLR Space Administration's print publications and the COUNTDOWN newsletter, talked with **Dr Gerd Gruppe**, member of the DLR Executive Board in charge of Space Administration, about the development of the private space travel sector.

What does 'commercial space flight' mean to you?

Commercial means that the entire task, technical and business risks included, is performed by a non-governmental enterprise, from the development of a system to its successful deployment. Businessmen raise capital to develop space systems either for sale or for carrying out missions – all without public funding. This differs from the classical system as we know it in Europe, for example: space agencies implement missions, pay for the development of systems on behalf of the state, and offer continuous support and follow-up orders.

This endeavour to commercialise first manifested itself in NASA's COTS and CRS programmes. What do these programmes stand for?

At the turn of the millennium, if not earlier, NASA was aware that the shuttle programme would come to an end in the foreseeable future. However, since the space station would still have to be supplied, an alternative was wanted. In mid-2006, NASA put out requests for tender under the Commercial Orbital Transportation Services (COTS) programme to contract launch services out to private providers. They were to develop the capabilities needed to secure the re-supply of the ISS after the end of the shuttle era. To begin with, funds were provided to initiate the development of launcher systems and supply vehicles. The SpaceX and Orbital Sciences (OSC) companies received a total of 600 million US dollars to promote the development of the Falcon 9 launcher and the Dragon capsule by SpaceX, and the Antares launcher and the Cygnus space capsule by OSC.

Late in 2008, NASA followed up the COTS contracts with orders under the Commercial Re-supply Services (CRS) programme. Under this contract, SpaceX will receive 1.6 billion US dollars for transporting a total payload of 20 tons to the ISS, divided up into twelve re-supply missions. Orbital, in turn, will receive 1.9 billion US dollars for another 20 tons of payload in eight missions. At this point, it might be worthwhile to compare these figures to the cost of transport by shuttle: on a single flight, a space shuttle would carry 15 to 17 tons of payload to the ISS at a total cost of around 1 billion US dollars. Seen in that light, NASA's ISS re-supply programmes do not appear as cost-efficient as expected.



erscheinen die ISS-Versorgungsprogramme der NASA nicht so günstig wie erwartet.

#### Welche Ziele verfolgt die amerikanische Politik mit diesen Programmen?

In erster Linie will man Unternehmen an den Start bringen, deren ökonomische Kompetenz nutzen und diese für einen gewissen Zeitraum stabilisieren. Etablierten Firmen wie etwa Orbital, soll der Einstieg in neue Geschäftsfelder erleichtert werden. Der Staat übernimmt somit einen Teil des hohen Risikos und erhöht so die Bereitschaft von Unternehmen, in die Raumfahrt zu investieren. Diese Unterstützung ist zeitlich begrenzt. Nach einer gewissen Zeit müssen die Firmen auf eigenen Beinen stehen. In Europa ist das anders. Dort halten teilweise Länder und Raumfahrtagenturen Anteile an den entsprechenden Firmen. Bei Arianespace ist die französische Weltraumagentur CNES mit rund 35 Prozent der größte aller 24 Anteilseigner. Nach dem Ausstieg von Daimler Benz bei EADS möchte die deutsche Regierung über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) die deutschen Anteile kaufen. Raumfahrt und Staat sind in Europa eng verbunden.

#### Das gilt doch aber auch für Amerika?

Ja, in der ganzen Welt lebt die Raumfahrt von staatlichen Aufträgen. Ohne staatliche Anschubfinanzierungen hätte das Startkapital von SpaceX nicht ausgereicht. Auch die weitere Existenz des Konzerns wird maßgeblich von Aufträgen der NASA abhängen. Raumfahrt ohne staatliche Beteiligung ist momentan auch in den USA nicht vorstellbar. Trotzdem bewundere ich den unternehmerischen Mut – insbesondere von SpaceX-Gründer Elon Musk – sehr. Er hat einen großen Teil seines privaten Vermögens in das Unternehmen investiert und ist damit ein großes unternehmerisches Risiko eingegangen. Die Frage ist: Was passiert, wenn SpaceX oder Orbital die Meilensteine des NASA-Vertrages nicht erfüllen können? Werden die Firmen weiter unterstützt, wenn das Geld nicht reicht? Wird der Steuerzahler in den USA die Mehrkosten tragen müssen? Obwohl diese Fragen heute niemand beantworten kann, hat auch SpaceX die Herausforderung angenommen, als Start-Up-Unternehmen ein Raumfahrtprogramm umzusetzen. Das spiegelt auch die amerikanische Mentalität wider.

#### Ist diese Umstellung auf private Systeme ein Paradigmenwechsel?

Das kommt auf die Perspektive an: Betrachtet man Raumfahrt aus der Sicht der Apollo- und Shuttle-Missionen, dann stimmt das. In dieser Ära hat die NASA die technische Entwicklung selbstständig betrieben. Betrachtet man insbesondere das STS-Programm und die damit verbundene zentralisierte Managementstruktur über 30 Jahre hinweg, dann ist das schon ein gewaltiger Kontrast, keine Frage. Vergleicht man jedoch das Vorgehen der NASA bei Entwicklung, Beschaffung und Start ihrer unbemannten Forschungsmissionen, wird man viele Parallelen zum scheinbar neuen Vorgehen in der bemannten Raumfahrt finden.

#### Wie sieht das weitere Programm der beiden NASA-Vertragspartner heute aus?

SpaceX konzentriert seine Planungen zunächst auf den Frachttransport. Später sollen auch Astronauten mit der Dragon-Kapsel zur ISS

#### What are the objectives pursued by the US government under these programmes?

The prime objective is to involve private companies and to exploit their economic competence and support them for a certain period of time. This is to make it easier for well-established firms such as Orbital to enter this new field of business. By assuming part of the high risk involved, the state encourages private companies to invest in space activities. There is a time limit to this support, however. Companies will have to stand on their own feet after a certain time. The situation is different in Europe, where some governments and space agencies hold shares in companies from the space sector. In France, the CNES space agency holds a stake of around 35 per cent in Arianespace, which makes it the biggest of all 24 shareholders. Now that Daimler Benz has backed out from EADS, the German government would like to acquire the German share through the German Reconstruction Loan Corporation (KfW). Space and governments are closely interwoven in Europe.

#### But is this not true for America, too?

Yes, the space sector lives on government orders all over the world. Without governmental knock-on financing SpaceX would not have had enough starting capital. Similarly, the continued existence of the corporation will largely depend on NASA's orders. At the moment, no one can imagine space flight without government participation, not even in the USA. Still, I greatly admire the entrepreneurial courage displayed particularly by Elon Musk, the founder of SpaceX. He ran a great risk when he invested a large part of his private property in the enterprise. The question is: what happens if SpaceX or Orbital should be unable to comply with the milestones agreed under their contracts with NASA? Will companies go on receiving support when they run out of money? Will the American tax payer have to shoulder the added cost? Although there is no one who can answer these questions today, the start-up company SpaceX has accepted the challenge of implementing a space programme, which also reflects the American mentality.

#### Is this switch to commercial systems a paradigm shift?

That depends on your perspective: seen from the point of view of the Apollo and shuttle missions, it is indeed a paradigm shift. In the Apollo era, NASA developed its own technologies. Particularly if we look at the STS programme and its centralised management structure that persisted over 30 years, the contrast is enormous, no question. If, however, we compare this to NASA's approach to developing, procuring, and launching its uncrewed exploratory missions, we are bound to find many parallels between what appears to be a new approach and former human space flight.

#### What programmes for the future do NASA's two contract partners have today?

At the moment, SpaceX is concentrating on transporting cargo. Later on, there are plans for using the Dragon capsule to bring astronauts to the ISS and back. In a third variant, SpaceX intends to offer the Dragon capsule as a kind of free-flying mini-laboratory in which experiments are run automatically. To begin with, however, SpaceX plans to fly uncrewed missions.

und zurück gebracht werden können. In einer dritten Variante soll die Dragon-Kapsel als eine Art freifliegendes Kleinlabor – in dem Experimente automatisch ablaufen – angeboten werden. SpaceX wird aber zunächst unbemannte Missionen fliegen.

Auch Orbital Sciences plant zunächst unbemannte Flüge – das Cygnus-Cargo-Modul für die ISS-Versorgung. Die Firma hat auch in Europa Knowhow und Teile eingekauft: das Nutzlast-Modul von Thales Alenia und drei Rendezvous-Sensoren pro Cygnus von Jena Optronik. Beide fliegen in ähnlicher Weise auf ATV. Auch das Andockmodul des japanischen HTV-Transporters wird verwendet.

Über kurz oder lang sollen beide Systeme die Aufgaben des Space Shuttle übernehmen. Der erste Dragon-Flug zur ISS ist für Ende April geplant, der erste Flug einer Cygnus zur ISS im August.

#### Wo hat die private Raumfahrt ihre Grenzen? Wäre Exploration mit privaten Unternehmen überhaupt denkbar?

Privates Unternehmertum stößt immer dann an eine Grenze, wenn sich der Business-Case nicht mehr rechnet, das heißt, wenn Auftraggeber keine kostendeckenden Preise mehr bezahlen. Das bedeutet, dass auch teure Explorationsmissionen für private Unternehmen möglich sind, so lange Auftraggeber bereit sind, dafür marktgerechte Preise zu bezahlen.

#### Wäre ein mit COTS und CRS vergleichbares Programm auch für Europa vorstellbar, beispielsweise für den Raumtransport?

Theoretisch vorstellbar wäre das schon – auch ein Vertrag der ESA mit einem privaten Unternehmen frei nach dem Credo von COTS und CRS. Hier würde sich die Firma verpflichten, ein Trägersystem zu entwickeln und damit in Alleinverantwortung eine vorgegebene Nutzlast zu einem bestimmten Zeitpunkt in den Orbit bringen. Wie bei einem klassischen Logistikunternehmen stellt der Auftragnehmer eine Rechnung; der Auftraggeber zahlt dann den vereinbarten Preis. Überschreiten die Missionskosten den ausgehandelten Betrag, ginge das zu Lasten des ausführenden Unternehmens.

#### Hätte das nicht gravierende Auswirkungen?

In der Tat. Ein solches Programm würde den existierenden europäischen Raumtransportsektor komplett umstrukturieren. So, wie wir jetzt aufgestellt sind, ist Raumfahrt auf Arbeitsteilung ausgerichtet. Es gilt in der ESA das Prinzip des Mittelrückflusses, des europaweiten Interessensausgleichs und der Partizipation Aller. Solch eine radikale Herangehensweise macht beides obsolet. Die Grundprinzipien der ESA-Zusammenarbeit würde man damit aufgeben. Dabei gäbe es nur wenige Gewinner – aber ganz viele Verlierer. Für ein solches Vorgehen gibt es nur wenig Argumente.

#### Blieben wir beim Raumtransport. Gibt es in diesem Bereich einen „Freien Markt“?

Es wird immer wieder behauptet, es gäbe einen funktionierenden Raumtransportmarkt. Doch die Anbieter, die auf diesem Markt agieren, werden alle – verschieden stark – staatlich gestützt. Das gilt für Amerika, China, Russland und auch für Europa. Ein Markt im Sinne von Adam Smith, in dem Unternehmen ohne staatliche Hilfe unterrei-

Orbital Sciences, too, is planning uncrewed flights at first, using the Cygnus cargo module for re-supplying the ISS. The company has been shopping for knowhow and components in Europe, too, including the payload module by Thales Alenia and the three rendezvous sensors per Cygnus capsule by Jena Optronik. Similar versions of both are flying on the ATV. They also use the docking module of the Japanese HTV transfer vehicle.

Sooner or later, the two systems will take over the duties of the space shuttle. The first flight of a Dragon capsule to the ISS is targeted to launch late in April and the first flight of a Cygnus in August.

#### Where are the limits of commercial space flight? Can you imagine private enterprises undertaking exploration missions?

Private enterprise can no longer operate when a business does not pay off, meaning that clients will not pay a price that covers the cost. In other words: even expensive exploration missions may be handled by private enterprises provided their clients are prepared to pay a marketable price.

#### Would a programme similar to COTS and CRS be conceivable in Europe, in space transport, for example?

In theory, it is indeed conceivable, even a contract between ESA and a private enterprise is conceivable according to the creed of COTS and CRS. In such a case, a company would assume sole responsibility for developing a launcher system and transporting a defined payload into orbit at a defined time. As in any conventional logistics operation, the contractor presents a bill and the client pays the agreed price. If the cost of a mission exceeds the agreed amount, the performing company would have to bear the burden.

#### Would this not entail grave consequences?

Indeed, yes. Such a programme would turn the entire structure of the current European space transport sector upside down. Under the present setup, our space activities are founded on a division of labour. ESA works by the geographical return principle, aiming for the reconciliation of interests across Europe and the participation of all. A radical approach like the one mentioned just now would render all that obsolete. ESA would abandon the principles on which its internal co-operation is founded. There would be few winners – but very many losers. There are less arguments for such an approach.

#### Let us stay with space transport. Does a 'free market' exist in this field?

It has been said again and again that there is a functioning space transport market, but the suppliers that operate in this market are all supported by governments to varying degrees. This holds true for America, China, Russia, and also for Europe. A market as conceived by Adam Smith, where companies do business among themselves and the role of the state is confined to regulation does not exist. In the space transport sector, the closest approximation to a market is the business of transporting satellites into geostationary transfer orbits (GTOs). In this segment, the key competitors are Arianespace, ILS, and SeaLaunch. The demand situation in the GTO satellite segment is sta-



3

3

Links: An die Stelle des Space Launch Complex 40 wurde der neue Startkomplex für die Falcon-9-Flüge gebaut. Rechts: Künstliche Darstellung eines Antares-Starts von der Startanlage auf Wallops Island.

Left: On the area of the Space Launch Complex 40 facilities the new launch pad for the Falcon rockets was constructed. (Kim Shiflett/ NASA)  
Right: Artists' impression of an Antares launch at the Wallops Island space port (Virginia/USA) (Orbital)

ander Geschäfte machen und der Staat selbst nur reguliert, existiert nicht. Der Teil des Raumtransportes, der einem Markt momentan am nächsten kommt, ist der Transport von Satelliten in den geostationären Transferorbit (GTO). Hier konkurrieren hauptsächlich Arianespace mit ILS und SeaLaunch. Bei den GTO-Satelliten ist die Nachfrage-Situation stabil. Die zu startenden Satelliten verteilen sich über die Jahre gesehen mehr oder weniger konstant auf die dafür zur Verfügung stehenden Träger. Ein neuer Träger, der im GTO-Bereich dazu kommt, generiert nicht automatisch mehr Starts. Es fände lediglich eine Umverteilung statt. Das ist auch der Grund, warum Arianespace in den 80er- und 90er-Jahren aus finanzieller Sicht viel erfolgreicher war. Die Amerikaner hatten sich auf das Shuttle konzentriert und die damalige Sowjetunion kam aus politischen Gründen grundsätzlich nicht in Frage. Die Chinesen und Inder waren damals noch nicht am internationalen Raumtransportmarkt präsent.

**Kommen wir noch einmal auf das in der öffentlichen Wahrnehmung präsenteste Unternehmen im Bereich der kommerziellen Raumfahrt zurück: Ist SpaceX gemäß Ihrer Definition ein privates Unternehmen, das ohne staatliche Unterstützung agiert?**

SpaceX ist eindeutig ein privates Unternehmen, das in erheblichem Umfang privates Kapital einsetzt. Aber es lebt bisher fast ausschließlich von staatlichen Programmen; es bedient ja auch eine staatliche Nachfrage. Von Anfang an wurden die Entwicklungsprogramme von SpaceX durch US-amerikanische, staatliche Institutionen wie NASA und Verteidigungsministerium (DoD) gefördert.

**Wie sehen Sie die Chancen von SpaceX im Raumtransportmarkt jenseits der Versorgungsflüge zur ISS?**

Für die Wettbewerbsfähigkeit eines Trägers spielen viele Aspekte eine Rolle: Leistungsfähigkeit, Kosten und technische Zuverlässigkeit. Aber auch die Verlässlichkeit des Unternehmens – die Fähigkeit, die versprochene Startdienstleistung zum richtigen Zeitpunkt abzuliefern – ist ein entscheidender Punkt für die Satellitenkunden. Das Zusammenspiel dieser Aspekte zu bewerten, ist jedoch im Falle von SpaceX gar nicht so einfach: Es sind nur sehr wenige belastbare Informationen frei verfügbar. Aber: Grundsätzlich spricht nichts dagegen, dass SpaceX sich fest etabliert.

**Es war also schwer, an Daten von SpaceX und der Falcon 9 zu kommen?**

Ja, obwohl zu Falcon relativ viele technische Daten frei verfügbar sind. Für den Außenstehenden ist oft nicht klar, ob es sich um prognostizierte Zielwerte oder um tatsächlich erreichte und demonstrierte Leistungen handelt. Wir haben deshalb hausintern versucht,

ble. Over the years, the satellites that need launching are shared out among the available launchers more or less constantly. The arrival of a new launcher in the GTO segment would not automatically generate more launches; they would merely be redistributed. This is also the reason why Arianespace was so much more successful financially in the 80s and 90s. At that time, the Americans were concentrating on their shuttle, and cooperating with the Soviet Union, as it then was, was not an option, for political reasons. Finally, China and India were not represented in the international space transport market at the time.

**Let us go back once again to the commercial space company that currently stands out most clearly in the perception of the public. According to your definition, is SpaceX indeed a private enterprise that operates without sovereign support?**

SpaceX clearly is a private enterprise which uses private capital in an enormous dimension. So far, however, it has been subsisting on government programmes almost exclusively; after all, it does satisfy a sovereign need. Right from the start, the development programmes of SpaceX were subsidised by American governmental institutions, such as NASA and the department of defence (DoD).

**What do you think are the chances of SpaceX in the space transport sector beyond the supply flights to the ISS?**

The competitiveness of a launcher depends on numerous aspects: efficiency, cost, and, of course, technical reliability. However, another item of crucial importance to satellite customers is the dependability of the company – its ability to deliver a promised launch service at the right time. Evaluating the interaction between these aspects, however, is anything but easy in the SpaceX case: very little robust information is freely available. Still, there is no fundamental reason why SpaceX should not establish itself firmly.

**So it was difficult to obtain data on SpaceX and the Falcon 9?**

Yes, although there is a relatively large volume of freely available technical data on the Falcon rocket. Moreover, it is often not clear to outsiders whether they are looking at forecast targets or results that have been actually achieved and demonstrated. This is why we made our own efforts to get clearer about the facts. It is one of the tasks of the launcher system department in the Space Administration to analyse developments in the international space transport segment, including SpaceX, for which we have developed an assessment of its real performance parameters and costs. Moreover, we have ordered a data analysis from the DLR Institute of Space Systems in Bremen in order to obtain a clearer picture of the real performance of the Falcon launchers.

mehr Klarheit über die Fakten zu gewinnen. Eine der Aufgaben der Abteilung für Trägersysteme des Raumfahrtmanagements ist die Analyse der Entwicklungen im internationalen Raumtransportsegment. Auch für SpaceX haben wir eine Einschätzung der realen Leistungsparameter und Kosten erstellt. Wir haben ebenso eine Datenanalyse beim DLR Institut für Raumfahrtssysteme in Bremen beauftragt, um die realen Leistungen der Falcon-Träger besser einschätzen zu können.

**Was ist das Ergebnis dieser Analysen? Sind die Angaben von SpaceX realistisch?**

Man muss hier zwischen dem niedrigen und dem geostationären Transferorbit unterscheiden. Während die Angaben zum LEO als sehr glaubwürdig erscheinen, ist das mit den Nutzmassen in den GTO tatsächlich schwierig. Unsere Analysen haben ergeben, dass eine „Falcon 9“ in der aktuellen Konfiguration rund neun Tonnen Nutzlast in den ISS-Orbit bringen kann. SpaceX selbst wirbt mit nur wenig mehr – 9,5 Tonnen. Hier decken sich unsere Analysen also sehr gut mit den SpaceX-Angaben. Anders sieht das Bild für den GTO-Bereich aus. Dieses Segment interessiert uns ja aufgrund der direkten Konkurrenzsituation mit Ariane am meisten. SpaceX wirbt offiziell mit einer Nutzlast von rund 4,5 Tonnen in den GTO bei einem Start von Cape Canaveral aus. Unsere Analysen weichen hier ab. Die aktuelle Falcon 9 schafft eher etwas mehr als die Hälfte dieses Nutzlastniveaus. Erst die „Block II“ genannte Weiterentwicklung der Falcon 9 wird diesen Nutzlastbereich nahezu erreichen.

**SpaceX wirbt ja auch mit sehr geringen Startkosten. Wie sieht das Bild hier aus?**

Fünffmal so billig wie alle anderen – so hieß es am Anfang. Ursprünglich wurde von einem Startpreis von rund 30 Millionen US-Dollar gesprochen. Sechs Jahre später ist man bei 60 Millionen US-Dollar angelangt. Mit der eben beschriebenen Leistungsfähigkeit und diesem Preis ist die Falcon 9 inzwischen annähernd auf demselben Niveau wie eine Sojus-Trägerrakete aus Kourou. Oder nehmen wir die ebenfalls aus Russland stammenden Proton- beziehungsweise Zenit-Träger als Beispiel: Beide kosten etwa das Anderthalbfache einer Falcon 9, können aber mehr als das Doppelte in den GTO transportieren. Selbst im Vergleich mit der „teuren“ Ariane steht eine Falcon nicht wesentlich billiger da: Unter Annahme geostationärer Transferorbits mit gleichen Bahnparametern würde der Transport einer Tonne Nutzlast beider Träger in etwa das gleiche kosten – rund 20 Millionen Dollar. Ariane 5ME wäre sogar günstiger. Man sieht einmal mehr: Heutige Raketen sind komplexe Aggregate von höchster Leistungsfähigkeit, und die gibt es nicht zum Discountpreis: Wenn kein grundlegender Wandel in der

**What is the result of these analyses? Are the representations made by SpaceX realistic?**

We have to distinguish between transporting a payload into a low-Earth and a geostationary transfer orbit. While the data regarding the LEO appear highly credible, ferrying a payload into a GTO is actually tricky. Our analyses have shown that a Falcon 9 in its current configuration is capable of transporting around nine tons of payload into the orbit of the ISS. The figure advertised by SpaceX itself is only a little higher – 9.5 tons. So we have a very close match between our analyses and the figures quoted by SpaceX. The picture is different in the GTO segment in which we are particularly interested because Ariane is a direct competitor in it. SpaceX officially advertises a GTO payload of around 4.5 tons, taking off from Cape Canaveral. However, our analysis deviates. The current version of the Falcon 9 can only carry somewhat more than half this payload. Only in its advanced version, called Block II, will the Falcon 9 nearly reach this payload range.

**SpaceX also advertises very low launch costs. What is the situation in this case?**

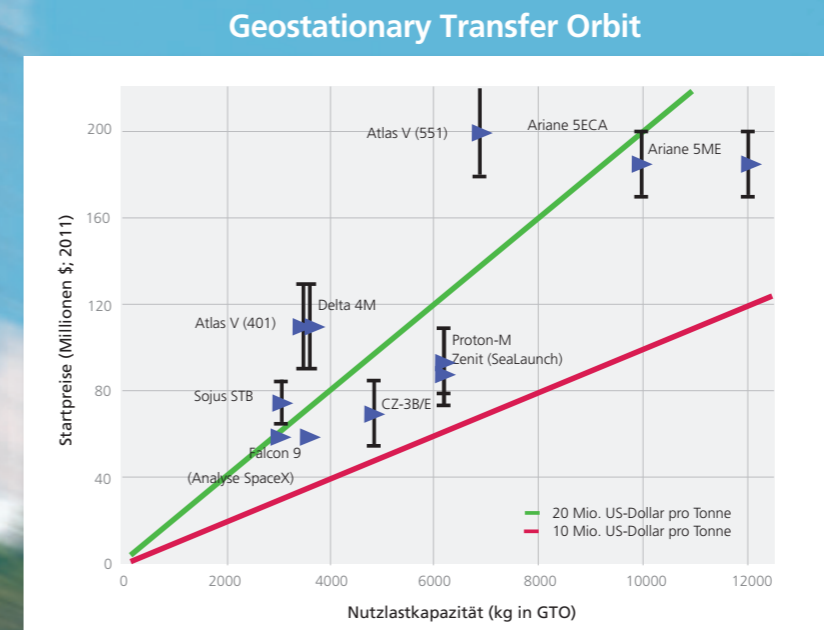
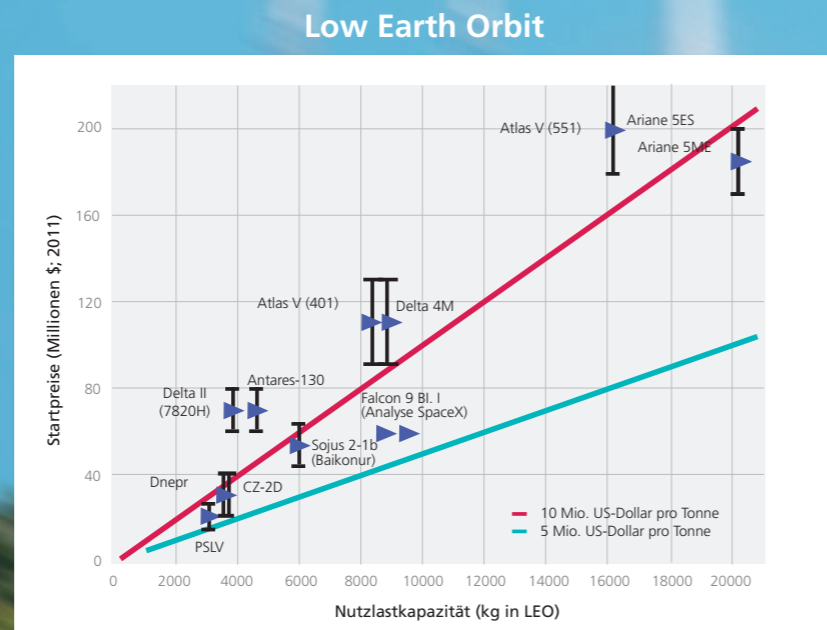
Five times cheaper than all the others – this is what they said in the beginning. Originally, they talked of a launch price of around 30 million US dollars. Six years later, the figure has risen to 60 million US dollars. Given its capacity as described above, and given its price, the Falcon 9 is now about on par with a Soyuz launcher taking off from Kourou. Or let us look us at the Proton and/or Zenit launchers, also made in Russia: the cost of both is about one and a half times that of a Falcon 9, but then they are capable of transporting more than twice the payload into a GTO. Even if we compare it to the 'expensive' Ariane, the Falcon is not much cheaper: assuming geostationary transfer orbits of identical parameters, transporting one ton of payload on either launcher would cost about the same – around 20 million dollars. The Ariane 5ME would be even more cost-efficient. Once again, this tells us that contemporary rockets are complex high-performance devices which do not knock-down prices: if there is not a significant technology change, the actual price level can not be undermatched.

**What do we find when we compare prices for launching into an LEO?**

In this case, the picture looks much better. If we again use the cost per ton of payload as a basis, the Falcon 9 can easily hold its own against the Dnepr and Rockot launchers or the Indian PSLV.

Vergleich der Startpreise unterschiedlicher Raketentypen pro Kilogramm in den Niedrigen Orbit (links) und in den geostationären Transferorbit (rechts). Die Angaben stammen aus einer in der DLR Raumfahrtmanagement-Abteilung Trägersysteme geführten Datenbank.

A comparison of per-kilogram launch prices of different rocket types, heading for low orbit (left) and geostationary transfer orbit (right). The data belongs to an internal database of the Launchers department of DLR Space Administration.



Technik erfolgt, wird man das derzeitige Preisniveau nicht unterbieten können.

**Wie sieht der Preisvergleich bei Starts in den LEO aus?**

Hier ist das Bild weitaus positiver. Nimmt man wieder die Preise pro Tonne Nutzlast als Grundlage, kann es eine Falcon 9 preislich ohne weiteres mit den Trägern Dnepr, Rockot oder der indischen PSLV aufnehmen.

**Ist der Preis pro Tonne mit der Wettbewerbsfähigkeit gleichzusetzen?**

Nein, denn die Nutzlastkapazität der Falcon 9 – gerade auch in den sonnensynchronen Orbit (SSO) – ist verglichen mit den in diesen Orbit normalerweise transportierten Nutzlasten überaus hoch. Um den günstigen Startpreis halten zu können, muss die Kapazität des Trägers maximal ausgenutzt werden. Während eines Starts müssten also mehrere LEO-Satelliten in ähnliche Orbits transportiert werden. Ein solcher Mehrfachstart, der die Kapazität der Falcon 9 voll ausschöpft, dürfte aus praktischen Gründen wohl eher selten vorkommen. Es ist schwierig wegen der Satellitenanforderungen, geeignete „Mitflieger“ für die gleichen Orbits zur rechten Zeit zu finden. In der Realität werden die spezifischen Startkosten für den LEO-Kunden also höher liegen. Trotzdem ist es SpaceX gelungen, einen speziell auf dem LEO-Markt stark wettbewerbsfähigen Launcher zu entwickeln – und das ist eine

**Is the price per ton a measure for competitiveness?**

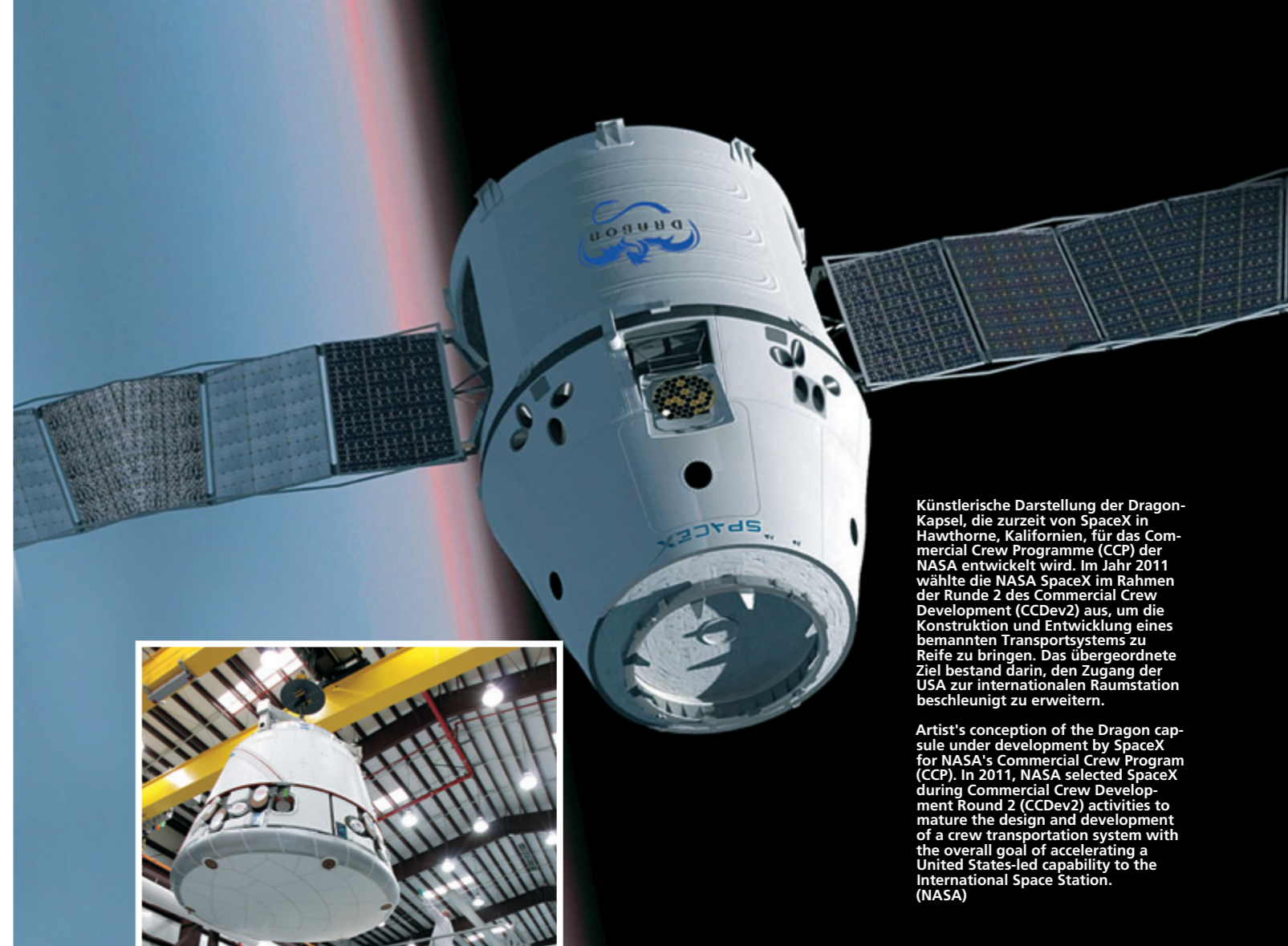
No, compared to the payloads that are normally transported into a sun-synchronous orbit (SSO), the payload capacity of the Falcon 9 is exceedingly high. And the capacity of a launcher must be exploited to the maximum so that launch prices can be kept low. Consequently, several LEO satellites would have to be transported into similar orbits in a single launch. For practical reasons, however, such multiple launches that make full use of the capacity of the Falcon 9 will probably occur fairly rarely. Satellite requirements make it difficult to find suitable 'passengers' to the same orbits at the right time. In reality, therefore, the specific launch costs will be rather high for LEO customers. Nevertheless, SpaceX has succeeded in developing a launcher that is highly competitive, particularly on the LEO market – a great achievement. In this segment, the Falcon 9 actually fulfils the claim to price leadership made by SpaceX.

**So we may say that the rocket is tailored to the LEO?**

That is what our analyses say. The interpretation suggests itself because the contractually agreed first missions are re-supply flights to the ISS. It is only logical and predictable that SpaceX should have focused on this mission scenario. The GTO mission scenario, on the other hand, probably took a back seat in the original plans. Moreover, a closer look at the other customers and the launch manifesto shows that SpaceX considers the LEO segment to be its main market

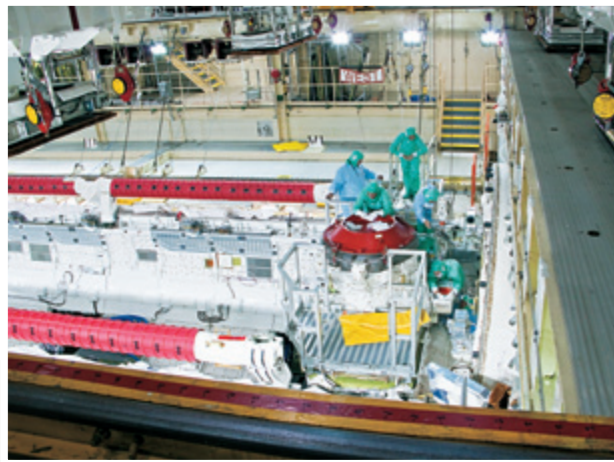
Der DragonEye-Näherungssensor wurde am NASA Kennedy Space Center in Florida in die Raumfähre Discovery eingebaut, um bei einem Andockmanöver an die ISS getestet zu werden.

A DragonEye proximity sensor developed by SpaceX is installed while space shuttle Discovery is in Orbiter Processing Facility-3 at NASA's Kennedy Space Center in Florida. DragonEye is a sensor that was tested during a docking operation with the International Space Station. (Jim Grossmann/NASA)



Künstlerische Darstellung der Dragon-Kapsel, die zurzeit von SpaceX in Hawthorne, Kalifornien, für das Commercial Crew Programme (CCP) der NASA entwickelt wird. Im Jahr 2011 wählte die NASA SpaceX im Rahmen der Runde 2 des Commercial Crew Development (CCDev2) aus, um die Konstruktion und Entwicklung eines bemannten Transportsystems zu Reife zu bringen. Das übergeordnete Ziel bestand darin, den Zugang der USA zur internationalen Raumstation beschleunigt zu erweitern.

Artist's conception of the Dragon capsule under development by SpaceX for NASA's Commercial Crew Program (CCP). In 2011, NASA selected SpaceX during Commercial Crew Development Round 2 (CCDev2) activities to mature the design and development of a crew transportation system with the overall goal of accelerating a United States-led capability to the International Space Station. (NASA)



große Leistung. Falcon 9 kann in diesem Segment tatsächlich den von SpaceX gestellten Anspruch erfüllen, ein Preisführer zu sein.

**Man kann also sagen, dass die Rakete auf den LEO zugeschnitten ist?**

Das sagen unsere Analysen. Diese Auslegung ist naheliegend, da die fest zugesicherten ersten Missionen Versorgungsflüge zur ISS sind. Eine Ausrichtung auf dieses Missionsszenario ist daher nur logisch und auch nicht anders zu erwarten. Das GTO-Missionsszenario wurde in den ursprünglichen Planungen von SpaceX vermutlich nur nachrangig behandelt. Die eingehende Betrachtung der weiteren Kunden und des Startmanifests zeigt auch, dass SpaceX im LEO-Bereich seinen kurz- und mittelfristigen Hauptmarkt sieht. Hier konnte SpaceX auch bereits mehr Startaufträge gewinnen als im GTO-Segment. Die anderen Nutzlasten, die teilweise Startverträge bereits für 2011 hatten, wurden alle neu festgesetzt und verschoben.

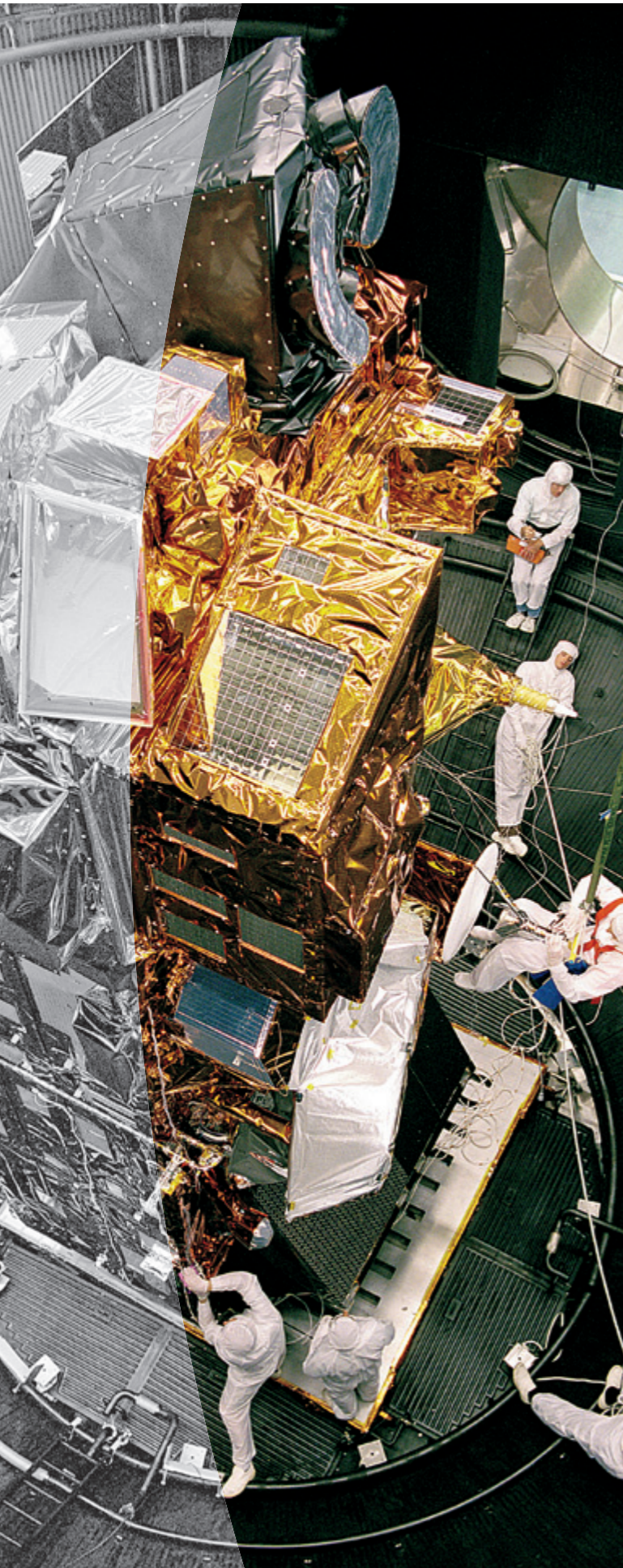
**Was passiert, wenn SpaceX und Orbital ihre Verträge zur ISS-Logistik nicht erfüllen könnten?**

Das wäre das Worst-Case-Szenario. Bis ins Jahr 2020 – dem prognostizierten Betriebsende der Internationalen Raumstation – müssen noch viele Tonnen Nutzlast zur ISS gebracht werden. Die an der ISS beteiligten Staaten brauchen hier die Amerikaner, um die Versorgung aufrechtzuerhalten. Deswegen ist es ja so wichtig, dass SpaceX und Orbital mit der Entwicklung vorankommen. Dafür drücken wir beiden Unternehmen fest die Daumen.

in the short and medium term. Furthermore, SpaceX has been able to acquire more launch orders in this than in the GTO segment. The other payloads, some of which were contractually scheduled for launching in 2011, have all been re-manifested and deferred.

**What would happen if SpaceX and Orbital should be unable to fulfil their ISS logistics contracts?**

That would be the worst case scenario. Until 2020, the year when the operation of the International Space Station is scheduled to end, many tons of payload will have to be ferried to the ISS. In this respect, the countries participating in the ISS need the Americans to keep it supplied. This is why it is so very important that SpaceX and Orbital make headway in their development activities. We will keep our fingers firmly crossed for both companies.



# SCIAMACHY

Zehn Jahre Klimawächter im All

Von Dr. Achim Friker und Dr. Heinrich Bovensmann

**Erholt sich die Ozonschicht? Wie beeinflussen Spurengase wie Stickoxide, Kohlendioxid und Methan unser Klima? Wirken getroffene Umweltschutzmaßnahmen? Mit diesen Fragen beschäftigten sich europäische Forscher, als vor zehn Jahren – am 28. Februar 2002 – der europäische Umweltsatellit ENVISAT seine Reise ins All antrat. An Bord des größten je gebauten Erdbeobachtungssatelliten war das deutsch-niederländisch-belgische „Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography“ – kurz SCIAMACHY – zur Hälfte mit Mitteln des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) finanziert. Das Institut für Umweltphysik der Universität Bremen (IUP) ist für die wissenschaftliche Leitung verantwortlich. In enger Zusammenarbeit mit dem DLR in Oberpfaffenhofen werden die Daten ausgewertet und interpretiert. Die Ergebnisse haben unser Weltbild entscheidend beeinflusst.**

## SCIAMACHY

Ten Years on: Watching Climate Change from Space

By Dr Achim Friker and Dr Heinrich Bovensmann

**Will the ozone layer recover? How do trace gases such as nitrogen oxides, carbon dioxide and methane affect our climate? Are climate protection measures having an impact? These were some of the questions European scientists had in mind when Europe's environmental satellite ENVISAT was launched into orbit ten years ago on February 28, 2002. On board the largest earth observation satellite built to date was the German-Dutch-Belgian-made Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography – or SCIAMACHY – which was 50 percent funded by the German Aerospace Centre (DLR). The scientific part of the mission is led by the Institute for Environmental Physics at the University of Bremen IUP. Over the past ten years, IUP scientists and DLR's team at Oberpfaffenhofen have closely collaborated in evaluating and interpreting the data acquired. The result has altered the way in which we see the world.**

Europas Umweltsatellit ENVISAT in Vorbereitung für Temperaturtests im Large Space Simulator (LSS) des ESA European Space Research and Technology Centres (ESTEC). Der Satellit wurde am 1. März 2002 vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou (Französisch-Guayana) mit einer Ariane 5G-Rakete gestartet.

ENVISAT in preparation for thermal testing in the Large Space Simulator (LSS) in ESA European Space Research and Technology Centre (ESTEC) centre. On March, 1, 2002, the satellite was launched on a Ariane 5G rocket from the European spaceport Kourou (French-Guiana). (A. Van Der Geest/ESA)



Autoren: **Dr. Achim Friker** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Erdbeobachtung des DLR Raumfahrtmanagements und zuständig für SCIAMACHY. **Dr. Heinrich Bovensmann** ist zusammen mit dem Projektwissenschaftler und SCIAMACHY-Erfinder Prof. John P. Burrows auf deutscher Seite verantwortlich für die wissenschaftliche Leitung am Institut für Umweltphysik der Universität Bremen. Dort ist er Koordinator der SCIAMACHY Quality Working Group und wissenschaftlicher Sekretär der SCIAMACHY Science Advisory Group. Authors: **Dr Achim Friker** is working in DLR Space Administration's Earth observation department as a supervisor of the SCIAMACHY project.

**Dr Heinrich Bovensmann** together with the Principal Investigator and inventor of SCIAMACHY, Prof. John P. Burrows, at the Institute of Environmental Physics IUP of Bremen University, is responsible for the scientific coordination for the German part. He is coordinator of the SCIAMACHY quality working group, and scientific secretary of the SCIAMACHY science advisory group.

### Eine Karte der Ozonschicht

Als Teil unserer Atmosphäre schützt die Ozonschicht in 15 bis 50 Kilometer Höhe unsere Erde vor kurzweiliger, ultravioletter Strahlung. Die energiereiche UV-Strahlung der Sonne trifft auf Sauerstoff in Form von  $O_2$  und wandelt ihn in Ozon ( $O_3$ ) um. Dessen erhöhte Konzentration in der Stratosphäre absorbiert die UV-Strahlung. Dabei wird Ozon wieder in gewöhnlichen Sauerstoff zurückverwandelt – der sogenannte Ozon-Sauerstoff-Zyklus.

Dieses natürliche Gleichgewicht wurde im letzten Jahrhundert durch vom Menschen gemachte chemische Substanzen – insbesondere Fluorchlorkohlenstoff-Verbindungen (FCKW) – gestört, was zur Bildung des Ozonlochs über dem Südpol führte und weltweit zu einer Ausdünnung der Ozonschicht. Durch die Aneinanderreihung der Daten von SCIAMACHY mit denen seines Vorgänger-Sensors GOME (auf dem Satelliten ERS-2) wird die Ozonschicht und die Entwicklung des Ozonlochs seit 1996 kontinuierlich kartiert.

Obwohl die ozonzerstörenden chemischen Stoffe (zum Beispiel FCKW) nach deren Verbot durch das Montreal-Protokoll vor 25 Jahren in der Stratosphäre inzwischen auf dem Rückzug sind, kommt es durch Luftströmungen zu überraschenden Effekten. So wurde zum Beispiel erstmals ein „Ozonloch“ über dem Nordpol beobachtet. Allerdings tauchte es im gesamten Beobachtungszeitraum nur zweimal auf: im Winter 1996/1997 und im Winter 2010/2011. Neben der Ozonkonzentration werden von SCIAMACHY auch Chlor-, Brom- und Stickstoffverbindungen weltweit erfasst, die ebenfalls direkt am Ozonabbau beteiligt sind.

### Wie wirken Umweltschutzmaßnahmen?

Der Luftschadstoff Stickstoffdioxid entsteht bei Verbrennungsprozessen – vor allem in Kraftwerken und im Straßenverkehr, aber auch bei der Verbrennung von Biomasse. Die oxidierte Form des Stickstoffs sorgt für Smogbildung in Ballungsräumen und schädigt in hohen Konzentrationen insbesondere in Kombination mit Feinstaub die

### Charting the ozone layer

Located 15 to 50 kilometres above us, the ozone layer is the part of our atmosphere that protects our Earth from short-wave ultraviolet radiation. High-energy UV radiation from the Sun impacts upon diatomic oxygen ( $O_2$ ) and converts it into ozone ( $O_3$ ). Present at higher concentrations in the stratosphere, ozone absorbs UV radiation, which converts ozone back into regular oxygen – a process known as the ozone-oxygen cycle.

However, a number of human-made chemical substances, in particular chlorinated fluorocarbons (CFCs) have increasingly upset this natural balance over the past century, which has led to the formation of the ozone hole over the Antarctic and a global thinning of the ozone layer as a whole. Since 1996, a sequence of SCIAMACHY data and those of its predecessor GOME (on the ERS-2 satellite) have been used to chart the ozone layer and the development of the ozone hole continuously.

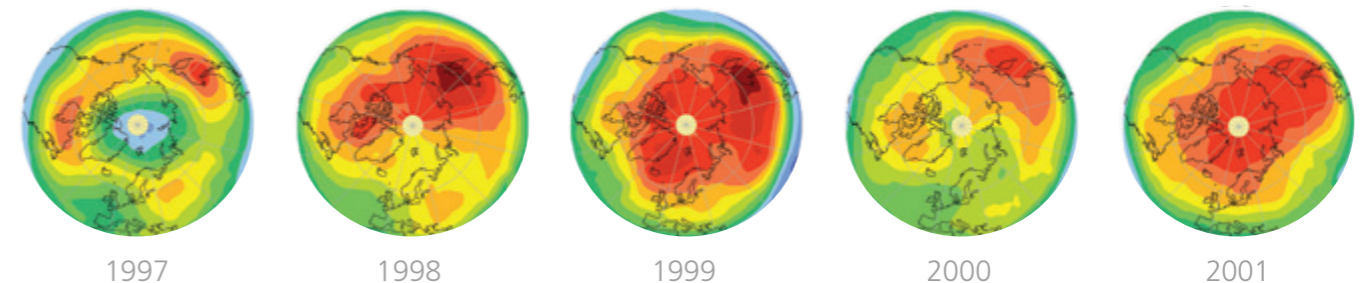
Although concentrations of ozone aggressive chemicals in the stratosphere (such as CFCs) are now in decline following their prohibition under the Montreal Protocol 25 years ago, atmospheric air currents have been producing some surprising effects. One of them was the formation of an ozone hole over the North Pole, albeit observed only twice over the entire recording period so far: in the winters of 1996/1997 and 2010/2011. Besides ozone concentrations, SCIAMACHY also keeps a global record on atmospheric chlorine, bromine and nitrogen compounds, since these are also directly involved in the process of ozone depletion.

### How effective are environmental protection measures?

Nitrogen dioxide is a pollutant produced by combustion processes in power plants and motor vehicles but also by burning biomass. This oxidized form of nitrogen is responsible for the formation of smog in urban centres. At higher concentrations and especially when occurring in a combination with particulate matter, it poses a high risk to

Seit 1996 wurde die Ozonschicht regelmäßig kartiert. Von 1996 bis 2002 lieferte das Instrument GOME die Daten. Ab 2002 stammen die Daten von SCIAMACHY. Die Werte werden in sogenannten Dobson Einheiten (Dobson Units DU) angegeben. 100 DU entsprechen einer Schicht von 1 mm reinem Ozongas zusammengedrückt auf "Normaldruck" (1000 hPa).

The ozone layer has been regularly mapped since 1996. From 1996 until 2002 the data came from the GOME instrument, followed by SCIAMACHY in 2002. The unit measure applied is the so-called Dobson Unit (DU). 100 DU represent a 1 mm layer of pure ozone gas compressed to 'normal pressure' (1000 hPa). (IUP Bremen)



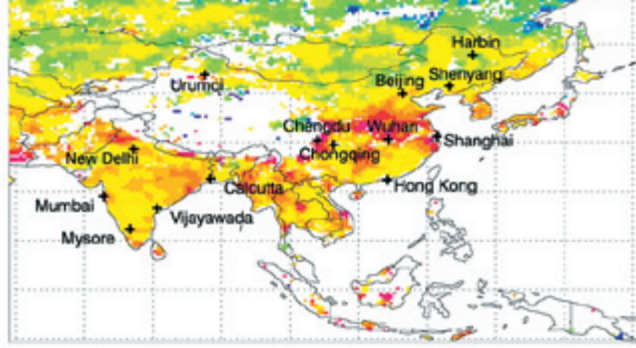
1997

1998

1999

2000

2001



Mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration über Ostasien. Rot: Regionen mit permanent erhöhter CO<sub>2</sub>-Konzentration. Für diese Darstellung musste man SCIAMACHY-Daten von sechs Jahren zusammenfassen. So sieht man keine einzelnen Verursacher, aber man sieht, in welchen Regionen ständig eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration herrscht, wo also viele und große Verursacher „sitzen“.

Mean concentration of CO<sub>2</sub> above East Asia. Red: sites at which CO<sub>2</sub> concentrations are permanently elevated. This map consists of SCIAMACHY data gathered over a period of six years. While individual polluters cannot be identified, it shows the regions where CO<sub>2</sub> concentrations are continuously elevated, regions that contain many large polluters. (IUP Bremen)



Atmungsorgane. SCIAMACHY-Daten zeigen, dass Umweltschutzmaßnahmen tatsächlich wirken und sich von Satelliten aus beobachten lassen.

Ein deutsch-amerikanisches Wissenschaftsteam konnte so zum Beispiel nachweisen, dass in einigen Gebieten der USA die Stickstoffdioxidbelastung zwischen 1999 und 2006 um bis zu 35 Prozent zurückging. Der Grund: In drei großen Kohlekraftwerken wurden emissionsmindernde Maßnahmen durchgeführt. Dagegen konnten die Forscher in Ballungsgebieten der USA, wo die Luft vor allem durch den Straßenverkehr mit Stickoxiden belastet wird, keine Verbesserungen feststellen. Für weite Teile Europas konnte für den Zeitraum der letzten 15 Jahre eine Verbesserung der Luftqualität durch Umweltschutzmaßnahmen nachgewiesen werden.

#### Explosionsartiges Wirtschaftswachstum – explosionsartige Umweltprobleme?

Eine starke Zunahme bei Stickstoffdioxid sieht SCIAMACHY in Ländern und Gebieten mit stark wachsender Wirtschaft – insbesondere in China. Anders als Stickstoffdioxid verhält sich aber Schwefeldioxid, das ebenfalls durch die Verbrennung von Erdöl und Kohle entsteht. Während die Stickstoffdioxid-Konzentration nach einer kurzen „Atempause“ infolge der Wirtschaftskrise 2008 und nach vorübergehenden Luftreinigungsmaßnahmen im Zuge der Olympischen Spiele 2008 wieder ansteigt, verringerte sich die Luftbelastung durch Schwefeldioxid seit 2007 deutlich. Das liegt daran, dass auch China umweltbewusster wird: In Kohlekraftwerken wurden systematisch Rauchgasentschwefelungs-Anlagen eingeführt.

#### Einfluss von Kohlendioxid und Methan auf den Klimawandel

Die weltweite Verteilung der wichtigen Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>) kann SCIAMACHY vom Weltraum aus erstmalig kartieren. Das hilft uns dabei, zu verstehen, wo sich die natürlichen sowie die „vom Menschen gemachten“ Quellen und Senken dieser Treibhausgase befinden. Senken sind natürliche Speicher für Kohlenstoff, die das durch Menschen freigesetzte Kohlenstoffdioxid aus der Atmosphäre aufnehmen und über einen gewissen Zeitraum einlagern können. Wie beeinflussen diese Quellen und Senken den Klimawandel? Werden wichtige Senken wie Atmosphäre, ausgedehnte Walgebiete und Ozeane, die derzeit einen Großteil unserer CO<sub>2</sub>-Emissionen aufnehmen, durch den Klimawandel in Zukunft zu Quellen, die den Wandel dann weiter beschleunigen? Verstärkt der Temperaturanstieg in Feuchtgebieten die Methan-Emission?

Die systematischen Beobachtungen mit SCIAMACHY haben die Bestimmung von Methan aus Feuchtgebieten sowie das Verständnis des Kohlenstoffbudgets entscheidend verbessert. Damit können wichtige Fragen des Klimawandels beantwortet und Abhilfe-Maßnahmen erarbeitet werden. SCIAMACHY spielt eine Pionierrolle im Rahmen

the human respiratory system. SCIAMACHY data indicate that anti-pollution measures do, indeed, work, and their effect can be seen from a satellite.

A team of scientists from the US and Germany was able to demonstrate, that between 1999 and 2006 nitrogen dioxide contamination levels in some regions of the USA were reduced by 35 percent. The reason: emission-reducing measures in three major coal-fired power plants. By contrast, researchers did not find any improvements in urban areas in the USA where the air was heavily polluted with nitrogen oxides as a result of motor traffic. For large parts of Europe it was shown that 15 years' worth of environmental protection measures have led to improvements in air quality.

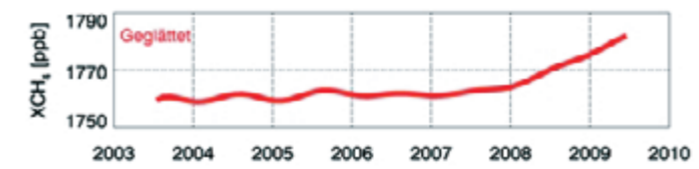
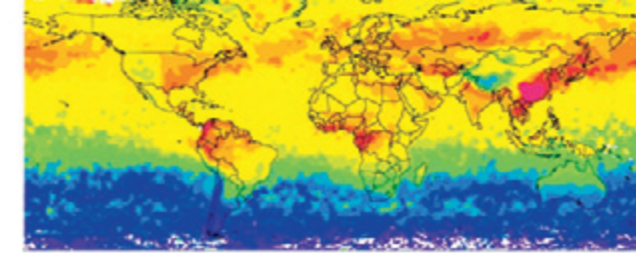
#### Enormous economic growth – enormous environmental problems?

SCIAMACHY has observed a rapid increase of nitrogen dioxide in countries and areas where the economy is growing at an exploding rate – most particularly in China. The behaviour of sulfur dioxide, another by-product of the combustion of oil and coal, differs from that of nitrogen dioxide. Following a short 'breather' caused by the 2008 economic downturn and by the short-term anti-air pollution measures taken for the duration of the Olympics, nitrogen dioxide concentrations are now back on the increase. Sulfur dioxide concentration levels, by contrast, have been steadily declining since 2007. The reason is that China is becoming more environmentally aware, too: coal-fired power plants have started to be systematically fitted with flue gas desulfurisation systems.

#### Carbon dioxide, methane and climate change

Thanks to SCIAMACHY it is now possible to chart the world-wide distribution of the major greenhouse gases, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>), from space. This helps us understand the location of natural and 'man-made' sources and sinks of these greenhouse gases. The sinks are natural carbon reservoirs where carbon dioxide produced by humans, absorbed from the atmosphere, is locked up for a certain period of time. How do these sources and sinks affect climate change? Could it happen that, as a result of global warming, major sinks such as the atmosphere, large forest areas and oceans, which presently absorb most of our CO<sub>2</sub> emissions, might one day turn into sources themselves, and thus speed up the change? Does an increase in temperature in wetland areas lead to higher levels of methane emissions?

Systematic observations with SCIAMACHY contributed to an improved detection of methane in wetland areas and a better understanding of the carbon budget. They enable scientists to find answers to important questions concerning climate change and work out effective remedial measures. SCIAMACHY has been playing a pioneering role in the



Die große Karte zeigt die Jahresmittelwerte der Methan-Konzentration (CH<sub>4</sub>). Höhere Werte über der Nordhalbkugel kommen daher, dass sich die meisten Methan-Quellen (Feuchtgebiete, Reisfelder, Gas- und Ölfelder, Rinder- und Schafzucht) nördlich des Äquators befinden. Quellregionen (China, Indien, Sibirien, US-Oststaaten und weite Teile der Tropen) sind an der erhöhten, rot eingefärbten Konzentration erkennbar. Erhöhte Konzentrationen treten aber auch weit entfernt von den Quellregionen auf (über den Ozeanen östlich der USA und in Ost-Asien), da atmosphärisches Methan eine sehr lange Lebensdauer hat. Die Zeitreihe zeigt einen Anstieg der Methan-Konzentration – besonders in den letzten Jahren. Nach den Ursachen wird derzeit intensiv geforscht. SCIAMACHY-Messungen spielen dabei eine Schlüsselrolle.

The large map shows annual mean concentrations of methane (CH<sub>4</sub>). Values for the northern hemisphere are comparatively high because most methane sources (wetlands, rice paddies, gas and oil fields, cattle and sheep farms) are located north of the equator. Source regions (China, India, Siberia, the eastern USA, and large parts of the tropics) are coloured red, indicating enhanced concentrations. However, elevated concentrations also appear far away from the source regions (above the oceans east of the USA and in East Asia) because atmospheric methane is extremely long-lived. The time series shows that methane concentrations have been increasing, particularly in the last few years. The causes are being researched intensively at the moment, with SCIAMACHY measurements playing a key role. (IUP Bremen)

der globalen satellitengestützten Erfassung dieser beiden essentiellen Klimavariablen (ECVs). Derzeit wird eine Datenbank der gemessenen globalen Verteilung des atmosphärischen CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> aufgebaut. Mit ihrer Hilfe sollen quantitative, räumlich und zeitlich aufgelöste Informationen der regionalen Quellen und Senken dieser Treibhausgase abgeleitet werden. Die Datenbank entsteht im Rahmen eines Klimaprojektes der Europäischen Raumfahrtagentur ESA, welches vom IUP geleitet wird. Die Treibhausgas-ECV Zeitreihe beginnt mit SCIAMACHY im Jahre 2003 und soll mit Daten von Nachfolgesensoren fortgesetzt werden. Außerdem sind die SCIAMACHY-Treibhausgas-Messungen Kerndatenprodukte des europäischen Informations-Dienstes „Global Monitoring for Environment and Security“ (GMES).

#### Was kommt nach ENVISAT?

Am 8. April 2012 riss der Funkkontakt mit ENVISAT ab, so dass eine Fortsetzung der Mission derzeit fraglich ist. Eine direkte Fortsetzung der SCIAMACHY Datenreihen ist kurzfristig nur eingeschränkt durch GOME-2 auf METOP möglich, so dass es insbesondere für die Treibhausgasbeobachtung und für die höhenaufgelöste Kartierung der Ozonschicht eine substantielle Datenlücke geben wird. Weiterhin plant die Europäische Raumfahrtagentur in Zusammenarbeit mit der Europäischen Union und dem Wettersatellitenbetreiber EUMETSAT ab 2015 die sogenannten Sentinel-Missionen S4, S5 und S5P. Dabei bauen S5P und S5 auf den mit SCIAMACHY gewonnen Erkenntnissen auf, Sentinel 4 überträgt das Messprinzip in den geostationären Orbit. Für die Zeit nach SCIAMACHY ist eine deutsch-französische Kleinsatellitenmission zur Beobachtung des Treibhausgases Methan geplant: MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR Mission) soll helfen, den Klimawandel zu überwachen.

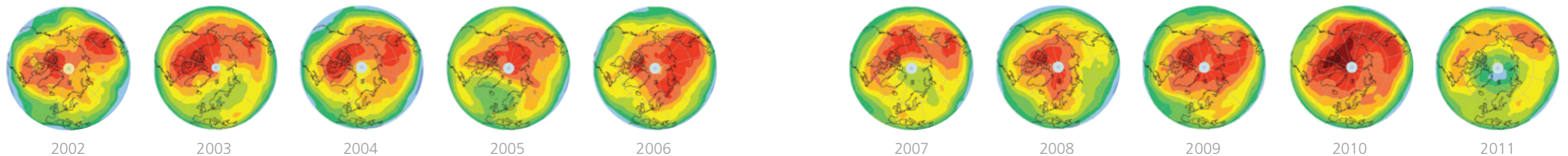
Fast alle begonnen Datenreihen werden dann durch diese Satellitenmissionen fortgesetzt. Eine wichtige Ausnahme bildet, neben den zukünftig fehlenden Beobachtungsmöglichkeiten zur höhenaufgelösten Kartierung der Ozonschicht, ausgerechnet das wichtigste vom Menschen freigesetzte Treibhausgas: Kohlendioxid. Hier hinterlässt ENVISAT eine große Lücke, die nicht ohne weiteres geschlossen werden kann. Seit Jahren fördert das DLR Raumfahrtmanagement wissenschaftliche Studien zur Erfassung des Kohlenstoff-Kreislaufs. So konnte ein internationales Wissenschaftlerteam unter der Leitung des IUP im Jahr 2010 der ESA ein neues Missionskonzept namens „CarbonSat“ vorschlagen, welches auf CO<sub>2</sub> und Methan spezialisiert ist. Derzeit prüft die ESA die Durchführbarkeit in einer Phase A/B1 Studie. Wenn alles gut geht, könnte CarbonSat als sogenannte „Earth Explorer Mission“ 2019 starten.

global satellite-assisted monitoring of these two 'essential climate variables' (ECVs). Scientists are now building a database on the global distribution of atmospheric CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>. It will be helpful in obtaining regional information on greenhouse gas sources and sinks in a quantitative, spatial and temporal resolution. This database is part of a climate project of the European Space Agency ESA under the leadership of IUP. The greenhouse gas-ECV time series begins in the year 2003 when SCIAMACHY became operational and is to be continued with data from its successors. SCIAMACHY greenhouse gas measurements also form core data products of Europe's information service 'Global Monitoring for Environment and Security' (GMES).

#### What comes after ENVISAT?

On April 8, 2012 radio contact broke off with ENVISAT and an extension of the mission is not very probable. Therefore the direct continuation of the SCIAMACHY data record is only feasible in a limited way by GOME-2 on METOP. There will be a substantial data gap for the greenhouse gas observations and the high resolved monitoring of the ozone layer until new missions are in place. The European Space Agency in cooperation with the European Union and the weather satellite operator EUMETSAT is currently planning a number of so called 'Sentinel' missions, the first (S5P) to be launched in 2015, S4, S5 and S5P, with S5P and S5 being based on the knowledge and findings from SCIAMACHY, and Sentinel 4 transferring the measurement principle into a geostationary orbit. To continue the work of SCIAMACHY, there are plans for a French-German microsatellite mission to monitor atmospheric methane levels. MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR Mission) is intended to help monitoring climate change.

Nearly all data series begun under SCIAMACHY will be continued when the new missions are in place. Compared to ENVISAT, there is one major difference: What will be missing with the Sentinels, apart from a capability to chart the ozone layer with height resolution, is that it will no longer be possible to observe and chart carbon dioxide, the most important man-made greenhouse gas of all. This is where ENVISAT will leave a major gap which is not at all easy to close. DLR Space Administration has for many years been funding scientific studies to investigate the carbon cycle. This is how a new mission concept called 'CarbonSat' came along which was proposed to ESA in 2010 by an international research team headed by IUP. The system is capable of detecting both CO<sub>2</sub> and methane. ESA is currently evaluating its feasibility in a Phase A/B1 study. If all goes well CarbonSat could be launched as a so-called 'Earth Explorer Mission' in 2019.



Im Jahr 1972 landete die Raumkapsel der Apollo-16-Mission auf dem Mond. Mit dabei war das biowissenschaftliche Experiment BIOSTACK. Die Apollo-16-Mission markiert den Beginn biowissenschaftlicher Forschung im Welt- raum durch die Bundesrepublik.

In 1972, the space capsule of the Apollo16 mission landed on the Moon, carrying a life-science experiment called BIOSTACK. For the Federal Republic, the Apollo16 mission marks the beginning of life-science research in space. (NASA)

## Biowissenschaften

### 40 Jahre deutsche Weltraumforschung Teil 1: Die Anfänge in der Bundesrepublik

Von Prof. Günter Ruyters

Als im Jahr 1972 Apollo 16 zum Mond aufbrach, begann gleichzeitig die biowissenschaftliche Forschung im Weltraum durch die Bundesrepublik Deutschland: Mit dem Experiment BIOSTACK des DLR Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin verlegten deutsche Wissenschaftler erstmals Labor und Messgeräte in den Weltraum, um Intensität und Zusammensetzung der Strahlung zu messen. 1977 startete das Raketenprogramm TEXUS zur Vorbereitung des europäischen Weltraumlabor Spacelab, mit dessen Erstflug auf dem US Space Shuttle 1983 eine neue Qualität der Forschung unter Weltraumbedingungen erreicht wurde. Die deutsch-russischen Missionen MIR'92 und MIR'97 brachten für deutsche Wissenschaftler weitere attraktive Forschungsmöglichkeiten, 1999 kamen die DLR-Parabellflüge mit dem Airbus A-300 „Zero-G“ hinzu. Durch die Internationale Raumstation ISS und ihr europäisches Labor Columbus wurde 2008 ein neues Kapitel aufgeschlagen – Zeit für einen programmatischen Rückblick.

### Life Sciences

#### 40 Years of German Research in Space Part 1: How Things Began in the Federal Republic of Germany

By Prof. Dr Günter Ruyters

When Apollo 16 took off for the Moon in 1972, the Federal Republic of Germany launched its first life science research project in space: for the first time, German scientists moved their measuring equipment, the BIOSTACK experiment designed by the DLR Institute of Aerospace Medicine, to space to study the intensity and composition of the cosmic radiation. In 1977, the TEXUS rocket programme was initiated to pave the ground for the European space laboratory, Spacelab, whose 1983 maiden flight on an US Space Shuttle raised microgravity research to an entirely new quality. The German-Russian MIR'92 and MIR'97 missions provided Germany's scientists with further attractive research opportunities, as did DLR's parabolic flights on an Airbus A300 'Zero-G' from 1999 onward. Now that a new chapter has been opened up by the ISS and its European Columbus laboratory in 2008, the time is ripe for a programmatic retrospective.



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

Author: Prof. Günter Ruyters heads the Life Sciences Programme in the department of Microgravity Research (Life and Physical Sciences) of the DLR Space Administration.

#### Amerikas und Russlands Vorsprung

Zu Beginn der 1970er-Jahre war die biomedizinische Raumfahrtforschung in den USA und in der Sowjetunion bereits gefestigt. Allerdings ging es anfangs weder den Amerikanern noch den Russen um biowissenschaftliche Forschung zu den Auswirkungen der Schwerelosigkeit. Die Überlebensfähigkeit des Menschen im Weltraum sowie der Erhalt seiner Gesundheit und Leistungsfähigkeit standen im Fokus des Interesses. Zwar war spätestens nach den Erstflügen von Yuri Gagarin im April 1961 und John Glenn im Februar 1962 klar, dass Menschen einen Aufenthalt im Weltraum überleben. Doch weitere Weltraummissionen zeigten, dass die Astronauten mit gesundheitlichen Schwierigkeiten zu kämpfen haben – vor allem mit der Raumkrankheit (space motion sickness). Daher genossen medizinische Projekte, die sich diesen Problemen annahmen, oberste Priorität. Sowohl die USA als auch die Sowjetunion brachten nach Tierversuchen zur Vorbereitung bemannter Missionen – die Hündin Laika auf der Sputnik-Mission im November 1957 ist vielleicht noch in Erinnerung – sehr bald auch andere Lebewesen ins All. So flogen bereits 1960 Pflanzen an Bord von Sputnik 4 und Discovery 17 ins All.

In diesen Anfangszeiten hatten die Amerikaner und die Russen nicht nur in der Raumfahrttechnik, sondern auch in der -forschung einen gewaltigen Vorsprung vor Europa und Deutschland: Während die Amerikaner mit den Weltraumprogrammen Mercury, Gemini, Apollo sowie ihrer ersten Raumstation Skylab und die Sowjetunion mit Vostok, ihren Salyut-Raumstationen sowie den Wiedereintritts-Satelliten Zugang zum Weltraum hatten, standen den Europäern und Deutschen zunächst überhaupt keine Forschungsmöglichkeiten zur Verfügung.

#### Programmatische Anfänge in Wissenschaft und Politik

Im Nachkriegs-Deutschland waren die organisatorischen und programmatischen Grundlagen für Weltraumforschung schlichtweg nicht vorhanden. Doch bereits um 1960 nahmen sich Wissenschaft und Politik dieses Themas an: In ihrer „Denkschrift zur Lage der Weltraumforschung“ legte die Deutsche Forschungsgemeinschaft 1961 eine erste Situationsanalyse vor. Im Januar 1961 entschied Bundeskanzler Konrad

#### America's and Russia's head start

Biomedical space research had already established itself in the USA and the Soviet Union as early as the early 1970s. At that time, neither the Americans nor the Russians were concerned with the overall biomedical effects of weightlessness. Their interest focussed on securing ability of humans to survive in space and preserving their health and physical performance. The first two flights, undertaken by Yuri Gagarin in April 1961 and John Glenn in February 1962, had demonstrated that humans are able to survive a sojourn in space. Yet subsequent space missions revealed that astronauts are likely to be troubled by a number of health problems, especially space sickness. For this reason, medical projects that addressed these problems enjoyed top priority. After running a number of animal experiments as a preparation for human spaceflight missions – you may still remember the dog, Laika, on the Sputnik mission of November 1957 – both the USA and the Soviet Union brought other living beings into space very soon after that. For instance, plants got to take space trips on board Sputnik 4 and Discovery 17 as early as 1960.

In these early days, Americans and Russians had an enormous head start on Europe and Germany not only in terms of space technology but also in space research: the USA had access to space through its Mercury, Gemini, and Apollo programmes as well as its first space station, Skylab, while the Soviet Union had its Vostok, its Salyut space stations, and its re-entry satellites. Europeans and Germans, on the other hand, had no research opportunities at all.

#### Early space activities in science and politics

In post-war Germany, the organisational and programmatic foundations of space-based research simply did not exist. As early as 1960, however, science and politics began to address the issue: the German Research Foundation first analysed the situation in its 1961 'Memorandum on the status of space research'. In January 1961, Chancellor Konrad Adenauer decided to put all space-related activi-

Bundeskanzler Helmut Kohl und Michail Gorbatschow (Generalsekretär der KPDSU) treffen sich zusammen mit Delegationsmitgliedern zu Verhandlungen am 24. Oktober 1988 im Moskauer Kreml. Zu den Verhandlungen im Oktober gehört auch der deutsche Wunsch über den Flug eines deutschen Kosmonauten zur russischen Raumstation „MIR“, der 1992 in Erfüllung geht: Bundesforschungsminister Heinz Riesenhuber unterhält sich am 19. März 1992 per Videokonferenz vier Minuten lang mit dem deutschen Kosmonauten Klaus-Dietrich Flade.

Federal Chancellor Helmut Kohl and Mikhail Gorbachev (Secretary General of the Russian Communist Party) met with delegation members for negotiations at the Moscow Kremlin on 24 October 1988. The talks also addressed Germany's request to see a German cosmonaut fly to the Russian space station, MIR, a wish that was fulfilled in 1992: on March 19, 1992, Federal Minister of Research Heinz Riesenhuber talked to the German cosmonaut, Klaus-Dietrich Flade, in a four-minute video conference. (dpa)





Der deutsche Astronaut Ulf Merbold ist mit dabei, als am 28. November 1983 die Raumfähre Columbia zur 1. Spacelab-Mission aufbricht. In der Spacelab Mission Operations Control Facility am Marshall Space Flight Center (MSFC) werden die Spacelab-Missionen wissenschaftlich geleitet. Von hier aus können die Befehle direkt zu der Spacelab-Crew gesendet werden. Umgekehrt treffen hier alle wissenschaftlichen Daten der Experimente ein.

German astronaut Ulf Merbold was on board when the Columbia space shuttle set out on the 1st Spacelab mission on 28 November 1983. The scientific management of the Spacelab missions was handled by the spacelab mission operations control facility at the Marshall Space Flight Center (MSFC), where commands could be sent directly to the Spacelab crew and scientific data from all experiments were received. (NASA)



Adenauer, das Atomministerium – aus dem 1963 das Ministerium für wissenschaftliche Forschung hervorging – mit der Zuständigkeit für die Raumfahrt zu betrauen. Die Abteilung „Weltraumkunde, Raumflugforschung und -technik“ wurde gegründet, das Referat „Förderung der Forschung auf dem Gebiet der Weltraumkunde, Physik des Erdraums und irdischen Weltraums, Weltraumbiologie, Satellitenforschung“ sollte sich dabei um programmatische und wissenschaftliche Aspekte Gedanken machen. Ein erstes deutsches Weltraumprogramm wurde 1967 vorgelegt und von der Bundesregierung gezeichnet. Biowissenschaftliche Forschung wurde – wie auch im zweiten Weltraumprogramm von 1969 – allerdings nur ganz am Rande erwähnt.

Vor allem Spacelab als europäische Beteiligung am Shuttle-System brachte 1973 die biowissenschaftliche Weltraumforschung entscheidend voran. Deutschland übernahm bei diesem Projekt die Federführung, was eine Vielzahl weiterer Aufgaben nach sich zog: Die wissenschaftliche Nutzung musste vorbereitet, Wissenschaftler mussten für die Thematik interessiert und begleitende Maßnahmen eingeleitet werden. Expertengremien wurden eingeführt, um die Bundesregierung zu Chancen, Risiken und programmatischer Ausrichtung zu beraten. Spezielle Planungsgruppen für physikalische und biowissenschaftliche Raumfahrtforschung loteten die Möglichkeiten des Spacelabs aus. Zur Vorbereitung der Spacelab-Nutzung wurde zudem 1977 das Raketenprogramm TEXUS ins Leben gerufen.

### Steiniger Weg zum eigenständigen Programm

Trotz TEXUS und Spacelab wurde die Bedeutung der biowissenschaftlichen im Unterschied zur materialwissenschaftlichen Forschung unter Schwerelosigkeit lange verkannt. Noch im vierten Deutschen Weltraumprogramm von 1983 ist sie neben Astronomie, Astrophysik, Solarerterrestrischen Beziehungen, Geowissenschaften sowie der Erforschung physikalischer und physikalisch-chemischer Phänomene unter verminderter Schwerkraft als „Biologisch-medizinische Forschung im extraterrestrischen Raum“ ein eher unscheinbares Teilprogramm der extraterrestrischen Grundlagenforschung. Erst Ende der 1980er-Jahre wurde die Grundlage für ein eigenständiges Programm „Biowissenschaften“ gelegt: Für die drei Forschungsgebiete Biologie, Biologische Verfahrensweisen und Medizin erarbeiteten unabhängige Expertengremien Programmpapiere, die 1989 veröffentlicht wurden.

Zeitgleich wurde die Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA) als zentrale Managementorganisation gegründet. In diesen Dokumenten wurden die übergeordneten Themen und Forschungsfragen festgeschrieben und Möglichkeiten ihrer Bearbeitung diskutiert. In aktualisierter Form finden sich diese Leitlinien auch im derzeit gültigen Raumfahrtprogramm. Das bereits 1989 formulierte Ziel ist heute so aktuell wie zu Beginn: „Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse und Erschließung neuer Anwendungspotenziale durch biowissenschaftliche Forschung unter Weltraumbedingungen, vor allem unter Nutzung der Schwerelosigkeit“.

Manche der in den Anfängen aufgeworfenen wissenschaftlichen Fragen konnten inzwischen beantwortet werden, neue kommen hinzu. Exploratorische Langzeitmissionen zu Mond, Mars und anderen fernen Zielen werden in den nächsten Jahren und Jahrzehnten für die biowissenschaftliche Weltraumforschung zu einer neuen Herausforderung – doch davon mehr in den folgenden Teilen.

ties into the hands of what was then called the Atomministerium or Nuclear Research Ministry and later transformed into the Ministry of Scientific Research in 1963. Within that ministry, a ‘department of space studies, space flight research and technology’ was established, wherein a special ‘unit on research grants for space studies, the physics of far-Earth and near-Earth space, space biology, and satellite research’ was put in charge of exploring all the options from a programmatic and scientific point of view. Germany’s first space programme was presented in 1967 and countersigned by the Federal Government. Like the second space programme of 1996, however, it mentioned life sciences research only as an afterthought.

It was especially the European contribution to the shuttle system, Spacelab, which gave a crucial boost to space-based bioscience in 1973. The project was co-ordinated by Germany, entailing a host of other tasks: scientific exploitation had to be prepared, scientific interest in the subject had to be awakened and supporting measures initiated. Expert committees were convened to advise the Federal Government on opportunities, risks, and programmatic objectives. Special planning groups for physical and life sciences space research explored the options offered by Spacelab. In 1977, moreover, the TEXUS rocket programme was launched to prepare the utilisation of Spacelab.

### The stony path towards an independent programme

In spite of TEXUS and Spacelab, however, the true importance of microgravity research in life sciences as distinct from materials science was not appreciated for a long time. Even in the fourth German space programme of 1983, it appears rather unobtrusively next to astronomy, astrophysics, solar-terrestrial relations, geoscience, and the exploration of physical and physical-chemical phenomena in microgravity, as a sub-programme of extra-terrestrial basic research entitled ‘biological-medical research in extra-terrestrial space’. It was only in the late ‘80s that the foundations were laid for an autonomous life sciences programme: independent expert bodies developed programme papers for three research areas, biology, biotechnology, and medicine, which were published in 1989.

At the same time, the German Agency for Space Flight Affairs (DARA) was established as a central administrative agency. These programme papers defined a number of overarching issues and research questions and discussed ways and means of addressing them. An updated version of these guidelines can still be found in the present space programme. Formulated as early as 1989, the objective is as topical today as it was then: ‘To acquire scientific knowledge and develop new application potentials through biomedical research under space conditions, particularly in weightlessness’.

Some of the scientific questions raised in the early days have been answered by now, while others have been added to the list. In the years and decades to come, exploratory long-range missions to the Moon, Mars, and other remote destinations will confront life sciences research in space with new challenges – but more about that in the following instalments.

### Weshalb überhaupt biowissenschaftliche Forschung in Schwerelosigkeit?

Von einfachen physikalischen bis zu komplexen biologischen Systemen – die Gravitation beeinflusst fast alle Vorgänge auf unserer Erde: Gegenstände fallen zu Boden, Wasser fließt ins Tal, und Gasblasen treiben im kochenden Wasser nach oben. Bei vielen Vorgängen in Natur und Technik ist der Einfluss der Schwerkraft jedoch nicht direkt zu erkennen. So sind in der Evolution Schwerkraft und Leben auf unserem Planeten seit rund dreieinhalb Milliarden Jahren untrennbar miteinander verbunden. Auch unser eigenes Leben ist ein immerwährender Kampf mit der Schwerkraft – vom Laufenlernen eines Babys bis zu den Gebrechen des alten und kranken Menschen.

Um etwas über die Bedeutung der Schwerkraft zu erfahren, muss man sie verändern oder sogar ganz ausschalten – eben Forschung in Schwerelosigkeit betreiben. Auf der Erde lässt sich dies für kurze Zeit im Fallturm Bremen, auf Flugzeug-Parabelflügen oder Forschungsraketen realisieren. Ist länger andauernde Schwerelosigkeit für die Forschung notwendig, muss man in den Weltraum gehen und Satelliten oder die Internationale Raumstation ISS nutzen. Das DLR Raumfahrtmanagement bietet den Wissenschaftlern je nach der für ein Experiment benötigten Zeitdauer Zugang zu den entsprechenden Fluggelegenheiten und fördert diese Forschung. Zudem werden im Auftrag des DLR speziell für den Einsatz im Weltraum notwendige Geräte von der Raumfahrt-industrie entwickelt.

Die Forschung in Schwerelosigkeit ist von besonderem Interesse für die Medizin: Innerhalb weniger Wochen machen Astronauten im All körperliche Veränderungen durch, die mit dem Alterungsprozess des Menschen sehr gut vergleichbar sind. Dadurch können wir im Zeitraffer studieren, was sonst ein halbes Leben dauert. Darüber hinaus sind die Veränderungen bei Astronauten reversibel, so dass auch die Rückenpassung an die Schwerkraft auf der Erde untersucht werden kann.

Was die Astronauten an Bord der ISS erfahren, verändert unser Wissen um den menschlichen Körper. Dieses Wissen fließt zum einen in die Diagnostik und Therapie kranker Menschen ein, trägt zum anderen aber auch zur Erhaltung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Menschen in der mobilen – und immer älter werdenden – Gesellschaft bei. So führte Forschung unter Weltraumbedingungen bereits zu neuen Trainingsmethoden, zu Therapien für die Behandlung von Osteoporose oder zu Instrumenten beispielsweise zur Messung des Augeninnendrucks und der Augenbewegungen bei der Schielanalyse und der refraktiven Laserchirurgie.

### What is the rationale for life sciences research in weightlessness?

From simple physical to complex biological systems – gravity influences nearly everything that happens on our Earth: objects fall to the ground, water flows downhill, and gas bubbles rise in boiling water. At the same time, there are many natural and technical processes in which the influence of gravity is not immediately distinguishable. For three billion years and a half, the evolution of life on our planet has been inextricably interwoven with the force of gravity. Our own life, too, is spent in a permanent struggle against gravity, from babies learning to toddle to elderly and sick people suffering from aches and pains.

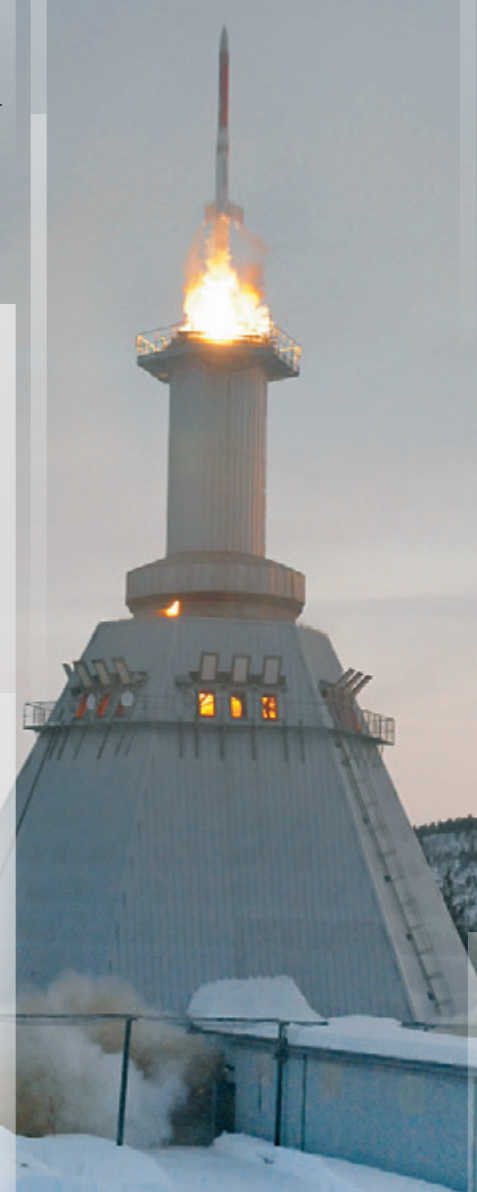
To learn about the role played by gravity, you need to change it or even eliminate it altogether, which means conducting research in weightlessness. On Earth, microgravity conditions may be realised for brief periods in the Bremen drop tower, in aircraft on a parabolic trajectory, or in research rockets. Whenever lengthier periods of weightlessness are needed, science must leave Earth behind and make use of satellites or the International Space Station (ISS). Depending on the length of time needed for your experiments, DLR’s Space Administration provides scientists with access to suitable flight opportunities and necessary research funding. In addition, DLR contracts space technology companies to develop special equipment needed for use in space.

Microgravity is of particular interest in medical research: within a few weeks, astronauts in space undergo physiological changes which closely resemble the human ageing process. This enables us to study processes in quick motion which normally take half a lifetime. What is more, the changes that astronauts undergo are reversible, so that we can also study their re-adaptation to gravity on Earth.

What happens to the astronauts on board the ISS is changing our knowledge about the human body. Besides entering into the diagnosis and treatment of the sick, such knowledge also helps to preserve people’s health and physical capacity in our mobility-dependent – and increasingly ageing – society. Thus, research under space conditions has already spawned new training methods, new therapies for osteoporosis, and new instruments used, for example, in measuring intraocular pressure, eye movement analysis in the diagnosis of strabismus, and refractive laser surgery.

1977 startete das Raketenprogramm TEXUS zur Vorbereitung des europäischen Weltraumlabs Spacelab.

In 1977, the TEXUS rocket programme was launched to pave the way for the European space laboratory, Spacelab.





## EnEx

### Dem Leben im Wasser des Enceladus auf der Spur

Von Dr. Oliver Funke und Prof. Bernd Dachwald

**Gibt es Leben unter dem Eispanzer des Enceladus? Die amerikanische Raumsonde Cassini konnte die Existenz von aktiven eisspeienden Spalten auf der Oberfläche des Enceladus nachweisen: Aus diesen sogenannten Kryovulkanen schießen riesige Wassereisfontänen ins All. Als Cassini durch diese Fontänen flog, entdeckte sie darin organische Verbindungen und damit eine Chance auf Leben. Sollten Europas Pläne für eine Enceladus-Mission Wirklichkeit werden, wollen deutsche Forscher diesen Wasservorkommen genauer auf Lebensspuren untersuchen. Die Idee für ein entsprechendes Verbundvorhaben mit dem Namen "EnEx – Enceladus Explorer", das mit dem Kick-Off am 22. Februar 2012 begonnen hat, wurde in der Abteilung Navigation des DLR Raumfahrtmanagements geboren, von der das Projekt auch geleitet und gefördert wird. Die technische Umsetzung der Ziele wird von einem Hochschulkonsortium unter Führung der FH Aachen umgesetzt, an der mit dem IceMole bereits ein geeigneter Instrumententräger zur Verfügung steht.**

## EnEx

### Probing for Life in the Water of Enceladus

By Dr Oliver Funke and Prof. Bernd Dachwald

**Is there life beneath Enceladus' icy armour? The American space probe Cassini has demonstrated that active fractures exist on the surface of Enceladus that spew out ice. Called cryovolcanoes, these fractures eject enormous jets of water ice into space. As it flew through these plumes, Cassini found that they contain organic compounds, a possible indicator of life. If Europe should be able to realise its plans for a mission to Enceladus, German researchers intend to examine the moon's water reservoirs more closely for traces of life. The idea for a joint project, launched under the name EnEx – Enceladus Explorer on February 22, 2012, was born in the navigation department of DLR Space Administration, which also directs and supports the project. The engineering of the project is handled by a consortium of universities headed by FH Aachen University of Applied Sciences, where a suitable instrument platform, called IceMole, is already available.**

**Wissenschaftler der FH Aachen haben den IceMole bereits auf dem Morteratschgletscher in der Schweiz getestet. Nachdem sie den Eismaulwurf in die Startvorrichtung gesetzt hatten, schmolz sich die Sonde in das Gletschereis.**

Scientists from the FH Aachen University of Applied Sciences have already tested the IceMole on the Morteratsch glacier in Switzerland. Having been placed in the start rig, the IceMole melted its way from there into the ice of the glacier. (FH Aachen, University of Applied Science)



Autoren: **Dr. Oliver Funke** ist seitens des DLR Raumfahrtmanagements der EnEx Projektmanager. Er leitet das Verbundvorhaben für den Zuwendungsgeber. **Prof. Bernd Dachwald** vom Institut für Luft- und Raumfahrttechnik der FH Aachen obliegt die wissenschaftliche Leitung des EnEx-Teams. Authors: **Dr Oliver Funke** is for the funding DLR Space Administration the EnEx project manager. **Prof. Bernd Dachwald** from FH Aachen University of Applied Sciences is project lead for the the EnEx technical team.

Die Suche nach extraterrestrischem Leben in unserem Sonnensystem ist eine der spannendsten Aufgaben der Raumfahrt. Doch die Wissenschaftler werden bei einer wie in EnEx skizzierten Mission gleich mit mehreren Problemen konfrontiert: Zum einen ist eine Landung direkt an einem Kryovulkan zu riskoreich. Zum anderen könnten mögliche Lebensspuren schon zerstört sein, sobald sie aus der Spalte hinausgeschleudert werden und den lebensfeindlichen Bedingungen des Weltraums ausgesetzt sind. Darum interessieren sich die Forscher für Proben aus der Tiefe.

### Eisvulkane auf dem Saturnmond

Der Kryovulkanismus des Saturnmondes wird – so die derzeitige Theorie – von flüssigem Wasser gespeist, das tief unter der Eisoberfläche in großen Reservoirs, womöglich sogar in einem riesigen Salzwasser-ozean, vorhanden ist. Das Wasser steigt durch Spalten und Risse im Eis bis zur Oberfläche auf, wo es explosionsartig verdampft und sofort gefriert. Die so entstehenden Eisfontänen können einige hundert Kilometer hoch schießen, bevor sich die Eispartikel langsam wieder auf die Mondoberfläche niederschlagen. Mikroorganismen, die sich in dem vermuteten Salzwasser unter dem Eispanzer des Enceladus entwickelt haben könnten und von dem durch die Eisspalten aufsteigenden Wasser mitgerissen werden, würden dies nicht überstehen: Sie würden an der Oberfläche zerplatzen, übrig blieben allein solche durch die Raumsonde Cassini nachgewiesenen organischen Verbindungen.

### Eissonde schmilzt sich durch den Eispanzer

Wissenschaftler wollen daher das aufsteigende Wasser analysieren, so lange es noch flüssig ist. Dazu haben deutsche Ingenieure den ersten Ansatz für eine technische Lösung bereits parat: Von einer Basisstation auf der Oberfläche des Enceladus soll sich eine Eisbohrsonde in etwa 100 bis 200 Meter Tiefe bis zu einer wasserführenden Spalte ins Eis schmelzen. Aus dieser soll dann direkt eine Wasserprobe entnommen und vor Ort auf Mikroorganismen untersucht werden.

Searching for extra-terrestrial life in our solar system is one of the most thrilling areas of space science. In missions like EnEx, however, scientists are up against a multitude of problems: first, landing in the immediate vicinity of a cryovolcano would be too risky. Second, possible traces of life are likely to be destroyed the moment they are ejected from a fracture and exposed to the hostile conditions of space. This is why researchers are interested in samples from deep down below the surface.

### Ice volcanoes on the Saturnian moon

According to current theory, Enceladus' cryovolcanism is fed by liquid water which exists deep below its icy surface in large reservoirs and possibly even in an enormous ocean of salt water. Rising through clefts and fissures in the ice, this water evaporates explosively as soon as it reaches the surface and freezes instantly. The resultant ice jets may rise as high as several hundred kilometres before the ice particles slowly settle on the moon's surface again. Any micro-organisms which may have developed in the salt water that is suspected below the icy shell of Enceladus, might be carried along in the flow of water rising through fissures would not survive the process, for they would burst at the surface, leaving behind only the organic compounds detected by the Cassini space probe.

### A probe melting its way through the icy shell

This is why scientists plan to analyse some of the rising water as long as it is liquid. German engineers have already developed an initial blueprint for a technical solution: proceeding from a base station at the surface of Enceladus, an ice drill probe is to melt its way to a water-filled fissure at a depth of about 100 to 200 metres. Once there, it will take a sample of liquid water that will be examined for micro-organisms on the spot.



Der Enceladus-Explorer, bestehend aus einer Basisstation zur Energieversorgung und der Eisbohrsonde IceMole (deutsch Eis-Maulwurf), landet dazu in sicherer Entfernung von einer aktiven Spalte. Der IceMole wird über ein aus der Sonde abgespultes Kabel mit Energie von der Station versorgt. Über dieses Verbindungskabel erfolgt auch die Kommunikation zwischen beiden Einheiten. Der IceMole schmilzt und bohrt sich zunächst diagonal in eine Tiefe von etwa hundert Metern in das Eis, um sich dann horizontal bis zu einer wasserführenden Spalte weiter vorzuarbeiten. Diese Manövrierfähigkeit macht den IceMole ebenso flexibel wie einzigartig: Im Gegensatz zu bisherigen Einschmelzsonden ist er durch eine hohle Eisschraube an der Spitze in beliebige Richtungen steuerbar.

#### Navigation mit Hindernissen

Doch wie findet die Sonde ihren Weg durch das Eis zur Spalte? Dafür wird ein ausgeklügeltes Navigationssystem benötigt. Allerdings ist dieses Unterfangen schwierig: Auf Enceladus funktioniert weder ein globales Navigationssystem, noch existieren sonstige von der Erde gewohnte externe Bezugspunkte, wie zum Beispiel ein ausgeprägtes und stabiles Magnetfeld. Im Eis ist auch eine klassische Navigation anhand der Gestirne ausgeschlossen. Trotzdem soll die Sonde auf dem Weg zum Wasser fortlaufend ihre Lage und Position bestimmen, den Abstand zum Ziel messen, einen optimalen Weg errechnen, dabei Reichweite und Energieaufwand mit in die Rechnung einbeziehen, diese Daten zur Oberflächenstation senden und außerdem noch Hindernissen im Eis, wie zum Beispiel Hohlräumen und eingeschlossenem Meteoritengestein, ausweichen.

Diese Herausforderungen soll der Eis-Maulwurf durch das Zusammenspiel verschiedener Sensoren lösen: Durch den Einsatz von Ultraschall erkennt IceMole Hindernisse wie zum Beispiel Hohlräume und kann diese auch vom eigentlichen Zielpunkt – einer wasserführenden Spalte – unterscheiden. Ein sogenanntes Pinger-System auf der Oberfläche sendet akustische Signale zu der Eissonde. Die unterschiedlichen Ankunftszeiten der gleichzeitig ausgesandten Signale werden gemessen und dann über eine Triangulation die Position bestimmt. Lage und Winkel des Schmelzkopfes werden in den Feldversuchen auf der Erde von zwei kleinen Messgeräten – einer sogenannten Inertial Measurement Unit (IMU) und einem differentiellen Magnetometer – permanent gemessen. Diese Sensoren sind die „Augen“ und „Ohren“ des Eis-Maulwurfs und lassen ihn durch das Gletschereis „sehen“ und „hören“. Die von diesen Sensoren gelieferten Daten werden in der Sonde selbstständig analysiert. Aufgrund dieser Analyse kann der IceMole dann eigenständig entscheiden, wie er zum Beispiel einem Hindernis ausweichen wird – autonome Navigation in seiner reinsten Form.

An dieser komplexen Navigationslösung arbeiten nun Wissenschaftler der Universität der Bundeswehr München, der TU Braunschweig, der FH Aachen, der RWTH Aachen, der BU Wuppertal und der Universität Bremen. Unter Federführung des Fachbereichs Luft- und Raumfahrt-technik der FH Aachen wird der IceMole gebaut und die Navigationsnutzlast eingesetzt. An der Universität der Bundeswehr München wird zudem ein Szenario für den späteren Einsatz auf Enceladus entwickelt.

#### Eis-Maulwurf im Gletschertest

Doch bevor sich der "Eis-Maulwurf" in das Eis des Saturnmondes bohren darf, wird er unter möglichst realistischen Bedingungen hier auf der Erde getestet. Durch das Eis des Morteratsch-Gletschers im schweizerischen Kanton Graubünden hat sich der IceMole schon erfolgreich geschmolzen. Dabei konnte er auch unter Beweis stellen, dass er einige Zentimeter starke Sandschichten durchdringen, Kurven fahren und sich sogar gegen die Schwerkraft nach oben schmelzen kann. Im April 2013 wird der Eis-Maulwurf weitestgehend selbstständig in das Eis des Matanuska-Gletschers in Alaska eindringen. Im Oktober bis Dezember 2013 geht es dann erstmals in die Antarktis: In den McMurdo Dry Valleys wird sich der IceMole durch die Eisschichten des Kanada-Gletschers schmelzen.

Ein Jahr später ist es dann so weit: In Zusammenarbeit mit einem von der National Science Foundation (NSF) geförderten, US-Wissenschaftsteam soll der Eis-Maulwurf als deutscher Beitrag in den Blood Falls des Taylor-Gletschers (ebenfalls in den McMurdo Dry Valleys) zu einem

Comprising a base station to supply power, and the IceMole probe to drill into the ice, the Enceladus Explorer will land at a safe distance from an active fracture. The base station supplies the IceMole with power through a cable that is reeled off from the probe, which also provides the link for communication between the two units. Initially, the IceMole will melt and drill its way diagonally to a depth of about hundred metres, after which it will proceed horizontally until it reaches a fracture that contains water. Because of its manoeuvrability, the IceMole is as flexible as it is unique: unlike conventional melting probes, it features a hollow ice screw at the tip by which it can be steered into any desired direction.

#### Tricky navigation

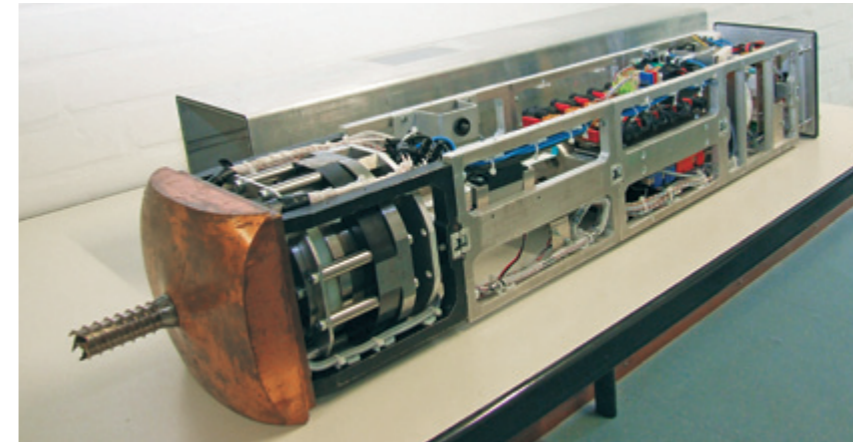
But how can the probe find its way to a fissure through the ice? That operation requires a sophisticated navigation system, which is a difficult undertaking on Enceladus: there is no global system of navigation satellites nor any of the other external points of reference we are used to on Earth, such as, for example, a strong and stable magnetic field. Under the ice, moreover, classical navigation by stars is out of the question, too. Yet the probe is supposed to determine its attitude and position continuously on its way to the water, measure the distance to its target, optimise its path under the constraints of its own range and energy reserves, send all these data to the station on the surface and, to cap it all, evade obstacles in the ice such as, for example, cavities and enclosed meteorite rocks.

The IceMole solves this problem with the aid of various interacting sensors: by using ultrasonics, the IceMole can detect obstacles such as cavities and distinguish them from its proper target, a water-bearing fracture. A so-called pinger system at the surface will transmit acoustic signals to the ice probe. As the signals will be emitted simultaneously, differences in signal delay can be measured and used to determine the probe's position by triangulation. In field tests on Earth, two small measuring devices, a so-called inertial measurement unit (IMU) and a differential magnetometer, serve to measure the attitude and angle of the melting head on a permanent basis. Acting as the 'eyes' and 'ears' of the IceMole, these sensors enable it to 'see' and 'hear' through the ice. As the data provided by the sensors are analysed by the probe itself, the IceMole is in a position to decide for itself how to evade an obstacle – autonomous navigation in its purest form.

Scientists from the University of the Armed Forces Munich, the Technical University of Braunschweig, the FH Aachen University of Applied Sciences, the RWTH Aachen University, the University of Wuppertal, and the University of Bremen are now working on a solution for this complex navigation task. The construction of the IceMole and the integration of the navigation payload are coordinated by the faculty of aerospace engineering of the FH Aachen University of Applied Sciences. Moreover, a scenario for its later use on Enceladus is being developed at the University of the Armed Forces Munich.

#### IceMole tests on terrestrial glaciers

However, before the IceMole will be allowed to drill down into the ice of Enceladus it is tested here on Earth under conditions that are as realistic as possible. The IceMole has already successfully melted its way through the ice of the Morteratsch glacier in the Swiss canton of Grisons. In this test, it proved its ability to penetrate layers of sand several centimetres thick, move in curves, and even melt its way upwards against the force of gravity. In April 2013, the IceMole will penetrate the ice of the Matanuska glacier in Alaska largely under autonomous control. From October to December 2013, the probe will stay in the Antarctic for the first time to melt its way through the icy layers of the Canada glacier in the McMurdo Dry Valleys. The final test will happen one year later: in a joint experiment conducted with a team of US-American scientists sponsored by the National Science Foundation (NSF), the IceMole will drill into the Blood Falls of the Taylor glacier (also in the McMurdo Dry Valleys) and penetrate to a sub-glacial lake that has been completely encapsulated by an ice layer for 1.5 to 2 million years in order to



In der rund 1,2 Meter langen Eisbohrsonde ist viel Technik auf engstem Raum untergebracht: Ultraschall, ein Empfangssensor für Pinger-Signale, eine kleine Inertial Measurement Units (IMU), zwölf Heizpatronen im Schmelzkopf und eine Kabelspule stecken in dem IceMole.

Around 1.2 meters long, the ice drill probe accommodates a lot of technology in a highly confined space: ultrasonics, a sensor to receive pinger signals, one small inertial measurement unit (IMU), twelve heating elements in one melting head, and one cable reel.

(FH Aachen, University of Applied Science)

Technische Daten des IceMole	
Schmelzgeschwindigkeit	circa 1 Meter pro Stunde
Heizelemente	12 am Schmelzkopf, 4 pro Wandseite
Schmelzleistung Kopf	maximal 2400 Watt
Schmelzleistung Seitenheizer	600 Watt
Leistung Schraubenmotor	25 Watt
Gewicht	circa 25 Kilogramm
Außenmaße	150 x 150 x circa 1200 Millimeter
Kurvenradius	< 10 Meter

Technical data of the IceMole	
Melt velocity	Approx. 1 metre per hour
Heating elements	12 on the melting head, 4 on each wall
Melting head power output	2400 watts maximum
Wall heater output power	600 watts
Screw motor power output	25 watts
Weight	Approx. 25 kilogrammes
Overall dimensions	150 x 150 x approx. 1200 millimetres
Curve radius	< 10 metres

See unterhalb des Gletschers vordringen. Dort wird erstmals in der Wissenschaftsgeschichte eine kontaminationsfreie Wasserprobe eines subglazialen Sees, der seit 1,5 bis zwei Millionen Jahren vollständig von einer Eisschicht eingeschlossen ist, entnommen.

#### Erste kontaminationsfreie Wasserprobe

Doch diese Aufgabe ist eine große Herausforderung: Kurz bevor der Eis-Maulwurf das flüssige Wasser erreicht, muss er dekontaminiert werden, damit keine mitgeschleppten Mikroorganismen die Messungen verfälschen und dem dortigen Ökosystem eventuell irreversible Schäden zufügen. Ein berühmtes Beispiel für Versuche, eine kontaminationsfreie Probe aus einem solchen See zu entnehmen, ist die Europa/Wostok-Initiative. In 3.700 bis 4.100 Metern Tiefe unter dem Eis der russischen Wostok-Station erstreckt sich der 250 Kilometer lange und 50 Kilometer breite Wostoksee. Mit diesen Ausmaßen und einer Wassertiefe von bis zu 1.200 Metern ist er der größte von mehr als 150 bisher bekannten subglazialen Seen, die sich unter dem Eisschild der Antarktis befinden, und sogar größer als der Bodensee.

Aufgrund der Ähnlichkeit dieses Sees mit dem vermuteten Meer unter dem Eispanzer des Jupitermondes Europa beteiligte sich auch das Jet Propulsion Laboratory im Auftrag der NASA mit der Planung einer Bohrsonde als Modell für eine zukünftige Europa-Mission. Bereits 1998 wurde ein Zeitplan verabschiedet: Die Mission sollte 2002 starten und 2003 Wasserproben liefern. Technische Probleme und die hohen Risiken einer möglichen Kontamination des Sees führten allerdings dazu, dass der Start des Projekts bis heute aufgeschoben wurde. Am 8. Februar diesen Jahres hat Russland dann das erfolgreiche Anzapfen des Wostoksees verkündet – allerdings ohne ausreichende Dekontaminationsmaßnahmen.

Für EnEx hingegen arbeiten nun Wissenschaftler der FH Aachen an Verfahren, die den IceMole kurz vor dem Eintauchen in einen subglazialen See erstmals vollständig dekontaminieren sollen. Wenn das gelingt und die Gletschertests erfolgreich verlaufen, hat sich die deutsche Eissonde für eine künftige ESA- und/oder NASA-Mission zu den polaren Eiskappen des Mars oder zum Saturnmond Enceladus empfohlen.

take the first completely uncontaminated sample of water in the history of science.

#### The first uncontaminated water sample

Yet this task comes with a great challenge: shortly before the IceMole reaches liquid water it needs to be decontaminated in order to keep any micro-organisms introduced from outside from corrupting measurements and doing possibly irreversible damage to the local ecosystem. A famous example of an attempt to take an uncontaminated sample from such a lake is the Europa/Vostok initiative. At a depth of 3,700 to 4,100 metres below the ice of the Russian Vostok station, Lake Vostok extends over 250 kilometres in length and 50 kilometres in width. These dimensions and a depth of up to 1,200 metres make it the largest of the more than 150 sub-glacial lakes under the Antarctic ice shield known so far, even larger than Lake Constance.

Because of the similarities between this lake and the sea suspected under the icy shell of the Jovian moon, Europa, the Jet Propulsion laboratory has been commissioned by NASA to draw up plans for a drill probe as a model for a future mission to Europa. The original schedule dates back to 1998: the mission was to take off in 2002 and supply water samples by 2003. However, technical problems and the high risk of contaminating the lake caused the launch of the project to be deferred, and it has not been resumed to this day. On February 8 of this year, Russia announced that Lake Vostok had been tapped successfully, albeit without adequate decontamination precautions.

Under the EnEx project, scientists of the FH Aachen University of Applied Sciences are now working on methods for completely decontaminating the IceMole shortly before it plunges into a sub-glacial lake. If they succeed, and if the preliminary field tests should be successfully completed, the German ice probe will have qualified for future ESA and/or NASA missions to the polar ice caps of Mars or the Saturnian moon Enceladus.



## Horizon 2020

Ausblick auf ein neues EU-Forschungsprogramm

Von Dr. Adrian Klein und Marc Jochemich

**Die Europäische Weltraumorganisation ESA gilt seit über 35 Jahren als Synonym für Raumfahrt in Europa. Doch seit einigen Jahren hat auch die Europäische Union die Raumfahrt für sich entdeckt. Mit Unterzeichnung des Lissabon-Vertrages im Dezember 2007 hat sie hierfür ein politisches Mandat erhalten. Als Ausdruck der Raumfahrtambitionen der EU wurde die Raumfahrtforschung im 7. EU-Forschungsrahmenprogramm fest verankert. Dieses Programm wird 2014 von „Horizon 2020“ abgelöst. Raumfahrt unter Horizon 2020 ist eines der Themen, das im Rahmen von Space<sup>EU</sup> – einer großen Veranstaltung zur europäischen Raumfahrt – vom 28. bis 29. Februar 2012 in Brüssel vorgestellt wurde.**

### Horizon 2020

The New EU Research Programme – a Preview

By Dr Adrian Klein and Marc Jochemich

**The European Space Agency ESA has long been perceived as a synonym for all European space activities. Yet, a few years ago the EU, too, discovered the space sector for itself, and received a political mandate to become involved in space in December 2007 when the Lisbon Treaty was signed. As an expression of its space interests, the EU firmly inscribed space research in its 7<sup>th</sup> Research Framework Programme. 2014, this will be replaced by a follow-up programme, Horizon 2020. Activities under Horizon 2020 were one of the themes discussed at Space<sup>EU</sup> – a major event on Space in Europe held in Brussels on February 28 and 29.**

**Die Europäische Kommission hat seit der Unterzeichnung des Lissabon-Vertrages ein politisches Mandat für Raumfahrt erhalten.**

When the Lisbon treaty was signed, the European Commission received a political mandate to engage in space activities. (EU)



Autoren: **Dr. Adrian Klein** und **Marc Jochemich** arbeiten in der Abteilung für EU-Angelegenheiten (RD-EU) im DLR Raumfahrtmanagement. Sie beobachten Raumfahrt-relevante Aspekte auf EU-Ebene. Diesbezüglich informieren und beraten sie deutsche Interessenten und Teilnehmer an EU-Projekten. Die Space<sup>EU</sup>-Veranstaltung wurde von beiden maßgeblich mitorganisiert.

Authors: **Dr Adrian Klein** and **Marc Jochemich** work for the DLR Space Administration's EU Affairs Unit. They deal with space related EU aspects. In this context, they inform and advise German clients and participants joining EU projects. The Space<sup>EU</sup> event has been substantially co-organised by them.

### Brücken bauen

Wer hat welche Aufgabe in der europäischen Raumfahrt? Mit dieser Kernfrage setzten sich über 450 Teilnehmer der Space<sup>EU</sup>-Veranstaltung aus 38 Ländern hauptsächlich auseinander. Europäische und nichteuropäische Raumfahrtakteure informierten sich über die Pläne der EU und der ESA, knüpften Kontakte und suchten Partner für zukünftige Projekte. Mitgliedsländer der EU und ESA präsentierten ihre nationalen Raumfahrtaktivitäten und -planungen. Große europäische Raumfahrtkonzerne stellten in Brüssel ihr Portfolio vor. Vertreter aus außereuropäischer Raumfahrtnationen wie USA, Russland, Japan und China berichteten über die Highlights ihrer Raumfahrtaktivitäten – insbesondere über Gebiete mit Kooperationsinteresse. Neben einem Konferenzprogramm und einer Ausstellung hatten die Teilnehmer Gelegenheit, bereits im Vorfeld über eine Spezialsoftware gezielte bilaterale Gespräche mit anderen Teilnehmern zu vereinbaren. Während der zwei hierfür angesetzten Veranstaltungsböcke fanden mehr als 350 Einzelgespräche statt. Sehr gefragt war auch die Möglichkeit, im Rahmen von dreiminütigen Kurzpräsentationen die eigenen Kompetenzen zu präsentieren. In einer speziell eingerichteten „KMU-Ecke“ konnten kleine und mittlere Unternehmen die Konferenzpausen nutzen, um kurze Vorträge über Produkte und Services zu halten. Durch diese vielfältigen Möglichkeiten wurden erste Zusammentreffen ermöglicht oder bestehende Kontakte vertieft. Auf dieser Basis können neue Kooperationen für zukünftige europäische Forschungsprojekte in der Raumfahrt entstehen.

### Forschungsförderung der EU im Bereich Raumfahrt

Nur noch bis 2013 läuft das 7. EU-Forschungsrahmenprogramm (7-FRP), das über sieben Jahre insgesamt rund 1,4 Milliarden Euro für Raumfahrt zur Verfügung stellt. Das Nachfolgeprogramm Horizon 2020 ist bereits in der Vorbereitungsphase. Horizon 2020 ist ein Forschungsprogramm, das mit einem 80-Milliarden-Euro-Budget von der EU ausgestattet werden soll und alle Forschungsbereiche fördert. Raumfahrt nimmt in diesem Programm eine „führende Rolle bei grundlegenden und industriellen Technologien“ ein und wird mit einem Budget von 1,7 Milliarden Euro über sieben Jahre gefördert. Doch in welche Richtung geht Horizon 2020? Der Entwurf der Europäischen Kommission legt dar, dass das Programm auf Exzellenz in der Wissenschaft abzielt, gesellschaftliche Herausforderungen angehen will und die Spitzenposition der Industrie sowie wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen sichern will. Projektförderung unter Horizon 2020 wird die gesamte Wertschöpfungskette abdecken: von der Idee bis zur Markteinführung. Die Themenpalette

### Building bridges

Who does what in the European space sector? This was the key question discussed by over 450 delegates from 38 countries attending the Space<sup>EU</sup> symposium. European and non-European space experts came to gather information about the EU's and ESA's plans, as well as to network and seek partners for future projects. EU and ESA member states presented their national space activities, both current and planned. In Brussels, major European space industry players had an opportunity to introduce their portfolio. Speakers from spacefaring nations outside Europe such as the USA, Russia, Japan and China, reported on some of the highlights of their space activities, especially in areas where they saw cooperation potential. Alongside the actual conference and exhibition schedule, a special networking software facility was provided that could be used by delegates to meet up with potential cooperation partners for specific bilateral conversations. Two periods on the conference schedule were set aside for the purpose, during which more than 350 face-to-face conversations took place. Another option offered that was very popular was a period for short three-minute presentations for participants to outline their particular skills. At the exhibition, some of the space was reserved for small and medium sized companies to make brief presentations introducing their products and services ('SME Corner'). A whole range of opportunities were offered for people to make first contacts, or foster existing ones, and think up new cooperation ventures on future European space research projects.

### The EU's policy on space research funding

The EU's Seventh Research Framework Programme (FP7) will continue until 2013, providing a total of about 1.4 billion euros for space activities over a period of seven years. Its follow-up programme, Horizon 2020, is already in its preparatory stage. Horizon 2020 is to receive a budget of 80 billion euros to be spread across all areas of research. Space, within that programme, is in the category 'leadership in enabling and industrial technologies' and funded with a budget of 1.7 billion euros over seven years. But where will Horizon 2020 be heading? The draft prepared by the European Commission states that the programme will go for scientific excellence, tackle societal challenges, help European industry to keep its position at the top, and provide a competitive overall setting for doing business. Project funding under Horizon 2020 will be spread along the entire value chain, from an initial idea to its eventual market launch. Space research is to encompass a whole range of areas such as



**Am 2. Februar 2012 trafen sich die irische EU-Kommissarin für Wissenschaft und Forschung, Maire Geoghegan-Quinn, und der dänische Bildungsminister, Morten Oestergaard, in der dänischen Hauptstadt Kopenhagen, um während des Treffens der Ministers for Competitiveness (COMPET) in einer Pressekonferenz das neue Forschungsprogramm Horizon 2020 vorzustellen.**

On February, 2, 2012, the Irish EU Commissioner for Research, Innovation and Science, Maire Geoghegan-Quinn, and the Danish Minister for Education, Morten Oestergaard, held a joint press conference at the Danish capital Copenhagen. They presented the new science programme Horizon 2020 during an informal meeting of Ministers for Competitiveness (COMPET). (Jens Noergaard Larsen/dpa/epa)



**Die Abteilung für EU-Angelegenheiten im DLR Raumfahrtmanagement ist zahlreich zur Space<sup>EU</sup>-Veranstaltung nach Brüssel gereist: Marc Jochemich, Brigitte Ulamec, Dr. Adrian Klein, Dr. Claudia Lindberg und Barbara Jimenez**

The EU affairs unit of DLR Space Administration travelled numerous to the Space<sup>EU</sup> event in Brussels: Marc Jochemich, Brigitte Ulamec, Dr Adrian Klein, Dr Claudia Lindberg, and Barbara Jimenez

**Dr. Gerd Gruppe, DLR-Vorstandsmitglied zuständig für das Raumfahrtmanagement, hat auf dem Space<sup>EU</sup>-Kongress für Netzwerke geworben. Im Gespräch mit dem Leiter Internationale Zusammenarbeit in der DLR-Abteilung Strategie und Internationale Beziehungen, Dr. Thomas Weißenberg, lotete er Chancen für internationale Zusammenarbeit mit neuen Partnern im Rahmen der EU-Förderprogramme aus.**

Dr Gerd Gruppe, member of the DLR Executive Board in charge of Space Administration, advocated networking at the Space<sup>EU</sup> congress. Talking to the head of international co-operation of the DLR department of strategy and international relations, Dr Thomas Weissenberg, he reviewed opportunities of international co-operation with new partners under the EU research funding programmes.



**EU- und ESA-Mitgliedstaaten im Vergleich**

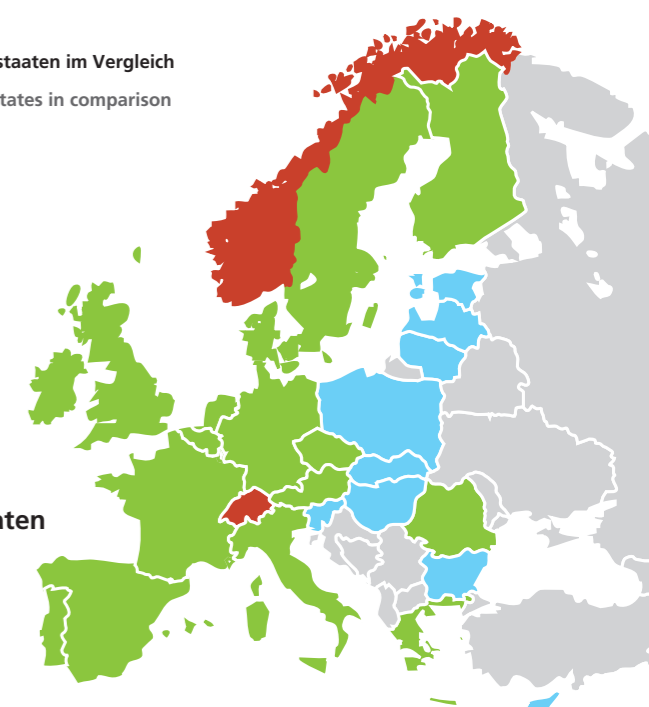
EU and ESA member states in comparison

**29 Mitgliedstaaten**

● ESA und EU

● ESA

● EU



in der Raumfahrt soll unter anderem Raumtransport, Satellitentechnik, Robotik, Instrumente und Sensoren umfassen. Auch das Prozessieren, die Validierung und Standardisierung von Daten europäischer Weltraummissionen, die strategische Planung von internationalen Weltraummissionen und Forschung unter Weltraumbedingungen können in neuen Programmen gefördert werden.

#### ESA und EU sind verschieden

Die ESA als zwischenstaatliche Organisation unterscheidet sich von der EU als Staatenbündnis hinsichtlich ihrer Mitgliedstaaten. Erstere ermöglicht sie auch größere Missionen, während die EU im Rahmen ihrer Forschungsprogramme vorwiegend kleinere Raumfahrtprojekte fördert. Zudem folgen beide Institutionen verschiedenen Vergabeprozessen. Die ESA vergibt ihre Projekte und Aufträge im optionalen Programm nach dem Mittelrückflussprinzip. So wird den einzahlenden Mitgliedern garantiert, dass entsprechend ihrem Beitrag der heimischen Industrie Aufträge zukommen. Die EU vergibt ihre Fördermittel nach dem Prinzip des freien Wettbewerbs. Neben den EU-Mitgliedstaaten können hier auch sogenannte assoziierte Staaten gleichberechtigt teilnehmen, die in die Forschungsrahmenprogramme einzahlen.

Im institutionellen Gefüge der Europäischen Union (EU) vertritt die Europäische Kommission (KOM) die allgemeinen Interessen der EU. Innerhalb der KOM übernimmt jeweils ein Kommissar die Zuständigkeit für einen Politikbereich. EU-Vizepräsident Antonio Tajani ist derzeit zuständig für die Raumfahrt. Die ihm zuarbeitende Generaldirektion „Unternehmen und Industrie“ mit dem Generaldirektor Daniel Calleja Crespo und dem Vize-Generaldirektor Paul Weissenberg befasst sich in sechs Abteilungen („Units“) mit der Raumfahrt: Raumfahrt Forschung und Entwicklung (H1), Raumfahrtspolitik (H2), GMES-Büro (H4) sowie drei für die EU-Satelliten-navigationsprogramme Galileo und EGNOS (GP/1 bis GP/3).

#### ESA und EU ergänzen sich und kooperieren

Die Zusammenarbeit von ESA und EU regelt seit 2004 ein Rahmenabkommen: Die ESA ist für Forschung und Entwicklung in der Raumfahrt zuständig, während die EU sich auf raumfahrtbasierte Anwendungen konzentrieren soll. Zudem wurde als gemeinsames Gremium der Weltraumrat eingeführt. Er besteht aus den für Raumfahrt zuständigen Ministern der ESA- beziehungsweise der EU-Mitgliedstaaten. Der Weltraumrat entwirft Leitlinien, Empfehlungen und Orientierungen, er verfügt über kein Mandat. Dem ESA-Ministerrat beziehungsweise dem EU-Ministerrat für Wettbewerbsfähigkeit – unterstützt durch die Ratsarbeitsgruppe Forschung und die „Space Working Party“ – werden Beschlussvorlagen geliefert. Vorbereitendes und beratendes Arbeitsgremium ist eine „High Level Space Policy Group“, aus Vertretern der ESA-Exekutive, der Europäischen Kommission sowie deren Mitgliedsstaaten. Obwohl der Europäischen Kommission das Vorschlagsrecht innerhalb der Gesetzgebung zufällt, werden Entscheidungen nicht ohne Zustimmung von

space transportation, satellite technology, robotics, instruments and sensors. The processing, validation and standardization of data from European space missions, strategic planning of international space missions and microgravity research also qualify for funding under the new research programmes.

#### ESA and the EU are not the same

ESA as an inter-state organisation differs from the EU which is a confederation of states in terms of its member states. Also, ESA can fund more extensive missions, whereas the EU within the framework of its research programmes funds predominantly projects of a smaller size. Moreover, the two institutions follow different contract awarding rules. ESA awards its projects and contracts as part of its optional programme according to the ‘geographical return’ principle. This is how it guarantees that contributing member states receive orders for their national industries in proportion to the contributions their governments pay. The EU awards it research grants under the principle of free competition. In addition to EU member states, contracts can also go to so-called associated states who make financial contributions to the framework programmes.

Within the institutional setup of the European Union (EU) the European Commission (COM) represents the general interest of the EU. Within the COM, each policy field is covered by one Commissioner. EU Vice President Antonio Tajani is currently in charge of space affairs. He is assisted by the Directorate General ‘Enterprise and Industry’ headed by Director General Daniel Calleja Crespo and Deputy Director General Paul Weissenberg. The Directorate has six Units covering space activities: Space Research and Development (H1), Space Policy (H2), the GMES Bureau (H4), and another three responsible for the European Union’s Satellite navigation programmes, Galileo and EGNOS (GP/1 through GP/3).

#### ESA and the EU combine their research efforts

Since 2004 a framework agreement has been in place to govern cooperation between ESA and the EU. Under its provisions, ESA is in charge of space-related research and development whereas the EU is to focus on space based applications. As a joint body for both, the Space Council was established. It consists of all national ministers in charge of space in their respective ESA or EU member states. The Space Council provides guidelines, recommendations and/or orientations. It has no mandate. Its resolutions are submitted as mere proposals to the ESA Council of Ministers or to the EU Competitiveness Council, supported by the Council Research Working Group and the ‘Space Working Party’. A ‘High-Level Space Policy Group’ is a preparatory and consultative body consisting of representatives of the ESA executive, the European Commission as well as of member states. Although the right of legislative initiative is with the European Commission, no decisions are taken without the consent of the EU Parliament and the

EU-Parlament und EU-Ministerrat getroffen. Zudem wird der Weltraumrat von einem gemeinsamen ESA-EU-Sekretariat unterstützt. Die wichtigsten Ergebnisse der bislang acht Weltraumräte sind die Annahme einer Europäischen Weltraumpolitik sowie die Festlegung von Galileo und GMES als prioritäre Projekte („flagship initiatives“).

#### Das DLR Raumfahrtmanagement und die EU

Das DLR Raumfahrtmanagement arbeitet den mit der Raumfahrt befassten EU-Ministerien zu. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) fördert und koordiniert die deutschen Raumfahrtaktivitäten auf nationaler wie europäischer Ebene. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) beteiligt sich an den Programmen Galileo/EGNOS und GMES. Für die Koordinierung der EU-Forschungsrahmenprogramme ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) verantwortlich. Die Abteilung für EU-Angelegenheiten (RD-EU) im DLR Raumfahrtmanagement beobachtet, informiert und berät über alle EU-raumfahrtrelevanten Aspekte.

Das Haupttätigkeitsfeld als Nationale Kontaktstelle (NKS) innerhalb der Abteilung für EU-Angelegenheiten ist die Unterstützung deutscher Interessenten und Teilnehmer an EU-Projekten. Zu den jährlichen EU-Ausschreibungen stellen europäische Konsortien Projektanträge. Dabei sind die Themen im Grundsatz durch ein Arbeitsprogramm vorgegeben, die Ausgestaltung obliegt jedoch den Antragstellern.

Im Gegensatz dazu gibt die ESA klare Vorgaben hinsichtlich der zu liefernden Projektergebnisse und Produkte. Eine Förderung aus EU-Programmen ist immer eine anteilige Zuwendung. Das heißt, das Konsortium muss eigene Ressourcen in das Projekt einbringen. Als Kontrollorgan zu den Teilprogrammen wurden Programmausschüsse eingeführt. Hier zeichnen Ländervertreter größere budgetäre, sowie programmatische Entscheidungen ab und entwickeln mit der Europäischen Kommission gemeinsam die jährlichen Arbeitsprogramme. In den Programmausschuss Raumfahrt begleiten EU-Experten vom DLR das BMWi. Auch bei der Vorbereitung von Horizon 2020 unterstützt die Abteilung das BMWi und BMBF in fachlichen Fragen und hilft bei der Erarbeitung der Raumfahrtinhalte für die Ratsarbeitsgruppe.

Seit 2008 leitet die EU-Abteilung des DLR das von der Europäischen Union geförderte Netzwerk der europäischen Nationalen Kontaktstellen (NKS) für Raumfahrt mit dem Namen COSMOS, das seit Mai 2012 als COSMOS+ fortgeführt wird. Teil der Aufgaben ist die Organisation der jährlichen, internationalen Informationstage zu den Veröffentlichungen der EU-Raumfahrt Ausschreibungen. Zudem können über ein Helpdesk Fragen zu Raumfahrtangelegenheiten in den aktuellen Forschungsförderungsprogrammen gestellt werden. Die Arbeit von COSMOS+ ergänzt das Unterstützungsangebot, das die NKS Raumfahrt deutschen Antragstellern im 7. Forschungsrahmenprogramm und künftig auch in Horizon 2020 bietet.

EU Council of Ministers. The Space Council is also supported by a joint ESA-EU secretariat. The key results of the eight Space Council meetings held so far are the adoption of a European space policy and the definition of Galileo and GMES as priority projects (also called ‘flagship initiatives’).

#### DLR Space Administration and the EU

The DLR Space Administration does some of the groundwork for the government departments involved in spaceflight activities. The Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) funds and coordinates German space activities both nationally and at the European level. The Federal Ministry of Transport, Housing and Urban Development (BMVBS) is to some extent involved in the Galileo/EGNOS and GMES programmes. The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is responsible for the coordination of activities under the EU Framework Research Programmes. The European Affairs Unit (RD-EU) within the DLR Space Administration observes, offers information and advice on any aspects of EU space activities.

The main activity of the European Affairs Unit is to act as National Contact Point (NCP) for researchers in Germany who are interested in, or already work on, an EU project in the Space theme. The EU annually invites European consortia to present their research proposals. Eligible research topics are in principle set out in a work programme, while the way in which the topics will be addressed is left to the applicants.

By way of contrast, ESA specifies exactly which project results and products it expects to be delivered. Funding provided under an EU programme is always on a cost-shared base, which means that a consortium has to contribute some of its own resources towards project funding. Programme Committees were introduced to keep track of all sub-programmes. In these committees, country representatives scrutinise any major budgetary and programme-related decisions and develop annual working programmes together with the European Commission. At the Space Programme Committee, the Federal Ministry of Economics and Technology is assisted by EU experts from DLR, which, incidentally, provides technical advice to the BMWi and the BMBF in the preparation of Horizon 2020, and in formulating space-related content to be dealt with by the Council Research Working Group.

Since 2008, DLR’s EU Affairs Unit has coordinated an EU-sponsored network of national contact points for space in Europe called COSMOS, to be continued under the name of COSMOS+ from May 2012. Amongst other matters the network organises annual international information events to facilitate the call for proposals for EU space research projects. COSMOS also operates a help-desk that will assist applicants with questions on current space research funding programmes. The work done by COSMOS+ complements the support offered by the National Contact Point Space to German applicants under FP7 as well as, in the future, under Horizon 2020.

# Berliner Protokoll

## Neues Kreditsicherungsinstrument für die Raumfahrt

Von Dr. Bernhard Schmidt-Tedd

Am 9. März 2012 wurde bei einer diplomatischen Konferenz in Berlin auf Einladung der Bundesregierung das Protokoll zu Vermögenswerten im Weltraum verabschiedet und zur Zeichnung aufgelegt. Das Berliner Protokoll ist nach den Protokollen zu Luftfahrzeugen und Eisenbahnen das dritte Finanzierungsinstrument zu hochwertigen Vermögensgegenständen des Kapstadt Übereinkommens („Protocol to the Cape Town Convention on Matters Specific to Space Assets“). Die im Weltsaal des Auswärtigen Amtes abgehaltene Konferenz führte damit einen langjährigen Ausarbeitungsprozess im Rahmen des Internationalen Instituts zur Vereinheitlichung des Privatrechts (UNIDROIT) zu einem gelungenen Abschluss. An der Verabschiedung waren 200 Teilnehmer aus über 40 Ländern beteiligt. Der diplomatischen Konferenz waren Verhandlungen im Rahmen von fünf Regierungsexperten-Konferenzen vorausgegangen, die das DLR von Beginn an unterstützt hat.

## The Berlin Protocol

### A New Loan Securing Facility for Space Assets

By Dr Bernhard Schmidt-Tedd

On March 9th, 2012, the Protocol on Space Assets was adopted and opened for signature at a diplomatic conference held in Berlin and hosted by the German government. The Berlin Protocol is the third financing facility of this kind following the Protocols to the Cape Town Convention on aircraft equipment and railway rolling stock. Its full title is 'Protocol to the Convention on International Interests in Mobile Equipment on Matters specific to Space Assets'. The conference which was held at the Foreign Office's 'Weltsaal' successfully concluded the work of several years led by the International Institute for the Unification of Private Law (UNIDROIT). 200 delegates from over 40 countries took part in the event. The Diplomatic Conference was preceded by five preparatory conferences during which the Protocol was negotiated at government expert level, supported by DLR from the beginning.

Mit der Verabschiedung des Berliner Protokolls wurde ein neues Kreditsicherungsinstrument für die Raumfahrt geschaffen, indem Sicherungsrechte an Weltraumgegenständen weltweit anerkannt und geschützt werden. Satelliten und Raumstationen sowie ihre Bestandteile können nun als werthaltige Kreditsicherheit verwendet werden. So wird die Sicherheit der Kredite verbessert wodurch die Finanzierungskosten sinken. Das Berliner Weltraumprotokoll ist die weltweit erste internationale Übereinkunft zum Privatrecht im Bereich der kommerziellen Raumfahrt.

The adoption of the Berlin Protocol marks the creation of a new credit securing facility in which the security interests of space assets are recognised and protected world-wide. Satellites and space stations as well as their components can now be used as loan collateral. This lowers the credit risk and thus helps reduce financing costs. The Berlin Space Protocol is the first ever international agreement on private law pertaining to the commercial space sector. (dpa/NASA)



Autor: Dr. Bernhard Schmidt-Tedd ist im DLR Raumfahrtmanagement zuständig für die Rechtsangelegenheiten und hat die Verhandlungen zum Weltraumprotokoll/Berliner Protokoll seit 1999 begleitet.

Author: Dr. Bernhard Schmidt-Tedd assisted with the negotiations leading up to the Berlin Protocol since 1999. At the DLR Space Administration he is responsible for legal affairs.

Das verabschiedete Protokoll sieht ein permanent zugängliches Online-Register vor, mit dem Sicherungsrechte an Weltraumgegenständen weltweit anerkannt und geschützt werden, um die Finanzierungen zu erleichtern. Das Weltraumprotokoll ist ein völkerrechtlicher Vertrag. Er passt die Regelungen der Kapstadt-Konvention – das „Übereinkommen über internationale Sicherungsrechte an hochwertigen beweglicher Ausrüstung“ – an die Besonderheiten von Weltraumvermögenswerten an und macht diese anwendbar. Im Jahr 2001 wurde zeitgleich mit der Basiskonvention das Luftfahrtprotokoll verabschiedet, das aufgrund seiner breiten Anwendung zum Erfolgsmodell geworden ist. In den ersten Anwendungsjahren wurden mehr als 300.000 Registrierungen vorgenommen und die Finanzierungskosten um bis zu 30 Prozent gesenkt. Seit dem Jahr 2007 besteht außerdem das Eisenbahnprotokoll, das demnächst in Kraft treten soll.

### Diskussionen um Marktöffnung

Die Verhandlungen waren nicht frei von Grundsatzdiskussionen. Die großen Satellitenbetreiber, die ursprünglich das Weltraumprotokoll angestoßen hatten, distanzieren sich in der Endphase der Verhandlungen hiervon. In einzelnen Ländern fanden entsprechende Positionsbestimmungen – orientiert an den großen Satellitenbetreibern und der bisherigen Finanzierungspraxis – statt. Deutschland entschied sich trotz dieser Interventionen mit seiner Einladung zur diplomatischen Konferenz eindeutig für eine Marktöffnung und konnte hierbei auf den Rückhalt der deutschen Industrie bauen. Das Auswärtige Amt, das Bundesministerium der Justiz und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie griffen diesen Aspekt in ihren Eröffnungserklärungen auf.

Das neue Finanzierungsinstrument ist eine Zusatzoption und schließt die Fortführung bisheriger, projektbasierter Finanzierungen nicht aus. Die Unterstützung für den erfolgreichen Abschluss der Verhandlungen kam unter anderem von China, Russland, Indien, Japan, Brasilien, Saudi Arabien, Südkorea und einer Reihe afrikanische Staaten. Gerade das Interesse der Schwellenländer unterstrich die Erwartung an ein

The final Protocol provides for a permanently accessible online register in which the security interest of registered space assets is protected world-wide to facilitate its financing. The Protocol to the Convention on International Interests in Mobile Equipment on Matters specific to Space Assets is an international agreement. It extends the provisions of the 'Cape Town Convention on International Interests in Mobile Equipment' to include the specific aspects of space assets. The agreement is modelled after the Aircraft Equipment Protocol, which was signed alongside the basic Convention in 2001 and has been widely applied since then with great success. During its first years more than 300,000 registrations were carried out, which has lowered financing expenditures by 30 per cent. The Protocol on Railway Rolling Stock drafted in 2007 will soon enter into force, too.

### Disagreement on market principles

Negotiations were not entirely free from discussions on principles. Large satellite operators who had originally initiated the Space Equipment Protocol distanced themselves from it in the final phase of negotiations. Some countries reviewed their positions, falling in line with that of major satellite operators and financiers. Despite these interventions, Germany, the host of the Diplomatic Conference, made the case for an opening up of the market, and was supported by German industry. The Foreign Office, The Federal Ministry of Justice and the Federal Ministry of Economics and Technology made reference to that aspect in their opening remarks.

The new financing facility is intended as an additional option to the current system of project related financing, which it does not rule out. Besides the European states a wide range of countries had supported the final outcome of the negotiations, including China, Russia, India, Japan, Brazil, Saudi Arabia, South Korea and a number of African states. The high level of support from emerging economies



Das Berliner Protokoll muss von zehn Staaten ratifiziert werden, um in Kraft zu treten.

The Berlin Protocol must be ratified by ten states before entering into force. (Auswärtiges Amt)



Die UNIDROIT-Konferenzteilnehmer trafen sich vom 27. Februar bis zum 9. März 2012 in Berlin.

The participants of the UNIDROIT conference met in Berlin from February 27 until March 9, 2012. (Auswärtiges Amt)

marktförderndes Potenzial dieser Finanzierungsoption. China unterstrich das Interesse ihres Industrie- und Finanzsektors. Eine Resolution der Abschlussakte (Final Act) der Konferenz fordert die beteiligten Institutionen zu angemessenen Rabatten für die Nutzer des Finanzierungsinstrumentariums auf.

#### Am Vermögenswert orientieren

Hauptanliegen des Berliner Protokolls ist es, ein neues, objektbezogenes Finanzierungsinstrument zur Verfügung zu stellen, das sich am Vermögenswert orientiert. Dieser Gedanke steht in Konkurrenz zu heutigen projektbezogenen Finanzierungsmethoden, die auf das Geschäftsmodell als solches abzielen und hierbei eine vertragliche Absicherung formulieren. Das neue Finanzierungsinstrument ermöglicht es, einzelne Nutzlasten und Komponenten mit einzubeziehen und damit auch begrenzten Investitionen eine Finanzierungschance zu geben.

#### Weltraumrecht im Rahmen der Weltraumstrategie

In der 2010 von der Bundesregierung verabschiedeten Raumfahrtstrategie mit dem Titel „Für eine zukunftsfähige deutsche Raum-

highlights the expectation for this financing concept to have some market enhancing potential. China emphasized the interest of its industrial and financial sectors. A resolution in the Final Act calls upon participating institutions to offer adequate rebates to users of this financing facility.

#### Asset-based financing

The main purpose of the Berlin Protocol was to create a new financing facility that is asset value related. The new concept differs from the current practice of project-based of financing where collateral provision is contractually laid down as part of the individual business model. The new credit facility makes it possible to make separate arrangements for individual payloads and components, thus giving more limited investments a chance to obtain financing, too.

#### Space law, a part of space strategy

A large part of the German governments space strategy adopted in 2010 under the title 'Making Germany's Space Sector Fit for the Future' is dedicated to the opening up of new markets. Commer-

„Das Berliner Weltraumprotokoll wird der Raumfahrtindustrie ein neues innovatives Finanzierungsinstrument zur Verfügung stellen. Nationale Sicherungen wie Pfandrecht oder Eigentumsvorbehalt greifen oft zu kurz, weil sie in anderen Ländern nicht anerkannt werden. Das neue Sicherungsrecht wird in ein internationales Register eingetragen und gilt grenzüberschreitend. Finanzierer, Kreditnehmer und Hersteller profitieren. Bei Flugzeugen wird das internationale Sicherungsrecht bereits seit 2006 mit großem Erfolg genutzt. Das Berliner Protokoll weitet das internationale Sicherungsrecht auf Satelliten und Raumstationen aus“, sagte Bundesjustizministerin Sabine Leutheusser-Schnarrenberger.

'The Berlin Space Protocol will provide the space industry with a new innovative financing instrument. National credit security provisions such as liens or rights of retention often do not go far enough since they are not recognized in other countries. The new security interest will be entered into an international register and has international validity. Financiers, debtors and manufacturers stand to benefit in equal measure. In the aircraft industry, a registered international interest has been practiced with great success since 2006. The Berlin Protocol extends the practice to include satellites and space stations', said Federal Minister of Justice Sabine Leutheusser-Schnarrenberger.

fahrt“ nimmt die Erschließung neuer Märkte einen großen Raum ein. Anwendungsorientierte Aktivitäten im Weltraum auf kommerzieller Basis sollen zu erhöhtem Wohlstand und Wachstum beitragen. Die notwendigen privatwirtschaftlichen Investitionen in Weltraumaktivitäten erfordern Planungssicherheit und einen verlässlichen Rechtsrahmen. Innovationen brauchen auch auf der rechtlichen Seite angepasste, flexible Instrumentarien: Das Berliner Protokoll macht ein internationales Sicherungsrecht an unterschiedlichsten Weltraumgegenständen möglich und ist auf kreative künftige Entwicklungen zugeschnitten. Dadurch wird gerade auch kleinen und mittleren Unternehmen sowie Neueinsteigern der Markteintritt erheblich erleichtert. In den Schwellen- und Entwicklungsländern befinden sich diese Wachstumsmärkte derzeit in vielen Bereichen im Aufbau und sind für Deutschland bei der Weltraumkooperation und Anwendungsmärkten von besonderem Interesse.

Das DLR hat die langwierigen Arbeiten am Weltraumprotokoll unterstützt. In die Regierungsexperten-Konferenzen zur Ausarbeitung des Protokolls brachte das DLR Raumfahrtmanagement seine langjährige Erfahrung zu Fragen des Weltraumrechts ein. Bei der diplomatischen Konferenz in Berlin unterstützte es die beteiligten Ressorts, bei der Organisation und Durchführung der Konferenz.

Das Berliner Protokoll hat auch Bedeutung für die Entwicklung des Weltraumrechts. Mit dem Protokoll über Weltraumvermögenswerte ist es nach 30 Jahren erstmals gelungen, einen neuen internationalen Vertragstext zur Zeichnung aufzulegen. Nach den beiden aktiven ersten Jahrzehnten, in denen der Weltraumvertrag (1967) und die vier speziellen Übereinkommen zu Rettung (1968), Haftung (1972), Registrierung (1975) und Mond (1979) entstanden, war es in den Folgejahren auf internationale Ebene nur noch möglich, sogenannte Soft Law Instrumente durchzusetzen. Das sind UN-Resolutionen, die nicht die Verbindlichkeit eines völkerrechtlichen Vertrages erreichen. Das Protokoll über Weltraumvermögenswerte ist zudem ein zivilrechtliches Instrumentarium, welches erstmals der zunehmenden Bedeutung von privaten Investitionen im Weltraum Rechnung trägt. Dies war in doppelter Hinsicht eine Herausforderung: Neben der Formulierung des zivilrechtlichen Inhalts galt es darüber hinaus sicherzustellen, dass kein Konflikt mit vorrangigen völkerrechtlichen Vorschriften entstand. Eine Besonderheit liegt in der Staatenverantwortung für private Aktivitäten im Weltraum. Ein Eigentumsübergang im Verwertungsfall darf daher die völkerrechtliche Lizenzierungsseite nicht außer Betracht lassen.

Das Berliner Protokoll tritt nach Eingang von zehn Ratifikationen in Kraft. Die vergleichsweise hohe Zahl ist dem diskussionsreichen Verhandlungsverlauf geschuldet. Entscheidend für die operative Umsetzung ist die Bestimmung der Aufsichtsbehörde (Supervisory Authority) und die Errichtung des Registers (International Registry). UNIDROIT hatte im diesjährigen Rechtsunterausschuss des Weltraumausschusses der Vereinten Nationen in Wien Gelegenheit, über den erfolgreichen Abschluss und die Umsetzungsschritte zu berichten.

cial, application oriented activities in space are seen as a contribution to greater wealth and growth. For the necessary private investments to go forward, planning certainty and a reliable legal framework are of the essence. Innovation needs flexible instruments, also on the legal side of things: The Berlin Protocol makes it possible to declare an 'international security interest' on a whole range of space assets and is geared to embrace any creative future developments. This will make business easier for small and medium sized enterprises and new market entrants, too. In the emerging economies and in developing countries, growth markets are beginning to materialise in many of these sectors. They are of particular interest to Germany in terms of cooperation on space applications.

Over a long period of time, DLR has supported the work on the Space Protocol. DLR Space Administration contributed its space-law experience of many years to the preparatory work of the Committee of Governmental Experts. At the Diplomatic Conference in Berlin it supported the participating ministries in organising and holding the event.

The Berlin Protocol will also have consequences for the development of new space law. The Protocol on Space Assets is the first international treaty in 30 years being drafted and signed. After two very active first decades which saw the adoption of the Outer Space Treaty (1967) and the four specific agreements, the Convention on the Rescue of Astronauts (1968), Liability Convention (1972), Agreement on Registering Space Objects (1975) and the Moon Treaty (1979), a period followed in which only so-called Soft Law Instruments could be adopted at an international level. These are UN Resolutions which do not reach the stage of becoming legally binding like an international treaty. Moreover, the Protocol on Space Assets is also an instrument under civil law, in that, for the first time, it recognizes the increasing importance of private investments in the space sector. Its authors were facing a two-pronged challenge at that time: in addition to formulating civil law content, it had to be ensured that no International Law provisions were violated, which take precedence over civil law. What also makes this effort special is the fact that states take responsibility for private activities in space. In the event of a default, the repossession procedure must therefore not leave out of consideration the license situation under international law.

The Berlin Protocol will enter into force once ten ratifications have been received. This relatively high number is to be explained by the controversial nature of the negotiations. Operationally, the process will be complete when a Supervisory Authority has been set up and the International Registry itself has been created. UNIDROIT reported on the successful conclusion of the protocol and its implementation process at this year's meeting of the Legal Subcommittee of the UN Committee on the Peaceful Use of Outer Space in Vienna.



Bereits vor elf Jahren – vom 29. bis 31. Mai 2001 – trafen sich mehr als 150 führende in- und ausländische Rechtswissenschaftler sowie Praktiker aus Raumfahrtagenturen und der internationalen Wirtschaft in Köln, um das Weltraumrecht zur kommerziellen Weltraumnutzung voranzubringen. Mit der Zeichnung des Berliner Protokolls ist nun der Durchbruch gelungen.

Negotiations began as early as eleven years ago, on May 29 – 31, 2001, when more than 150 leading lawyers and experts from space agencies and the international space industry met in Cologne to forge new international law on the commercial use of space. The recent adoption of the Berlin Protocol marks a final breakthrough. (Jörg Carstensen/dpa)

(Thomas Köhler/Deutscher Bundestag)



Die Hochstabile Ka-Band Top Deck Antenne der Firma HPS GmbH wird einem RF-Test unterzogen.

HPS high-stability Ka-band top deck antenna undergoing an RF trial (HPS GmbH)

## KMU

### Entwicklung der Industriestruktur in der Raumfahrt

Von Uwe Soltau

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

## SMEs

### Structural Evolution of the Space Industry

By Uwe Soltau

Thinking of space programmes in Germany such as the Columbus laboratory on the International Space Station, or the TerraSAR-X TanDEM-X and Galileo satellite missions, the names that immediately spring to mind are those of the big firms, EADS Astrium and OHB AG. Yet these two players are not alone in the space sector. Big missions would not be possible without small and medium sized businesses – or, for short, SMEs – sending innumerable parts down the main contractor's supply chain. The voice of these firms in Germany is a group called AKRK (Arbeitskreis Raumfahrt KMU, or SME Working Group on Space Technology). The body aims to ensure that small German space industry suppliers get a fair share of business out of German, ESA and EU space programmes and helps them become more competitive within the sector. It operates under the 'aid for self-help' principle and awards no long-term subsidies. This series of articles will present 30 SMEs and the part they play in DLR projects.



Autor: **Uwe Soltau** ist KMU-Beauftragter des DLR Raumfahrtmanagements. Dort arbeitet er in der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik.  
Author: **Uwe Soltau** is the SME officer in the Space Strategy and Programme department of the DLR Space Administration.

Große Raumfahrtmissionen benötigen eine Projektleitung und die Wahrnehmung der Programmanforderungen und -risiken. Dieser Herausforderung sind im Wesentlichen nur große Unternehmen gewachsen. Die Raumfahrtunternehmen stellen sich dem Wettbewerb und sind dabei ständigen Veränderungen unterworfen. Die Folge: Unternehmen schließen sich zu großen Konzernen zusammen. Beispiele hierfür sind die europäischen Unternehmen EADS Astrium und Thales Alenia Space. Mit der Stärkung der globalen Wettbewerbsfähigkeit durch den Zusammenschluss europäischer Systemunternehmen gehen aber auch Nachteile einher: Durch wenige große Systemunternehmen wird sowohl der Wettbewerb innerhalb der europäischen und nationalen Weltraumprogramme erschwert als auch die Zulieferer einem verstärkten Wettbewerb und erhöhten Kostendruck ausgesetzt.

Als wichtige Zulieferer für Subsysteme und aufgrund eines breiten Angebotes an vielschichtigen Produkten und Leistungen sind kleinere Unternehmen in der Raumfahrt jedoch unverzichtbar. Das Spektrum der Zulieferer umfasst KMU mit bis zu 249 Beschäftigten und einem Umsatz von bis zu 50 Millionen Euro, aber auch Großunternehmen und deren Töchter.

Die Konzentration im Raumfahrtgeschäft gipfelte im Jahr 2000 im Zusammenschluss großer europäischer Unternehmen zum heutigen Raumfahrtkonzern EADS Astrium. Die starke wirtschaftliche Konzen-

Large-scale space missions require a main contractor to oversee the project and carry the entrepreneurial risk, a challenge that generally only large companies can meet. To face up to this competition space companies must be prepared for continuous change. A consequence is that firms join to form larger groups of companies, two examples being the European companies EADS Astrium and Thales Alenia Space. However, the additional global competitiveness comes with a number of disadvantages: the existence of only few Large System Integrators reduce competition both within European and national space programmes.

On the other hand, with fewer systems providers left on the market to place orders with smaller suppliers, SMEs face ever greater cost pressure and competition amongst themselves. Yet, being suppliers of important sub-systems and of a wide range of multiple products and services, many of these small companies in the space sector have become indispensable. The sizes of suppliers range SMEs up to 249 employees and annual sales of up to 50 million euros, but also much bigger companies with several subsidiaries.

The process of mergers reached its zenith in the year 2000 when several European companies were merged to form today's space enterprise EADS Astrium. The high concentration of business power with a high depth of vertical integration in manufacturing forced the public authorities to take measures to restore the equilibrium, aim-



Die Mitglieder des AKRK treffen sich regelmäßig im DLR Raumfahrtmanagement.

AKRK members meet regularly at the DLR Space Administration.

tration einschließlich der Beibehaltung einer hohen Eigenfertigung (vertikale Integrationstiefe) zwang die öffentliche Hand zum ausgleichenden Eingriff: Im Interesse der öffentlichen Hand mußte eine ausgewogene Industriestruktur unter Beteiligung aller Wirtschaftsakteure weiter sichergestellt werden. Die Geburtsstunde des AKRK als Partner für die KMU war gekommen.

#### KMU als gleichberechtigte Partner – ein Rückblick

Das Ziel des Arbeitskreises ist es, die Einbindung deutscher KMU in den Raumfahrtprogrammen Deutschlands, der ESA und der EU zu verbessern sowie ihre Wettbewerbsfähigkeit im industriellen Umfeld zu stärken. Er erhöht die Transparenz und den Zugang zu Informationen über die Raumfahrtspolitik der Bundesregierung sowie über Raumfahrtprogramme und Strategien des DLR, der ESA und der EU. Die Zusammenarbeit von KMU mit anderen Unternehmen sowie DLR-Einrichtungen anzuregen ist ein weiterer Schwerpunkt – unter anderem durch Informationsveranstaltungen. Hierzu gehören auch die jährlich veranstalteten Raumfahrttechnologietage (RFTT) und Raumfahrtindustrietage (RFIT), die zu einem breiten Erfahrungsaustausch und besserer Vernetzung der Partner führen. Der Arbeitskreis trägt dazu bei, sowohl das DLR Raumfahrtmanagement als auch die Politik über die KMU-spezifischen Interessen zu informieren und Entwicklungen in der Industrie im Sinne eines ausbalancierten Ansatzes zwischen den verschiedenen Unternehmen zu begleiten.

#### Der Arbeitskreis Raumfahrt KMU heute

Über die Jahre ist der AKRK zu einem etablierten Gremium in der Raumfahrtgemeinde geworden. Immer mehr KMU beteiligen sich aktiv. Heute sind 30 Unternehmen im Arbeitskreis vertreten, der sich als Interessensvertretung aus Mitgliedern und ständigen Teilnehmern zusammensetzt. Mitglied kann jedes Raumfahrt-KMU in Deutschland werden, das sich schriftlich beim KMU-Beauftragten des DLR Raumfahrtmanagements angemeldet hat. Der AKRK erhebt keine Beiträge und verfügt über keine Finanzmittel. Neben den

ing to foster a balanced industry structure in which all players could continue to play their part. This was when AKRK came on to the scene as a partner for the SMEs.

#### SMEs as partners at eye level – a retrospect

The Working Group aims to improve the German SMEs' share of business in Germany's, ESA's and the EU's space programmes as well as strengthening their overall industrial competitiveness. It works to sustain transparency and equal access to information on the Federal Government's space policy as well as on DLR's, ESA's and the EU's space programmes and strategies. By hosting information meetings and other networking opportunities it seeks to encourage cooperation both among SMEs and with DLR institutes. These events include the annual Space Technology Days (RFTT) and the Space Industry Days (RFIT), both of which bring potential industry partners together. AKRK helps to keep both the DLR Space Administration and government informed on the SME's specific concerns while assisting developments within the space sector by maintaining a balanced mix of the various types of firms.

#### The Working Group today

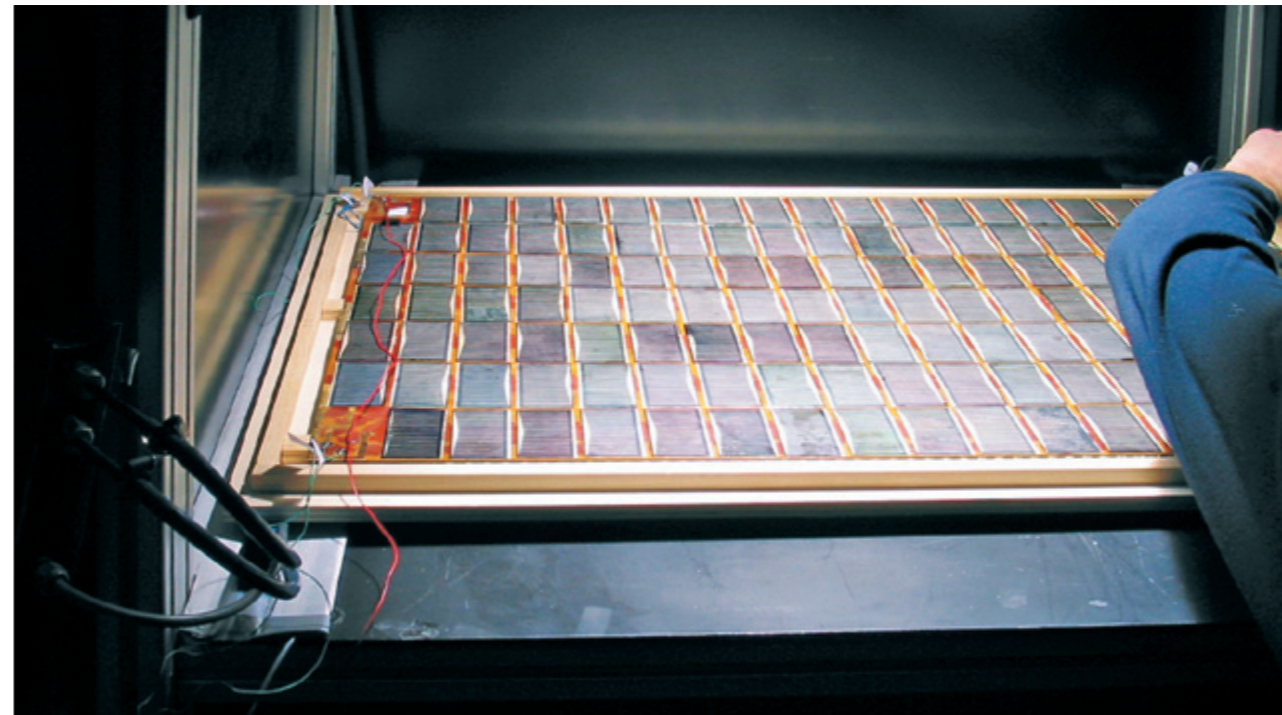
Over the years, the AKRK has established itself as a well-known organisation within the space community. More and more SMEs have become active members. Today the group represents the interests of 30 firms, and consists of both ordinary members and permanent representatives. Membership is open for all German SMEs working in the space industry after registering in writing with the SME commissioner at the DLR Space Administration. AKRK does not levy

KMU-Mitgliedern nehmen als ständige Teilnehmer Vertreter des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und des DLR Raumfahrtmanagements an den Veranstaltungen teil. Alle zwei Jahre werden Sprecherin und Stellvertreterin neu gewählt. Im November 2011 wurde als Sprecherin Frau Dr. Hanna von Hoerner (von Hoerner & Sulger GmbH) und als stellvertretender Sprecher Herr Sdunnus (etamax space GmbH) wiedergewählt.

Im AKRK werden gemeinsame Themen sowie Lösungen und Empfehlungen diskutiert und erarbeitet. In Arbeitsgruppen werden Beiträge zu raumfahrtpolitischen Dokumenten regelmäßig gegenüber Externen kommentiert, da zu ausgewählten Themen von AKRK-Sitzungen auch Gäste eingeladen werden. Der AKRK tagt in der Regel in Verbindung mit der Vorbereitungssitzung des DLR mit der Industrie für das Industrial Policy Committee (IPC) der ESA beim Raumfahrtmanagement in Bonn.

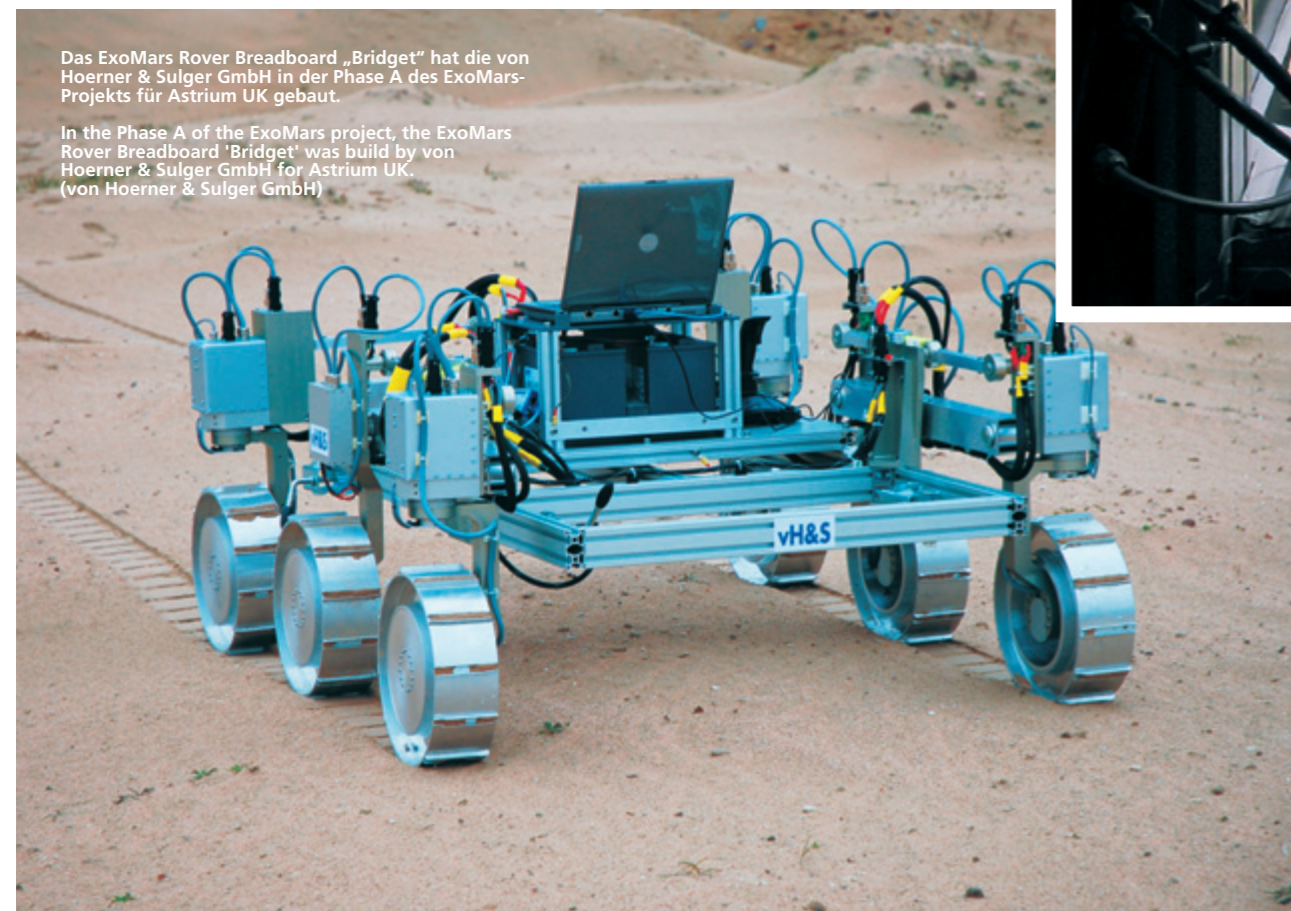
any membership fees and has no funds of its own. Its meetings are attended by members and by a number of permanent representatives from the Ministry of Economics (BMWi) and DLR Space Administration. Spokespersons and their deputies are elected every two years. In November 2011 Ms Dr. Hanna von Hoerner (von Hoerner & Sulger GmbH) was re-elected as spokesperson and Mr Sdunnus (etamax space GmbH) as her deputy.

The AKRK Working Group discusses topics of common interest and develops solutions and recommendations. Since some working group meetings on specific selected subjects are also attended by invited guests, they can also be used as opportunities to make the group's position on space policy known to an external audience. The AKRK as a rule meets on the date of the preparatory meeting held by DLR and industry in the run-up to the Industrial Policy Committee (IPC) of ESA. Meetings are hosted by DLR Space Administration in Bonn, Germany.



Ein Dünnschicht-Solar-Panel wird bei der Firma Hoch Technologie Systeme GmbH einem Belichtungstest unterzogen.

A UV exposure test performed on a thin-film solar panel made by Hoch Technologie Systeme GmbH (HPS GmbH)



Das ExoMars Rover Breadboard „Bridget“ hat die von Hoerner & Sulger GmbH in der Phase A des ExoMars-Projekts für Astrium UK gebaut.

In the Phase A of the ExoMars project, the ExoMars Rover Breadboard 'Bridget' was built by von Hoerner & Sulger GmbH for Astrium UK. (von Hoerner & Sulger GmbH)

#### KMU-Mitglieder des AKRK (Stand 1. Februar 2012) SME members of the AKRK (Last update February 1, 2012)

- Advanced Space Power (ASP) Equipment GmbH
- alpha-board GmbH
- ALROUND e. V.
- Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH
- BSSE System and Software Engineering
- Consaro GmbH
- DKE Aerospace Germany GmbH
- DSI Informationstechnik GmbH
- ECM Engineered Ceramic Materials GmbH
- enGits GmbH
- etamax space GmbH
- ET Energie Technologie GmbH
- HE Space Operations GmbH
- Hembach Photonik GmbH
- High Performance Space Structure Systems (HPS) GmbH
- Hoch Technologie Systeme (HTS) GmbH
- IFEN GmbH
- IMST GmbH
- MST Aerospace GmbH
- Philotech Systementwicklung und Software GmbH
- PPR, Dr. Franz-Peter Spaunhorst
- RTG Aero-Hydraulic Inc.
- SpaceTech GmbH
- TeleOrbit GmbH
- TriaGnoSys GmbH
- TWT GmbH
- Jens Janke, Unternehmensberater Luft- und Raumfahrt
- vcTedoc GbR
- von Hoerner & Sulger (vH&S) GmbH
- Weisz Ingenieurbüro für Maschinenbau



## Deutsche Raumfahrt-Missionen

### Teil 7: TV-Sat

Von Dr. Niklas Reinke

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

### German Space Missions

#### Part 7: TV-Sat

By Dr. Niklas Reinke

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

**Startschuss des Direktfernsehens: Die Hotelchefin des Steigenberger Airporthotels in Frankfurt am Main, Anne-Marie Steigenberger, setzt am 21. August 1985 mit der Sekttaufe der Parabolspiegelantenne das neue Fernsehprogramm in Betrieb – der Start ist der erste Direktempfang eines privaten, englischen Satellitenprogramms in einem Hotel in Deutschland. Ab 1987 startete der deutsche Satellit TV Sat 1, um auch deutsches Fernsehen per Direktempfang möglich zu machen.**

The starting gun for direct television: on August 21, 1985, the director of the Steigenberger Airport Hotel in Frankfurt/Main, Anne-Marie Steigenberger, baptised the hotel's parabolic antenna in champagne to launch its new television service, making it the first hotel in Germany to receive a private satellite channel directly. (Frank Kleefeldt/dpa)



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

Authors: **Dr. Niklas Reinke** works as a political and historical scientist. From 2004 to 2009, he headed the Public Relations department in the DLR Space Administration. Responsible for astronautics/ISS, launch systems, and infrastructure he has been working in the Space Strategy and Programme department since 2010. Furthermore, he represents the DLR in the IAA Committee on History.

In den 1970er-Jahren hatten Deutschland und Frankreich gemeinsam ihre ersten Kommunikationssatelliten gestartet. Die Mission Symphonie (siehe COUNTDOWN 15) hatte den gesellschaftlichen und kommerziellen Wert der Satellitenkommunikation belegt. Im Anschluss wollten die Partner den Fernsehempfang verwirklichen. Man wollte diesen Wachstumsmarkt schneller als andere europäische Staaten besetzen. Zudem strebte die Politik die rasche, flächendeckende Versorgung aller Landesteile mit modernen Informations- und Kommunikationsmitteln an. Der Weg hierhin sollte keinesfalls leicht werden.

#### Bilateraler Alleingang

Das Projekt TV-Sat stand in einem gewissen Widerspruch zum ansonsten mit Akribie verfolgten Ziel, die Weltraumpolitik zu europäisieren. Zum einen aber empfanden Deutschland und Frankreich die Europäische Weltraumorganisation ESA im Bereich der Anwendungssatelliten als zu schwerfällig. Zum anderen waren auf der weltweiten Planungskonferenz für den Rundfunkdienst über Satelliten im Februar 1977 (WARC 77) keine europäischen, sondern nationale Sendefrequenzen und Gebiete, welche die Satellitensignale erreichen sollten – sogenannte Ausleuchtzonen – festgelegt worden waren.

Das am 29. April 1980 unterzeichnete „Deutsch-französische Abkommen über die technisch-industrielle Zusammenarbeit auf dem Gebiet von Rundfunk-Satelliten“ sah die Entwicklung, Produktion und geostationäre Platzierung von zwei weitgehend baugleichen Satelliten vor. Sie sollten mit jeweils drei Fernsehkanälen zur Versorgung der Bundesrepublik Deutschland (TV-SAT) und Frankreichs (TDF-1) mit Direktfernsehen ausgestattet werden. Ihr Start war für Ende 1983/Anfang 1984 geplant. Im Anschluss an den Start war eine zweijährige Versuchsphase des TV-SAT durch die Deutsche Bundespost geplant. In ihrer Verantwortung sollte im Fall einer positiven Entscheidung später auch das operationelle System liegen.

#### Satellitenempfang ohne Umweg

Die neue Technologie versprach deutliche Vorteile: Bislang sendeten Nachrichtensatelliten ihre Funksignale an technisch aufwendige Bodenstationen mit Antennen von über 25 Metern Durchmesser. Diese wiederum leiteten die empfangenen Fernseh- oder Rundfunkprogramme mittels terrestrischer Richtfunkstrecken zu den Sendeanstalten zur weiteren Abstrahlung an die Haushalte weiter. Direktsendende Satelliten kommen ohne diesen Umweg aus. Zum Empfang innerhalb der Ausleuchtzone reichten Parabolantennen mit einem Durchmesser von 90 Zentimetern, die bald das Stadtbild verändern sollten, aus. Mit größeren Antennen war auch ein Empfang jenseits der Ausleuchtzone möglich. Diese sollten zunächst eine schnellere, billigere und flächendeckende Versorgung mit Fernsehsendungen von verbesserter Bildqualität sicherstellen. Darüber hinaus ergaben sich besonders in Mitteleuropa – und entgegen des Leitgedankens der WARC 77 – vielfältige Möglichkeiten für den Empfang von Programmen der Nachbarländer.

Der Konstruktionsauftrag für die Satelliten wurde dem Industriekonsortium Eurosatellite mit Sitz in der Bundesrepublik übertragen. Ihm gehörten Messerschmidt-Blohm-Bölkow MBB (Lage- und Bahnregelung inklusive Antriebssystem, Apogäums-Motor, Verkabelung, Anten-

In the 1970s, Germany and France joined together to launch their first communications satellites. The mission, called Symphonie (see COUNTDOWN 15), demonstrated the societal and commercial benefit of satellite communications. Next, the two partners set out to realise direct television reception in an effort to occupy that growth market ahead of other European states. In addition, the governments aimed at supplying modern information and communication media swiftly to all parts of their countries. Achieving that goal, however, was to prove anything but easy.

#### Two countries going it alone

To a certain extent, the TV-Sat project clashed with the goal of Europeanising space policy, a goal they otherwise pursued conscientiously. On the one hand, Germany and France thought that the European Space Agency (ESA) was moving too slowly as far as application satellites were concerned. On the other hand, the transmission frequencies and areas of coverage (called satellite footprints) defined at the World Administrative Radio Conference of February 1977 (WARC 77) were laid down not on a European but on a national basis.

Signed on 29 April 1980, the 'Franco-German agreement on technical and industrial co-operation in the field of radio satellites' envisaged the development, production, and geo-stationary placement of two satellites of nearly identical construction. Featuring three television channels each, they were intended to provide direct television reception in the Federal Republic of Germany (TV-Sat) and France (TDF-1). They were to be launched between the end of 1983 and the beginning of 1984. After launching, TV-Sat was to be tested for a period of two years by the German Federal Mail, which was also to be responsible for the operation of the system in the event of a positive outcome.

#### Direct satellite reception

This new technology promised palpable benefits: So far, radio signals had been transmitted by telecommunications satellites to ground stations with a sophisticated technology including antennas measuring more than 25 metres in diameter. From these stations, incoming television or radio programmes were relayed by terrestrial microwave systems to TV stations and then on to private households. Direct transmission via satellite no longer required this roundabout method. Within a given satellite footprint, parabolic antennas measuring 90 centimetres in diameter were sufficient for reception, antennas that were soon to change the face of cities everywhere. Larger dishes even permitted reception beyond the boundaries of satellite footprints. First and foremost, these antennas were intended to provide a television service of superior image quality more quickly, cheaply, and comprehensively. In addition, especially in central Europe, they enabled viewers to receive programmes from neighbouring countries – in contravention of the guiding principles of WARC 77.

The contract to design and build the satellites was awarded to the Eurosatellite industrial consortium. Domiciled in the Federal Republic, it comprised Messerschmidt-Bölkow-Blohm (MBB, attitude and orbit control including the drive system, the apogee motor,

nen, Integration und Test), AEG-Telefunken (Nachrichtentechnische Nutzlast, Stromversorgung), die französischen Firmen Aérospatiale (Struktur, Thermalhaushalt, Solargenerator) und Thomson-CSF (Telemetrie- und Telekommandosystem) sowie das belgische Unternehmen ETCA (Teile der Stromversorgung) an. Damit entstand eine Industriestruktur, die sich gegenüber den übermächtigen amerikanischen Satellitenherstellern behaupten konnte. Der in Deutschland langjährig aufgebaute Know-how-Vorsprung ermöglichte einen deutschen Arbeitsanteil von 54 Prozent bei paritätischer Finanzierung. Die Gesamtkosten wurden auf circa 800 Millionen Deutsche Mark (DM) geschätzt, wovon etwa 200 Millionen DM auf die beiden Ariane-Starts entfielen. Im Endeffekt belief sich allerdings bereits der deutsche Anteil auf eine Höhe von etwa 700 Millionen DM.

Die Kontrolle über das Vorhaben oblag einem vierköpfigen, paritätisch zusammengesetzten Lenkungsausschuss, dem von deutscher Seite jeweils ein Vertreter des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) und des Bundespostministeriums (BMP) angehörten. Das BMFT übernahm die mit der Entwicklung, dem Start und der geostationären Positionierung des deutschen Satelliten zusammenhängenden Aufgaben. Das BMP stellte die fernmeldetechnischen Rahmenspezifikationen auf, errichtete und betrieb die Erdfunkstellen und war für die Planung und Durchführung des Versuchsprogramms sowie den fernmeldemäßigen Betrieb des Systems verantwortlich. Das operative Management oblag der Projektleitung mit Sitz in München, die sich deutscherseits aus dem Personal der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR als Vorgänger des DLR) sowie des Fernmeldetechnischen Zentralamtes (FZT) und französischerseits aus dem Personal der Raumfahrtagentur CNES und der Télédiffusion de France (TDF) rekrutierte.

#### Politische Brisanz

Das deutsch-französische Abkommen ist damals als das „markanteste europäische Weltraumereignis der jüngsten Zeit“ bezeichnet worden. Tatsächlich war die politische Dimension dieser Vereinbarung nicht ohne Brisanz. Schon Ende Januar 1977 hatte die Parlamentarische Versammlung des Europarates in Straßburg auf eine neue Gefahr hingewiesen: Satellitendirektübertragungen könnten dazu führen, dass Bürger eines Landes freiwillig oder unfreiwillig den Übertragungen fremder Staaten ausgesetzt werden würden. Dies aber könne der politischen Kultur in den betroffenen Staaten schaden – zurzeit des Kalten Krieges und vor der Entwicklung des Internets ein höchst sensibles Thema. Dennoch hatte die Bundesregierung auf der WARC 77 erreicht, dass die im Satellitenplan ausgewiesenen Fernsehkanäle für die Versorgung Westdeutschlands nahezu im gesamten deutschsprachigen Raum empfangbar sein würden, also auch in der DDR.

cables, antennas, integration, and testing), AEG-Telefunken (telecommunications payload, power supply), the French companies Aérospatiale (structure, temperature management, solar generator) and Thomson-CSF (telemetry and telecommanding system) and a Belgian company, ETCA (power supply components). The industrial structure thus formed was capable of holding its own against the dominant American satellite manufacturers. Given its experience amassed over the years, Germany contributed 54 per cent of the work, financed by the participating countries on a parity basis. The total cost was estimated at about 800 million DM, with about 200 million DM accounted for by two Ariane launches. As things turned out, however, Germany's share alone amounted to about 700 million DM.

The project was overseen by a joint four-member steering committee, with the German delegation consisting of one representative each of the Federal Ministry of Research and Technology (BMFT), and the Federal Mail Ministry (BMP). The BMFT took over all tasks relating to the development, the launch, and the geostationary positioning of the German satellite. The BMP developed a set of communications technology framework specifications, built and operated the ground stations, and assumed responsibility for planning and implementing the test programme and the operative application of the system in telecommunications. Operations were directed by a project management team domiciled in Munich, with the German side represented by staff from the German Aerospace Research and Development Institute (DFVLR, DLR's predecessor) and the central office of telecommunications technology (FZT), while the French side was represented by staff from the CNES space agency and Télédiffusion de France (TDF).

#### Political relevance

At the time, the Franco-German agreement was called 'the most outstanding event in the recent history of European astronautics'. In point of fact, the political dimension of the agreement was somewhat controversial. At the end of January 1977, the parliamentary assembly of the European Council at Strasbourg had pointed out a new threat: direct satellite transmissions might expose the citizens of a country randomly to programmes from other states whether people liked it or not. This, it was thought, might harm the political culture in the states concerned – a highly sensitive subject in the time of the Cold War, when the Internet had not yet been developed. At the WARC 77, however, the Federal Government had nevertheless succeeded in securing an agreement by which the television channels reserved in the satellite schedule for covering West Germany would be receivable in nearly the entire German-speaking region, including what was then the GDR.

Zwar waren seit den frühen 1970er-Jahren in mehreren Ländern industrielle Vorarbeiten zum Satellitenfernsehen gefördert, doch bis zur Unterzeichnung des deutsch-französischen Abkommens weltweit kein operationelles TV-Satellitensystem beschlossen worden. Die Bundesregierung erhoffte sich von ihrer Initiative daher einen wichtigen Vorsprung der deutschen Industrie im internationalen Wettbewerb um künftige Rundfunksatelliten. Bundeskanzler Schmidt nutzte das Satellitenprogramm für die fortgeschriebene bilaterale Freundschaft mit dem französischen Staatspräsidenten Giscard d'Estaing: Schmidt schlug ein deutsch-französisches Kulturprogramm vor, das über Satellitenrundfunk ausgestrahlt werden sollte. Auf seinen Gedanken, der sich zunächst auf den Hörfunk beschränkt hatte, ging die Gründung des Europäischen Fernsehkanals Arte am 30. Mai 1992 zurück.

#### Fraglicher Erfolg

TV-Sat verzögerte sich stark. Der 2.065 Kilogramm schwere TV-Sat 1 wurde erst am 21. November 1987 gestartet. Ein Grund hierfür waren die in Frankreich weit weniger vorangeschrittenen technologischen Vorarbeiten – ein weiterer die kontrovers geführten medienpolitischen Debatten im Bundestag, in die TV-Sat in der Mitte der 1980er-Jahre verstärkt einbezogen wurde. Sie führten dazu, dass Entwicklungsgelder für das Satellitenprogramm zunächst zurückgehalten wurden.

Direkter Erfolg war dieser deutsch-französischen Kooperation kaum beschieden. Nach dem späten Start des ersten, technisch bereits veralteten TV-Sat 1 machte ein klemmendes Sonnensegel seinen Einsatz zunichte. Der am 8. August 1989 auf seine Umlaufbahn gebrachte, technisch verbesserte TV-Sat 2 gelangte nie zum kommerziellen Einsatz, da das System der direktstrahlenden Rundfunksatelliten noch nicht wirtschaftlich genug war. Ihren französischen Pendanten erging es kaum besser. Damit blieb ein wesentliches Ziel des „karolingischen Alleingangs“, mit dem Export dieses Satellitentyps frühzeitig Hightech-Arbeitsplätze in den Bereichen Raumfahrt und Elektronik zu sichern, unerreicht. Dieser Alleingang führte in Reaktion der übrigen westeuropäischen Staaten zudem zu einer Fülle von wenig koordinierten Satellitenkommunikations-Projekten inner- und außerhalb der ESA.

Die deutschen Hoffnungen verlagerten sich auf das zu diesem Zeitpunkt bereits in der Entwicklung stehende Anschlussprogramm DFS-Kopernikus, das auf den bei TV-Sat erworbenen, technologischen Erkenntnissen aufbaute. Das dennoch unbefriedigende Ende des deutsch-französischen Satelliten-Programms stellte zunächst unter Beweis, dass Raumfahrt trotz aller bis dahin gewonnener Erfahrungen auch Mitte der 1980er-Jahre eine nicht immer kalkulierbare Unternehmung blieb.

While industrial preparations for satellite television had been promoted in several countries since the early 1970s, no operational TV satellite system had been officially launched before the Franco-German agreement was signed. For this reason, the Federal German government was hoping that its initiative would give Germany's industry an important head start in the international competition for future radio satellites. Federal Chancellor Schmidt took advantage of the satellite programme to extend his bilateral friendship with the French president, Giscard d'Estaing: Schmidt suggested a Franco-German cultural broadcasting service to be aired via satellite. Although initially limited to radio, his idea formed the basis for the foundation of the European cultural television channel, Arte, on 30 May 1992.

#### Dubious success

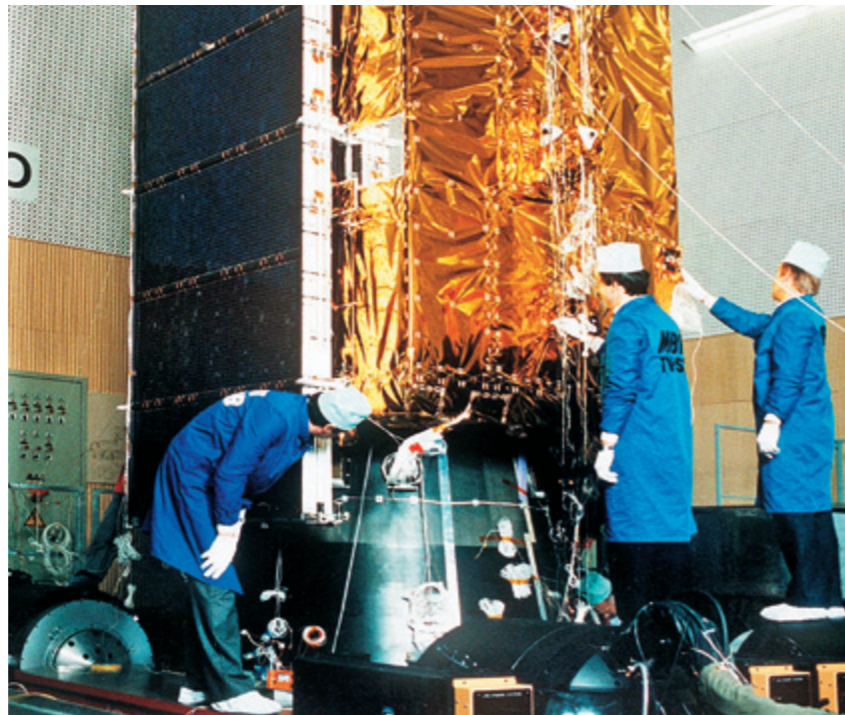
TV-Sat was subject to long delays. The 2,065-kilogram TV-Sat 1 was not launched until 20 November 1987. This was due partly to the fact that technological preparations had not progressed nearly as far in France, and in part to the controversial parliamentary debates on media policy in which TV-Sat increasingly featured in the mid-1980s. Because of these debates, funds for the development of the satellite programme were temporarily frozen.

The joint Franco-German project could hardly be called a success. After its delayed launch, TV-Sat 1, which was technically outdated even then, had a jammed solar panel and therefore never went live. The technically improved TV-Sat 2, which reached its orbit on 8 August 1989, was never used commercially because the system of direct-transmission radio satellites was not yet profitable enough. Their French counterparts hardly fared any better, defeating one of the key purposes of the 'Carolingian venture' which was to secure at an early time high-tech jobs in the space and electronics industries by exporting satellites of this type. Moreover, the other Western European states responded to the venture by running a plethora of ill-coordinated satellite communications projects of their own, both within and outside ESA.

At that time, Germany had already begun to pin its hopes on its next project, DFS-Kopernikus, which built on the technological knowhow acquired from the TV-Sat scheme. The lesson from the unsatisfactory outcome of the Franco-German satellite programme was that, despite all the experience gathered by that time, space technology was still a venture that was not always predictable, not even in the mid-1980s.

Drei Techniker von MBB-Erno arbeiten 1987 an TV Sat 1, dem ersten direkt empfangbaren Fernseh- und Rundfunksatelliten für die Bundesrepublik Deutschland. MBB-Erno ist Pilotfirma im Rahmen von Euro-Satellite und zuständig für Bahn- und Lageregelung, Antriebssystem, Antennensystem, Kabelbaum, Integration und Test.

At the European space centre in Kourou (French Guyana), the German direct-reception satellite TV-Sat 1 was integrated into an Ariane 20 rocket which launched it into orbit on 21 November 1987. (dpa/MBB-Erno)



#### Kerndaten TV-Sat / TV-Sat core data

Beschluss Adopted	29. April 1980 April 29, 1980
Start TV-SAT 1 Launch TV-Sat 1	21. November 1987 November 21, 1987
Start TV-SAT 2 Launch TV-SAT 2	8. August 1989 August 8, 1989
Startbasis Launch base	Kourou (Französisch-Guayana) Kourou (French-Guiana)
Träger Launcher	Ariane-2 Ariane-2
Masse Mass	2.065 Kilogramm 2.065 Kilogrammes
Kapazität Capacity	drei und fünf Farbfernsehkanäle three and five TV channels
Missionsende TV-SAT 1 End of mission TV-SAT 1	Mai 1989 May 1989
Missionsende TV-SAT 2 End of mission TV-SAT 2	läuft still working
Kosten Cost	circa 700 Millionen DM (deutsch Anteil) 700 million DM (German part)

Der erste deutsche Direktempfangssatellit TV Sat 1 zierte in den 1980er-Jahren die 80-Pfennig-Briefmarke.

The German direct-reception satellite TV-Sat 1 on the cover of a 80 Pfennig stamp (Deutsche Bundespost)



# Business Launch

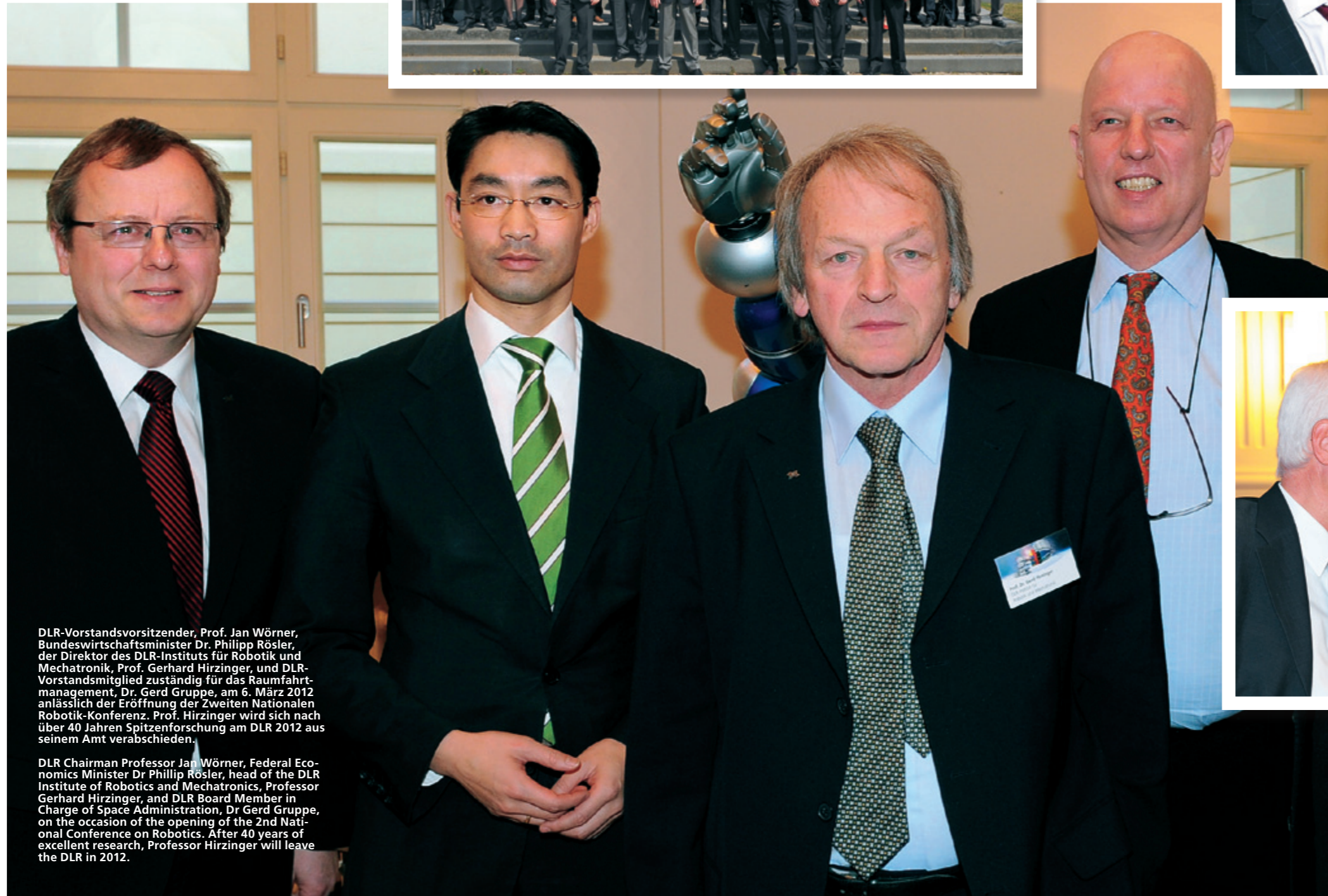
Vom 28. bis zum 29. März 2012 brachte die Dritte Konferenz Nationale Satellitenkommunikation die Experten der Branche mit der Politik im Kameha Grand Hotel in Bonn zusammen.

From March 28 to 29, 2012, the satellite communication experts and politicians met during the 3<sup>rd</sup> National Satellite Communication Conference at the Kameha Grand Hotel in Bonn.



Dr. Rolf Densing (l.), Programmdirektor des DLR Raumfahrtmanagements, und Evert Dudok, Geschäftsführer der EADS Astrium GmbH, trafen sich anlässlich des DLR Neujahrsempfangs am 26. Januar 2012 in Berlin.

On January 26, 2012, Dr Rolf Densing (l.), Programme Director at DLR Space Administration (left), and Evert Dudok, CEO of EADS Astrium GmbH, met at the DLR New Years event in Berlin.



DLR-Vorstandsvorsitzender, Prof. Jan Wörner, Bundeswirtschaftsminister Dr. Philipp Rösler, der Direktor des DLR-Instituts für Robotik und Mechatronik, Prof. Gerhard Hirzinger, und DLR-Vorstandsmitglied zuständig für das Raumfahrtmanagement, Dr. Gerd Gruppe, am 6. März 2012 anlässlich der Eröffnung der Zweiten Nationalen Robotik-Konferenz. Prof. Hirzinger wird sich nach über 40 Jahren Spitzenforschung am DLR 2012 aus seinem Amt verabschieden.

DLR Chairman Professor Jan Wörner, Federal Economics Minister Dr Phillip Rösler, head of the DLR Institute of Robotics and Mechatronics, Professor Gerhard Hirzinger, and DLR Board Member in Charge of Space Administration, Dr Gerd Gruppe, on the occasion of the opening of the 2nd National Conference on Robotics. After 40 years of excellent research, Professor Hirzinger will leave the DLR in 2012.



Christoph Hohage (l.), Projektdirektor im DLR Raumfahrtmanagement, diskutiert mit Prof. Klaus Briß, Fachgebietsleiter des Instituts für Luft- und Raumfahrt der TU Berlin anlässlich der Zweiten Nationalen Robotik-Konferenz. Das Berliner Institut wurde von Raumfahrtpionier Eugen Sänger mitgegründet und ist der erste deutsche Lehrstuhl für Raumfahrt. Heute ist das Institut besonders für Cube-Satelliten bekannt.

Christoph Hohage (l.), Project Director at DLR Space Administration, discussing with Professor Klaus Briess, Research Head of the Institute of Aeronautical and Astronautical Engineering at TU Berlin, on the occasion of the 2<sup>nd</sup> National Conference on Robotics. Germany's first academic department of astronautics, the Institute was co-founded by space pioneer Ernst Sänger. Today the Institute is best known for its Cube satellites.

# Raumfahrkalender

Termin Ereignis

## 2012

1. Quartal	Start Raumfahrzeug Shefex von Andoya Rocket Range (Norwegen)
Frühjahr	Start Expert-Kapsel mit Wolna-Rakete von einem U-Boot im Pazifik
20. April	Start Progress 47P von Baikonur (Kasachstan/Versorgung ISS)
30. April	Start Falcon 9 (COTS-Demo 2/3) von Cape Canaveral (Florida/USA) mit Dragon-Kapsel
15. Mai	Start Ariane 5ECA mit JCSat-13 und Vinasat-2 von Kourou (Französisch-Guayana)
15. Mai	Start Sojus 30S von Baikonur (Versorgung ISS)
23. Mai	Start Wettersatellit METOP-B mit Sojus 2-1a von Baikonur
Sommer	Start Sojus 2-1b Fregat von Kourou mit zwei Galileo IOV-Satelliten
Juni	Studenten-Raketenkampagne REXUS 11 von Esrange (Schweden)
7. Juni	Start Sojus mit deutschem Kleinsatellit TET-1 (OOV-Programm) von Baikonur
19. Juni	Start Ariane 5ECA mit Wettersatellit MSG-3 (METEOSAT-10) und Echostar 17/Jupiter von Kourou
6. Juli	Erstflug Antares von Wallops Island (Virginia/USA)
15. Juli	Start Sojus 31S von Baikonur (Versorgung ISS)
21. Juli	Start Raumtransporter HTV-3 "Kounotori-3" vom japanischen Raumfahrtzentrum Tanegashima
31. Juli	Start Progress 48P von Baikonur (Versorgung ISS)
Juli/August	Start der ESA Earth-Explorer-Mission SWARM mit Rockot von Plesetsk (Russland)
6. August	Landung der NASA-Mission Mars Science Laboratory (MSL)
18. August	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, erster ISS-Versorgungsflug
September	Beginn des ersten Beobachtungszyklus mit dem Stratosphären-Observatorium SOFIA
September	Start Antares mit Cygnus-Transporter (COTS-Demo 1) von Wallops Island
3.–16. September	20. DLR-Parabelflug (3.–14. September in Bordeaux (Frankreich), 15.–16. September auf der ILA in Berlin)
10. September	Start Experimentanlage Omegahab auf russischem Rückkehr-Satelliten Bion-M1 von Baikonur
10.–16. September	Internationale Luft- und Raumfahrtausstellung (ILA) in Berlin
Oktober	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 14/15 auf Esrange
Oktober-November	Erste Startkampagne des Projektes WADIS (IAP) von Andoya Rocket Range, Start einer Nike-Improved-Orion Höhenforschungsrakete und zwölf kleiner Loki-Datasonden
15. Oktober	Start Sojus 32S von Baikonur (Versorgung ISS)
1. November	Start Progress 49P von Baikonur (Versorgung ISS)
November/Dezember	3. CCF-Experimentkampagne von DLR und NASA auf der ISS
5. Dezember	Start Sojus 33S von Baikonur (Versorgung ISS)
26. Dezember	Start Progress 50P von Baikonur (Versorgung ISS)

# Space Calendar

Date Event

## 2012

1st Quarter	Launch of the spacecraft Shefex from Andoya Rocket Range (Norway)
Spring	Launch of Expert capsule with a Wolna rocket from a submarine in the Pacific area
April, 20	Launch of a Progress 47P rocket from Baikonur (Kazakhstan/ISS logistics)
April, 30	Launch of Falcon 9 (COTS-Demo 2/3); carrying the Dragon capsule from Cape Canaveral (Florida/USA)
May, 15	Launch of Ariane 5ECA; carrying JCSat-13 and Vinasat-2 from Kourou (French-Guiana)
May, 15	Launch of Soyuz 30S from Baikonur (ISS logistics)
May, 23	Launch of Soyuz 2-1 from from Baikonur; carrying the weather METOP-B
Summer	Launch of Soyuz 2-1b Fregat from Kourou; carrying two Galileo IOV satellites
June	Student rocket campaign REXUS 11 from Esrange (Sweden)
June, 7	Launch of Soyuz from Baikonur; carrying the German small satellite TET-1 (OOV programme)
June, 19	Launch of Ariane 5ECA from Kourou; carrying the weather satellite MSG-3 (METEOSAT-10) and Echostar 17/Jupiter
July, 6	First launch of Antares from Wallops Island (Virginia/USA)
July, 15	Launch of Soyuz 31S from Baikonur (ISS logistics)
July, 21	Launch of the space transport vehicle HTV-3 'Kounotori-3' from Japanese spaceport Tanegashima
July, 31	Launch of Progress 48P from Baikonur (ISS logistics)
July/August	Launch of the ESA Earth-Explorer mission SWARM with Rockot from Plesetsk (Russland)
August, 6	Landing of the NASA mission Mars Science Laboratory (MSL)
August, 18	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, first ISS logistics flight
September	Launch of the first observation cyclus with the Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy SOFIA
September	Launch of Antares from Wallops Island; carrying the Cygnus-Transporter (COTS-Demo 1)
September, 3–16	20th DLR parabolic flight campaign (September, 3–14 in Bordeaux/France; September, 15–16 at the ILA in Berlin)
September, 10	Launch of the experimental device Omegahab with the Russian reusable satellite Bion-M1 from Baikonur
September, 10–16	ILA 2012 – International Aerospace Exhibition in Berlin (Germany)
October	Student balloon campaign BEXUS 14/15 from Esrange
October/November	First campaign of WADIS (IAP) from Andoya Rocket Range, on a Nike-Improved-Orion sounding rocket; carrying twelve small Loki-data probes
October, 15	Launch of Soyuz 32S from Baikonur (ISS logistics)
November, 1	Launch of Progress 49P from Baikonur (ISS logistics)
November/December	3rd CCF experimental campaign of DLR and NASA at the ISS
December, 5	Launch of Soyuz 33S from Baikonur (ISS logistics)
December, 26	Launch of Progress 50P from Baikonur (ISS logistics)