

COUNTDOWN [10]



ROBOTIK

Neuer Schwerpunkt im Nationalen Programm | 4

ROBOTICS

New Focus in Germany's Space Program

EDITORIAL

Der Auftrag der DLR Raumfahrt-Agentur
Editorial

The mission of the DLR Space Agency 2

EXTRATERRESTRIK

Letzter Service für Hubble
Extraterrestrics

Final Service for Hubble 36

FORSCHEN UNTER WELT- RAUMBEDINGUNGEN

Mars500: Virtueller Flug
zum Roten Planeten

Research under Space Conditions

Mars500: Virtual flight
to the Red Planet 12

GESCHICHTE

Das Sänger-Projekt
(1984 – 1995)

History

The Sänger project
(1984 – 1995) 58



EXPLORATION

Sunrise-Teleskop:
der Sonne entgegen

Exploration

Sunrise telescope:
Towards the Sun 28

RAUMFAHRT- KALENDER

Space Calendar 66

Liebe Leserinnen und Leser,

Raumfahrt ist ein Bereich der Hochtechnologie, in dem Deutschland eine anerkannte Führungsposition erreicht hat. Raumfahrt verbindet eine Vielzahl von Technologien, die von Ingenieuren und Technikern Höchstleistungen an der Grenze des Machbaren fordert. Kaum ein anderer Bereich bringt derart unterschiedliche Spezialisten zusammen. Auch wenn Raumfahrt, verglichen mit anderen Industriezweigen, eine eher kleine Branche ist, so steht sie idealtypisch für deutsche Präzision und wissenschaftliche Exzellenz. Da Raumfahrt auf internationale Zusammenarbeit ausgerichtet ist, ist sie besonders geeignet, Deutschlands technologische und wissenschaftliche Fähigkeiten international zu präsentieren.



Gerold Reichle ist Mitglied des DLR-Vorstandes und verantwortlich für die Raumfahrt-Agentur in Bonn

Gerold Reichle is a member of the DLR Executive Board and responsible for the Space Agency in Bonn

Zur Erforschung des Universums bietet die Raumfahrt völlig neue Möglichkeiten. Die Weltraumwissenschaften haben in den letzten Jahren unser Bild vom Kosmos revolutioniert. Darüber hinaus ist Raumfahrt auch „Infrastruktur“. Als „enabling“-Technologie macht sie Wertschöpfung auf einer Vielzahl von Märkten erst möglich. Ich denke etwa an die verschiedenen Satelliten-gestützten Dienstleistungen im Bereich der Navigation, Logistik oder globalen Kommunikation. Ohne moderne Satellitentechnik ist in einer globalisierten Welt wirtschaftlicher Erfolg kaum noch denkbar.

Zudem hat Raumfahrt eine kulturelle Seite, denn durch den Aufbruch ins All inspiriert sie auch die junge Generation und weckt ihr Interesse für Forschung und Technologie. Diese Neugier ist essenziell wichtig für ein rohstoffarmes Land.

Raumfahrt in Deutschland zu gestalten, das ist der Auftrag der Bundesregierung an das DLR als nationale Raumfahrt-Agentur. Während meiner ersten Monate als hierfür verantwortlicher Vorstand habe ich die beachtliche Expertise und hohe Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Bonn schätzen gelernt. In fachlich vielfältigen Bereichen setzen sie die raumfahrtpolitischen Vorgaben der Bundesregierung in konkrete Programme und Projekte um. Sie vertreten die nationalen Interessen gegenüber der Wissenschaft, Industrie und internationalen Organisationen. Dank ihres nachhaltigen Engagements ist Deutschland heute eine der bedeutendsten Raumfahrt-Nationen der Welt und begehrter Partner bei internationalen Missionen.

Diese tragende Rolle des Raumfahrtmanagement zu erhalten, war Voraussetzung für mich, mein Amt als Vorstandsmitglied im DLR Anfang Februar 2009 anzutreten. In Anbetracht der durch den Vorstandsvorsitzenden des DLR eingebrachten Überlegungen zur grundlegenden Veränderung des DLR hat der Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, dem für Raumfahrt federführenden Bundesressort, die bestehende Rechtslage bekräftigt. Er betont, dass die unterschiedlichen Aufgaben des DLR als Raumfahrt-Agentur auf der einen Seite und als Forschungs- und Entwicklungseinrichtung auf der anderen Seite getrennt durchgeführt werden müssen. Dies ist wichtig, um die treuhänderische Verwaltung des Raumfahrtbudgets sicherzustellen und jeden Anschein einer programmatischen und finanziellen Interessenkollision zu vermeiden. Denn bei aller Einheit bleibt das DLR vielfältig, seine hoheitsrechtlichen Funktionen sind und bleiben allein der Bundesaufsicht unterstellt. Dieser Grundsatz ist bereits in den seit 1997

Dear readers

Spaceflight is a high-technology sector in which Germany has come to be recognized as a leading nation. Merging a multitude of technologies, spaceflight demands from engineers and technicians constant excellent performance at the limit of what is feasible. There is hardly another field which unites so many different experts. Even though spaceflight is a rather small sector compared to other industries, it does constitute a symbol of German precision and scientific excellence. And because it relies on international cooperation, spaceflight is an ideal platform for demonstrating Germany's technological and scientific capabilities on the international plane.

Spaceflight opens up entirely new ways to explore the universe. In recent years, space science has revolutionized our understanding of the cosmos. Furthermore, spaceflight also represents an 'infrastructure'. There are many markets in which added value is being created with spaceflight as an enabling technology. Among the things that come to mind in this context are the diverse satellite-based services in navigation, logistics, or world-wide communications. In our globalized world it is hardly possible to imagine a business being successful without satellite technology.

Besides, there is also a cultural dimension to spaceflight. Setting out for space inspires the young generation, arousing its interest in research and technology. Such curiosity is of the essence in a country that is poor in natural resources.

Shaping spaceflight in Germany, this is the task assigned by the Federal Government to DLR in its role as national space agency. During my first months in office as board member in charge, I have formed a high opinion of my staff in Bonn because of their high level of expertise and outstanding motivation. Working in a wide range of disciplines, they translate the space policy targets set by the Federal Government into concrete programs and projects. They represent the national interest vis-à-vis science, industry and international organizations. Thanks to their sustained commitment, Germany today is one of the world's most important space nations and a much-sought-after partner in international missions.

Maintaining space management as a key constituent of DLR's activities was one of the conditions under which I assumed office as a member of the DLR Executive Board early in February 2009. Regarding thoughts put forward by the chairman of the DLR Board on changing DLR from scratch, the under-secretary of the Federal Ministry of Economics and Technology, the department in charge of coordinating space activities, reaffirmed the legal situation as it is. He emphasized that DLR's tasks as a space agency on the one hand and a research and development institution on the other hand must be kept strictly separate. This is important to ensure the fiduciary management of the space budget and avoid anything which might be seen as a conflict of interest. Although it operates as a single entity, DLR is a diverse organization, and when acting as a governmental agency it will always be only subject to federal supervision. This principle was laid down in the implementation agreement concluded between the federal government and DLR in 1997.

In 2009, the Space Agency is investing around 900 million euros in science, technology and innovation. Strategic planning within the framework of the Federal Space Program is a prerequisite in this context. On the one hand, this applies to the national spaceflight in the setting of which German core competencies are developed and enhanced. Only competence will keep Germany's science and industry attractive for international cooperation partners. This is why the program is so important and needs to be strengthened further.

On the other hand, we participate extensively within the European Space Agency (ESA). Spaceflight is one of the major areas in which

gültigen Ausführungsvereinbarungen zwischen der Bundesregierung und dem DLR verankert worden.

2009 investiert das Raumfahrtmanagement rund 900 Millionen Euro in Wissenschaft, Technologie und Innovation. Voraussetzung dafür ist auch eine strategische Planung im Rahmen des deutschen Raumfahrtprogramms. Dies gilt zum einen für die nationale Raumfahrt, in deren Rahmen deutsche Kernkompetenzen erarbeitet und ausgebaut werden. Nur starke eigene Kompetenzen ermöglichen eine maßgebliche Rolle der deutschen Wissenschaft und Industrie in der Zusammenarbeit mit internationalen Partnern. Daher ist dieser Teil des Programms besonders wichtig und muss weiter gestärkt werden.

Zum anderen beteiligen wir uns in erheblichem Umfang innerhalb der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Raumfahrt ist einer der großen Bereiche, in denen Europa etwas wirklich Gemeinschaftliches erreicht hat. Ihre Ziele sind technologisch, wissenschaftlich und finanziell oft zu groß, als dass sie von einer einzigen Nation erreicht werden könnten. Raumfahrt bedingt deshalb Kooperation, Koordination und Integration, aber gleichzeitig auch Wettbewerb und Konkurrenz. Raumfahrt ist bereits hierdurch ein europäischer Wert. Wir nutzen unsere gestalterische Verantwortung im Interesse für Deutschland und Europa.

Zu unseren Weltraummitteln kommen etwa 170 Millionen aus dem Vorstandsbereich Raumfahrt des DLR als Forschungs- und Entwicklungseinrichtung. Dieses insgesamt hohe Niveau wollen wir im DLR halten und weiter ausbauen, um den Technologiestandort Deutschland noch attraktiver auch für internationale Investoren zu gestalten.

Gerade in Zeiten der Wirtschaftskrise müssen die Weichen in Richtung Zukunft gestellt werden. Raumfahrt hat einen entscheidenden Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit unserer Wissenschaft und Industrie. Deshalb gehört die Raumfahrt zu Recht zu den prominent geförderten Schlüsseltechnologien der High-Tech-Strategie der Bundesregierung. Der Fokus ist klar auf die Nutzung innovativer Technologien für das Leben auf der Erde gerichtet.

Lassen Sie mich nun noch einige Ereignisse der letzten Monate hervorheben: Mit einer Konferenz Mitte Mai in Berlin haben wir das Startsignal für den neuen Schwerpunkt „Automation und Robotik“ im Nationalen Raumfahrtprogramm gegeben. Wir werden komplexe Technologien fördern, die sowohl in der explorativen als auch in orbitalen Robotik Schlüsselthemen sind. Roboter der nächsten Generation werden über sehr viel mehr Fähigkeiten verfügen müssen als ihre Vorgänger. In vielen Dingen werden sie dem Menschen ähnlicher werden, weniger in der äußeren Erscheinung, sondern vielmehr im Sinne kognitiver Fähigkeiten und der Möglichkeit, sich spontan an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen. Diese Fähigkeiten werden uns aber nicht nur im Weltraum weiter bringen. Sie werden uns auch auf der Erde neue Felder in der Robotik erschließen.

Im Mai hat die ESA die jüngsten Mitglieder des Astronauten-Corps vorgestellt. Aus 8.413 Bewerbern konnten sich während eines einjährigen Auswahlverfahrens sechs Kandidaten für ihren Traumberuf qualifizieren. Insbesondere unserem neuen deutschen Astronauten Alexander Gerst wünsche ich eine hoch spannende Ausbildungszeit. Ich bin überzeugt, dass er ein hervorragender Botschafter Deutschlands und Europas auf künftigen Weltraummissionen sein wird.

Europe's achievements can be called a true joint effort. Many of its targets are set too high in technological, scientific and financial terms for a single nation to reach. Therefore, spaceflight means cooperation, coordination and integration but also competition. These sheer facts make spaceflight profoundly European. We exercise our policy responsibility in Germany's and Europe's best interest.

In addition to the sum invested by the Space Agency, another 170 million euros or so were provided by the spaceflight section of DLR as a research and development institution. We intend to maintain and even enhance this total so as to make Germany an even more attractive site for investors at home and abroad.

It is especially important in times of economic crises to set a course for the future. Spaceflight crucially enhances the competitiveness of our own science and industry. It is, therefore, right that it should be prominent among the key technologies promoted under the federal government's high-tech strategy. Our focus is clearly on innovative technologies to the benefit of life on our planet.

At a conference held in Berlin in mid-May, we fired the starting gun for the new 'automation and robotics' research focus within the National Space Program. We will be promoting complex technologies that are of crucial importance in explorative as well as orbital robotics. Next-generation robots will have to have many more capabilities than their predecessors. There are many respects in which they will come to more resemble human beings, not so much in their outward appearance but in their cognitive skills and their ability to adapt to changing environmental conditions spontaneously. These capabilities will not only assist us in space; they will also serve to open up new fields in robotics on Earth.

In May, ESA presented the most recent members of their Astronaut Corps. In the course of a one-year selection process, six of 8,413 applicants were able to qualify for their dream job. On a personal note, I wish our new German astronaut, Alexander Gerst, a thrilling time at the training center. I am convinced that he will make an outstanding emissary of Germany and Europe on future space missions.

„Raumfahrt macht Wertschöpfung auf einer Vielzahl von Märkten erst möglich“

'In many markets added value is being created with astronautics.'

Im DLR hauptverantwortlich
für Robotik und Mechatronik:
Prof. Dr.-Ing. Gerd Hirzinger

The man in charge for robotics
and mechatronics at DLR:
Prof. Dr.-Ing. Gerd Hirzinger

Raumfahrt- Robotik

Neuer Schwerpunkt im
Nationalen Programm

Ein Kommentar von Christoph Hohage

Für eine moderne Gesellschaft und Exportnation wie Deutschland ist Raumfahrt kein Luxus, sondern pure Notwendigkeit. Auf eine verlässliche Verfügbarkeit von satellitengestützten Diensten etwa für die Steuerung des Verkehrs zu Lande, auf See und in der Luft kann unsere global vernetzte Wirtschaft nicht mehr verzichten. Die Bundesregierung hat den strategischen Wert der Raumfahrt als Instrument für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Weiterentwicklung Deutschlands erkannt. Sie fördert die Forschung sowie Nutzung und Anwendung in diesem Bereich mit Nachdruck.

Diese Verankerung der Raumfahrt als strategisches Element der deutschen Politik hat – so hoffe ich – trotz Wirtschaftskrise auch langfristige Bestand. Nachdem das Raumfahrtbudget in der vergangenen Legislaturperiode drastisch gesunken war, geht es seit 2006 wieder aufwärts. Die Budgets für den deutschen Beitrag bei der Europäischen Raumfahrtorganisation ESA und im Nationalen Programm wurden deutlich gestärkt. Nach einer Talsohle von nur noch 132 Millionen Euro für das Nationale Raumfahrtprogramm im Jahr 2004 sieht die mittelfristige Finanzplanung circa 230 Millionen Euro pro Jahr für die kommenden Jahre vor. Das ist Anlass für wohl begründeten Optimismus.

Space Robotics

A New Focus in Germany's
Space Program

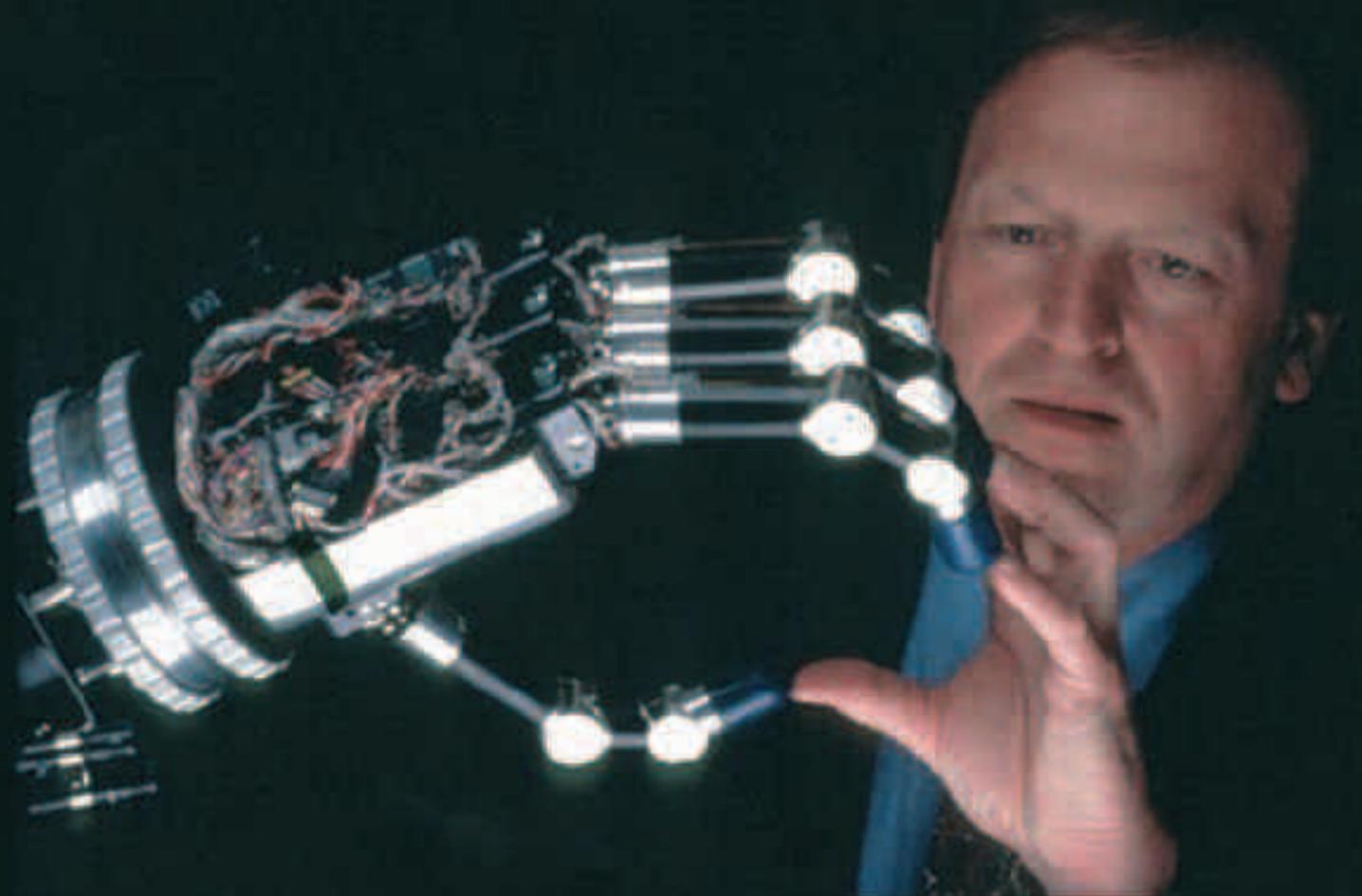
A comment by Christoph Hohage

To a modern society and an export nation such as Germany, spaceflight is not a luxury but a vital necessity. We can no longer do without those reliable, permanently available satellite-borne services to manage land, sea and air transport in our globally interconnected economy – to name but one application. Having recognized the strategic value of space technology as a prime mover of progress both in economic and societal terms, the federal government has now decided to reinforce its funding of research, technology development and applications in this field.

Embedding astronautics in governmental policy as a strategic element is a long-term decision that will – I hope – be strong enough to endure the economic crisis. After a drastic space budget reduction in the past term of office, things are getting better. Resources set aside for Germany's contribution to the European Space Agency ESA and for our own National Space Program have been significantly increased. Having bottomed out in 2004 at a mere 132 million euros of total public spending on space activities, the medium-term financial strategy dedicates some 230 million Euros annually for the next few years. This should give rise to reasonable optimism.

„Robotik wird die Art, wie wir
Raumfahrt betreiben, verändern.“

'Robotics will change the way we
conduct spaceflight.'





Weltraumschrott stellt eine zunehmende Bedrohung da. Robotische Missionen könnten zukünftig Abhilfe schaffen (ESA)

Space debris constitutes a growing threat. Robotic missions may find a remedy in future (ESA)



Christoph Hohage, Projektdirektor der DLR Raumfahrt-Agentur, bei seiner Rede anlässlich der Robotik-Konferenz in Berlin

Christoph Hohage, project director at the DLR Space Agency, delivering his speech at the Berlin Robotics Conference

Die zusätzlichen Gelder werden wir unter anderem dazu nutzen, Kompetenzen in einem Bereich zu stärken, der ein großes Potenzial für die Raumfahrt und darüber hinaus birgt – Raumfahrt-Robotik. Hierfür sind zunächst ungefähr 20 Millionen Euro pro Jahr vorgesehen. Diesen neuen Schwerpunkt „Automation und Robotik“ im Nationalen Raumfahrtprogramm haben wir gemeinsam mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) anlässlich einer hochkarätig besuchten Konferenz unter Schirmherrschaft von Bundeswirtschaftsminister zu Guttenberg am 13. und 14. Mai in Berlin aus der Taufe gehoben. Die Veranstaltung mit fast 250 Teilnehmern aus Politik, Forschung und Industrie hat deutlich gemacht, dass Robotik eine Zukunftstechnologie für die Raumfahrt und darüber hinaus ist. Damit Deutschland dieses Thema maßgeblich gestalten kann, müssen wir heute die notwendigen Voraussetzungen schaffen und unsere vorhandenen Kompetenzen zielstrebig ausbauen.

Innovationssprung in der Umlaufbahn

Robotik wird die Art und Weise, wie wir Raumfahrt betreiben, verändern: Gerade im Erdorbit zeichnet sich ein Innovationssprung ab. Auf der Erde ist es kaum vorstellbar, dass jemand sein intaktes Auto wegen eines leeren Tanks einfach aufgibt und in ein Neues investiert. Im Orbit jedoch ist dies Alltag. Immer wieder müssen heute ansonsten noch voll funktionstüchtige Kommunikationssatelliten außer Dienst genommen werden, nur weil ihnen der Treibstoff ausgeht.

Das wird sich in Zukunft voraussichtlich ändern: Service-Roboter werden Satelliten in der Umlaufbahn ansteuern, sie mit Treibstoff versorgen, gegebenenfalls reparieren oder bei Bedarf kontrolliert entsorgen. Satellitenbetreiber können damit modernes Flottenmanagement in der Umlaufbahn vornehmen. Sie können ihre Satelliten je nach Anforderung neu positionieren, um andere Sendeabdeckungen zu erreichen, Altsatelliten weiter betreiben oder durch neue ergänzen. Nachhaltigkeit wird zukünftig zum Leitprinzip im Satellitenbetrieb. On-Orbit-Servicing von Satelliten eröffnet damit eine Neue Dimension für die kommerzielle Raumfahrt.

Auf diese Weise können wir auch einen Beitrag leisten, der zunehmenden Gefahr durch Weltraumschrott wirksamer entgegenzutre-

Some of the extra money will be spent on developing our skills in an area that has great potential for spaceflight and other applications – space robotics. For the moment, an additional 20 million euros every year have been earmarked for this field of research. To brand the birth of this new research focus in the national space program, ‘Automation and Robotics’, a high-level conference under the auspices of the Federal Minister of Economics, Mr Karl-Theodor zu Guttenberg, was hosted jointly by DLR and the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) in Berlin on May 13 and 14. The meeting brought together nearly 250 delegates from politics, research, and industry and left no doubt that robotics is a key enabling technology and will benefit spaceflight and other sectors. To ensure that Germany can pull its weight in forming this future technology we must prepare the ground today and consistently expand our present capabilities.

Ground-breaking innovation in orbital technology

Robotics will change the way in which we conduct spaceflight in the future: a quantum leap in innovation is especially likely to take place in the Earth’s orbit. On Earth, it is hard to imagine for someone to abandon his car and invest into a new one simply because its tank is empty. In orbit this is what happens all the time. Satellites that are completely functional need to be decommissioned merely because they have run out of fuel.

We presume that this will change. Maintenance robots will approach Earth-orbiting satellites, refuel them, repair them, or, if that proves impossible, dispose of them in a controlled manner. This will enable satellite operators to conduct modern orbital fleet management. They will be able to reposition satellites as required to alter their terrestrial coverage, revamp old satellites or supplement them by new ones. Sustainability will become a leading principle in satellite operation. On-orbit servicing of satellites will thus open up an entirely new dimension of commercial spaceflight.

This technology could also play a part in the way we handle the increasing hazards posed by space debris. This is no longer a vague, exotic issue but an increasingly imminent threat to



Bundeswirtschaftsminister zu Guttenberg ließ sich als Hausherr eine Präsentation robotischer Anwendungen nicht entgehen

Being the host of the conference, the Federal Minister of Economics and Technology, zu Guttenberg, did not miss out on a presentation of robotic applications

ten. Space Debris ist heute kein Exotenthema mehr, sondern in zunehmendem Maße eine akute Bedrohung der Raumfahrt schlechthin. Das hat uns im Februar dieses Jahres die Kollision eines ausgedienten russischen Satelliten mit einem Satelliten der US-Betreiberfirma Iridium nachdrücklich bestätigt. Im erdnahen Orbit (circa 400 bis 800 Kilometer Höhe) wirken zwar langfristig die Selbstreinigungskräfte der Natur: Die Trümmerteile werden abgebremst, sinken immer tiefer und verglühen nach und nach in der Atmosphäre. Dennoch stellen sie über Jahrzehnte eine Gefahr für Raumfahrtaktivitäten in dieser Höhe dar. In 36.000 Kilometern Höhe wiederum – dort wo Kommunikationssatelliten scheinbar stationär über der Erde positioniert werden – bleibt Weltraumschrott für unsere Begriffe nahezu ewig erhalten. Jede weitere Kollision der Trümmer untereinander verschärft zusätzlich das Problem. Weltraumschrott könnte somit die weitere Nutzung des Weltraums für die Raumfahrt in einem sich selbst beschleunigenden Prozess eines Tages unmöglich machen. Das müssen wir mit Vorsorgemaßnahmen und internationalen Regulierungen, aber auch mit geeigneter Technik verhindern. Ein Element dabei ist die gezielte Entsorgung funktionsuntüchtiger Satelliten und Raketoberstufen durch Serviceroboter.

Vor diesem Hintergrund haben wir das Projekt DEOS (Deutsche Orbitale Servicing Mission) auf den Weg gebracht. Das unfallfreie Ando-

spaceflight itself. This became dauntingly evident in February when a decommissioned Russian satellite collided with one of the satellites owned by the American operator Iridium. At orbits closer to Earth (between 400 and 800 kilometers), the problem is, in the long term, taken care of by a natural ‘self-cleaning’ process whereby objects are decelerated, and gradually descend towards the planet until they burn up as they re-enter the atmosphere. Yet, for decades they constitute a hazard for space activities taking place at this altitude. At a height of 36,000 kilometers, however, where communication satellites are deployed in what appears to be a stationary position relative to Earth, space debris stays around almost for eternity, at least by our standards. Every new collision of one piece with another adds to the problem. Thus, in a self-accelerating process, space debris might one day render any further space activity impossible. We must prevent this by introducing appropriate preventive measures and international regulation but also by developing suitable technologies. One element will be the controlled disposal, by service robots, of upper rocket stages and satellites that have ceased to operate.

It was against this background that we initiated the DEOS project (Deutsche Orbitale Servicing-Mission, German Orbital Servicing Mission). It has so far been impossible to perform an accident-

cken an Satelliten, die manövrierunfähig sind und sich unkontrolliert bewegen, ist heute noch nicht möglich. Mit DEOS sollen deshalb in Deutschland vorhandene Technologien weiter entwickelt werden, um Satelliten zu erkennen, anzufliegen, sie einzufangen und bei Bedarf auch kontrolliert rückzuführen. Das Missionsziel ist, einen taumelnden Zielsatelliten mit einem Servicesatelliten zu ergreifen und zu stabilisieren. Nach simulierten Reparaturversuchen werden beide Satelliten gezielt in Richtung Erde gesteuert, wo sie in der Atmosphäre verglühen. Die Reparatur von Satelliten der vorhandenen Generation im Orbit ist derzeit nur in Sonderfällen und nur mit bestimmten Missionen unter Nutzung des Space Shuttles möglich (siehe Bericht zur Hubble Servicing Mission in dieser Ausgabe). Satelliten der Zukunft jedoch könnten wartungsfähig ausgelegt werden. DEOS soll demonstrieren, wie eine derart komplexe Operation im All ablaufen kann. Darüber hinaus werden wir im Projekt DEOS auch Fähigkeiten und Technologien entwickeln, wie sie etwa für eine künftige Probenrückführung im Rahmen einer Explorationsmission notwendig sind.

Robotische Exploration

Automation und Robotik sind auch Schlüsseltechnologien bei der weiteren Erkundung des Weltraums. Als verlängerter Arm des Menschen jenseits der Erde werden intelligente Roboter ins All vorstoßen: Robotische Systeme werden auf Planeten, Monden und Asteroiden landen. Sie werden das Sonnensystem weit über die dem Menschen

free docking maneuver with a dysfunctional satellite that moves uncontrollably in space. DEOS is to enhance technologies that already exist in Germany, and develop them to a level where they can locate and approach a satellite, capture it and, where necessary, bring it back to Earth in a controlled manner. The aim of the mission is to have a service robot grip a wobbling target satellite and stabilize its position. After a number of simulated repair operations, both satellites will be steered back towards the Earth where they burn up in the atmosphere. To repair a satellite of the current generation while in orbit is possible only in exceptional cases and only in manned missions using the Space Shuttle (see also our report on the Hubble servicing mission in this edition). Future satellites might be designed to be serviceable. The purpose of DEOS is to demonstrate how an operation as complex as this can be carried out in space. Another part of DEOS is to develop capabilities and technologies necessary for bringing back space probes with samples from future exploration missions.

Exploration by robots

Automation and robotics are key technologies for any further exploration of deep space, too. Intelligent robots will act as man's extended arm, reaching out into space beyond the confines of Earth. Robotic systems will land on planets, moons and asteroids. They will explore the solar system far beyond the limits set for humans. To

Robotischer Marsrover aus Europa, künstlerische Darstellung (ESA)

Artist's impression of a European robotic Mars rover (ESA)



gesetzten Grenzen hinaus erkunden. Dabei müssen diese Systeme außerordentlich zuverlässig sein sowie autonom und intelligent arbeiten – und das unter den denkbar schwierigsten Verhältnissen: wechselweise extreme Hitze und Kälte, Strahlung, Vakuum, knappe Energiereserven, fernab irdischer Infrastrukturen. Damit eine solche Mission gelingt, müssen Geräte und Instrumente unter harschen Randbedingungen perfekt funktionieren. Der Weltraum ist somit die ultimative Herausforderung für Ingenieure und Techniker.

Explorationsroboter der Zukunft müssen Probleme vor Ort erkennen und autonom lösen können. Sie werden über ein hohes Maß an Mobilität verfügen, in schwierigem Gelände navigieren und sicher mit dem Menschen interagieren können. Die Grundlagenforschung geht hier neue Wege. Technologien, die es erlauben, die „gefühlten Kräfte“ eines ferngesteuerten Roboterarms dem Menschen zu vermitteln, künstliche Intelligenz und Werkstoffe mit sensorischen Eigenschaften sind vielversprechende Ansätze. Dabei geben Vorbilder in der belebten Natur fruchtbare Denkanstöße, die neue Durchbrüche ermöglichen.

Machbarkeitstudie für Mond-Landefahrzeug

Im Rahmen des Nationalen Programms gilt es jetzt, den neuen Schwerpunkt Robotik mit Inhalten zu versehen. Auf drei Leitkonzepte (Landesystem, Mobilität und Autonomes Labor) ausgerichtet, werden vier Technologien gefördert, die zur Architektur eines Explorations Szenarios

achieve this, the systems must be extraordinarily reliable as well as being capable of working autonomously and intelligently – under the most difficult circumstances imaginable: exposed to cycles of extreme heat and cold, radiation, vacuum and scarce energy, they will operate many miles away from terrestrial infrastructures. For a mission like this to be successful the controls and instruments on board have to work perfectly even under such hostile conditions. This makes outer space an extreme challenge for engineers and technicians.

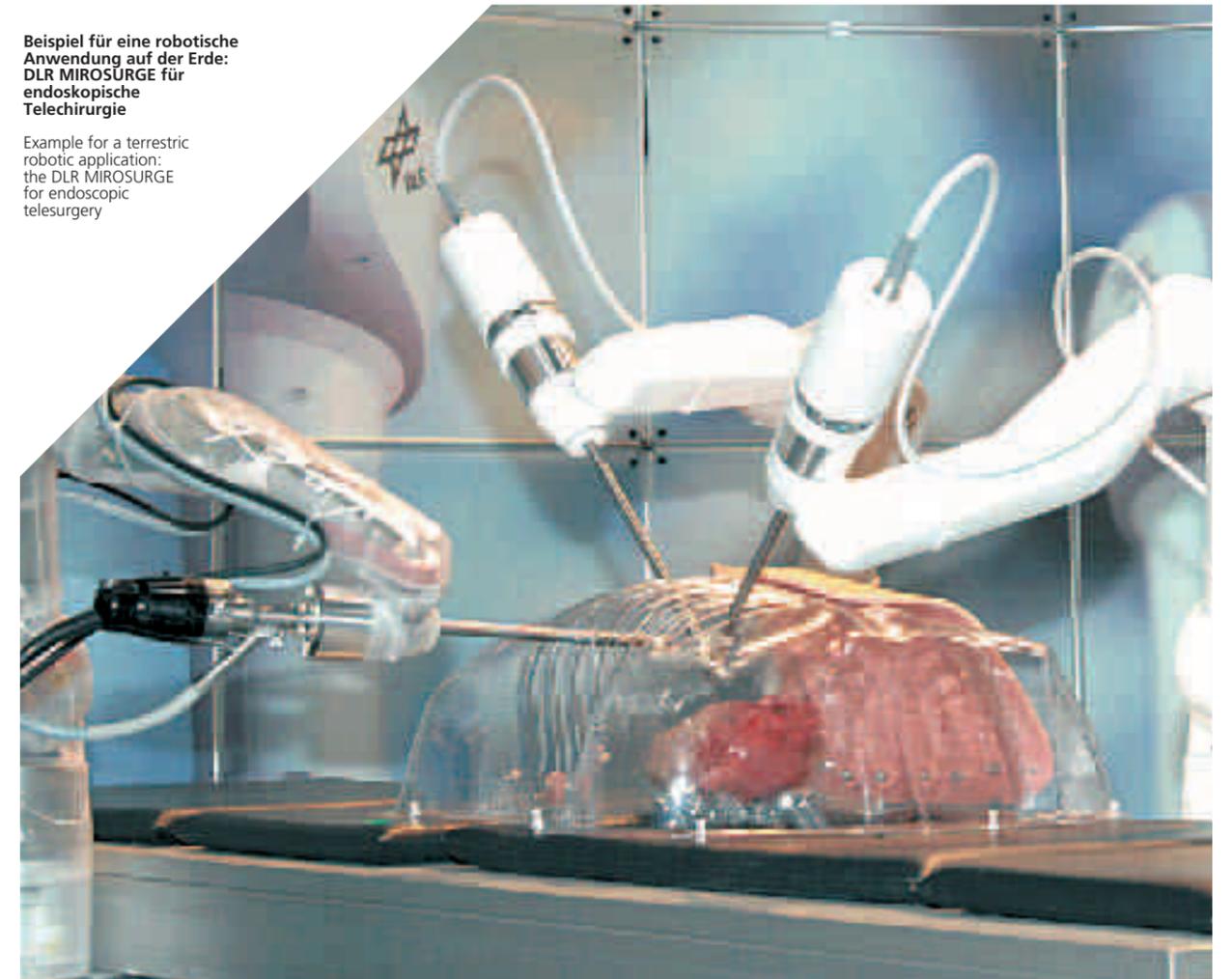
Future exploration robots will have to identify and autonomously solve any problem in situ. They will feature a high degree of mobility, the capability to navigate in difficult terrain as well as interacting safely and reliably with humans. This is an area where basic research is breaking new ground. Artificial intelligence, technologies capable of communicating to humans the forces 'felt' by a remotely controlled robotic arm, or materials with sensory properties are a promising start. Mimicking solutions from living nature provides valuable ideas that may eventually lead to a new breakthrough.

Feasibility study for a lunar landing vehicle

Regarding the National Space Program, the new robotics focus now needs to be fleshed out with detailed content. Working along three major topics (landing system, mobility and autonomous lab) we will embrace technologies that would fit into the architecture of

Beispiel für eine robotische Anwendung auf der Erde: DLR MIROSURGE für endoskopische Telechirurgie

Example for a terrestrial robotic application: the DLR MIROSURGE for endoscopic telesurgery





„Eine robotische Landemission auf einem anderen Himmelskörper ist der nächste logische Schritt.“

‘A robotic mission to another celestial body is the next logical step.’

auf einem Himmelskörper wie dem Mond gehören. Dabei gehen wir nach dem Prinzip „go-as-you-pay“ vor: Je mehr Mittel zur Verfügung stehen, um so mehr kann an Technologieentwicklung bis hin zu terrestrischen Demonstratoren vorangetrieben werden. Wenn es gelingt, einen Schwellenwert in der Budgetausstattung zu überschreiten, der über die reine Technologieentwicklung eine echte Mission durchführbar macht, werden wir diese Chance ergreifen und umsetzen.

Die Realisierung einer robotischen Landemission auf einem anderen Himmelskörper ist der nächste logische Schritt. Eine solche Mission, zum Beispiel zum Mond, in Zusammenarbeit mit internationalen Partnern und möglicherweise unter deutscher Regie, würde unsere Systemkompetenz eindrucksvoll demonstrieren. Eine der Schlüsselfähigkeiten für eine Mondmission ist die weiche und zielgenaue Landung auf seiner Oberfläche. Dafür braucht man neben den bereits genannten Technologien der Automation und Robotik unter anderem auch Antriebssysteme mit drosselbaren Triebwerken, die in Europa erst noch entwickelt werden müssen. Derzeit prüfen wir im Rahmen einer Machbarkeitsstudie die technologischen Voraussetzungen für die Demonstration eines Landefahrzeugs. Erste Ergebnisse werden voraussichtlich Anfang 2010 vorliegen.

Inspiration und Innovation

Die Früchte, die wir mit der Realisierung einer Mond-Landemission ernten könnten, gehen weit über den rein wissenschaftlichen und technologischen Gehalt hinaus. Deutsche Ingenieurkunst und Forschergeist würden mit einer Mondmission ins Rampenlicht der Weltöffentlichkeit gebracht. Eine bessere Werbung für den Standort Deutschland ist kaum denkbar. Und auch mit Blick auf den Nachwuchsmangel in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fächern könnte eine solche Mission den richtigen Motivations Schub erzeugen. Raumfahrtmissionen wie Apollo haben bereits in der Vergangenheit ganze Generationen junger Menschen inspiriert, sich intensiv mit Naturwissenschaft und Technik zu beschäftigen. Viele der heutigen Ingenieure haben ihre Leidenschaft für Technik durch die erste bemannte Mondlandung entdeckt.

an exploration scenario for a celestial body such as the Moon. We will be proceeding in go-as-you-pay mode: the more funds become available, the more we can push ahead with new technology development, up to building terrestrial demonstrators. If we succeed in getting a budget that exceeds a given threshold value which, besides developing the technology, would permit a fully-fledged mission, we will not hesitate to take this opportunity.

Carrying out a robotic landing mission on another celestial body is the next logical step. A landing mission on a place such as the Moon, cooperating with international partners, possibly under the aegis of Germany, would impressively demonstrate our competence. One of the key capabilities required for a lunar mission is a soft pin-point landing on the Moon's surface. For this to become possible, one would, besides the automation and robotics technologies already mentioned, also need a variable thrust propulsion system, which has yet to be developed in Europe. We are currently carrying out a feasibility study to explore the technological requirements for building a lunar landing vehicle demonstrator. Its results are expected to become available in early 2010.

Inspiration and innovation

The harvest we could bring in from a lunar landing mission goes far beyond the sphere of academic and technological ambition. A flight to the Moon would move German engineering and research into the limelight of international attention. There could hardly be a better way to promote Germany as a place for doing business. A lunar mission could also generate a real motivational push to counteract the current shortage of young talent in the science and engineering disciplines. Space missions like Apollo have in the past inspired entire generations of young people to take a deep interest in science and technology. Many of today's engineers discovered their passion for technology at the time of the first landing on the Moon.

Weltraumssysteme basieren auf Technologien an der Grenze des Machbaren. Was sich im Weltraum bewährt, hat auch auf der Erde beste Chancen, schwierige und kritische Situationen zu meistern. Daher ist Raumfahrt-Robotik ein wertvoller Innovationsbeschleuniger für terrestrische Robotik-Anwendungen. Der Transfer aus der Raumfahrtforschung in Anwendungen auf der Erde ist allerdings kein Selbstläufer. Hier braucht es Initiative und Energie auf allen Seiten. Im engen Schulterschluss zwischen Raumfahrt und industriellen Anwendungen muss der Transfer vom All auf die Erde systematisch angegangen werden.

Durch den neuen Schwerpunkt im Nationalen Raumfahrtprogramm werden bundesweit Forschungsinstitute mit weltweit anerkannter Expertise in der Automation und Robotik-Forschung unterstützt. Damit ergänzen wir unter anderem den Aufbau eines Leistungszentrums Robotik am DLR-Standort Oberpfaffenhofen und fördern die technische und wissenschaftliche Kompetenz bei zahlreichen deutschen Unternehmen aus der IT-Branche über den Maschinenbau bis hin zur Raumfahrt. Hierdurch entsteht in Deutschland ein Exzellenz-Verbund der Raumfahrt-Robotik, der sich gezielt den Themen „Orbitale Service-Robotik“, „Explorationsrobotik“ und „Querschnittstechnologien für Raumfahrtanwendungen“ widmen wird.

Mit der neuen Robotik-Strategie unterstreicht die Bundesregierung den hohen Stellenwert, den sie den Themen Robotik und Raumfahrt für die wirtschaftliche und gesellschaftliche Entwicklung Deutschlands beimisst. Sie setzt zugleich ein klares Signal für eine starke Position Deutschlands in der internationalen Zusammenarbeit zur robotischen Exploration des Sonnensystems.

Christoph Hohage ist als Projektdirektor der DLR Raumfahrt-Agentur zuständig für das Nationale Raumfahrtprogramm der Bundesrepublik Deutschland.

Space systems are based on technologies at the edge of feasibility. What stands the test of space has every chance to master difficult and critical situations on Earth, too. This makes space robotics a valuable innovation accelerator for terrestrial robot applications. However, the transfer of space technology to applications on Earth will not happen automatically. It requires the initiative and strength of many. Ranks must be firmly closed between space research and industrial users in a systematic effort to transfer insights from space to applications on Earth.

The new research focus of the National Space Program will add momentum to the activities of German research institutions, some of which already have a worldwide renown in automation and robotics research. One measure will be to expand the existing center of excellence on robotics at DLR's Oberpfaffenhofen facility, another will be to promote the technical and scientific competence in numerous German companies in the IT, engineering and space technology sectors. All this adds up to a coalition of excellence in space robotics, which will engage in key research topics such as 'orbital service robotics', 'exploration robotics' and 'interdisciplinary technologies for space applications'.

The government's new strategy on robotics underscores the high relevance it is attributing to robotics and astronautics in Germany's development as an economy and a society. At the same time, it is sending a clear signal that Germany is ready to assume one of the leading positions within a wider international cooperation on a robot-assisted exploration of the solar system.

At the DLR Space Agency, Christoph Hohage is the director in charge of space projects under the Federal Republic of Germany's national space program.

Virtueller Flug zum Mars

Moskauer Isolationsexperiment
startete Ende März

Von Michael Müller

Virtual flight to Mars

Moscow isolation experiment
started end of march

By Michael Müller

Die Augen der deutschen und vieler anderen europäischen Medien sind Ende März auf ein von außen recht unscheinbares Gebäude im Zentrum Moskaus gerichtet. In der großen Halle des Institutes für biomedizinische Probleme (IBMP) der russischen Akademie der Wissenschaften wird an diesem Tag Raumfahrt-Geschichte geschrieben. Mit Beginn des Experimentes Mars500 wird hier am 31.3.2009 der Grundstein zum ersten bemannten Flug zu unserem Nachbarplaneten gelegt.

Bei Mars500 handelt es sich um ein Langzeit-Isolationsexperiment, das vom IBMP, der Europäischen Raumfahrtagentur ESA und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gemeinsam durchgeführt wird: Sechs Crewmitglieder im Alter von Ende Zwanzig bis Anfang Vierzig lassen sich, zunächst für die Dauer von 105 Tagen, später für 520 Tage, in einen Container mit 180 Quadratmetern Grundfläche einschließen, um verschiedene Aspekte einer Marsmission zu simulieren. Dabei muss es sich in Phase 1 und 2 nicht um dieselben Probanden handeln. Einerseits geht es um humanphysiologisch-medizinische, andererseits um psychologische Fragestellungen. Technische Aspekte, wie etwa der Antrieb, mit dem eine solche Raumfähre ausgestattet sein müsste, Strahlenschutz oder Methoden zur Kompensation der Schwerelosigkeit, bleiben hier außen vor.

Late in March, the eyes of many media in Germany and elsewhere in Europe were fixed on a fairly inconspicuous building in the center of Moscow. On that day, history was being written in the great hall of the Institute for Biomedical Problems (IBMP) at the Russian Academy of Sciences. For it was here that the foundation stone was laid for the first manned flight to our planetary neighbor when the 'Mars500' experiment began on March 31.

Mars500 is a long-term isolation experiment conducted jointly by the IBMP, the European Space Agency (ESA) and the German Aerospace Center (DLR). To simulate various aspects of a mission to Mars, six crew members in their late twenties to early forties let themselves be locked up in a container with a floorspace of 180 square meters for 105 days in phase 1; phase 2 will last 520 days. The subjects will not necessarily be the same in both phases. The questions to be studied relate to human physiology and medicine as well as to psychology. Technical aspects, such as the drive with which the vehicle would have to be equipped, its protection from radiation, or methods to compensate weightlessness are all left out of consideration.

MARS 500



In erster Linie wollen die beteiligten Wissenschaftler analysieren, wie sich der Alltag in einem solchen „Käfig“ – kaum Kontakt zur Außenwelt, fehlende Unterscheidbarkeit von Tag und Nacht, eingeschränkte körperliche Aktivität und Vieles mehr – auf wesentliche Körper- und Geistesfunktionen auswirken. Die Schlüsselkompetenz in diesem Zusammenhang heißt Stressresistenz, also die Kombination aus Problemlösungsfähigkeit und niedrigem Aggressionslevel. Diese Eigenschaften kommen nun unter extremen, teilweise lebensfeindlichen Bedingungen verstärkt zum Tragen. Von den europaweit über 5.000 auf Herz und Nieren geprüften Kandidaten sind in der Endauswahl gerade mal zwei übrig geblieben – der Deutsche Oliver Knickel und der Franzose Cyrille Fournier.

Im Unterschied zu Mars500 wird auf einer realen Langzeitmission allerdings kein Crewmitglied vorzeitig aussteigen können, aus welchen Gründen auch immer. Und anders als bei dem „Big Brother“-Fernsehformat, das viele Medien in diesem Kontext gerne als Vergleich bemühen, geht es bei dieser Simulation nicht darum, wer sich am besten in Szene setzt und am Ende als Einziger übrig bleibt. Das Programm ist in hohem Maße ambitioniert: Neben dem Kontakt zur „Bodenkontrollstation“ im Schichtdienst rund um die

Participating scientists are mainly interested in analyzing how essential physical and mental functions are affected by the everyday life in a 'cage' – hardly any contact with the outside world, no way of distinguishing day from night, restricted physical activity and many other things. The key competence is stress resistance, meaning a combination of a high problem-solving capability and a low aggression level. Its importance is magnified by conditions that are extreme and sometimes even hostile to life. Of the more than 5,000 candidates from all over Europe who were tested up and down, no more than two were left in the end – Oliver Knickel, a German, and Cyrille Fournier, a Frenchman.

On a real long-range mission, unlike Mars500, no crew member will be able to bow out early for any reason at all. And unlike the 'Big Brother' television format which many media love to drag in by way of comparison, this simulation is not about who acts best in front of the camera or who remains in until the end. The program is extremely ambitious: next to maintaining contact with the 'ground control station' in shifts around the clock, the crew will have to look after a hecatomb of experiments. In addition they have to pay attention to their physical fitness and to solve, with

Die Experimenthalle des IBMP in Moskau mit dem Mars500-Röhrensystem im Vordergrund (ESA)

IBMP's experiment facility in Moscow; in the foreground: the Mars500 tube system (ESA)

Uhr gilt es, eine Hundertschaft von Experimenten zu betreuen. Auch muss auf körperliche Fitness geachtet werden, eingespielte technische Probleme müssen mit Bordmitteln gelöst werden. Der Zusammenhalt der Crew ist unerlässlich für den Erfolg der Mission.

Großer Medienandrang beim „Ingress“

Gemessen daran macht die Containerbesatzung – neben Knickel und Fournier vier Russen: Commander Sergey Ryazanskiy, Aleksey Baranov, Aleksey Shpakov und Oleg Artemiev – am 31. März einen ausgezeichneten Eindruck. In gelöster Stimmung erscheinen die Sechs, unterstützt von vier Ersatzleuten, in ihren blauen Overalls zur Pressekonferenz am Vormittag. Das Auditorium des IBMP ist bis auf den letzten Platz gefüllt. Zuvor hat Oliver Knickel bereits dem ARD-Morgenmagazin in zwei Live-Schalten Rede und Antwort gestanden. Nachdem nun die Crewmitglieder ausführlich vorgestellt worden sind und zahlreiche Fragen beantwortet haben, räumen sie das Podium für die Führungsriege der beteiligten Institutionen: Die russische Seite repräsentieren Prof. Anatoli Grigoriev, Vizepräsident der Akademie der Wissenschaften, Alexey Krasnov, bei Roscosmos Abteilungsleiter für bemannte Raumfahrt und Prof. Igor Ushakov, IBMP-Direktor. Dr. Rolf Densing, Programmdirektor der DLR Raumfahrt-Agentur, Dr. Martin Zell, Abteilungsleiter ISS-Nutzung bei der ESA sowie Dr. Igor Savelev vom Nationalen Raumfahrt-Biomedizinischen Forschungsinstitut der USA (NSBRI) komplettieren das Panel.

Im Anschluss begeben sich die geladene Gäste zur Mars500-Halle, vor deren Eingang sich eine lange Schlange bildet, da alle Beteiligten aus hygienischen Gründen mit Mundschutz und Plastik-Überschuhen versehen werden müssen. Unbedingt will man die Einschleusung eines Grippevirus oder dergleichen in den Container kurz vor Beginn des Experimentes verhindern. Auf drei Etagen – ebenerdig sowie auf zwei Umläufen um die Mars500-Modulstruktur – positionieren sich Journalisten, Wissenschaftler und Repräsentanten der an dem Projekt teilnehmenden Firmen.

the means at their disposal, any technical problems that may be fed into the system. Comradeship among the crew is essential for the overall success.

Media rush to attend the 'ingress'

In view of all this, the container crew, which besides Knickel and Fournier includes four Russians, namely commander Sergei Ryazanskiy, Aleksei Baranov, Aleksei Shpakov and Oleg Artemiev, looked very sprightly on March 31. Wearing their blue overalls, the six appeared relaxed when they arrived at the morning's press conference in the company of four stand-bys. All seats were occupied in the IBMP auditorium. Before that, Oliver Knickel had given two live interviews to a German breakfast TV program. Following a detailed personal introduction, the crew members answered numerous questions, after which they left the stage to make room for the leading teams of the participating institutions. The Russian side was represented by Prof. Anatoly Grigoriev, vice president of the Academy of Sciences, Alexei Krasnov, head of the Roscosmos department of manned space flight, and Prof. Igor Ushakov, the director of the IBMP. The other members of the panel were Rolf Densing, the DLR Space Agency's program director, Martin Zell, head of the ESA's ISS utilization department, and Dr. Igor Savelev of the American National Space Biomedical Research Institute (NSBRI).

After the press conference, the invited guests proceeded to the Mars500 hall where a long queue formed before the entrance because all had to put on face masks and plastic galoshes for hygienic reasons: everybody was anxious to keep the container clear of influenza or other infectious organisms so shortly before the beginning of the experiment. Eagerly and expectantly, scientists as well as journalists and the participating companies positioned themselves around the Mars500 module at three levels – on the ground as well as on two elevated catwalks. After committing

Nachdem sich die Crewmitglieder abseits der Massen in einem unbeobachteten Moment noch einmal auf den Erfolg der Mission eingeschworen haben, stellen sie sich zum letzten Mal dem Blitzlichtgewitter. Kommandeur Ryazanskiy, ein ausgebildeter Kosmonaut, meldet IBMP-Chef Ushakov förmlich die Einsatzbereitschaft seiner Mannschaft. Um 13:45 Uhr Mitteleuropäischer Zeit schließt sich die schwere Luke hinter den sechs Probanden für 105 Tage.

Wenn sie am 14. Juli wieder das Sonnenlicht erblicken, wird man sehen, ob der Teamgeist den extremen Belastungen standgehalten und welche Ergebnisse die zahlreichen Experimente zutage gefördert haben. Die gewonnenen Erkenntnisse nehmen die Verantwortlichen bei IBMP, ESA und DLR mit in die nächste Runde. Diese beginnt voraussichtlich im März 2010 und dauert mit 520 Tagen exakt so lange wie ein Flug zum Mars im März 2010 und zurück bei relativ naher Entfernung zur Erde (eine Strecke entspricht 250 Tagen Flugzeit) plus einem 20-tägigen Aufenthalt auf dem Roten Planeten. Ob einer oder mehrere Crewmitglieder aus Phase 1 wieder mit an Bord gehen, ist derzeit noch ungewiss. Gänzlich ausgeschlossen ist es jedoch nicht.

Die ersten beiden Monate im Container

Unmittelbar nach dem Start geht es der Crew darum, sich das kärgliche Mars500-Modulsystem möglichst wohnlich herzurichten und die Experimente Schritt für Schritt in Betrieb zu nehmen. Erster bemerkenswerter psychosomatischer Befund: Alle Sechs schlafen von der ersten Nacht an problemlos durch, was angesichts der engen Kojen nicht nur auf ihre Anpassungsfähigkeit hinweist, sondern auch als Beleg für die generell sehr gute Stimmungslage, die Oliver Knickel in seinem ersten Tagebucheintrag auf der ESA-Website als „glücklich und befreit“ schilderte, herhalten kann.

Überschwänglich lobt Knickel stellvertretend für das ganze Team die Lebensmittel, das von deutschen Zulieferern – Apetito, Hipp, Kellogg's Deutschland und Coppenrath & Wiese – zur Verfügung ge-

themselves to the success of the mission in an unobserved moment away from the masses, the crew members faced the crackle of flashlights for the last time. Commander Ryazanskiy, a trained cosmonaut, formally reported to IBMP chief Ushakov that his team was ready for the mission. At 13:45 central European time, the heavy hatch closed behind the six subjects for 105 days.

When the will glimpse the sunlight again on July 14, we shall know whether their team spirit stood up to the extreme strain and what the results of the numerous experiments will be. The resultant findings will be used in the next phase by those responsible at the IBMP, ESA and DLR. Scheduled to begin late in March 2010, that operation will last 520 days, precisely the time taken by a return flight to Mars when it is relatively close to Earth (a one-way trip equals 250 days of flight) plus a 20-day stay on the Red Planet. At the moment, there is no way of knowing whether one or more members of the phase 1 crew will be on board again, although this cannot be entirely ruled out.

The first two months inside the container

Right after the start, the crew was busy making themselves as comfortable as possible in the rather austere Mars500 modular system and getting the experiments up and running one after the other. The first psychosomatically remarkable fact is that all six slept soundly through the night from the word go. As the bunks are quite cramped, this reflects not only the crew's adaptability but also the buoyancy of their mood, which Oliver Knickel described as 'happy and relieved' in his first entry in the diary on ESA's website.

Speaking for the entire team, Mr. Knickel was fulsome in his praise of the nutrition which, provided by German suppliers (Apetito, Hipp, Kellogg's Deutschland and Coppenrath & Wiese) was put

Einladung in den Deutschen Bundestag

Im Rahmen des Projektes Mars500 folgten am 16. Juni 2009 zwei Mitarbeiterinnen des Instituts für biomedizinische Probleme der russischen Akademie der Wissenschaften (IBMP) zusammen mit Prof. Jörg Vienken (Fresenius Medical Care), Priv.-Doz. Dr. Jens Titze (Universität Erlangen) und Dr. Peter Gräf (DLR), einer Einladung des Bundestagsabgeordneten Norbert Barthle (CDU) in das Paul-Löbe-Haus und den Reichstag.

Frau Agaptseva und Frau Rakova sind für die Implementierung und Durchführung des DLR geförderten Experiments „Langzeitkontrolle des Salz- und Flüssigkeitshaushaltes“ der Universität Erlangen in das „Mars500“-Projekt von entscheidender Bedeutung. Die Einfuhr der für dieses Projekt notwendigen technischen Anlagen, Geräte und Lebensmittel in die Russische Föderation wäre ohne ihre Mitarbeit nicht möglich gewesen. Neben bemerkenswertem Einsatz war ihr Beitrag vor allem durch selbstständige Erarbeitung teilweise unkonventioneller Lösungsansätze gekennzeichnet, durch die letztendlich ein Netzwerk zwischen dem IBMP, dem Zolldienst der Russischen Föderation, der Deutschen Botschaft in Moskau, dem DLR und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen aufgebaut werden konnte. Mit Hilfe dieses Netzwerks ist es den beteiligten Partnern gemeinsam gelungen, die für die erfolgreiche Umsetzung des Vorhabens notwendigen Experimentalbedingungen trotz der teilweise schwierigen Rahmenbedingungen vor Ort zu schaffen und damit auch den zeitgerechten Beginn der gesamten Studie sicher zu stellen.

MdB Norbert Barthle begleitete diese erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen russischen und deutschen Wissenschaftlern mit großem Interesse und empfing Frau Agaptseva und Frau Rakova im Deutschen Bundestag. Neben Frau Bundesministerin Prof. Dr. Schavan fand auch Frau Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel Zeit, die russischen Projektpartner zu begrüßen.

Invitation to the German Parliament

In conjunction with the Mars500 project, two assistants from the Institute for Biomedical Problems (IBMP) at the Russian Academy of Sciences traveled to Berlin on June 16, 2009-07-12 together with Professor Jörg Vienken (Fresenius Medical Care), Dr. Jens Titze, lecturer at Erlangen University, and Dr. Peter Gräf (DLR) to visit the Paul Löbe House and the Reichstag at the invitation of Norbert Barthle, MP (CDU).

Ms. Agaptseva and Ms. Rakova played a crucial part in the implementation of the DLR-sponsored experiment, 'Long-term observation of the human salt and liquid regimen' conducted by Erlangen University under the Mars500 project. Without their collaboration, it would have been impossible to import the equipment, facilities and food required for the project into the Russian Federation. Besides showing remarkable commitment, they distinguished themselves by developing, entirely on their own, some partly un-conventional approaches which ultimately resulted in the generation of a network involving the IBMP, the customs service of the Russian Federation, the German embassy in Moscow, DLR, and the Friedrich Alexander University of Erlangen. With the aid of this network, the project partners succeeded in securing the conditions required for its successful implementation in spite of the occasionally difficult local circumstances, so that the entire study could begin on time.

Having observed this instance of successful cooperation between Russian and German scientists with great interest, Norbert Barthle MP received Ms. Agaptseva and Ms. Rakova in the parliament building. Not only the Federal Minister of Research, Prof. Dr. Schavan, but also the Federal Chancellor Dr. Angela Merkel found time to welcome the project partners from Russia.



Bild links: Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel im Gespräch mit Dr. Rakova und Frau Agaptseva (E. Gödde)

Left picture: Federal Chancellor Dr. Angela Merkel talking to Dr. Rakova and Ms. Agaptseva (E. Gödde)



Von rechts nach links/from right to left: MdB/Member of Parliament Norbert Barthle, Tatiana Agapova (IBMP), Prof. Dr. Jörg Vienken (Fresenius Medical Care), Bundesministerin für Bildung und Forschung/Federal Minister of Education and Research Prof. Dr. Annette Schavan, Dr. Natalia Rakova (IBMP), Dr. Peter Dietsch (Freie Universität Berlin /Free University of Berlin), PD Dr. Jens Titze (Universität Erlangen/Erlangen University), Dr. Peter Gräf (DLR), Peter Vienken (Bild/picture: E. Gödde)

stellt, in Kühl- und Gefrierzellen im Container gelagert und einem abwechslungsreichen Menüplan folgend rationiert wurde. Trotzdem, so fügt der deutsche Mars500-Teilnehmer hinzu, sei es zu Beginn seltsam gewesen, ausschließlich das zu essen, was offiziell erlaubt sei. Hochsalz-Phasen wechseln sich in der Diät der Containercrew mit Natriumphasen ab, um den Wissenschaftlern der Universität Erlangen-Nürnberg eine aussagekräftige Datenbasis für ihre Untersuchung bereitzustellen, denn alle Stoffwechselprodukte werden probenweise aus dem Container geschleust und analysiert.

Für die Aufrechterhaltung der physischen Fitness kann das Team ein Fahrrad-Ergometer nutzen. Allerdings greifen sowohl Oliver Knickel als auch der zweite ESA-Vertreter im Container, der Franzose Cyrille Fournier, von Beginn an zu einer speziellen Methode: Sie tragen ein Gerät am Körper, das die Muskeln durch Elektroschocks stimuliert. Knickel erhält zunächst pro Tag drei Stunden Niedrigfrequenz-Stimulation, Fournier zwanzig Minuten lang Hochfrequenz-Stimulation. Nach sechs Wochen wechseln sie sich ab.

Mehr und mehr gewöhnen sich die Crewmitglieder an die hohe Arbeitsbelastung. Die meiste Zeit des Tages sind sie damit beschäftigt, diverse Experimente zu bedienen und sich – nun auch in der Praxis – in deren zum Teil hochkomplexe Materie einzufinden. Da nebenbei permanent der Kontakt zur wenige Meter entfernten „Ground Control“ gehalten werden muss, wird für jeden Teilnehmer alle sechs Kalendertage eine Nachtschicht fällig, an die sich wiederum ein komplettes Tagespensum anschließt. Die Unterschiede zwischen Tag und Nacht verwischen zunehmend aufgrund der fehlenden Sichtbarkeit der Sonne als Referenz: Nur noch dem eigenen Biorhythmus folgend, begeben sich die Probanden jeden Tag ein bisschen später ins Bett, wobei sie am nächsten Morgen immer zur selben Zeit aufstehen müssen – ein schleichendes Schlafdefizit baut sich auf diese Weise auf.

into cold storage and rationed to provide a richly varied diet. Nevertheless, the German Mars500 participant added, it was a bit odd at the beginning to be allowed to eat only what had been officially approved. In the container crew's diet, high-sodium phases alternate with low-sodium phases to provide the scientists of Erlangen-Nuremberg University with a meaningful database for their studies, for samples of all the crew's metabolic products are being conveyed out of the container for analysis.

To maintain their physical fitness, the team members have a bicycle ergometer at their disposal. On the other hand, Oliver Knickel as well as ESA's second representative in the container, the Frenchman Cyrille Fournier, are using a specific approach: They are wearing a device which stimulates the musculature by electric shock therapy. While Knickel in the beginning is receiving low frequency stimulation three hours a day, Fournier is passing through a twenty minute high frequency stimulation. After six weeks, they alternate.

The crew members are gradually getting growing used to their heavy workload. During most of the day, they are busy operating various experiments and familiarizing themselves – in practice this time – with the relevant subject matters, some of which are highly complex. Moreover, as contact must be permanently maintained with 'ground control' only a few meters away, there is one day in every six on which each crew member has to work a night shift, with a full day's schedule following after it. The distinction between day and night is getting increasingly blurred because there is no sun to provide a standard of reference: following exclusively his own biorhythm, each subject goes to bed a little later each day although there is no change in the time at which the crew has to get up the next morning – a sleep deficit is creeping in.

Crew feiert „Tag der Kosmonauten“

Zu Beginn der zweiten Woche lobt Cyrille Fournier noch einmal ausdrücklich die positive Stimmung: Noch niemand habe bis jetzt auch nur irgendeine unangenehme Situation erlebt oder irritierendes Verhalten bei den Anderen wahrgenommen. Inzwischen hat die Crew alle Gegenstände, die nicht jeden Tag benötigt werden wie Experimentzubehör, Staubsauger und Feuchttuch-Vorräte (die deshalb so wichtig sind, weil keine Dusche an Bord ist), in das Lagermodul geräumt; dies geschieht aus praktischen Gründen, aber möglicherweise auch, um das Gefühl räumlicher Beengtheit zu minimieren.

Eine Aufmunterung der besonderen Art erhält die Crew am Ende der zweiten Woche, genauer gesagt am „Tag der Kosmonauten“, der in Russland im Gedenken an Yuri Gagarin's Vostok-1-Flug alljährlich am 12. April begangen wird. Ein Mädchen aus einer Delegation von Schulkindern, die an diesem Tag das IBMP besucht, singt im Kontrollraum ein eigens komponiertes Lied, das die Mars500-Mannschaft über die Bordlautsprecher empfängt. Ein festliches Abendessen bildet den würdigen Abschluss dieses Tages. Dabei kommt erstmals auch selbstgezüchtetes Gemüse – Radieschen, Zwiebeln und Chinakohl-Blätter – zum Einsatz, das die Crew seit ihrem Einzug im Container-Gewächshaus gezüchtet und bis zu diesem Anlass aufgespart hat, um dem Mikrowellen-Fertigessen eine besondere Note zu verleihen. Das Heranreifen der Bord-Tomaten und -Erdbeeren wird ungeduldig beobachtet.

Sauberkeit und Öko-Bewusstsein ausgeprägt

In Woche drei nehmen Oliver Knickel und Cyrille Fournier die in Deutschland entwickelte elektronische Nase erstmals in Betrieb. Dabei handelt es sich um ein Gerät von der Größe eines Schuhkartons, das Luft einsaugt und über einen speziellen Filter Bakterien und Pilze erkennen kann (siehe hierzu Kasten auf S. 19). Zur Zufriedenheit der Crew fällt das Ergebnis negativ aus; ein Beweis auch dafür, dass die Mannschaft ihren Putzdienst ernst nimmt.

Celebrating 'Cosmonauts' Day'

At the beginning of the second week, Cyrille Fournier once again expressly praised the positive atmosphere prevailing: so far, there was nobody who had experienced any disagreeable situation or perceived any kind of irritating behavior in the others. By that time, the crew had cleared away any equipment that was not needed every day, such as experiment accessories, vacuum cleaners and wet wipe supply (which is important to have, because there is no on-board shower). All these things are now kept in the storage module, not only for practical reasons but possibly also to minimize the feeling of living in a cramped space.

The crew received a special kind of encouragement at the end of week two or, to be more precise, on 'Cosmonauts' Day' which Russia celebrates on April 12 every year in memory of Yuri Gagarin's flight on Vostok 1. From the control room, a girl from a delegation of schoolchildren who visited the IBMP on that day sang a song specifically composed for the occasion, to which the Mars500 crew listened on their loudspeakers. At the festive dinner which formed a condigned end for the day, the table was graced by the first crop of homegrown vegetables, radishes, onions and Chinese cabbage which the crew had been cultivating in the greenhouse from the time they had moved into the container and saved for the occasion to lend some character to the microwave food. The crew is watching the ripening of their tomatoes and strawberries with impatience.

Marked cleanliness and ecological awareness

In week three, an electronic nose developed in Germany was activated for the first time by Oliver Knickel and Cyrille Fournier. The size of a shoebox, the device sucks in air and identifies bacteria and fungi with the aid of a special filter (see the box on p. 19). To the satisfaction of the crew, the result was negative, proving that they had been taking their housekeeping duties seriously.

Die Tatsache, dass die Mars500-Crew sich – in der Simulation – langsam von der Erde entfernt, bedeutet nicht, dass sie sich nun weniger für irdische Themen interessiert. Darauf weist Cyrille Fournier anlässlich des Internationalen Tages der Erde am 22. April hin. Aus diesem Grund beteiligt sich die Containerbesatzung ab der vierten Experimentwoche an einer Ressourcen-Sparaktion der für sie ohnehin limitierten Güter Luft, Wasser und Elektrizität. Ohne den genauen Einfluss – oder Gegenwert – ihrer Maßnahmen zu kennen, so sei doch zumindest sicher, dass dies nicht zum Nachteil der Erde sei, so Fournier.

Anfang Mai markiert das Ende des ersten von insgesamt drei Experimentzyklen, die jeweils 35 Tagen dauern. Diese Zeitspanne ist ausreichend, um signifikante Veränderungen beim Menschen infolge modifizierter Umweltbedingungen festzustellen. Am Ende des ersten Mars500-Zyklus in Woche 5 durchlaufen alle Teilnehmer intensive physiologische und psychologische Untersuchungen: Messungen der Herzfunktion (per Elektrokardiogramm) und der Hirnströme (per Elektro-Enzephalographie), Abgabe von Speichel-, Blut-, Atemluft- und Urinproben, psychologische und kognitive Tests.

Einer der Tests, die in diesem Zusammenhang durchgeführt werden, stammt von der Deutschen Sporthochschule in Köln (SpoHo). Er beschäftigt sich mit den Auswirkungen längerer Isolation auf das Stressniveau und mit Sport als wirksamer Ausgleichsmethode. Die Arbeitsgruppe der SpoHo hat herausgefunden, dass das Serotoninsystem des menschlichen Körpers eine wichtige Rolle bei der Anpassung von Stimmung, Wachsamkeit, Gehirnfunktion und Leistungsfähigkeit spielt, und dass physisches Training eine positive Auswirkung auf den Serotoninhaushalt hat. Im Test werden die Gehirnströme der Probanden gemessen, während diese einen Fragebogen ausfüllen. Dieses geschieht sowohl vor als auch nach dem Training. Sollte sich bestätigen, dass körperliche Übungen die Leistungsfähigkeit des Gehirns steigern und die Stimmung verbessern, können in Zukunft darauf basierende spezielle Trainingsprogramme für Astronauten auf Langzeitmissionen entwickelt werden.

Kurzfristige Gefahrensituation gemeistert

In der siebenten Experimentwoche, am 12. Mai, erlebt Oliver Knickel an seinem 29. Geburtstag eine besondere, wenngleich nicht positive Überraschung: Kurz nach Mitternacht zeigen die Monitore im Container-Leitstand einen Temperaturanstieg auf über 30 Grad sowie ein erhöhtes Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidvorkommen in der Luft. Dies kann bei fehlender Lüftungsmöglichkeit schnell lebensbedrohlich werden. Zügig werden Vorbereitungen zur Evakuierung des betroffenen Wohnmoduls und zum Bezug des Lagermoduls getroffen; dieses lässt sich gegenüber den anderen Containerteilen abschotten. Parallel arbeitet die Crew an einer Lösung. Letzten Endes stellen sich ein defekter Filter und ein gebrochener Kondensator als Ursache des Problems heraus. Beide werden ausgetauscht, die Luftparameter pegeln sich auf einen Normalwert ein. In der Gewissheit, die Feuertaufe bestanden zu haben, kann die Geburtstagsfeier für Oliver Knickel am folgenden Abend stattfinden. Der ausgelassene Gesang der Mars500-Crew, die sich einem Karaoke-Wettstreit hingibt, ist sicherlich auch außerhalb des Modulsystems zu hören.

The fact that the Mars500 crew is now moving slowly away from Earth on its simulated journey does not mean that they are less interested in terrestrial issues. This was pointed out by Cyrille Fournier on the International Earth Day on April 22. To mark the occasion, the container crew mounted a campaign to save air, water and electricity, three resources whose supply is obviously limited on a spacecraft. Fournier said that although they did not know the precise impact or value of their measures, they could at least be sure that this would be no disadvantage to Earth.

The beginning of May marked the end of the first of the experiment's total of three cycles of 35 days each. This length of time is sufficient to detect any significant changes caused in humans by modified environmental conditions. At the end of the first Mars500 cycle in week five, all participants underwent thorough physiological and psychological examinations: their heart function and brain wave activity were measured by electro-cardiograms and electroencephalograms. Saliva, blood, respiratory air and urine samples were taken, and psychological and cognitive tests were run.

One of the tests that were done in this context was developed by the German Sport University (Deutsche Sporthochschule, or SpoHo for short) in Cologne. It addresses the impact of prolonged isolation on stress levels and the effectiveness of sport as a compensatory strategy. A SpoHo working group discovered that the serotonin system of the human body plays an important role in modifying an individual's mood, alertness, brain function and functional capacity, and that the serotonin regimen is positively affected by physical training. In the related test the subjects' brain waves were measured while they filled in a questionnaire, both before and after a training session. If it should be definitely confirmed that physical exercise does improve people's mood and brain performance, training programs tailor-made for astronauts on long-range missions may be developed on that basis.

Temporary hazard brought under control

In the seventh week of the experiment, on May 12, Oliver Knickel was confronted on his 29th birthday with a surprise which, though not pleasant, was at least unusual: Shortly after midnight, the monitors in the container control room showed that the temperature had risen to more than 30 degrees, and that the carbon monoxide and carbon dioxide content in the air was above the admissible level. In the absence of proper ventilation, this could have swiftly developed into a life-threatening situation. Steps were speedily taken to evacuate the affected residential module and move to the storage module, which can be sealed off from the other containers. While this was going on, the crew was working on a solution. Ultimately, it was found that the problem had been caused by a defective filter and a broken condenser. After both had been replaced, the air parameters gradually went back to normal. On the evening of that day, the crew, certain that they had survived a baptism of fire, duly celebrated Oliver Knickel's birthday. The boisterous singing of the Mars500 crew in a karaoke contest was certainly audible outside the module system.

„Der Zusammenhalt der Crew ist unerlässlich für den Erfolg der Mission.“

‘Comradeship among the crew is essential for the mission's overall success.’

Premiere für elektronische Nase

Die bei Mars500 herrschenden Rahmenbedingungen bilden eine einzigartige Testumgebung. Erstmals stellt eine sogenannte elektronische Nase, ein tragbares Gassensorsystem zum Aufspüren mikrobieller Verunreinigung, seine Einsatztauglichkeit unter Beweis. Ziel der hier beteiligten deutschen Forschungseinrichtungen – DLR und das Zentrum für Umweltforschung und nachhaltige Technologien der Universität Bremen – ist es, das Gerät für den Einsatz im russischen Segment der Internationalen Raumstation (ISS) zu qualifizieren. Im Inneren der russischen Vorläufer-Station MIR hatten Wissenschaftler zahlreiche, teilweise mutierte Bakterien- und Pilzarten nachgewiesen. Diese befanden sich hauptsächlich auf kalten Materialoberflächen, in deren Umgebung Kondenswasser vorhanden war. Zerstörte Glas-, Kabel- und Plastikteile waren die Folge. Gerade bei einer Langzeitmission wie zum Beispiel zum Mars würde das unkontrollierte Wachstum solcher Kulturen ein gravierendes Problem darstellen. Die von den Schweriner Messtechnik-Spezialisten Airsense Analytics mit finanzieller Förderung durch das DLR entwickelte elektronische Nase könnte ein Lösungsansatz sein: Sie ist in der Lage, Gerüche zu erlernen und wiederzuerkennen. Sie liefert objektive Ergebnisse im Minutentakt.

Stoffwechsel als Schlüsselexperiment

Der menschliche Organismus ist bei einer bemannten Weltraummission von entscheidender Bedeutung. Daher gibt es bei Mars500 hierzu ein eigenes Experiment. Wissenschaftler der Universität Erlangen-Nürnberg überwachen die Zufuhr von Nahrungsmitteln sowie den Stoffwechsel der Versuchspersonen und führen eine Langzeituntersuchung zum Salz- und Flüssigkeitshaushalt des menschlichen Körpers durch. Weitere Experimente beschäftigen sich, darauf aufbauend, unter anderem mit dem langfristigen Einfluss der Salzzufuhr auf die Blutdruck-Regulierung. Der erwartbare Erkenntnisgewinn kommt auch Patienten auf der Erde zugute. Wissenschaftler des DLR-Institutes für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln sind an diesem Versuch ebenso beteiligt wie an Untersuchungen des Knochenstoffwechsels unter eingeschränkter Aktivität und der psychophysiologischen Leistungsfähigkeit unter Extrembedingungen. Den Auswirkungen von Stress auf das Immunsystems gehen die Mediziner der Ludwig-Maximilians-Universität München mit der CoSI – 500 Study auf den Grund.

Neun Kubikmeter Privatsphäre

Bei dem Mars500-Container handelt es sich um ein röhrenförmiges Modulsystem mit einer Wohn- und Arbeitsfläche von circa 600 Kubikmetern. Hinzu kommen Kühlzellen für die Nahrungsmittel, eine Quarantänestation sowie eine künstliche Marsoberfläche, die allerdings erst in Phase 2 des Projektes genutzt wird. Es herrscht normaler Luftdruck, das Gravitationsfeld ist unbeeinflusst. Jedem Probanden steht eine Neun-Kubikmeter-Kabine einschließlich eines schmalen Bettes zur Verfügung. Der Funkverkehr zur „Bodenstation“ und zurück erfolgt bei wachsender simulierter Entfernung zur Erde mit bis zu 40-minütiger Verzögerung hin- und zurück. Die Teilnehmer dürfen via E-mail und Videobotschaft Kontakt zu ihren Familien und Freunden halten.

Michael Müller ist Redakteur im Bereich Kommunikation der DLR Raumfahrt-Agentur.

Electronic nose makes its first appearance

The general conditions of Mars500 form a unique test environment. For the first time, the so-called electronic nose, a portable gas sensor system that sniffs out microbial pollution, is proving its fitness for use. The German research institutes involved – DLR and the Center for Environmental Research and Sustainable Technologies at Bremen University – aim to qualify the device for use in the Russian segment of the International Space Station (ISS). In the interior of the Russian precursor station MIR, scientists had detected numerous species of bacteria and fungi, some of them mutated. They were mostly found on cold surfaces, in the neighborhood of which water had condensed. Cables as well as glass and plastic parts were destroyed as a consequence. The uncontrolled growth of such cultures would be a grave problem especially on long-range missions to Mars or elsewhere. Developed with the financial support of DLR by Airsense Analytics, a Schwerin company specializing in metrology, the electronic nose might constitute an approach towards a solution: providing objective results minute by minute, it is capable of learning smells and recognizing them again.

Metabolism as a key experiment

The human organism is a factor of crucial importance in any manned space mission, which is why an experiment dedicated to the subject has been included in Mars500. Monitoring the subjects' food intake and metabolism, scientists of Erlangen-Nuremberg University are investigating the salt and fluid regimen of the human body in a long-term study. Based on this, further experiments will be run to investigate the long-term impact of the supply of salt on blood pressure. The expected cognitive gain will also benefit patients on Earth. Scientists with the DLR Institute of Aerospace Medicine in Cologne are participating in this experiment as well as in investigations addressing bone metabolism under conditions of restricted activity and psychophysiological performance in an extreme environment. Medical scientists from the Ludwig Maximilians University of Munich will be looking into the impact of stress on the immune system in a study called CoSI 500.

Nine cubic meters of privacy

The Mars500-Container consists of a modular system of tubes offering a space of c. 600 cubic meters to live and work in. In addition, there are cold-storage cells for food, a quarantine station and an artificial segment of the Mars surface which, however, will only be used in phase 2 of the project. Air pressure is normal, and there is no influence on the gravitational field. For his private use, each subject has a cabin of nine cubic meters with a narrow bed. As the simulated distance to Earth grows, radio messages to and from the 'ground station' will be delayed by up to 40 minutes. Participants are allowed to maintain contact with their family and friends via email and video messages.

Michael Müller is an editor in the DLR Space Agency communications department.

Mit REXUS an den Rand des Weltraums

Forschungsraketen-Kampagne
für Studenten in Kiruna

Von Diana Gonzalez

REXUS – Reaching for the Edge of Space

Students' sounding rocket
campaign in Kiruna

By Diana Gonzalez

Das Thermometer zeigt elf Grad unter Null, und der feine, trockene Schnee, den der eisige Wind vor sich herreibt, hüllt das Gelände von Esrange in ein diesiges Licht. Esrange, das ist das schwedische Forschungszentrum für Raketen und Ballone am Nordpolarkreis. Wer dorthin gelangen will, der fährt von Kiruna, der nördlichsten Stadt des Landes, rund 40 Kilometer durch verschneite Nadelwälder, vorbei an vereinzelt Holzhäuschen, vereisten Seen und verwunderten Rentieren. Bei Esrange endet die Straße dann.

Die Forschungsstation ist Anfang März bis auf den letzten Platz belegt. Projektleiter, Techniker und Studentengruppen aus Deutschland, Finnland, Norwegen, Spanien und den Niederlanden bevölkern das Gelände. Denn innerhalb der nächsten zwei Wochen sollen fünf ambitionierte Experimente auf den REXUS-Forschungsraketen 5 und 6 durchgeführt werden.

Besonders spannend wird es in den kommenden Tagen, weil zeitgleich mit der REXUS-Kampagne zwei Forschungsballone für ihren Flug vorbereitet werden. Auf ihnen fliegen die Instrumente MIPAS-B/TELIS und TWIN mit. Sie sollen Spurengase in der arktischen Stratosphäre messen, die für den Ozon-Abbau verantwortlich sind. Auch an diesem Projekt ist das DLR beteiligt. Außerdem soll eine von Studenten der Technischen Universität Delft selbst entwickelte und gebaute Rakete starten.

The thermometer points to eleven degrees below zero, and the fine, dry snow drifting in an icy wind immerses the Esrange campus in a dim, misty light. Esrange is the Swedish research center for rockets and balloons on the northern polar circle. Whoever wants to go there travels from Kiruna, the country's northernmost city, along 40 kilometers of snow-shrouded conifers, past some scattered wooden houses, frozen lakes and a few astonished reindeer. Then, at Esrange, the road ends.

In early March the research campus is almost bursting at its seams. Project leaders, engineers and groups of students from Germany, Finland, Norway, Spain and the Netherlands populate the premises. The two weeks ahead will see five ambitious experiments being carried out on the sounding rockets REXUS 5 and 6.

Things will culminate in the next few days when two research balloons will have to be prepared for their flight, simultaneously with preparations for the REXUS campaign. The balloons will carry the scientific instruments, MIPAS-B/TELIS and TWIN. Their assignment will be to measure trace gases in the arctic stratosphere, gases which are responsible for ozone depletion. DLR has a hand in this project, too. The rocket to be launched was designed and built by students from the Delft University of Technology in Delft/The Netherlands.

„Mit dem Rexus-Programm ermöglicht das
DLR Studenten
Höhenforschung bis zu 100 Kilometern.“

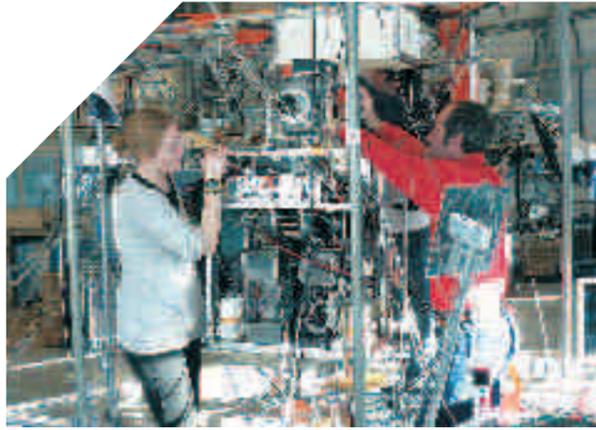
'The DLR REXUS program intends to provide
opportunities for students
to research up to 100 kilometers altitude.'

Mit dem REXUS-Programm (Raketen-Experimente für Universitäts-Studenten) ermöglicht das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammen mit dem Swedish National Space Board (SNSB) und der Europäischen Weltraumorganisation ESA Studenten Höhenforschung in einer Umgebung bis zu 100 Kilometern Höhe. Der deutsche Anteil des REXUS/BEXUS-Programms wird aus dem DLR Forschungs- und Entwicklungsprogramm „Weltraum“ finanziert, die Ausgaben für die deutschen Studenten im Rahmen des Nationalen Weltraumprogramms mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Die programmatische Leitung und Ausschreibung der deutschen Experimente erfolgt durch die DLR Raumfahrt-Agentur in Bonn. Für die Betreuung und Integration der deutschen Experimente wurde am DLR-Institut für Raumfahrtssysteme in Bremen das REXUS/BEXUS-Projektbüro eingerichtet. Die Flugkampagnen werden von EuroLaunch, einem Joint Venture der Mobilien Raketen Basis des DLR (MORABA) und dem ESRANGE Space Center des schwedischen Raumfahrtunternehmens SSC (Swedish Space Cooperation), durchgeführt.

REXUS-Raketen durchfliegen die Tropo-, Meso-, und Stratosphäre bis hin zur Thermosphäre. Nach diesem Abstecher an den Rand des Weltalls fallen die Raketen zur Erde zurück. Ihre wertvolle Fracht, die Experimente, schweben das letzte Stück an einem Fallschirm

REXUS (Rocket-borne Experiments for University Students) is a program run jointly by the German Aerospace Center (DLR), the Swedish National Space Board (SNSB) and the European Space Agency (ESA). Its intention is to provide opportunities for students to do research up to 100 kilometers altitude. The German share of the REXUS/BEXUS program is funded by DLR's space research and development program whereas the expenditures for the German students are funded by The Federal Ministry of Economics and Technology in the framework of Germany's National Space Program. The overall program administration and the call for proposals in Germany are conducted by the DLR Space Agency in Bonn. To oversee and integrate the German experiments, a REXUS/BEXUS project office was installed at the DLR Institute for Space Systems in Bremen. The flight campaigns themselves are carried out by EuroLaunch, a joint venture of DLR's Mobile Rocket Base (MORABA) and the ESRANGE Space Center owned by the Swedish Space Cooperation (SSC).

Crossing the troposphere, mesosphere and stratosphere, REXUS rockets rise all the way to the thermosphere. After a quick trip to the edge of space the rockets fall back to Earth. Their valuable freight makes a gentle landing hanging from a parachute. In fall of each year DLR launches a call for proposals both for



Vorbereitung der TWIN-Nutzlast
Preparation of the TWIN payload



Das Vip-Bip-Team löst das Experiment aus dem Raketenmodul
The Vip-Bip team detaching the experiment from the launcher module

zu Boden. Jedes Jahr im Herbst startet eine neue Ausschreibung des DLR für REXUS und das Forschungsballon-Programm BEXUS (Ballon-Experimente für Universitäts-Studenten), auf die sich Studenten aus Deutschland bewerben können.

Das AGADE-Experiment: Sensoren für die Raumfahrt

Von Dienstag, den 3. März, bis Sonntag, den 8. März 2009 finden Vorbereitungen statt. Experimente und Technik werden getestet, Flugsimulationen durchgeführt und die Nutzlast in die Rakete integriert. Am Montag, den 9. März findet der Roll-Out von REXUS 6 statt. Einen Tag später soll die Rakete starten. Am 11. März wird auch REXUS 5 zur Startrampe gebracht und am nächsten Tag auf ihre Mission geschickt.

Auf REXUS 6, der ersten Rakete, fliegen das deutsche Experiment AGADE und das norwegische Experiment NISSE mit. Mit AGADE (Applied Geomagnetism for Attitude Determination Experiment) wollen Studenten der Technischen Universitäten Dresden und Freiberg verschiedene Magnetometer auf ihre Tauglichkeit für Kleinst-Satelliten überprüfen. Die bisher bei den so genannten Pico- und Nanosatelliten verwendeten Sensoren zur Messung des Erdmagnetfeldes sind teuer und schwer erhältlich.

Die Gruppe möchte Alternativen aufzeigen und testet Bauteile, die in Massenproduktion – etwa für die Handyherstellung – produziert werden und dementsprechend günstig sind. Das setzt voraus, dass ihre Sensoren eine exakte Lagebestimmung erlauben. Ein weiteres Ziel ist es, mit den günstigen Bauteilen auch die Anomalien des Erdmagnetfeldes zu messen und zu prüfen, ob diese Abweichungen herausgerechnet werden können. Um sicherzugehen, dass die Messungen stimmen, fliegt ein Referenzmagnetometer mit, dessen Zuverlässigkeit gesichert ist.

Das NISSE-Experiment (Nordic Ionospheric Sounding rocket Seeding Experiment) von Studenten der Universität Bergen erzeugt in einer Höhe von 90 bis 100 Kilometern eine künstliche Eiswolke. Hierzu werden genau vier Sekunden, bevor die Rakete ihren höchsten Punkt erreicht, rund elf Liter Wasser in die Atmosphäre gesprüht. Mit vollem Tank bringt die Apparatur stolze 30 Kilogramm auf die Waage.

REXUS and the research balloon program, BEXUS (Balloon-borne Experiments for University Students), in which German students can enter their applications.

The AGADE Experiment: Sensors for spaceflight

Preparations take place from Tuesday, March 3, until Sunday, March 8, 2009. Experiments and technology are tested, flight simulations are carried out, and the payload is assembled into the rocket. On Monday, March 9, REXUS 6 is rolled out. One day later the rocket is to be launched. On March 11, REXUS 5 is taken to the launch pad to be sent on its mission the next day.

Flying on board REXUS 6, the first rocket, are the German experiment AGADE and Norway's experiment NISSE. Students from the Dresden and Freiberg Technical Universities have designed AGADE (Applied Geomagnetism for Attitude Determination Experiment) to test a variety of magnetometers for their suitability for very small satellites. Geomagnetic sensors that have been used so far on pico and nano satellites are expensive and hard to get.

The AGADE team intends to demonstrate that there are alternatives, and wants to test components that are mass-produced for applications such as mobile phones and are correspondingly cheap. A prerequisite is that their sensors deliver accurate data for attitude determination. A further objective is to develop cheap components for measuring anomalies in the Earth's magnetic field and to see how these deviations can be processed numerically. In order to ensure that the measurements are correct, the experiment has an additional reference magnetometer of known accuracy on board.

The NISSE Experiment (Nordic Ionospheric Sounding rocket Seeding Experiment) designed by students of Bergen University is to create an artificial ice cloud at an altitude of 90 to 100 kilometers. Exactly four seconds before the rocket reaches its highest point, about eleven liters of water will be sprayed into the atmosphere. When its tank is full, the device weighs an impressive 30 kilograms.



REXUS 6 auf dem Weg zur Startrampe
REXUS 6 on its way to the launch pad

„Das Hauptziel ist es herauszufinden, ob die Wolke mit dem Radar geortet werden kann“, sagt Vidar Holland. Er ist einer der vier jungen Wissenschaftler, die das Experiment geplant und gebaut haben. Drei Radaranlagen in Norwegen, Finnland und Schweden sollen die Wolke erfassen. Wenn dies funktioniert, wollen die Studenten untersuchen, wie sich die Wolke in der Ionosphäre verhält.

Meteoritenstaub und nachleuchtenden Eiswolken

An Bord von REXUS 5 starten die Experimente CharPa (Deutschland), Itikka (Finnland) und Vip-Bip (Spanien). CharPa (Charge state of the mesospheric smoke Particles) ist das Projekt einer internationalen Doktorandengruppe der Universitäten Rostock und Stockholm. Mit ihrer Apparatur machen sich die Forscher des Leibniz-Instituts für Atmosphärenphysik auf die Suche nach Meteoritenstaub. Er entsteht, wenn Meteoriten in der Erdatmosphäre verglühen und ihre Verbrennungsprodukte wieder kondensieren.

Obwohl diese Staubkörnchen nur wenige Nanometer groß sind, wird vermutet, dass sie an einer Vielzahl von Prozessen in der Atmosphäre unseres Planeten beteiligt sind, wie zum Beispiel der Bildung von nachleuchtenden Eiswolken in einer Höhe von rund 80 Kilometern. An den Meteoritenpartikel kann sich Wasserdampf niederschlagen und gefrieren. Wenn genügend große Eiskristalle herangewachsen sind, entsteht eine Wolke, die nachts im Streiflicht der Sonne, das über den Horizont fällt, sichtbar wird. Die Atmosphärenphysiker sind daher sehr interessiert daran, die Eigenschaften der Meteoriten-Relikte und ihre Verteilung um die Erde zu bestimmen.

Daher besteht das Ziel der Doktoranden darin, mit CharPa – einem modifizierten Standardmessgerät (Faraday-Becher) – herauszufinden, ob die Meteoritenteilchen tatsächlich eine natürliche Ladung besitzen, oder ob diese vielleicht erst durch Reibung im Messgerät erzeugt wird. Die Messungen finden ab einer Höhe von etwa 60 Kilometern statt.

Mit dem Projekt Itikka (finnisch: Moskito) wollen Studenten der Technischen Universität Tampere eine selbst entwickelte Elektronik- und Inertialplattform für eine neue Generation von Studentensatelliten testen. Diese Plattform wird auf REXUS 5 zum ersten Mal echten Flugbedingungen ausgesetzt. Es handelt sich dabei um ein Trägheits- und Lage-Messsystem. Es besteht aus jeweils drei senk-

‘Our main goal is to find out if the cloud can be detected by radar’, says Vidar Holland. He is one of the four young scientists who have planned and assembled the experiment. Three radar facilities in Norway, Finland and Sweden are to observe the cloud. If everything works out as planned the students want to study the cloud's behavior in the ionosphere.

Meteorite dust and noctilucous ice clouds

REXUS 5 will carry the experiments CharPa (Germany), Itikka (Finland) and Vip-Bip (Spain). CharPa (Charge state of the mesospheric smoke Particles) is the project of an international group of Ph.D. students from the universities of Rostock and Stockholm. Built by researchers from the Leibniz Institute for Atmospheric Physics, this apparatus is intended to study meteorite dust. The dust emerges when meteorites burn up in the Earth's atmosphere, and their products of combustion condense thereafter. Although these dust particles measure only a few nanometers, scientists assume that they are involved in a multitude of processes within the atmosphere of our planet, like, for example in the formation of noctilucous ice clouds. These clouds form at an altitude of some 80 kilometers. Water vapour can condense on and then freeze on the meteorite particles. When a sufficient amount of ice crystal has grown, a cloud originates that is visible at night in the streak of sunlight passing the horizon. Physicists who examine the atmosphere are very much interested in determining the characteristics of these meteorite relics and their distribution round the Earth.

By using CharPa – modified standard gauge, a so-called Faraday cup – the students aim to find out whether the meteorite particles are naturally charged or whether the electric charge is generated by friction inside the instrument. Measurements take place at an altitude from about 60 kilometers upwards.

Under a project named Itikka (the Finnish word for mosquito) students of Tampere University of Technology want to test a self-designed inertial platform to be used in a new generation of student rockets. The REXUS 5 flight is the first time for this device to experience real flight conditions. It is an inertial and an altitude measuring device. It consists of three acceleration sensors and three gyroscopes, positioned orthogonally to one another. The device also features an on-board camera to capture images of Lapland during its flight.

Students of the Castelldefels Technical College have an experiment entitled Vip-Bip (VIBration effects on BIPhasic fluids) to study the behavior of a two-phase mix of fluids under near-zero gravity. The device features four integrated chambers, each of which contains air and a fluid. Two of them contain water, one silicon oil and one alcohol. A vibration mechanism is installed below the containers to mix the gas and fluid. As soon as the rocket reaches the near-zero gravity phase of its parabolic flight, which is about 70 seconds after launch, the vibration mechanism is activated. Its program includes altering the amplitude as well as the frequency of the vibrations. An on-board high-speed camera records the behavior of the gas bubbles in the fluid. The resulting footage is to be evaluated by student scientists.

During the first few days, preparations run at full steam. The students' experimental devices are built into the rockets. Tests are carried out to verify the functionality of the experiments as well as the rocket technology, and the modules are bolted together. Of course

recht zueinander stehenden Sensoren zur Beschleunigungs- und Drehgeschwindigkeitsmessung. Auch eine Kamera ist an Bord. Sie soll während des Fluges Luftaufnahmen von Lappland machen.

Studenten der Technischen Hochschule Castelldefels möchten mit Vibration Bip (VIBration effects on BIPhasic fluids) das Verhalten eines Zwei-Phasen-Gemischs unter Schwerelosigkeit untersuchen. In ihre Apparatur sind vier Kammern integriert. Sie alle enthalten Luft und eine Flüssigkeit: zweimal Wasser, einmal Silikonöl und einmal Alkohol. Unter den Behältern ist ein Vibrationsmechanismus installiert. Durch sein Schütteln sollen sich Gas und Flüssigkeit vermischen. Sobald die Rakete in ihrem Parabelflug die Phase der Schwerelosigkeit erreicht, also etwa 70 Sekunden nach dem Start, wird der Vibrationsmechanismus aktiviert. Dieser ändert sowohl die Stärke der Schwingungen als auch ihre Frequenz. Eine Hochgeschwindigkeitskamera an Bord zeichnet das Verhalten der Gasblasen in der Flüssigkeit auf. Anhand des Filmmaterials können die Nachwuchswissenschaftler die Ergebnisse auswerten.

In den ersten Tagen laufen die Vorbereitungen auf Hochtouren: Die Experimentalanlagen der Studenten werden in die Raketen eingebaut, Tests zur Funktionsfähigkeit von Experimenten und Raketentechnik durchgeführt und die Module zusammengesraubt. Natürlich läuft nicht immer alles nach Plan: So machen einem Team kleinere Probleme mit der Software zu schaffen. Bei einem anderen hakt es mit der Stromversorgung, und beim NISSE-Experiment hat die Wasserleitung ein Leck bekommen. Doch die Studenten meistern alle Herausforderungen. Für den Fall, dass die Leitungen während des Fluges doch nicht dicht sind, wird auf ein ungewöhnliches Raumfahrt-Gimmick zurückgegriffen: eine Windel.

TWIN und MIPAS-B/TELIS starten zuerst

Die ursprünglich für Januar 2009 geplanten Starts der beiden Atmosphärenforschungsballone mussten wegen zu starker Winde in der Stratosphäre verschoben werden. Am Dienstag, den 10. März, um 5:21 Uhr ist es so weit: Der erste Ballon mit dem TWIN-Experiment als Nutzlast steigt in den eisigen Nachthimmel. Das Instrument untersucht die Luft in den höheren Atmosphärenschichten auf jene Spurengase, die zum Ozonabbau beitragen. Dies geschieht über in-situ-Messungen: Luftproben werden während des Fluges in einen großen Metallbehälter, den Cryosammler, gesogen. Nach seiner Reise wird die Nutzlast geborgen, die Wissenschaftler können die Proben im Labor auswerten. TWIN ist ein Projekt des Forschungszentrums Jülich und der Universität Frankfurt a.M. Über fünf Stunden fliegt der Ballon, sogar bis knapp hinter die finnische Grenze. Doch beim Abstieg treiben ihn Winde zurück nach Schweden. Um 10:37 Uhr setzt er auf dem Boden auf. „Direkt neben einer Straße, das ist praktisch für den Rücktransport“, freuen sich die Wissenschaftler.

Im Team arbeitet auch Olga Suminska. Sie war als Studentin der Universität Rostock Teilnehmerin an der BEXUS-Kampagne, die vom 3. bis zum 12. Oktober 2008 in Kiruna stattfand. Dort war sie am Experiment TURAWIND (Turbulence in the stratospheric wind field) beteiligt, mit dem die Studenten Turbulenzen in der Stratosphäre gemessen hatten. Inzwischen promoviert sie am Forschungszentrum Jülich, genauer gesagt, am Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (ICG). Sie hatte sich nur vier Monate nach Ende des letzten BEXUS-Projektes erneut beworben, weil sie „unbedingt weiter diese Ballonmessungen machen“ wollte. Ein schöner Beweis dafür, dass das REXUS/BEXUS-Programm Studenten auf ihrem Weg unterstützt und ihre Begeisterung wecken kann.

Am Mittwoch, den 11. März um 0:18 Uhr hebt auch MIPAS-B/TELIS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding/



Nach der Landung – der Bergungshubschrauber transportiert die Nutzlast nach ESRANGE zurück

After touchdown – the recovery helicopter transporting the payload back to ESRANGE

not everything goes according to plan: One team is struggling to overcome some minor software problems. Another is battling with power supply issues, and in the NISSE experiment the water pipe has begun to leak. However, the students master all these challenges. In case the pipes are not leakproof during the flight, the team resorts to an unusual gimmick in spaceflight terms: a diaper.

TWIN and MIPAS-B/TELIS are the first to go up

The launches of the two research balloons had originally been planned for January 2009 but needed to be postponed due owing to strong stratospheric winds. On Tuesday, March 10, at 5:21 hrs the moment has come: the first balloon carrying the TWIN experiment as payload rises into the icy night sky. The instrument on board analyzes the air at the upper layers of the atmosphere to detect those trace gases that are in part responsible for ozone depletion. The experiment is based on in-situ-measurements: Air samples are taken in-flight and sucked into a large metal container called cryocollector. The payload will be recovered after the journey and scientists will evaluate the samples in the laboratory. TWIN is a joint project of the Jülich Research Center and Frankfurt (Main) University. The balloon's journey takes over five hours. It even drifts briefly across the Finnish border, but on its descent the winds drive it back into Sweden. At 10:37 it touches down. 'Right next to a road – very convenient for the recovery truck,' the scientists are pleased to report.

One of the scientists on the team is Olga Suminska. As a student of Rostock University she took part in the BEXUS campaign in Kiruna from October 3 to 12, 2008. She was engaged in the TURAWIND experiment (Turbulence in the Stratospheric Wind Field) in which students measured turbulences in the stratosphere. Meanwhile she is taking her doctor's degree at the Jülich Research Center or, to be precise, at the Institute of Chemistry and Dynamics of the Geosphere (ICG). Just four months after the last BEXUS project she had filed her application because she 'absolutely wanted to continue doing balloon measurements.' Could there be a better way to attest how the REXUS/BEXUS program supports students in their careers, and how it can grab their enthusiasm?

On Wednesday, March 11, at 00:18, MIPAS-B/TELIS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding/TeraHertz Limb

Sounder) vom Boden ab. Beide Instrumente messen mit unterschiedlichen Methoden die Konzentration und Verteilung von Spurengasen in der Atmosphäre. Dieser Ballon ist noch beeindruckender als der Erste. Kein Wunder: Während die Hülle von TWIN rund 120.000 Kubikmeter Gas fasst, sind es bei MIPAS-B/TELIS ganze 400.000. Mit rund 750 Kilogramm ist es die schwerste europäische Nutzlast im Bereich der Atmosphärenforschung.

Das MIPAS-B-Instrument ist ein Projekt unter Leitung der Universität Karlsruhe. Es arbeitet bereits seit vierzehn Jahren erfolgreich; dies ist sein sechzehnter Flug. Eine abgewandelte Form des Instruments versieht seinen Dienst seit 2002 auf dem europäischen Umweltsatelliten ENVISAT. TELIS startet hingegen erst zum zweiten Mal. Insgesamt acht bis neun Stunden soll der Ballon in rund 30 Kilometern Höhe nach Osten fliegen, bis fast an die russische Grenze. Beide Projekte werden durch das DLR finanziell und technisch unterstützt. Um 11:03 Uhr setzt MIPAS-B/TELIS etwa 80 Kilometer vor der russischen Grenze auf dem Boden auf. Die Wissenschaftler sind sehr zufrieden, denn die Instrumente haben gut funktioniert.

Lift Off für REXUS 6

Nun können sich die Techniker den Studentenraketen zuwenden. Die Zeichen für einen Start von REXUS 6 am Donnerstag, den 12. März, stehen nicht schlecht. Denn der Wetterballon, der um 7:34 Uhr aufgestiegen ist, bringt gute Kunde: Der Wind weht nur schwach und stellt keine Gefahrenquelle für den Flug dar. Bei einem Treffen des Start-Teams gegen 8:20 Uhr bestätigen alle Beteiligten, dass Raketentechnik, Experimente und Telemetrie bereit sind. So kann der Countdown planmäßig beginnen. Im Kontrollraum der Wissenschaftler haben sich die Studenten und einige der Projektleiter mit ihren Laptops niedergelassen. Er liegt im ersten Stock des Hauptgebäudes und bietet eine gute Sicht auf den Startkomplex.

8:34 Uhr: Der Countdown beginnt. Im Bereich um die Startrampe herrscht nun absolute Funkstille. Die Techniker überprüfen, ob alle Sender ausgeschaltet sind. Außerdem testen sie, ob die Start-Systeme funktionieren. Die Schranke auf der Straße zum Startbereich wird geschlossen. Nun darf nur noch autorisiertes Personal hindurch. Um 9:04 Uhr erhält der Bergungshubschrauber die Weisung, nach Esrange zu fliegen. Eine halbe Stunde später erlischt das Funkverbot, Nutzlast und Sender von REXUS werden zu Testzwecken eingeschaltet.



Handarbeit: Die wertvolle Fracht wird zurück in die Integrationshalle gebracht

Handcraft – The precious payload is returned to the integration facility

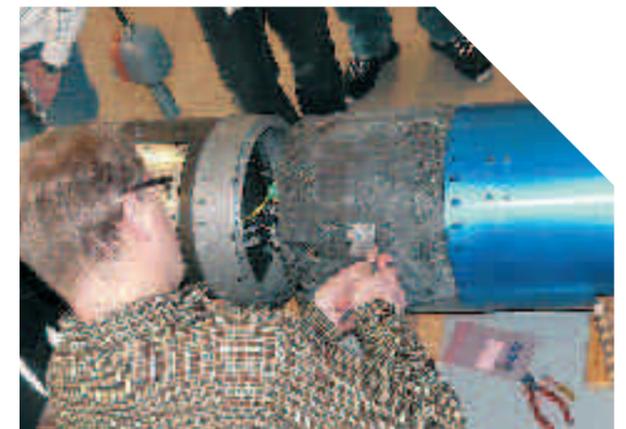
Sounder) lifts off the ground. Both its instruments both measure the concentrations and distribution of trace gases in the atmosphere, each using a different method. The second balloon is even more impressive than the first. This comes as no surprise: While TWIN has room for some 120,000 cubic meters of gas, the capacity of MIPAS-B/TELIS is an astounding 400,000. Its c. 750 kilograms of equipment are the heaviest European payload ever employed in atmospheric research.

The MIPAS-B instrument is a project led by Karlsruhe University. It has been successfully operating for fourteen years; it is now going on its sixteenth flight. Since 2002, a modified version of it is doing a regular job on the European environmental satellite ENVISAT, whereas TELIS is only going up for the second time. The balloon is expected to travel eastwards for eight to nine hours, almost as far as Russia, at an altitude of 30 kilometers. Both projects are financially and technically supported by the DLR. Finally, at 11:03, MIPAS-B/TELIS touches ground at a distance of 80 kilometers from the Russian border. The scientists are very pleased as all instruments have worked excellently.

Lift-Off for REXUS 6

The engineers can now deal with the students' rockets. Prospects for a launch on Thursday, March 12, are not too bad. The weather balloon that went up at 7:34 has good news: The wind is low and presents no hazard to the flight. During a launch team briefing held around 08:20 everyone involved confirms that rocket, experiments and telemetry are ready. So the countdown can begin as scheduled. In the science room, students and some of the project leaders have made themselves comfortable with their laptops. The room is located on the first floor of the main building and offers a good view of the launch complex.

08:34: The countdown begins. Complete radio silence is ordered for the area around the launch pad. The engineers check if all transmitters have been switched off. They also give the launch systems a final check. The gate on the road to the launch area is closed. Only authorized personnel can now enter the premises. At 9:04 hrs the recovery helicopter is ordered to head for Esrange. Half an hour later the radio silence is lifted, payload and transmitters on REXUS are switched on for testing.



Trennung des NISSE- und des AGADE-Moduls

Separation of the NISSE and the AGADE module

Laute Sirenen kündigen den Start an

Genau eine Stunde vor dem geplanten Start, um 10:04 Uhr ertönt eine laute Sirene. Das wiederholte dumpfe Hupen hallt wie ein Nebelhorn über das Gelände. Der Nutzlast-Check ist nun abgeschlossen, und die Sender werden wieder abgeschaltet. Im Wissenschaftsraum herrscht gespannte Konzentration. Das NISSE-Team überprüft, ob seine Verbindung zu den EISCAT-Radarstationen funktioniert, die ihre künstliche Wolke beobachten sollen. Die Studentengruppe des AGADE-Experiments arbeitet derweil an der grafischen Darstellung seiner Experiment-Ergebnisse. 10:19 Uhr: Wieder erschallt die Sirene.

20 Minuten vor dem Start wird die Startrampe mit der Rakete aufgerichtet. Es folgt ein letzter Test von Nutzlast und Sendern. Dann verkünden die Sirenen den Anbruch der letzten Viertelstunde vor dem Start. Die Nervosität steigt, trotzdem verhalten sich alle möglichst ruhig – so wie beim Test-Countdown eingeübt. Wer nicht am Computer seine Daten überwachen muss, versucht einen der begehrten Plätze an der Fensterfront zu ergattern. Film- und Fotokameras werden in Position gebracht. 11:01 Uhr: Die Raketenspezialisten nehmen die letzten Einstellungen an den Systemen vor. „Vier Minuten!“ tönt es aus den Lautsprechern. Denn ab 11:04 Uhr verkündet Thomas Headquist, der für den Countdown verantwortlich ist, aus dem Kontrollraum die verbleibende Zeit bis zum Lift Off.

„Mit lautem Zischen schießt REXUS 6 in den Himmel. Man kann der Rakete kaum mit den Augen folgen.“

‘With a noisy hiss REXUS 6 zooms off into the sky. One can hardly follow the rocket with one’s eyes.’

„Drei Minuten!“: Jetzt wird die Stromversorgung der Rakete von externer auf interne Batterie umgeschaltet. „Zwei!“: Die Aufzeichnungsgeräte für die Telemetriedaten werden eingeschaltet. „Eins!“: Die Verantwortlichen geben den Start frei. Dann beginnen die letzten zehn Sekunden des Countdowns. Alle starren gebannt zum Fenster, die ersten Kamera-Auslöser beginnen zu klicken, dann endlich: „Lift Off!“

Mit lautem Zischen schießt REXUS 6 in den Himmel. Man kann der Rakete kaum mit den Augen folgen. Hinter sich her zieht sie einen Schweif aus Feuer und Rauch. Ergriffenes Staunen. Dann legt sich langsam die Anspannung, Erleichterung breitet sich aus. Die Studenten unterhalten sich angeregt über das Erlebte. Während hier nicht mehr viel zu sehen ist, verfolgen in der Betriebszentrale nebenan die verantwortlichen Ingenieure den Flug der Rakete. 88 Kilometer Höhe erreicht REXUS 6, bevor es wieder abwärts geht. Alles läuft nach Plan.

Die Studenten sitzen inzwischen wieder vor ihren Computern. Zu aller Freude sendet AGADE Daten an die Bodenstation. Derweil wartet das NISSE-Team auf Informationen von EISCAT. Dann gibt es schlechte Nachrichten: Während des Fluges ist der Druck im Tank nicht zum gewünschten Zeitpunkt gesunken. Sind die Ventile überhaupt aufgegangen?

Jetzt heißt es erst einmal Warten auf den Bergungshubschrauber. Gegen 12:20 Uhr landet er mit der Nutzlast in Esrange. Schnell werden die Raketenteile ins Auto umgeladen. Sie scheinen den Flug unbeschadet bestanden zu haben. Nur der Kunststoff an der Raketenspitze ist ein wenig verschmort. Dann geht es mit der wert-

Noisy sirens announce launch

At 10:04, exactly one hour prior to the scheduled launch, there is the deafening noise of a siren. The air on the campus reverberates with repeated hollow-sounding hoots, like those of a foghorn. The payload check is complete now, and the transmitters are once again switched off. Rapt attention in the science room. Members of the NISSE team check if their radio link to EISCAT is working, the radar facilities that are to observe their artificial cloud. Meanwhile, the student group running the AGADE experiment is working on a graphic presentation of their findings. 10:19: The siren sounds once again.

At 20 minutes until lift-off the launch tower with the rocket on it is hoisted into an upright position. There is a final check of payload and receivers. Then the sirens herald the beginning of the last fifteen minutes until lift-off. Nervous suspense in the science room increases, yet everybody acts as calmly as possible – just like they rehearsed in their ‘dry run’ countdown earlier on. Those who are not required to monitor data on their computer try to capture one of the much coveted places at the window front. Camcorders and still cameras are moved into position. 11:01: Launcher specialists make final adjustments on the systems. ‘Four minutes!’ a voice calls out from the loudspeakers. From 11:04 it is launch manager Thomas Headquist in the control room that announces the time left until lift-off.

‘Three minutes!’ The rocket’s power supply is now switched from external to internal battery power. ‘Two!’ The recording devices for the telemetric data are switched on. ‘One!’ The manager gives clearance for launch. Then, the last ten seconds of the countdown begins. Everyone stares at the window in fascination. The first camera shutters begin to click, then at last: ‘Lift Off!’

With a noisy hiss REXUS 6 zooms off into the sky. One can hardly follow the rocket with one’s eyes. It leaves behind a trail of fire and smoke. Spellbound silence. Then, gradually, the suspense subsides and a sense of relief develops. The students talk excitedly about their experience. While there is nothing much more to be seen here, the engineers at the operations center next door continue to monitor the rocket’s flight. REXUS 6 makes it to an altitude of 88 kilometers before it starts on its descent. Everything is working according to plan.

Meanwhile, the students are back at their computers. Much to the joy of everyone, AGADE is transmitting data to the ground station. Meanwhile the NISSE team is waiting for information from EISCAT. Then there is bad news. During the flight the pressure level inside the tank did not fall at the expected moment. Did the valves actually open up?

For the time being all they can do is to wait for the recovery helicopter. It lands with the payload in Esrange at around 12:20. Swiftly the rocket pieces are transferred to the car. They seem to have endured the flight unharmed, except that the plastic material at the tip of the rocket looks a little scorched. Soon the valuable freight is taken to the integration hall where project leaders and students dismantle and scrutinize their experiment modules. It is



Satellitenschüsseln auf dem Radar Hill von ESRANGE

Satellite dishes on ESRANGE’s radar hill

vollen Fracht ab zur Integrationshalle, wo Projektleiter und Studenten die Experimente ausbauen und genauestens inspizieren. Bei NISSE stellt sich schnell heraus, dass sich das Ventil des Wasserbehälters nicht geöffnet hat. Das ist für die Studenten, die Wochen und Monate an dem Projekt gearbeitet haben, sehr enttäuschend. Auch die Bordkamera hat sich nach dem Start nicht eingeschaltet. Zum Glück hat das AGADE-Experiment Daten generiert, welche die Studenten in den nächsten Wochen auswerten können.

Der Flug von REXUS 5 am nächsten Tag verläuft noch erfolgreicher, obwohl es sich um einen Freitag den Dreizehnten, handelt. Um Punkt sieben Uhr steigt die Rakete in den Himmel und erreicht bei 87 Kilometern Höhe den Gipfelpunkt der Flugbahn. Nach Bergung und Rücktransport der Nutzlastmodule zeigt sich, dass alle Experimente funktioniert haben. Ein schöner Erfolg für die Studenten, aber auch für ihre Betreuer und die Raketen- und Ballonteam von SSC und DLR-MORABA, die mit ihrem unermüdlichen Einsatz vier Starts in vier Tagen ermöglicht haben.

Nachtrag: Wenige Tage später gelingt es den Studenten der TU Delft, den Höhenrekord für europäische Amateur-Raketen zu brechen, der bis dato bei 10,7 Kilometern lag. Stolze zwölf Kilometer und 551 Meter hoch fliegt ihre Konstruktion. Herzlichen Glückwunsch, Oranje!

Die Berichte zur REXUS-Kampagne mit Start-Video und Bildergalerien finden Sie im Internet unter <http://www.dlr.de/rd/rexus-tagebuch>

Diana Gonzalez ist Online-Redakteurin im Bereich Kommunikation der DLR Raumfahrt-Agentur.

found that the valve of the water container in NISSE has failed to open. This is a great disappointment for the students who have spent weeks and months preparing the project. In addition, the on-board camera has stopped working after launch. Fortunately the AGADE experiment has produced data, so that the students will be able to evaluate its results in the next few weeks.

The flight of REXUS 5 on the following day runs even more successfully although it is a Friday the thirteenth. At seven o’clock sharp the rocket soars into the sky reaching the apogee of its trajectory at 87 kilometers. The examination of the retrieved payload modules confirms that all experiments have functioned properly. A remarkable achievement for the students but also for their academic advisors and the Esrange and MORABA rocket and balloon staff who have worked with full commitment to make four launches in four days possible.

N.B.: A few days later, students from Delft University manage to break the altitude record for European amateur rockets which at that time was at 10.7 km. Their spacecraft makes it to a respectable twelve kilometers and 551 meters. Congratulations, well done, Oranje!

Please visit <http://www.dlr.de/rd/rexus-tagebuch> for a full report on the REXUS campaign, launch video and picture galleries.

Diana Gonzalez is an online editor in the DLR Space Agency’s communications unit.

Die ausgelegte Hülle lässt die Dimensionen des Ballons erahnen (Max-Planck-Institut MPI)

Still on the ground, the spread-out envelope gives a first impression of the actual balloon size (Max-Planck-Institut MPI)

Der Sonne entgegen Towards the Sun

Deutsches Teleskop Sunrise flog am Mega-Ballon

Von Dietmar Friedrichs und Dr. Niklas Reinke

8. Juni 2009, 8 Uhr in der Früh. Es zischt gewaltig aus den Hochdruck-Tanks, als 2,5 Millionen Liter Helium in die hauchdünne Ballonhülle geblasen werden. Zunächst liegt diese noch sorgsam ausgebreitet auf dem flugfeldgroßen Schotterplatz: 130 Meter lang zuzüglich des angekoppelten Abspreng- und Landesystems. Es ist der größte Ballon, der jemals von europäischem Boden aus abheben soll. Ihn aufzupumpen dauert eine halbe Stunde. 30 Minuten voller Anspannung, denn von nun an gibt es kein zurück. Sechs Jahre der Vorbereitung liegen hinter den Wissenschaftlern und Ingenieuren. Auch wenn es sonnenhungrige Urlauber üblicherweise zur Sommerzeit in den Süden treibt, haben sich die namhaften Sonnenforscher hier im „hohen Norden“ jenseits des Polarkreises im schwedischen Kiruna versammelt, um das Ballonschauspiel zu begleiten.

German Sunrise telescope rides a mega-balloon

By Dietmar Friedrichs and Dr. Niklas Reinke

On June 8, 2009, at eight in the morning, a tremendous hiss sounds as 2.5 million liters of helium rush from high-pressure tanks into the filmy envelope of the balloon. 130 meters in length plus the attached blow-off and landing system, the envelope is still resting on a graveled area the size of an airfield, carefully spread out. It is the biggest balloon ever to lift off from Europe. Filling it takes half an hour, thirty minutes charged with suspense, for there is no turning back from this moment onwards. Six years of preparation are lying behind the scientists and engineers who are present. While sun-seeking holidaymakers are commonly drawn towards the south in the summertime, these reputable solar researchers have gathered ‚way up north‘ to Kiruna/Sweden beyond the polar circle to attend the balloon spectacle.

„Sunrise – die bedeutendste Ballonmission, die jemals von Esrange startete“

‘Sunrise – the most important balloon mission ever to be launched from Esrange’

Allmählich füllt sich die Hülle. Konzentriert achtet das Startteam darauf, dass dies zuerst in der Kuppel des Ballons geschieht. Nur so kann er koordiniert nach oben wachsen, ohne dass die fragile, Bruchteile eines Millimeters dünne Kunststoffhülle über den Steinboden scheuert. Nervosität liegt in der Luft, denn hier wirken bald titanische Kräfte. Über HERCULES, das sieben Tonnen schwere Startfahrzeug, ist das Ballonsystem mit der Nutzlastgondel verbunden. Auch sie ist mit zwei Tonnen ein Gigant vom Gewicht eines Geländewagens, der doch fliegen lernen will. Auf bis zu 37 Kilometer Höhe hinauf soll das hier eingebaute deutsche Sonnenteleskop Sunrise. Doch nicht nur hinauf, sondern auch fern nach Westen, mit dem polaren Ostwind bis nach Kanada. Eine mehr als 4.500 Kilometer lange Forschungsreise liegt in den nächsten fünf Tagen vor dem Sonnenwächter. Dank der Mitternachtssonne bedeutet dies 120 Stunden ununterbrochene Beobachtung.

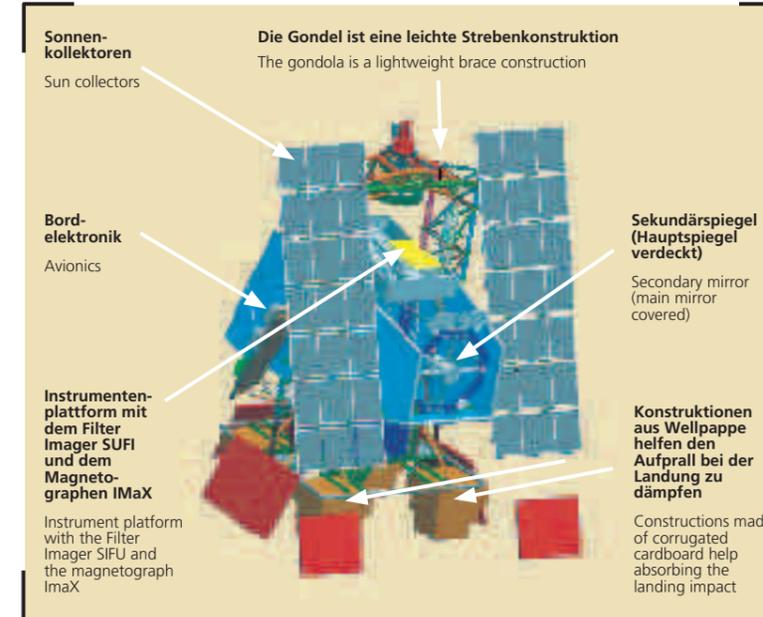
Schließlich verstummen die Ventile der Helium-Tanks. Aus den sanft geschwungenen Wellen des weiten Kiefernmeers Lapplands erhebt sich der silbrig schimmernde Dom des Sunrise-Ballons. 2.500 Kubikmeter umfasst er nun, lang gestreckt wie ein umgekehrter Regentropfen von der Größe dreier Walfische. Auf seiner Reisehöhe wird sich der Ballon wegen des dort 350-mal niedrigeren Luftdrucks allerdings zu einer prallen Kugel mit einem Durchmesser von 130 Metern aufblähen. Mit gut einer Million Kubikmetern Volumen könnte er dann locker die Dresdener Frauenkirche umfassen. Jetzt aber pendelt

As the envelope gradually fills, the launch team anxiously watches to make sure that the dome is the first part of the balloon to expand. This is the only way in which it can grow upwards without the fragile skin dragging across the stony ground, for it is only a few fractions of a millimeter thick. Nervousness is in the air because there will be titanic forces at work here soon. HERCULES, the seven-ton launch vehicle, connects the balloon system to the payload gondola. Weighing two tons, as much as a cross-country vehicle, this giant nevertheless wants to learn how to fly. The German solar telescope Sunrise installed in it is intended to rise as high as 37 kilometers. Yet it will not only go up but also far to the west, traveling as far as Canada on the circumpolar east wind. During the next five days, this watcher of the sun will cover somewhat more than 4,500 kilometers on its research journey. As it is the season of the midnight sun, its observations will extend over 120 hours without a break.

The valves of the helium tanks fall silent at last. From the gently undulating waves of Lapland's spruce ocean, the silvery dome of the Sunrise balloon now rears up. Holding 2,500 cubic meters of helium, its elongated shape recalls an inverted raindrop three times the size of a whale. However, once it reaches its cruising altitude where the air pressure is 350 times lower, the balloon will swell up, forming a sphere 130 meters in diameter. Within its volume of well above 1 million cubic meters it might easily encompass the Frauenkirche in Dresden. Now, however, it still sways easily above HERCULES whose



Die Sunrise-Gondel mit dem weißen Teleskop-Gehäuse im Vordergrund (MPI)
The Sunrise payload; in the foreground: the white telescope housing (MPI)



links: Aufbau von Sunrise als Schema. Rechts: Das Sunrise-Teleskop in Nahaufnahme (MPI)
left, picture: The Sunrise buildup as a diagram. Right, picture: close shot of the sunrise telescope (MPI)

er sich ruhig über HERCULES aus, dessen Fahrer den rechten Moment abpassen muss, um die Teleskop-Gondel auf ihre Reise zu schicken. Ein heikler Augenblick, denn schwingt der Ballon dann in die falsche Richtung, würde die Nutzlast gegen das massive Startfahrzeug prallen – mit fatalen Folgen. „Payload released“, schallt es aber kurz darauf aus den Lautsprechern. Sunrise hat es für's Erste geschafft und steigt auf in den azurblauen Mittsommerhimmel, der Sonne entgegen.

Von Esrange zu den Sternen

Esrange steht stärker denn je im Fokus der deutschen Weltraumforschung. Früher war der nord-schwedische Startplatz vornehmlich bekannt für die Forschung auf den deutsch-europäischen Raketen TEXUS und der größeren MAXUS. Seit 2008 führt das DLR hier gemeinsam mit dem Swedish National Space Board zudem das Nachwuchs-Programm REXUS und BEXUS durch, in dessen Rahmen sich Studenten erstmals mit den Herausforderungen einer wissenschaftlichen Raketen- oder Ballon-Mission vertraut machen können (siehe auch Beitrag in dieser Ausgabe). Auch für die professionelle Forschung, vornehmlich die Meteorologie, werden zunehmend Stratosphärenballone gestartet. Sunrise nun war mit Abstand die größte und damit bedeutendste Ballon-Mission, die jemals von Esrange ihren Ausgang fand. Zum Vergleich: Ein BEXUS-Ballon umfasst auf seiner Flughöhe bis zu 12.000 Kubikmeter Helium, Sunrise 100-mal mehr.

Seit Anfang April wurde auf Esrange die Sunrise-Mission von einem internationalen Forschungsteam vorbereitet. Geleitet vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau (MPS) nahmen Techniker und Wissenschaftler alle Gerätschaften in Empfang. So war das Teleskop in Einzelteile zerlegt und zusammen mit weiterer Forschungsausrüstung in zwei Lastwagen und zwei Kleintransportern nach Skandinavien verfrachtet worden. Dass diese 2.400 Kilometer lange Strecke von Niedersachsen bis Kiruna auch im 21. Jahrhundert noch ein kleines Abenteuer darstellt, wusste das

driver is watching like a hawk for the right moment to send the telescope gondola on its way. A tricky maneuver, for if the balloon were to swing in the wrong direction its payload would crash into the massive launch vehicle – with disastrous consequences. Soon, however, the announcement ‚payload released‘ sounds from the loudspeakers. Having made it for the time being, Sunrise now makes its way into the azure midsummer sky, towards the sun.

From Esrange to the stars

Today, German space research focuses on Esrange more than ever before. Earlier on, this facility in the north of Sweden was mainly known as the launch site of the German-European TEXUS and the bigger MAXUS research rockets. Since 2008, the site has also been home to the REXUS and BEXUS programs for junior scientists carried out by the DLR jointly with the Swedish National Space Board. The program offers students an opportunity to acquaint themselves with the challenges involved in scientific rocket or balloon missions (see the article in this edition). Moreover, the number of stratospheric balloons launched for professional research purposes, mainly in meteorology, is growing as well. Now, Sunrise was by far the biggest and, consequently, the most important balloon mission ever to be launched from Esrange. To put matters in perspective: a BEXUS balloon needs up to 12,000 cubic meters of helium to reach its cruising altitude, while Sunrise needs 100 times more.

Since the beginning of April, an international team of researchers had been preparing the Sunrise mission at Esrange. Directed by the Max Planck Institute for Solar System Research at Katlenburg-Lindau (MPS) its engineers and scientists took delivery of the entire volume of equipment. The telescope, for example, had been dismantled and its constituent parts forwarded to Scandinavia in two trucks and two vans. The team became aware that covering the 2,400-kilometer distance between Lower Saxony and Kiruna is a minor adventure even

Team, als es einen der LKWs kurz vor Erreichen des Ziels in den tief verschneiten Straßengraben gelegt hatte. „Es hat mehrere Stunden gedauert, bis der große Autokran den Lastwagen hochgehoben und wieder auf die Straße gezogen hatte“, erinnert sich Dr. Peter Barthol, der Projektleiter vom MPS. Endlich in Esrange angekommen wurde alles zusammengebaut und mit teilweise höchst sensibler Messtechnik getestet – die sanfte Rutschpartie hatte zum Glück zu keinem Schaden an der kostbaren Forschungsfracht geführt.

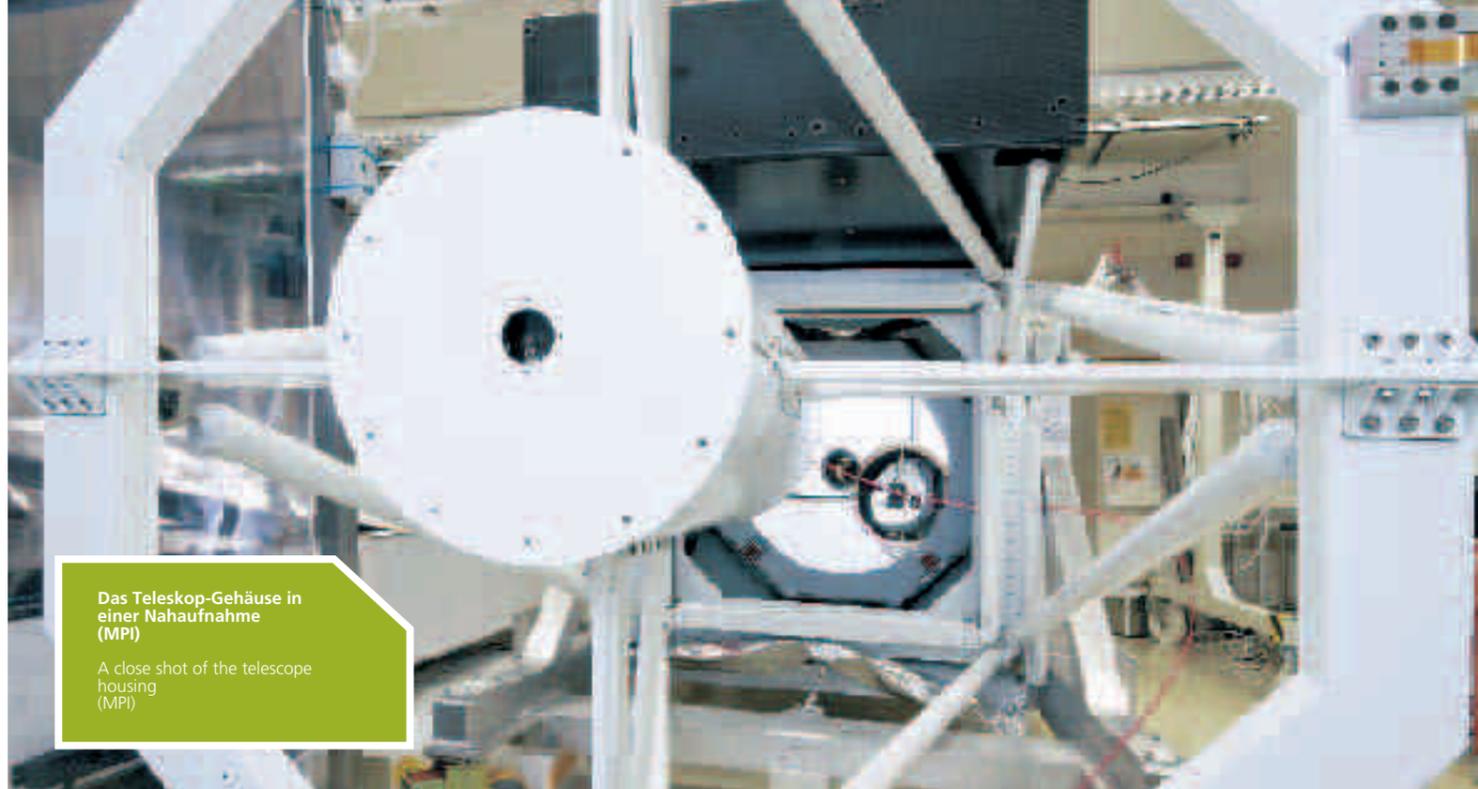
Für den Flug mit einem Ballon mussten alle Instrumente in besonders leichter Ausführung gefertigt werden. So gelang es den Ingenieuren von Max-Planck und der Münchner Raumfahrt-Firma Kayser-Threde, das Gewicht des Präzisionsteleskops trotz einer Länge von vier Metern auf nur 350 Kilogramm zu beschränken. Dies wurde nicht nur dank der verwendeten Kohlefaserwerkstoffe möglich. Auch der von der französischen Firma SAGEM gelieferte Haupt-Spiegel aus Zerodur folgte einem ausgeklügelten Leichtbaukonzept. Während auf der Vorderseite die Glaskeramik extrem glatt poliert ist, zerklüftet eine aus dem Vollen gefräste dreieckige Wabenstruktur mit Wänden von teilweise nur vier Millimeter Dicke die Rückseite. Dies macht den Spiegel leicht und stabil zugleich.

Die Sonne unter der Lupe

Die Atmosphäre der Erde ist für Astronomen stets ein „Ärgernis“, denn die dichte Luftmasse, die unseren Planeten umgibt, ist ständig in Bewegung und filtert zudem gewisse Wellenbereiche des elektromagnetischen Spektrums. Dies beeinträchtigt den scharfen Blick der Wissenschaftler ins All. Idealerweise muss man also weit hinauf, um möglichst viel Luft unter sich zu lassen. Aus diesem Grund etwa betreibt die Europäische Südsternwarte ESO ihre Teleskope in den chilenischen Anden auf über 5.000 Meter Höhe. Aus dem gleichen Grund bereitet das DLR gemeinsam mit der US-Weltraumbehörde NASA auch das Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie (SOFIA) vor, das den Nachthimmel aus der Ladebucht einer Boeing 747 in 15.000 Metern Höhe untersuchen soll. Höher kann man nur mit Hilfe von speziellen Ballonen gelangen oder mit Weltraumteleskopen, wie der jüngst ins All verbrachte europäische „Satelliten-Doppelpack“ Herschel und Planck.

Sunrise ist das größte Sonnenteleskop, das je mit einem Ballon gestartet wurde. Mit seiner Hilfe können Forscher den Stern „vor unserer Haustür“ genauer untersuchen, als dies vom Erdboden aus möglich ist. In 40 Kilometer Höhe liegen 95 Prozent der Atmosphäre unter dem Ballon. Die Restatmosphäre ist dort so gering, dass das ultraviolette Licht mit einer Wellenlänge von bis zu 200 Nanometern fast ungefiltert von den Instrumenten aufgenommen werden kann. Am Boden wären diese Beobachtungen nicht möglich, da die Ozon-Schicht und der Wasserdampf in der unteren Atmosphäre das UV-Licht größtenteils absorbieren. Irdische Teleskope sind für dieses Licht blind.

Der Spiegel des Teleskops Sunrise hat einen Durchmesser von einem Meter. Mit ihm ist es den Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts möglich, erstmals Strukturen auf der Sonne ab einer Größe von nur 35 Kilometern zu beobachten. Das ist in etwa so, als könnte ein Tourist auf der Zugspitze mit seinem Fernglas die Kennzeichen der Autos am Odeonsplatz in München lesen. Selbst das europäisch-amerikanische Weltraumteleskop SOHO, das seit 1996 die Sonne im Visier hat, schafft nur eine Auflösung von einigen hundert Kilometern. Ziel der Sonnenforscher ist es daher, die magnetischen Strukturen und Bewegungen auf der Sonnenoberfläche mit einer Genauigkeit zu untersuchen, die nie zuvor erreicht wurde.



Das Teleskop-Gehäuse in einer Nahaufnahme (MPI)

A close shot of the telescope housing (MPI)

in the 21st century when it managed to steer one of the trucks into a snow-filled ditch shortly before it reached its destination. 'It took a big truck-mounted crane several hours to lift up the truck and put it back on the road', remembers Dr. Peter Barthol, the MPS project manager. After the equipment had finally arrived at Esrange, it was reassembled and meticulously tested with measuring instruments that were highly sensitive in some cases. Luckily it was found that the precious research equipment had not been harmed by the gentle toboggan ride.

To fly on the balloon, all instruments had to be particularly lightweight in construction. Thus, the engineers of the Max Planck Institute and the Kayser-Threde space technology company in Munich succeeded in cutting the weight of the precision telescope down to no more than 350 kilograms despite its length of four meters. This was due not only to the use of carbon-fiber materials but also to the sophisticated lightweight construction concept followed by the French company SGEM in making the main mirror from Zerodur. While the front of the glass-ceramic material is polished to an extreme degree of smoothness, the rugged rear consists of triangular honeycombs cut from the solid whose walls are sometimes no thicker than four millimeters. This design makes the mirror both light and robust.

Scrutinizing the sun

The Earth's atmosphere permanently "annoys" astronomers because the dense envelope of air that surrounds our planet is always in motion. What is more, it filters out certain wavelengths from the electromagnetic spectrum. As this blurs the scientists' vision of space, they need to go to great altitudes so as to leave as much air as possible beneath. This is the reason why the European Southern Observatory (ESO) operates its telescopes in the Chilean Andes at a height of more than 5,000 meters. This is also the reason why the DLR and the US space agency NASA together are currently preparing the Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy (SOFIA) which will study the night sky from the cargo bay of a Boeing 747 flying at an altitude of 15,000 meters. To get any higher, you need

Die für den Menschen scheinbar gleichmäßig strahlende Sonne zeigt beim Blick durch ein Teleskop starke Aktivitäten. Auf ihrer Oberfläche brodelt es ähnlich wie in einem Kochtopf. Ab und an kann es dabei zu Eruptionen kommen, bei denen Wolken heißen Plasmas Millionen von Kilometern ins All geschleudert werden. Vereinzelt erreichen diese Plasmawolken auch die Erde, wobei es etwa zu Störungen des Funkverkehrs und auch zu Fehlfunktionen von Satelliten kommen kann. Wissenschaftler vermuten, dass bei diesen Eruptionen ein Teil der Bewegungsenergie aus dem Inneren der Sonne in Wärmeenergie umgewandelt wird. Mit Hilfe von Sunrise wollen sie klären, welche Auswirkungen kleinräumige Schwankungen der solaren Magnetfelder auf die hohen Temperaturen in der Sonnenatmosphäre, der Korona, haben. Mit mehreren Millionen Grad ist jene deutlich heißer als die sichtbare Oberfläche unseres Sterns.

Diese solaren Eruptionen sind auch die Ursache für den sogenannten Sonnenwind. Dies ist ein stetiger, aber auch stark schwankender Strom geladener Teilchen, der die Sonne mit Geschwindigkeiten von bis zu 800 Kilometern pro Sekunde verlässt. Um seine Entstehung zu verstehen, müssen die Magnetfelder innerhalb der Korona genau untersucht werden.

Anders als bei der Erde ist das Magnetfeld der Sonne starken Schwankungen unterworfen. Zwar hat sie einen klar definierten magnetischen Nord- und Südpol, doch bilden sich auf ihr zudem viele regionale, oft bis zu 1.000-mal stärkere Magnetfelder. Dies ist etwa in den Sonnenflecken der Fall, dunkle Bereiche auf der Sonnenoberfläche. Sie sind etwa 2.000 Grad Celsius kühler als ihre Umgebung, da es die gewaltigen Magnetfelder dem heißen Plasma erschweren, von unten nach zu strömen. Sunrise soll helfen, das Mysterium der Sonnenflecken mit ihrem elfjährigen Entstehungszyklus und die Variationen des Magnetfeldes besser zu verstehen und damit unser Verständnis von der Sonne als Ganzes verbessern. Dies ist Grund genug für die Wissenschaftler, bei der Sonne genauer hin zu sehen, denn schließlich können bereits geringe Schwankungen der Sonnenstrahlung auch Einflüsse auf das empfindliche Gleichgewicht von Wetter und Klima der Erde haben.

either specific balloons or space-based telescopes such as the Herschel-Planck 'double pack' that was launched a short while ago.

Sunrise is the biggest solar telescope ever to lift off on a balloon. With its help, researchers can study the star on our doorstep more closely than from the ground. At an altitude of 35 kilometers, the balloon has left 95 percent of the atmosphere behind. What remains of it up there is so thin that ultraviolet light with a wavelength of up to 200 nanometers will reach the instruments in a nearly unfiltered state. On the ground, such observations would be impossible because most of the UV light is absorbed by the ozone layer and the water vapor in the lower atmosphere. Terrestrial telescopes are blind to this kind of light.

The mirror of the Sunrise telescope measures one meter in diameter. It will give the scientists of the Max Planck Institute their first opportunity to observe structures on the Sun that measure no more than 35 kilometers. To visualize this, imagine a tourist on the peak of the Zugspitze who is able to read the number plates of cars parked on Munich's Odeon Square. Even the European-American SOHO space telescope which has had the Sun in its cross hairs since 1996 can only distinguish objects several hundred kilometers in size. This being so, solar researchers will now be able to examine magnetic structures and movements on the Sun's surface with a degree of precision that has never been reached before.

Although the brightness of the Sun appears constant to the human eye, a glance through a telescope reveals a great deal of activity. Its surface bubbles like a cauldron. Every now and then, eruptions happen that throw clouds of hot plasma millions of kilometers into outer space. Occasionally, these clouds reach the Earth, interfering with radio communication and causing satellite malfunctions. Scientists suspect that this happens because part of the kinematic energy generated in the interior of the sun is converted into thermal energy. With the aid of Sunrise, they intend to measure the impact of regionally confined fluctuations in the Sun's magnetic fields on the temperature of the solar atmosphere or corona, as it is called. At several million degrees, the latter is considerably hotter than the visible surface of our star.

These solar eruptions also cause the so-called solar wind, a constant but highly variable flow of charged particles that leaves the Sun at speeds reaching 800 kilometers per second. To understand its origin, the magnetic fields within the corona will have to be investigated in greater detail.

Unlike Earth's, the Sun's magnetic field is subject to extensive fluctuation. It is true that the Sun has a clearly-defined magnetic north and south pole, but the regional magnetic fields that form on it are often a thousand times stronger. This holds true for sunspots, dark areas on the surface of the sun that are about 2,000 degrees centigrade cooler than their environment because titanic magnetic fields make it difficult for hot plasma to rise from below. It is hoped that Sunrise will help us to better understand the mystery of sunspots and their eleven-year life cycle, so that we may improve our understanding of the sun as a whole. There is reason enough for scientists to take a good close look at the sun, for even slight variations in its radiation may influence the sensitive equilibrium of the weather and climate on Earth.

Flug um den Nordpol

Nach dem Start wurde Sunrise vom polaren Ostwind knapp sechs Tage lang um den Nordpol herumgetragen. Über das Nordpolarmeer führte die Reise des Teleskops weiter über Grönland bis in die entlegenen Inuit-Gebiete im Norden Kanadas. Dabei hatte es unser Zentralgestirn stets im Blick. Damit dies gelingen konnte, hatte Sunrise ausgeklügelte Systeme an Bord, die dafür sorgten, dass sich das Observatorium selbstständig und präzise auf die Sonne ausrichten konnte. Selbst kleinste Windstöße und Schwingungen mussten ausgeglichen werden. Hierzu diente Sunrise ein aufwändiges Lageregulierungssystem und eine schnelle, effiziente Bildstabilisierung. Schief eintretendes Licht hätte das Teleskop nämlich durch Überhitzung beschädigen können.

„Im Teleskop wird das Sonnenlicht wie in einem Brennglas gebündelt“, erklärt Barthol. „Unser Brennglas hat einen Durchmesser von einem Meter. Im Brennpunkt entstehen deshalb sehr hohe Leistungen auf kleinster Fläche“ – enorme Hitze. Doch was etwa im heimischen Computer ein Ventilator regelt, muss in der dünnen Luft der Stratosphäre anders gelöst werden. Ähnlich wie bei Raumsonden, die vom Vakuum des Weltalls umgeben sind, wurden die Oberflächen aller Geräte so beschichtet, dass sie Wärme abstrahlen können. Die kritische Streulichtblende nahe dem Brennpunkt wurde mit Heat-Pipes zur Wärmeabführung ausgerüstet, wie man sie auch für Weltraumsatelliten verwendet.

Zudem wurde der Hauptspiegel mit einer hochreflexiven Beschichtung und auf seiner Rückseite mit großen Radiatorflächen ausgerüstet, damit seine Temperatur durch Wärmeabstrahlung in den kalten Weltraum gleichmäßig niedrig gehalten werden konnte. Dies stellte sicher, dass die Temperaturen im Teleskop mit maximal 60 Grad Celsius beim andauernden Blick in unser Tagesgestirn moderat blieben.

Nach dem Start konnten die von Sunrise gewonnenen wissenschaftlichen Daten über die Sonne zunächst direkt an die Bodenstation in Esrange übertragen werden. Nachdem das Teleskop einige Stunden später jenseits des Horizonts verschwunden war, ging dies nicht mehr. Von da an nahm ein Bordspeicher die Daten auf, die später ausgewertet werden müssen. Den Wissenschaftlern war es aber möglich, über Satellit notwendige Kommandos an Sunrise zu senden. Dies geschah vom texanischen Hauptquartier der Columbia Scientific Ballooning Facility (CSBF), einer Tochterorganisation der NASA, die für die Ballon-Mission verantwortlich war.

Am 14. Juni, knapp sechs Tage nach seinem luftigen Aufstieg in Nord-Schweden, wurde der Ballon über dem Bergungsgebiet im kaum besiedelten kanadischen Nunavut-Territorium per Funk-Kommando abgetrennt, woraufhin das Teleskop über der Insel Somerset Island an einem Fallschirm sanft zu Boden ging. Der Ballon wurde daraufhin zerstört und fiel separat hinab. Nach erfolgreicher Bergung kann das Teleskop für weitere Missionen benutzt werden.

Vorbereitung für Weltraum-Mission

Das technologische Ziel der Mission war es, neue Beobachtungsinstrumente im Hinblick auf zukünftige Weltraummissionen zu erproben. Dies und die wissenschaftliche Exzellenz des Forschungsprojektes sind es dem MPS und der DLR Raumfahrt-Agentur wert, Sunrise gemeinsam mit rund 20 Millionen Euro zu fördern. Dieser deutsche Anteil macht etwa zwei Drittel der gesamten Projektkosten von 30 Millionen Euro aus. Damit war Sunrise erheblich günstiger als eine vergleichbare Weltraummission, allerdings ist die Beobachtungszeit eines solchen Ballonfluges auf wenige Tage begrenzt.

Flight around the north pole

After its takeoff, Sunrise was carried by the circumpolar east wind around the North Pole for almost six days. Having crossed the North Polar Sea and Greenland, the telescope traveled on to the remote Inuit territories in the north of Canada, always keeping its eye on our central luminary. To make this happen, there were sophisticated systems on board Sunrise which enabled the observatory to keep itself aligned on the sun independently and precisely. Even infinitesimal pendulum movements and gusts of wind had to be compensated. For this purpose, Sunrise used a sophisticated attitude control system and a swift, efficient image stabilizer. The reason for all this lies in the fact that the telescope might have been damaged by overheating if light had entered it off-center.

‘A telescope concentrates sunlight like a burning glass’, explains Barthol. ‘Our burning glass has a diameter of one meter, so that a very great amount of energy is generated in a very small space’ – enormous heat. Easily handled by a fan in your PC at home, this problem needs to be solved differently in the thin air of the stratosphere. Like a space probe that is surrounded by a vacuum, all devices in Sunrise were coated to promote heat radiation. The critical scattered light aperture next to the focus was equipped with heat pipes like those used in satellites to optimize heat transfer.

In addition, the main mirror had a highly reflective coating, whereas its back featured large radiator surfaces to ensure that heat dissipation into cold space kept its temperature uniformly low. Thus, the temperatures inside a telescope that was constantly aimed at our source of daylight remained moderate at 60 degrees maximum.

For a certain time after take-off, the scientific data about the Sun that were gathered by Sunrise could be transmitted directly to the Esrange ground station. This was no longer possible when the telescope disappeared beyond the horizon some hours later. From that time onwards, the data was stored in an on-board memory to be evaluated later. However, scientists were able to transmit necessary commands to Sunrise via satellite. This was done from the Texan headquarters of the Columbia Scientific Ballooning Facility (CSBF), a subsidiary of NASA, which was responsible for the balloon mission.

On June 14, almost six days after it had risen into the air from northern Sweden, a radio command detached the balloon above the area designated for recovery in the sparsely-settled Nunavut territory in Canada, whereupon the telescope gently landed on a parachute on Somerset Island. The balloon was destroyed and dropped down on its own. Recovered successfully, the telescope may be used for future missions.

Preparations for a space mission

In technological terms, the mission aimed to examine the suitability of new observation instruments for future space missions. Because of this, and because of the scientific excellence of the research project, the MPS and the DLR Space Agency considered it worth their while to jointly contribute around 20 million euros to the funding of Sunrise. Thus, Germany’s share accounts for about two thirds of the total project cost of some 30 million euros. Thus, Sunrise offered considerably better value for money than any comparable space mission, although the observation time available during the flight of the balloon was limited to a few days.



„Das Ziel: neue Beobachtungsinstrumente für zukünftige Weltraummissionen erproben.“

‘The aim was to examine the suitability of new observation instruments for future space missions.’

An der langen Leine: der Ballon mit Sunrise beim Aufstieg (MPI)

On the long leash: the ascending balloon carrying Sunrise (MPI)

Die Projektleitung für Sunrise lag beim MPS. Es wurde unterstützt durch das Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik in Freiburg. Weiterhin beteiligt waren die amerikanischen Partner High Altitude Observatory (HAO) des NCAR, Boulder/Colorado, und die Lockheed-Martin-Laboratories, Palo Alto/Kalifornien, sowie spanische Forscher vom Instituto Astrofisica de Canarias, La Laguna/Teneriffa. Unternehmen wie die Münchener Firma für Weltraum-Technik Kayser-Threde (Teleskop-Struktur) und SAGEM in Frankreich (Hauptspiegel) trugen ihr Know-how zur Mission bei.

Sunrise dient insbesondere der Vorbereitung der Weltraummission Solar Orbiter der Europäischen Weltraumorganisation (ESA), deren Start für 2017 geplant ist. Die Solar Orbiter-Raumsonde soll der Sonne bis auf weniger als einem Viertel des Erde-Sonne-Abstandes nahe kommen, wodurch dann eine noch höhere Detail-Auflösung als mit Sunrise möglich werden wird. Neben der optischen Beobachtung der Sonne soll dabei auch der Sonnenwind und die hochenergetische Strahlung der Sonne untersucht werden. Von der Auswertung der Sunrise-Messdaten versprechen sich die Wissenschaftler vielfältige Erkenntnisse, die in der Entwicklung und beim Bau der Instrumente für Solar Orbiter berücksichtigt werden können.

Dietmar Friedrichs ist Projektleiter Sunrise in der DLR Raumfahrt-Agentur.

Dr. Niklas Reinke leitet die Fachgruppe Kommunikation in der DLR Raumfahrt-Agentur.

The MPS was responsible for managing the Sunrise project, supported by the Kiepenheuer Institute for Solar Physics in Freiburg, the High Altitude Observatory (HAO) of the NCAR in Boulder/Colorado, the Lockheed-Martin Laboratories in Palo Alto/California, and Spanish researchers at the Instituto Astrofisica de Canarias in La Laguna/Teneriffa. Enterprises like the Munich space technology company Kayser-Threde (telescope structure) and SAGEM in France (main mirror) contributed their know-how to the mission.

More specifically, Sunrise serves to prepare the Solar Orbiter space mission, which the European Space Agency (ESA) plans to launch in 2017. The Solar Orbiter probe will gradually approach the Sun to less than a quarter of the Earth’s distance to a point where it can resolve even smaller details than Sunrise. Next to observing the Sun visually, it will study the solar wind and the high-energy radiation emitted by the Sun. By evaluating the Sunrise data, scientists hope to acquire a wide variety of insights which may be taken into account in the development and construction of the instruments for Solar Orbiter.

Dietmar Friedrichs serves as Sunrise project manager at the DLR Space Agency.

Dr. Niklas Reinke heads the Communications unit of the DLR Space Agency.

Letzter Service für Hubble

Weltraumteleskop erhält neue Instrumente

Von Michael Müller und Josef Hoell

Final Service for Hubble

Space telescope receives new instruments

By Michael Müller and Josef Hoell

„Die Lebenserwartung von Hubble wurde durch STS-125 mindestens bis 2014 verlängert.“

‘STS-125 prolonged Hubble’s active life until 2014 at least.’

Die letzte Wartung des Weltraumteleskops Hubble wird auch als einer der Höhepunkte der Space Shuttle-Flüge in die Raumfahrtgeschichte eingehen. Mission STS-125, am 11. Mai um 14:01 Uhr amerikanischer Ostküstenzeit von Cape Canaveral gestartet, sorgte dafür, dass die moderne Astronomie weiter revolutioniert wird. Das US-europäische Weltraumobservatorium Hubble wurde dank der fünften „Servicing Mission“ nicht nur qualitativ aufgewertet; seine Lebensdauer wurde mindestens bis ins Jahr 2014 verlängert. In fünf Außeneinsätzen installierte die STS-125-Crew zwei neue Hauptinstrumente. Zwei weitere Instrumente und diverse Subsysteme wurden repariert. Damit können der bisher knapp zwanzigjährigen Erfolgsgeschichte Hubbles weitere spannende Kapitel hinzugefügt werden.

Der Namensgeber

Der US-amerikanische Wissenschaftler Edwin Powell Hubble untersuchte in den 1920er Jahren am Mount Wilson Observatory in Kalifornien die Entfernungen von Sternsystemen. 1923 bestimmte er, wenngleich noch mit großem Fehler behaftet, die Entfernung des Andromeda-Nebels. Er zeigte, dass dieser weit außerhalb unserer Milchstraße liegt und damit selbst eine Galaxie ist. In den Spektren von Galaxien untersuchte er die Rotverschiebungen, die unter anderem durch den Doppler-Effekt verursacht werden: Wenn sich eine Galaxie auf uns zu bewegt, sind die Spektrallinien zum blauen, kurzwelligen Ende verschoben. Bewegt sie sich dagegen von uns weg, sind sie zum roten, langwelligen Ende verschoben. In seiner berühmten Veröffentlichung von 1929 stellte Hubble einen linearen Zusammenhang zwischen der aus der Rotverschiebung abgeleiteten Geschwindigkeit und der Entfernung von Galaxien her. Die Proportionalitätskonstante zwischen diesen Größen wird Hubble-Konstante genannt.

Die Rotverschiebung der Galaxien wird allerdings nicht durch den Doppler-Effekt verursacht, sondern durch die kosmische Expansion. Die Theorie dazu hatten, aufbauend auf Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie, 1922 und 1924 Alexander Friedmann sowie 1927 Georges Lemaitre geliefert. Sie erfordert als Konsequenz eine heiße dichte Anfangsphase. Hubbles Arbeiten führten zur Bestätigung dieser Urknalltheorie, wenngleich unklar ist, ob Hubble selbst an ein expandierendes Universum geglaubt hat.

The final inspection of the Hubble space telescope will be noted in the history of astronautics as one of the highlights of the space shuttle flights. Launched from Cape Canaveral at 14:01h east coast time on May 11, mission STS-125 made sure that modern astronomy will be further revolutionized by Hubble. This fifth servicing mission not only upgraded the performance quality of the US-European space observatory; it prolonged its active life until 2014 at least. In a total of five Extra Vehicular Activities, the crew of STS-125 installed two new main instruments. Moreover, it repaired two other instruments and diverse subsystems. Now, Hubble is set to add more chapters to its success story of almost twenty years.

The eponym

In the 1920s, the American scientist Edwin Powell Hubble was studying the distances of star systems at the Mount Wilson Observatory in California. In 1923, he determined the distance of the Andromeda Nebula, albeit with a wide error margin. He demonstrated that Andromeda’s position is far outside our Milky Way, which makes it a galaxy of its own. He examined the red shift that is caused in the spectra of galaxies by, among other things, the Doppler Effect: when a galaxy moves towards us, its spectral lines shift towards the blue or short-wave end. If it moves away from us, the shift is towards the red or long-wave end. In his famous 1929 publication Hubble established a linear connection between the distance of a galaxy and its speed, which can be derived from the red shift. The proportionality constant between these two quantities is called Hubble constant.

However, it is not the Doppler Effect but cosmic expansion which causes galaxies to show a red shift. Relevant theories based on Einstein’s general theory of relativity had been formulated by Alexander Friedman and Georges Lemaitre in 1922/1924 and 1927, respectively. One logical prerequisite of this theory is that there must have been a hot, dense initial phase. Hubble’s work ultimately corroborated this Big Bang theory, although it is not known whether Hubble himself believed in an expanding universe.

Gigantisches Mosaik des Crab-Nebels. Das Motiv wurde aus verschiedenen Aufnahmen Hubbles zusammengesetzt. (NASA/ESA/Arizona State University)

Giant mosaic of the Crab Nebula, composed of various Hubble images (NASA/ESA/Arizona State University)

Jahrzehntelanger Vorlauf

Die Vorteile, ein Teleskop im Weltraum zu platzieren, waren schon früh erkannt worden. Hier gibt es keine Sicht trübende Filterwirkung durch Gase und Luftbewegungen, keine Einschränkung durch Tageslicht oder durch den geographischen Standort des Observatoriums. Bereits 1923 hatte der Raumfahrtpionier Hermann Oberth die Idee eines Teleskops im Erdorbit aufgebracht. 1946 wurde sie von dem Astrophysiker Lyman Spitzer wieder aufgegriffen, der detaillierte Vorschläge zur Realisierung machte und zum maßgeblichen Wegbereiter des Weltraumteleskops wurde. Es sollte jedoch noch mehrere Jahrzehnte dauern, bis die US-Weltraumbehörde NASA schließlich zu Beginn der 1970er Jahre den Vorschlag ernsthaft ins Auge fasste. Mehrere Studienphasen waren notwendig, bevor dann 1977 die Bewilligung durch den US-Kongress erfolgte.

Europäische Beteiligung an Hubble

Im Oktober 1977 unterzeichneten NASA und ESA ein Memorandum of Understanding, das die Zusammenarbeit beim Hubble-Weltraumteleskop festlegte. ESA verpflichtete sich zur Beistellung eines wissenschaftlichen Instrumentes, der 2002 außer Dienst gestellten „Faint Object Camera“ für die Beobachtung lichtschwacher Objekte im sichtbaren und ultravioletten Spektralbereich. Aus Europa kamen zudem die Solarpaneele nebst zugehörigem

Decades of preparation

The advantages of deploying a telescope in space were recognized early. In space, the instrument's vision is not blurred by the filtration effects of gases and air turbulences, nor is it restricted by daylight or the geographical location of an observatory. Hermann Oberth, a pioneer of space flight, mooted the idea of a telescope in an earth orbit as early as 1923. Returning to this idea in 1946, astrophysicist Lyman Spitzer made detailed proposals for its realization and became one of the most influential precursors of the space telescope. However, several decades were to pass by before the American space agency NASA began to consider the proposal seriously in the early 1970s. Several phases of study were needed before Congress finally approved the project in 1977.

European participation in Hubble

In October 1977, NASA and ESA signed a memorandum of understanding in which they defined their cooperation on the Hubble space telescope. The hardware contributed by European engineers included one scientific instrument, the Faint Object Camera, which, decommissioned in 2002, was designed for imaging faint objects in the visible and ultraviolet spectral bands. Another contribution was the telescope's set of solar panels

Ausfahr-Mechanismus (SADM) und dessen elektronischer Steuerung. Außerdem stellt ESA Personal für die Mitarbeit im „Space Telescope Science Institute“ (STScI) in Baltimore. Im Gegenzug wurde europäischen Wissenschaftlern mindestens 15 Prozent der Beobachtungszeit des Hubble-Teleskops garantiert. Tatsächlich erreichten sie aufgrund der hohen Qualität der eingereichten Forschungsvorhaben eher 20 Prozent. Zur Koordinierung der europäischen Aktivitäten wurde in Garching bei München die „Space Telescope - European Coordinating Facility“ (ST-ECF) eingerichtet.

Schwieriger Beginn

Im Jahre 1985 war das Teleskop, das nach dem 1953 verstorbenen Edwin Hubble benannt worden war, fertig integriert. Mit einem Gewicht von 11,1 Tonnen ist es in etwa so schwer wie zwei ausgewachsene Elefanten und mit 13,3 Metern ungefähr so lang wie ein Schulbus. Sein maximaler Durchmesser beträgt 4,3 Meter. Es ist ausgestattet mit einem Spiegelteleskop vom Typ „Ritchey-Chrétien“ mit zwei hyperbolischen Spiegeln, dessen Hauptspiegel einen Durchmesser von 2,4 Metern besitzt. Die effektive Brennweite des Systems beträgt 57,6 Meter. Damit bietet Hubble eine Auflösung, die es erlaubt, noch in einer Entfernung von rund zehn Millionen Lichtjahren einzelne Himmelskörper, die etwa zwei Lichtjahre voneinander entfernt sind, zu unterscheiden.

and their drive mechanism (SADM) with its electronic controller. Moreover, ESA provided staff to the Space Telescope Science Institute (STScI) in Baltimore. In return, European scientists were guaranteed a minimum share of 15 per cent in the Hubble telescope's observation time. As it turned out, their share was closer to 20 percent because of the outstanding quality of the research projects submitted by them. To coordinate the European activities, the Space Telescope European Coordinating Facility (ST-ECF) was established in Garching near Munich.

Troubled beginnings

The assembly of the telescope, which was baptized in honor of Edwin Hubble who had died in 1953, was completed in 1985. Weighing 11.1 tons, the telescope is about as heavy as two adult elephants, and its length of 13.4 meters is about the same as that of a school bus. Its maximum diameter is 4.3 meters. It is equipped with a Ritchey-Chrétien-type reflecting telescope, featuring two hyperbolic mirrors of which the main reflector has a diameter of 2.4 meters. As the effective focal length of the system is 57.6 meters, Hubble's resolution permits distinguishing celestial bodies separated by c. 2 light years from a distance of around 10 million light years.



Das neue Batterien-Set für Hubble bei Vorbereitungs-Arbeiten im Reinraum (NASA)

The new battery set being prepared for the Hubble mission inside the clean room (NASA)

Wenige Monate vor dem anvisierten Startzeitpunkt verunglückte am 8. Januar 1986 die Challenger-Raumfähre; jahrelange Verzögerungen im US-Raumfahrtprogramm waren die Folge. 1990 konnte Hubble schließlich starten. Zu Beginn schien die Mission alles andere als ein Erfolgsgarant zu werden: Die Kameras und Spektrographen sandten unscharfe Bilder an die Bodenstation. Wie sich herausstellte, war der Hauptspiegel fehlerhaft gefertigt worden, verursacht durch einen Fehler in der Messeinrichtung beim Polieren des Spiegels.

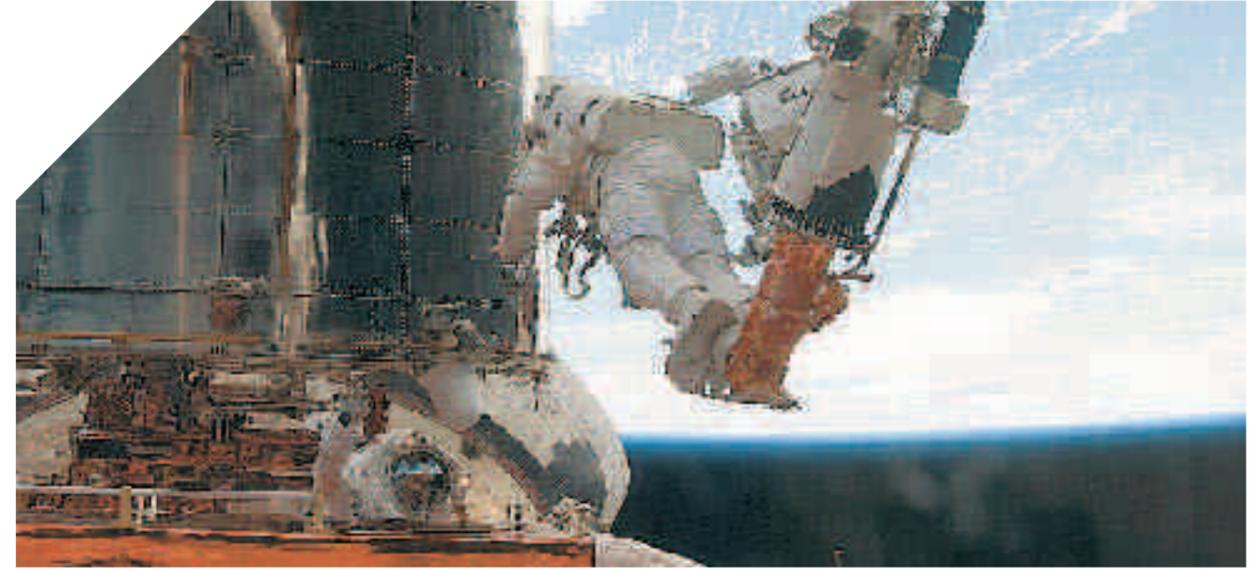
Zum Glück hatte man Hubble als wartungsfähigen Satellit konstruiert – ein Novum in der Geschichte der Raumfahrt. So konnten Astronauten der NASA auf ihrer ersten Inspektionsreise 1993 eine Korrekturvorrichtung namens „COSTAR“ (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) am Hubble-Spiegel anbringen. Drei weitere Servicing-Missionen folgten: 1997 wurden zwei neue wissenschaftliche Instrumente installiert, 1999 wurde ein Großteil der technischen Subsysteme ausgetauscht, und 2002 erhielt Hubble weitere Instrumente. Alle nachträglich eingebauten Kameras und Spektrographen wurden bereits am Boden in exaktem Maße optisch so eingestellt, dass der Fehler des Teleskopspiegels kompensiert wird. Das 1993 installierte COSTAR-System wurde somit bereits seit 1997 nicht mehr benötigt und daher im Rahmen der diesjährigen Wartung ausgebaut.

Ende 2008 hatte Hubble 6.823 Tage im Orbit verbracht. Damit hat das viel gefeierte Spiegelteleskop den Rekord des von NASA, ESA und der britischen Raumfahrtagentur betriebenen „International Ultraviolet Explorer“ für die längste weltraumgestützte Beobachtungsmission gebrochen. Im 19. Betriebsjahr stehend, hat Hubble um die 30 Terabytes an wissenschaftlichen Daten zur Erde gesendet. Um diese zu speichern, benötigte man circa 400.000 CDs. Damit wurde das Wissen um das Werden und Vergehen der Himmelsobjekte vervielfacht. Von diesen Daten versprechen sich Forscher Antworten auf vielfältige Fragen: Wie entwickeln sich Sterne und Galaxien? Haben andere Sterne Planeten und wie sind dort die Bedingungen für Leben? Welche Hinweise gibt es für Dunkle Materie und Dunkle Energie? Wie ist das Universum entstanden? Und nicht zuletzt: Welche sind die allgemeingültigen Gesetze im Raum-Zeit-Kontinuum?

A few months before Hubble's envisaged launch date, the Challenger shuttle met with disaster on January 28, 1986, causing years of delay in the US space program. Finally, Hubble was launched in 1990. In the beginning, the mission appeared to be anything but an instant success, for the images transmitted by its cameras and spectrographs to the ground station were out of focus. It was found that this was due to a fault in the manufacture of the main mirror which had been caused by a defect in the measuring equipment that occurred when the mirror was being polished.

Fortunately, Hubble had been designed for maintenance – a novelty in the history of astronautics. This is why NASA astronauts were able to attach a corrective device called COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) to Hubble's mirror during their first inspection trip in 1993. Three more servicing missions followed: in 1997, two new scientific instruments were installed; in 1999, the greater part of the technical subsystems was replaced; and in 2002, further instruments were installed on Hubble. All cameras and spectrographs that were retrofitted were adjusted optically on the ground by the exact amount needed to compensate for the fault in the telescope mirror. Consequently, the COSTAR system installed in 1993 was no longer needed from 1997 onwards, which is why it was removed during this year's servicing mission.

By the end of 2008, Hubble had spent 6,823 days in orbit. The widely celebrated reflector telescope broke the record for the longest space-based observation mission that had been set by the International Ultraviolet Explorer operated jointly by NASA, ESA and the British Space Agency. In its nineteenth year of operation, Hubble has multiplied our knowledge about the origin and demise of the heavenly bodies by transmitting around 30 terabytes of scientific data to Earth, for a storage of which c. 400.000 CDs would be needed. Researchers hope that these data will provide answers to the following questions: How do stars and galaxies develop? Do other stars have planets, and could the conditions there support life? What evidence is there for the existence of dark matter and dark energy? How did the universe originate? And, not least: What are the universal laws that rule the space-time continuum?



Außeneinsatz am Hubble-Teleskop (NASA)

Extra Vehicular Activity at the Hubble telescope (NASA)

Bereits heute haben die gut 4.000 beteiligten Wissenschaftler bahnbrechende Forschungsergebnisse erzielt

- Bestimmung der „Hubble-Konstante“, welche die Expansionsgeschwindigkeit des Universums beschreibt
- Eichung der kosmischen Entfernungsskala durch Beobachtung von Cepheiden, einer Sternklasse mit periodisch auftretenden Helligkeitsschwankungen
- Erstellung hoch aufgelöster Aufnahmen zum Studium der Entwicklung von frühen Galaxien („Hubble Deep Field“ und „Hubble Ultra Deep Field“)
- Nachweis von Schwarzen Löchern in den Kernregionen benachbarter Galaxien
- Analyse der Bahnen und Atmosphären von extrasolaren Planeten, zum Beispiel des 150 Lichtjahre entfernten Exoplaneten HD 209458b im Sternbild Pegasus. Hier konnten erstmals eine Atmosphäre um einen extrasolaren Planeten nachgewiesen und erste Informationen über deren chemische Zusammensetzung gesammelt werden.

Mission STS-125 verläuft reibungslos

Die Crew von STS-125 bildete eine Mischung aus erfahrenen Astronauten und Erstfliegern. Commander Scott Altman konnte unter anderem auf die drei Missionsspezialisten Mike Massimino, Andrew Feustel und Michael Good zurückgreifen, von denen die beiden Letzteren zum ersten Mal das Shuttle für Weltraumeinsätze verließen. Trainiert hatte die siebenköpfige Mannschaft, die durch Pilot Gregory C. Johnson und die Mission Specialists Megan McArthur und John M. Grunsfeld vervollständigt wurde, unter anderem am Goddard Space Flight Center in Maryland. Dort arbeiteten sie im Reinraum mit der gleichen Ausrüstung, die auch später im All benutzt wurde. Am Goddard Space Center wurde ferner auch die Hardware, speziell die neuen Instrumente, getestet.

Roughly 4,000 scientists using Hubble data have achieved pioneering research results so far

- Determination of the 'Hubble constant', which specifies the rate at which the universe expands
- Calibration of the scale of cosmic distances by the observation of cepheids, a class of stars whose brightness fluctuates periodically
- Generation of high-resolution images for the purpose of studying the development of early galaxies (Hubble Deep Field and Hubble Ultra Deep Field)
- Demonstration of the presence of black holes in the core regions of neighboring galaxies
- Analysis of the orbits and atmospheres of extrasolar planets, such as HD 209458b, an exoplanet located 150 light years away in the constellation of Pegasus. This is the first instance in which the presence of an atmosphere around an extrasolar planet was demonstrated and information about its chemical composition was gathered successfully.

Mission STS-125 runs without a hitch

The crew of STS-125 was a balanced mix of experienced astronauts and first-time flyers. Commander Scott Altman had three mission specialists at his disposal, Mike Massimino, Andrew Feustel and Michael Good. Feustel, and Good performed their first Extra Vehicular Activities (EVAs) on this mission, complemented by mission specialists Megan McArthur and John M. Grunsfeld, the crew of seven was trained at the Goddard Space Flight Center in Maryland, among other places. At Goddard, they worked in a clean room with the same equipment they were to use in space later. The Goddard Space Center was also the place where the hardware was tested, especially the new main instruments.

Währenddessen wurden am Kennedy Space Center in Florida gleich zwei Space Shuttles für den Flug vorbereitet: Atlantis kam bei STS-125 zum Einsatz, Endeavour stand für den Fall unvorhersehbarer technischer Komplikationen als Rettungsfähre bereit. Denn als zwischenzeitlicher „Ankerplatz“ für ein zum Beispiel am Hitzeschutzschild beschädigtes Shuttle lag die Internationale Raumstation (ISS) bei der Hubble Servicing Mission außer Reichweite.

Die dreizehntägige Mission wurde in allen wesentlichen Details – Shuttle-Systeme, Crew-Aktivitäten einschließlich der Außeneinsätze und Gesundheitsüberwachung – vom Mission Control Center des Johnson Space Center der NASA in Houston, Texas, überwacht. Einzige Ausnahme: Hubble selbst wurde während STS-125 vom Space Telescope Operations Control Center Goddard dirigiert. Hier waren auch ESA-Spezialisten beteiligt: Sie überwachten die Leistung der Sonnensegel. Für die Reparaturen wurde Hubble am dritten Missionstag (13. Mai) in die optimale Position manövriert: Als das Shuttle nur noch 60 Meter von Hubble entfernt war, wurde das Teleskop per Befehl von der Erde um die eigene Achse gedreht. So konnte die Atlantis-Crew das Teleskop bei geöffneter Ladebucht per Roboterarm ergreifen und in die Luke ziehen. Auch die Verschlussklappe zum Schutz der sensiblen Instrumente wurde von Goddard aus geöffnet.

Am 14. Mai begann eine Serie von fünf Außeneinsätzen, jeder sechseinhalb Stunden lang. Parallel arbeiteten jeweils zwei Astronauten an Hubble, einer von beiden meistens frei schwebend, das heißt, nur mit einem Haltegurt an dem Kabel eingeklinkt, das sich durch die Shuttle-Ladebucht zieht. Der andere „Spacewalker“ war per Fußhalterung mit dem vom Inneren des Shuttles aus gelenkten Roboterarm verbunden. Als zusätzliche Sicherungsmaßnahme konnten die Astronauten eine an Hubble angebrachte Handreling nutzen.

Hubble's neues Innenleben

Die Arbeiten an Hubble begannen mit einer Aufgabe, die ursprünglich gar nicht vorgesehen war, nämlich dem Austausch einer Einheit zur Instrumentensteuerung namens SIC&DH (Science Instrument Command and Data Handling Unit). Dies wurde erst im Herbst 2008, als eines von zwei baugleichen Geräten plötzlich ausgefallen war, in die Agenda aufgenommen und hatte den Start der Wartungsmission verzögert. Mit dem erfolgreichen Einbau der neuen Steuerungseinheit beim ersten Außeneinsatz wurde die in der Raumfahrt wichtige Doppelung missionskritischer Systeme wieder hergestellt.

Am 15. Mai ersetzten die Astronauten alle sechs Batteriesysteme, die auf der Erde jeweils gut 60 Kilogramm wiegen, durch neuartige, leistungsstärkere Komponenten. Auch wurden alle sechs Kreiselinstrumente (Gyroskope) sowie ein Fine Guidance Sensor – beide Systeme dienen der Orientierung des Satelliten im Raum – ausgetauscht. Des Weiteren wurde ein sogenannter Soft Capture-Mechanismus an Hubble's Hülle angebracht, der es einem unbemannten Raumschiff irgendwann nach 2014 ermöglichen soll, problemlos an das Teleskop anzudocken, um einen kontrollierten Wiedereintritt zu sicherzustellen. Dann soll bereits das „James Webb Telescope“ einsatzbereit sein.

Im Zentrum der Reparaturarbeiten stand die Installation zweier neuer Hauptinstrumente: Cosmic Origins Spectrograph (COS) und Wide Field Camera 3 (WFC3) am 16. Mai. Der COS-Spektrograph nimmt nun den Platz der überflüssig gewordenen Korrekturoptik COSTAR ein. Die Hardware in der Größe einer Telefonzelle wurde mit dem Shuttle zurück zur Erde gebracht. COS arbeitet im ultra-

Meanwhile, not one but two space shuttles were being prepared for flight at the Kennedy Space Center in Florida: Atlantis was to fly STS-125, while Endeavour was kept in readiness for rescue purposes in the event of unforeseeable technical complications. If the heat shield of the shuttle had been damaged, for example, the International Space Station (ISS) would not have been available to the Hubble servicing mission for temporary 'anchorage' because it was out of reach.

During the thirteen-day mission, all essential details – shuttle systems, crew activities including EVAs and health conditions – were monitored by the mission control center at NASA's Johnson Space Center in Houston, Texas. The only exception was Hubble itself, which was maneuvered during STS-125 by the Goddard Space Telescope Operations Control Center. Once again, ESA specialists were involved, monitoring the performance of the solar panels. On the third mission day (May 13), Hubble was moved to the best position for repairs. When the shuttle had reached a distance of 60 meters, Hubble was commanded from Earth to rotate around its axis so that the crew of Atlantis was able to take hold of it with the robotic arm and move it into the cargo bay through the open hatch. Goddard also initiated the opening of the door that protects the satellite's sensitive instruments.

On May 14, a series of five EVAs of six and a half hours each began. There were always two astronauts working on Hubble in parallel, with one of them generally floating free, i.e. secured only by a strap attached to the cable that runs through the shuttle's cargo bay. The other space walker used a foot platform attached to the robotic arm, which is controlled from the interior of the shuttle. For added safety, the astronauts were able to use a hand-rail mounted on Hubble.

Hubble's refurbished interior

Work on Hubble started off with a task that had not been part of the original plan: replacing an instrument controller called SIC&DH (Science Instrument Command and Data Handling Unit). When the item had been added to the agenda in fall 2008, because one of two devices of identical construction had suddenly failed, the start of the servicing mission had been delayed. The successful installation of a new controller restored the redundancy of the systems which are of critical importance for space missions.

On May 15, the astronauts replaced each of the six battery systems that weigh no less than 60 kilograms on Earth by innovative, more powerful components. They also replaced Hubble's six gyroscopes as well as a fine guidance sensor; these systems both serve to orient the satellite in space. Furthermore, they mounted a so-called soft capture mechanism on Hubble's shell which will enable a robotic space craft to dock on the telescope and allow a monitored re-entry sometime after 2014. By that time, the James Webb Telescope will probably be ready for launch.

Service activities revolved around installing the two new main instruments Cosmic Origins Spectrograph (COS) and Wide Field Camera 3 (WFC3) on May 16. The COS spectrograph was installed in the space formerly occupied by the COSTAR system that is now obsolete. The size of a telephone booth, COSTAR was transported back to Earth in the shuttle. COS is operating within the ultraviolet spectral range and will record radiation emitted by the active nuclei of distant galaxies (quasars). The instrument is capable of analyzing not only the quasars themselves but also the intergalac-

violetten Spektralbereich und wird zum Beispiel das Licht von ferneren aktiven Galaxienkernen (Quasaren) aufnehmen. Neben dem Quasar selbst lassen sich damit die intergalaktische Gaswolken analysieren, die der Lichtstrahl durchquert hat, und die dabei ihre Spuren im Spektrum hinterlassen haben. COS ermöglicht so die Untersuchung von großräumigen Strukturen und ihre chemische Entwicklung im Universum. Die neue WFC3-Kamera zeichnet sich durch ihr großes Gesichtsfeld und die Überdeckung eines weiten Spektralbereiches – vom nah-infraroten über das sichtbare bis zum nah-ultravioletten Licht – aus.

Als weiterer Höhepunkt der Mission muss die Reparatur der Advanced Camera for Surveys (ACS) und des Space Telescope Imaging Spectrograph (STIS) hervorgehoben werden. Nie zuvor hatte man sich an eine solch komplexe Reparaturaufgabe im All herangewagt. Die ACS-Kamera, das „Arbeitstier“ unter den Hubble-Instrumenten, hat zahlreiche der spektakulären Aufnahmen geliefert, durch die das Teleskop auch außerhalb der Fachgemeinde bekannt wurde. 2007 jedoch verursachte ein Kurzschluss einen teilweisen Ausfall der Kamera. Ähnlich verhielt es sich mit dem STIS-Spektrographen: Dieser wurde nach einem Stromausfall im Jahr 2004 aus Sicherheitsgründen in den Standby-Modus versetzt.

Wenn nun die Kalibrierungsphase der Instrumente zur Zufriedenheit der beteiligten Wissenschaftler ausfällt, kann man von einem Erfolg auf der ganzen Linie sprechen. Vorausschauend hat die NASA die außergewöhnliche Mission STS-125 in 3D filmen lassen. 2010 wollen die Amerikaner einen Dokumentarfilm über den Weltraumveteran Hubble in die Kinos bringen. Dann wird sich jeder Raumfahrt-Enthusiast hautnah zu einer einzigartigen Mission ins All begeben können.

Hubble im Überblick

Länge: 13,2 Meter

Breite: 4,2 Meter

Fläche Solarpaneele: 2,6 x 7,1 Meter

Gewicht: 11,1 Tonnen (bei Start)

Start: 24. April 1990, Mission STS-31

Orbit: 600 Kilometer Höhe über der Erdoberfläche, Bahnneigung 28,5 Grad zum Äquator, eine Erdumrundung circa 96 Minuten

Durchmesser Teleskopspiegel: 2,4 Meter

Wissenschaftliche Instrumente:

1. Wide Field Camera, WFC3 (neu); ersetzt Wide Field and Planetary Camera 2 (WFPC2): nahes Infrarot, sichtbares Licht, nahes Ultraviolett.
2. Cosmic Origins Spectrograph, COS (neu); an Stelle von COSTAR: Ultraviolett
3. Advanced Camera for Surveys, ACS (repariert): sichtbares Licht.
4. Space Telescope Imaging Spectrograph, STIS (repariert): nahes Infrarot, sichtbares Licht, Ultraviolett.

Josef Hoell ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik der DLR Raumfahrt-Agentur.

Michael Müller ist Redakteur im Bereich Kommunikation der DLR Raumfahrt-Agentur.

tic gas clouds, which leave their traces in the spectrum of a ray of light as it travels through them. Thus, COS permits studying large-scale structures and their chemical evolution in the universe. The new WFC3 camera is distinguished by its wide field of vision and the wide spectral range it covers – from near-infrared to visible to near-ultraviolet light.

Further mission highlights included the repair of the Advanced Camera for Surveys (ACS) and the Space Telescope Imaging Spectrograph (STIS). No one had ever dared before to tackle such a complex repair problem in space. The ACS camera, the 'work horse' among Hubble's instruments, supplied many of the spectacular images which made the telescope popular even outside the scientific community. In 2007, however, a short-circuit caused a partial breakdown in the camera. The STIS spectrograph met with a similar fate: after a power failure in 2004, it was put into standby mode to be on the safe side.

Once the calibration phase is completed to the satisfaction of the scientists involved, the venture may be called a great success. NASA was far-sighted enough to have the entire extraordinary STS-125 mission filmed in 3D. In 2010, the Americans plan to show a documentary on space veteran Hubble in the cinemas. Every astronautics enthusiast will then be able to take to a unique space mission.

Hubble at a glance

Length: 13.2 meters

Width: 4.2 meters

Solar panel area: 2.6 by 7.1 meters

Weight: 11.1 tons (at launch time)

Launch: April 24, 1990, Mission STS-31

Orbit: 600 kilometers above the Earth's surface, orbital inclination 28.5 degrees relative to the equator, approximately 96 minutes per orbit

Telescope mirror diameter: 2.4 meters

Scientific Instruments:

1. Wide Field Camera, WFC3 (new); replaces the Wide Field and Planetary Camera 2 (WFPC2): near infrared, visible light, near ultraviolet
2. Cosmic Origins Spectrograph, COS (new); replaces COSTAR: ultraviolet
3. Advanced Camera for Surveys, ACS (repaired): visible light
4. Space Telescope Imaging Spectrograph, STIS (repaired): near infrared, visible light, ultraviolet

Michael Müller is an editor in the DLR Space Agency communications department.

Josef Hoell is a scientist in the Space Science department of the DLR Space Agency.



TerraSAR-X TerraSAR-X

Zwei Jahre im All – Eine Zwischenbilanz

Taking stock after two years in space

Von Rolf Werninghaus

By Rolf Werninghaus

Am 15. Juni 2007 herrschte im Satellitenkontrollzentrum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) nach Mitternacht große Spannung: Der Start des ersten deutschen, in öffentlich-privater Partnerschaft mit der Firma Astrium entwickelten Radarsatelliten TerraSAR-X stand kurz bevor. Nach mehreren, monatelangen Startverschiebungen war es endlich soweit: Pünktlich um 4.14 Uhr MESZ begann der Satellit an Bord einer DNEPR-1 Rakete vom Raumflughafen Baikonur auf seine Reise in den Weltraum. Etwa 15 Minuten später konnte ein erstes Lebenszeichen in der ESA-Station in Malindi/Kenia empfangen werden. Anschließend wurden die Systeme von TerraSAR-X nach und nach vom Deutschen Satellitenkontrollzentrum (GSOC) in Oberpfaffenhofen in Betrieb genommen.

After midnight on June 15, 2007, suspense was rising in the satellite control center of the German Aerospace Center (DLR): TerraSAR-X, the first German radar satellite developed in a public-private partnership with Astrium, was about to be launched. After a succession of month-long delays, the great moment had arrived at long last: at 04.14h CET on the dot, the satellite set out on its journey into space from the Baikonur cosmodrome on board a DNEPR-1 rocket. Its first signs of life were received by the ESA station in Malindi, Kenya about 15 minutes later. From that time onwards, the systems of TerraSAR-X were gradually commissioned by the German Space Operations Center (GSOC) in Oberpfaffenhofen.

„Eine Erfolgsgeschichte, die auch bei NASA und ESA Anerkennung hervorgerufen hat“

‘A success story also recognized by NASA and ESA’

Ein besonderer Höhepunkt dieser ersten Missionstage war die erfolgreiche Aufnahme und Prozessierung des ersten Radarbildes nur vier Tage nach dem Start. Noch bevor der Satellit seinen endgültigen Orbit erreicht hatte, wurde der Tsimlyanskoye-Stausee in Russland, etwa 50 Kilometer westlich von Wolgograd, von den Radarstrahlen erfasst. Die zugehörige Aufnahme wurde im Missionskontrollzentrum vollautomatisch prozessiert. Damit wurde erstmals demonstriert, dass die gesamte Verarbeitungskette – angefangen bei der Kommandierung des Satelliten, über die Datenaufnahme mit dem Radarinstrument, den Empfang der Daten in der DLR-Bodenstation in Neustrelitz bis zur Verarbeitung des Bildes mit dem Datenprozessor in Oberpfaffenhofen – wie geplant funktionierte.

Dieser Erfolg war durch das Engagement sowie die weltweit herausragende Kompetenz der beteiligten Partner DLR und Astrium GmbH möglich geworden. Entscheidend waren hierbei insbesondere die Erfahrungen aus den Vorläufer-Radarmissionen SIR-C/X-SAR (1994) und SRTM (2000) sowie aus parallel durchgeführten Technologieentwicklungen. Die daran beteiligten DLR-Einrichtungen – das GSOC, das Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme (IHR), das Institut für Methodik der Fernerkundung (IMF) und das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) – konnten daher auch die TerraSAR-X Commissioning-Phase, in der die volle Inbetriebnahme und Kalibrierung des Satelliten sowie die Freigabe der Standardprodukte durchzuführen war, wie geplant in nur fünf Monaten abschließen. Der operationelle Betrieb von TerraSAR-X wurde am 7. Januar 2008 aufgenommen.

Seitdem wurden vielen tausend Radaraufnahmen der Erdoberfläche erfolgreich geplant, kommandiert, ausgeführt und zu hochwertigen Produkten für wissenschaftliche und kommerzielle Nutzer verarbeitet. Die vorliegenden Ergebnisse demonstrieren eindrucksvoll die hohe Qualität der TerraSAR-X-Produkte, die in vielen Bereichen die Anforderungen sogar noch übertreffen. Besonders hervorzuheben ist die sehr gute Geolokalisierungsgenauigkeit von besser als einem halben Meter. Diese erlaubt es, zwei Aufnahmen einer Szene, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemacht wurden, vollautomatisch pixelgenau zu überlagern. Weiterhin sind die hohe radiometrische Genauigkeit sowie die sehr gute Stabilität des Radarinstrumentes zu nennen. Die hohe Produktqualität findet auch Anerkennung bei den vielen wissenschaftlichen und kommerziellen Nutzern. So wurden zum Beispiel TerraSAR-X-Daten mehrfach nach Naturkatastrophen von internationalen Behörden zur Unterstützung des Krisenmanagements angefordert.

A special highlight in these first few days of the mission came when the first radar image was acquired and processed no more than four days after the launch. The satellite had not even reached its final orbit when its radar beam scanned the Tsimlyanskoye reservoir in Russia, about 50 kilometers to the west of Volgograd. The image was afterwards processed at the mission control center in a fully automated operation, demonstrating for the first time that the entire processing chain – from satellite commanding and the acquisition of data by the radar instrument to the reception of the data at the DLR ground station in Neustrelitz and the processing of the image by the data processor in Oberpfaffenhofen – was indeed working as planned.

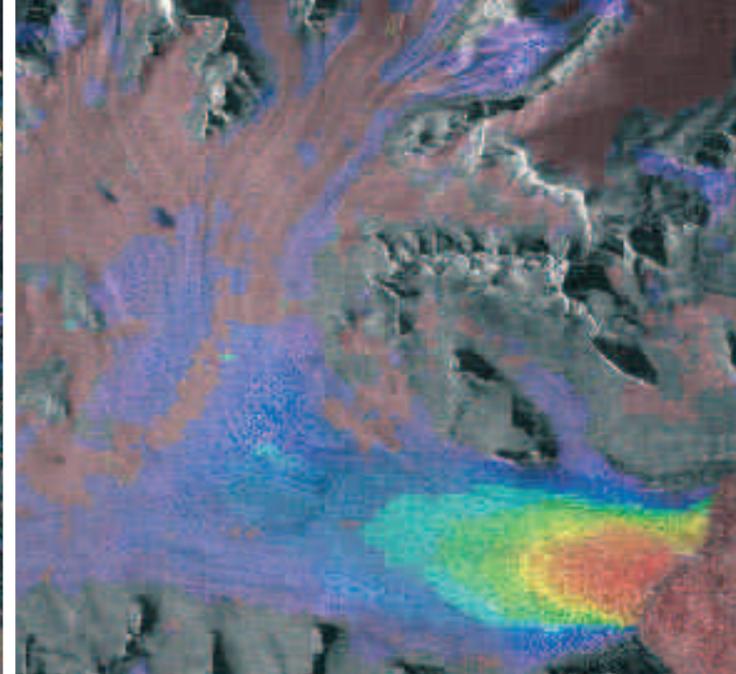
The two partners DLR and Astrium GmbH owed their success to a large extent to their commitment and their globally outstanding competence. The experience gathered with the preceding radar missions, SIR-C/X-SAR (1994) and SRTM (2000), and derived from parallel technology developments were essential for this outstanding accomplishment. For the same reason, the participating DLR facilities – the GSOC, the Microwave and Radar Institute (IHR), the Remote Sensing Technology Institute (IMF) and the German Remote Sensing Data Center (DFD) – were able to complete the commissioning phase on schedule within no more than five months. During that phase, the satellite had to be completely activated and calibrated and its standard products released. TerraSAR-X became finally operational on January 7, 2008.

Since that date, many thousands of radar images of the Earth's surface have been successfully planned, commanded, acquired and processed into products that are of great value to scientific and commercial users. The results obtained to date impressively demonstrate the high quality standard of the TerraSAR-X products which surpasses the original requirements in many respects. One feature that deserves to be highlighted is the excellent geolocalization accuracy of less than half a meter. This permits to superimpose in a fully automated process two images of a given scene that have been taken at different times. Further noteworthy features include the radar instrument's outstanding radiometric accuracy and its excellent stability. The high quality of the TerraSAR-X products is greatly appreciated by their numerous scientific and commercial users. Thus, for example, there have been several occasions when international agencies requested TerraSAR-X data to assist them in their crisis management after natural disasters.



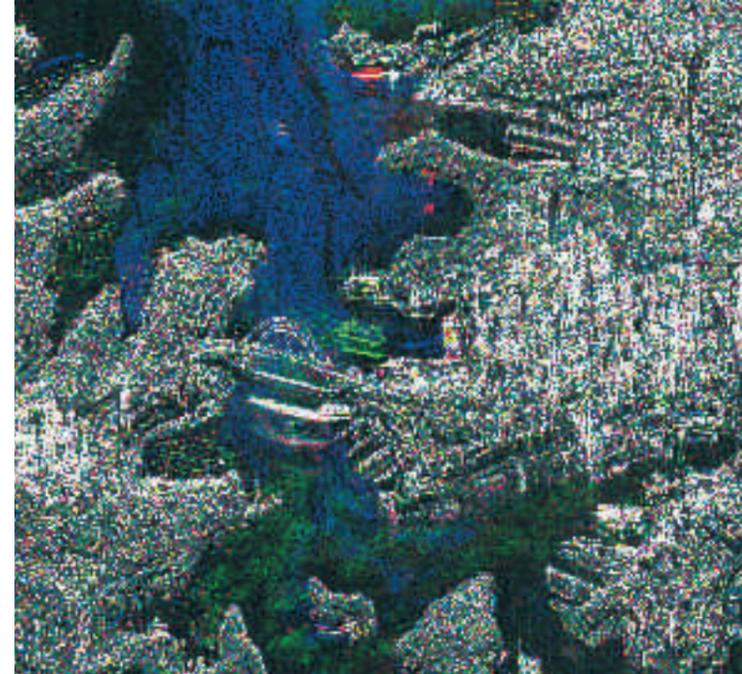
Die Abbildung der künstlichen Palmeninsel Palm Jumeirah vor der Küste Dubais ist eine Überlagerung zweier Aufnahmen vom Juni 2007 (rot) und April 2008 (grün). Unterschiede sind blau dargestellt und geben die Veränderungen in der Zwischenzeit wieder. Modus: Stripmap, Polarisation: VV.

This picture showing the artificial island Palm Jumeirah off the coast of Dubai is an overlay of two images taken in June 2007 (red) and April 2008 (green). Differences appear in blue, reflecting the island's construction history. Stripmap mode, polarization: VV.



Der Drygalski-Gletscher an der Ostküste der antarktischen Halbinsel oberhalb des früheren Larsen-A-Eisschelfs, das im Januar 1995 auseinanderbrach. Die Veränderungen, die nach diesem Ereignis in der Eisdynamik der Region stattfanden, sind von besonderem Interesse: Am 21. November und am 2. Dezember 2007 ermöglichte TerraSAR-X erstmals die Vermessung der Wanderung des Eises zur Gletscherfront und brachte den Nachweis für eine signifikante Zunahme des Eisexports. Farbkodierung von schwarz (0,0 Meter/Tag) bis rot (10 Meter/Tag), Originalauflösung: 3 Meter, Modus: Stripmap, Polarisierung: HH.

The Drygalski glacier, located on the east coast of the Antarctic Peninsula above the previous Larsen-A ice shelf which collapsed in January 1995. The changes of ice dynamics in the region after this event are of particular interest: On November 21 and December 2, 2007, TerraSAR-X enabled for the first time the mapping of ice motion down to the Drygalski glacier front showing a significant increase of ice export. Color bar coding from black (0.0 meters/day) to red (10 meters/day), Original resolution 3 meters, Stripmap mode, Polarization: HH.



Das Farbkomposit-Bild der australischen Hafenstadt Sydney setzt sich aus Aufnahmen vom 12. Januar 2008 (rot), 21. Dezember 2007 (grün) und 1. Januar 2008 (blau) zusammen. Objekte, die sich zwischen den Aufnahmen nicht verändert haben, erscheinen weiß. Objekte, die nur auf einer der drei Aufnahmen erfasst wurden, erscheinen in der jeweiligen Farbe für den entsprechenden Aufnahmetag. Die Radar-Reflektion der Wasseroberfläche ist bei den drei Aufnahmen unterschiedlich, was besondere Farbeffekte zur Folge hat. Originalauflösung: 1,0 Meter (Bild Darstellung reduziert), Modus: HR SpotLight, Polarisation: HH, Einfallswinkel: 21 Grad, Überlagerung von Aufnahmen zu verschiedenen Zeiten.

This color composite picture showing the Australian seaport Sydney incorporates images taken on 12 January 2008 (red), 21 December 2007 (green) and 1 January 2008 (blue). Objects that did not change between images appear in white. Objects that were captured in only one image are shown in the color that identifies the day on which the image was taken. The radar reflection of the water surface is different in all three images, which causes unusual color effects. Original resolution: 1.0 meter (image reduced), HR SpotLight mode, polarization: HH, incidence angle: 21 degrees, multi-temporal overlay.



Eine der ersten TerraSAR-X Aufnahmen im experimentellen, voll-polarimetrischen Modus, ungefähr 130 Kilometer nördlich von München in der Region Deggendorf. Das Verfahren ist sensitiv für Geometrie und Materialeigenschaften der aufgenommenen Objekte. Auf dem farbigen Bildes sind die verschiedenen Polarisationskanäle durch unterschiedliche Farben dargestellt (rot=HH, grün=VV und blau=(HV+VH)/2). Grüne Felder sind nicht bewachsen, rote Felder werden durch Wechselwirkung zwischen dem Boden und den Pflanzenhalmen verursacht, blaue Felder sind dicht bewachsen. Felder, in denen alle genannten Eigenschaften in einer Auflösungszelle auftreten, erscheinen weiß.

One of the first images taken by TerraSAR-X in the experimental fully polarimetric mode shows the region of Deggendorf, about 130 kilometers north of Munich. The method is sensitive to both the geometry and the material properties of the objects depicted. The colors of the image represent polarization channels (red = HH, green = VV, blue = [HV+VH]/2). Green areas are devoid of plants, red reflects the interaction between the soil and the stalks of plants, and blue areas are densely overgrown. Areas that display all the above properties in one and the same resolution cell appear in white.

Neben den Standardbildern konnten in den vergangenen zwei Jahren aber auch viele experimentelle Modi und Produkte erfolgreich demonstriert werden. Dazu gehören unter anderem:

- der hochaufgelöste 300 MHz Spotlight-Mode, der Aufnahmen mit bis zu einem halben Meter Auflösung liefert
- der neuartige TOPS-Mode (Terrain Observation with Progressive Scan), einer Alternative zum ScanSAR-Mode zur Aufnahme besonders breiter Streifen, der mit TerraSAR-X weltweit erstmals im Orbit demonstriert werden konnte
- der Dual-Receive-Antenna Mode (DRA), der die Messung der Geschwindigkeit bewegter Objekte auf der Erdoberfläche (Meeresströmungen, Verkehrsfluss) oder auch die Erfassung vollpolarimetrischer Daten mit besonders hohem Informationsgehalt erlaubt.

Auch im Bereich der Interferometrie konnten dank der außerordentlichen Phasenstabilität des Radarinstrumentes hochgenaue Höhenmodelle erstellt und sogar Höhenänderungen im Millimeterbereich vermessen werden (zum Beispiel Senkungen in Bergbaugebieten).

Auch die beiden Zusatznutzlasten, das von der Firma TESAT gebaute Laser Communication Terminal (LCT) und das vom Geoforschungszentrum Potsdam beigestellte TOR-Experiment (Tracking, Occultation and Ranging) funktionieren einwandfrei. Das LCT ist ein von der DLR Raumfahrt-Agentur finanzierter Technologie-Demonstrator, der zur in-orbit Verifikation einer schnellen optischen

Besides standard products, however, many experimental modes and products have been successfully demonstrated in the last two years, including:

- the 300-MHz high-resolution spotlight mode which delivers images with a resolution as high as fifty centimeters;
- the novel TOPS mode (Terrain Observation with Progressive Scan), an alternative to the ScanSAR mode for imaging particularly wide swaths that was demonstrated in orbit for the first time ever by TerraSAR-X;
- the Dual Receive Antenna mode (DRA) which permits measuring the speed of objects moving on the Earth's surface (ocean currents, traffic flows) as well as acquiring fully polarimetric data with a particularly high information content.

In the field of interferometry, the extraordinary phase stability of the radar instrument allows generating high-precision elevation models and even detecting elevation changes of no more than a few millimeters (e.g. subsidences in mining districts).

The two secondary payloads, namely the Laser Communication Terminal (LCT) built by TESAT and the TOR experiment (Tracking, Occultation and Ranging) provided by the Geoscience Research Center of Potsdam, are also working perfectly. Funded by the DLR Space Agency, the LCT is a technology demonstrator that is being used to verify high-speed optical data communication in

Datenübertragung im Weltraum eingesetzt wird. Mit LCT konnte erstmals ein reproduzierbarer Datenaustausch zwischen den zwei niedrig fliegenden Satelliten TerraSAR-X und NFIRE mit einer Übertragungsrate von 5,5 Gigabit pro Sekunde erreicht werden.

Nach den Erfahrungen der ersten beiden Betriebsjahre muss die TerraSAR-X-Mission daher als einzigartige Erfolgsgeschichte gewertet werden, die auch bei der US-Weltraumbehörde NASA und anderen nationalen Raumfahrtinstitutionen sowie der Europäischen Weltraumorganisation ESA große Anerkennung und Wertschätzung hervorgerufen hat. Für die kommenden Betriebsjahre sind weitere spannende Ergebnisse zu erwarten. Der nächste große Schritt wird der Start des TanDEM-X-Satelliten Ende des Jahres, voraussichtlich am 21. Oktober, sein. Zusammen mit TerraSAR-X wird der nahezu baugleiche TanDEM-X ab 2010 in enger Formation mit zeitweise nur 200 Metern Abstand fliegen und ein hochgenaues globales Höhenmodell der Erdoberfläche liefern. Derzeit befindet sich TanDEM-X zur Durchführung der finalen Umwelttestkampagne bei der Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG) in Ottobrunn bei München. Mitte September erfolgt dann der Transport von TanDEM-X zum Startplatz Baikonur – wie bei TerraSAR-X an Bord eines russischen Antonov-124-Frachtflugzeuges.

Rolf Werninghaus ist Gruppenleiter für die nationalen Projekte in der Abteilung Erdbeobachtung der DLR Raumfahrt-Agentur und dort auch Projektleiter für TerraSAR-X.

orbit. With the aid of LCT, a data rate of 5.5 gigabits per second was reached for the first time in a reproducible exchange of data between two low-flying satellites, TerraSAR-X and NFIRE.

In view of the experience gathered during the first two years of operation, the TerraSAR-X mission must be rated an unparalleled success story, recognized and appreciated not only by NASA but also by other national space institutions and the European Space Agency (ESA). Further exciting results are to be expected during the coming years of operation. The next great step will be the launch of the TanDEM-X satellite later this year, probably on October 21. Flying in close formation at a distance as close as 200 meters, TanDEM-X and its nearly identical twin TerraSAR-X will provide a high-resolution global elevation model of the Earth's surface. At the moment, TanDEM-X is with the Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (subsidiary manufacturing company for industrial plants, IABG) at Ottobrunn near Munich. Here, the final environmental test campaign is carried out. In mid September, TanDEM-X will be brought to the Baikonur cosmodrome, traveling – like TerraSAR-X – on a Russian Antonov-124 cargo plane.

Rolf Werninghaus is team leader for the national projects within the earth observation department of the DLR Space Agency, where he also serves as project manager for TerraSAR-X.



Freie Fahrt für das railGATE

Neues GALILEO-Testfeld
für Bahnanwendungen

Von René Rütters and Martin Baier

Satellitenavigationssysteme (GNSS) nehmen einen immer größeren Stellenwert im Bereich des Schienenverkehrs ein. War es vor 50 Jahren noch außerhalb des Möglichen, ohne aufwändige technische Ausrüstung am Gleis und auf den Fahrzeugen die Position eines Schienenfahrzeuges zu bestimmen, sind heutzutage beispielsweise GNSS-basierte Warenverfolgungs- oder Flottenmanagement-Systeme allgegenwärtig. Einzig in den Bereich der Zugsicherungstechnik, die aufgrund der außerordentlich hohen Sicherheitsanforderungen einen erheblichen technischen Aufwand und große Zuverlässigkeit erfordert, hat die Satellitenavigation noch keinen Einzug erhalten. Dies liegt hauptsächlich an einer mangelhaften Ortung aktueller GNSS-Systeme und an fehlenden Integritätsinformationen sowie dem Fehlen einer Betriebsgarantie. Hier will das zukünftige Satellitenavigationssystem GALILEO der Europäischen Union Abhilfe schaffen. GALILEO wird ab 2013 weltweit den Nutzern eine gesetzlich garantierte Verfügbarkeit sowie Informationen zur Signalintegrität in Echtzeit liefern.

Go-ahead for railGATE

New GALILEO test site for
rail applications

By René Rütters and Martin Baier

The importance of satellite navigation systems (GNSS) in rail transportation is growing steadily. Fifty years ago, it was virtually impossible to pinpoint the position of a rail vehicle without sophisticated technical equipment mounted on the tracks and the vehicles themselves. Today, GNSS-based systems for tracking cargo or managing fleets have become ubiquitous. Train control is the only technology that has not yet been invaded by satellite navigation because its safety requirements are extremely stringent, calling for great reliability and the deployment of a considerable technology. Current GNSS systems lack pinpointing precision and integrity information, and their availability is not guaranteed. GALILEO, the future satellite navigation system of the European Union, is intended to remedy this situation. From 2013 onwards, GALILEO will offer legally guaranteed availability as well as real-time signal integrity information to users worldwide.

„GALILEO above vervollständigt
bestehende Testgebiete
in Deutschland.“

‘The ‘GALILEO above’ project
has completed the range
of test facilities in Germany.’

Das Prüf- und Validation-Center für Schienenfahrzeuge in Wegberg-Wildenrath bei Aachen (Siemens AG)

The test and validation center for rail vehicles at Wegberg-Wildenrath near Aachen (Siemens AG)

Um potenziellen Nutzern im Bereich des Schienenverkehrs schon vor Bereitstellen des „echten“ GALILEO-Signals die Möglichkeit zu geben, innovative GALILEO-Anwendungen zu testen, wird im Rahmen des Fördervorhabens „GALILEO above Anwendungszentrum für bodengebundenen Verkehr (Schiene und Straße)“ unter Leitung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) Aachen das railGATE errichtet. Das Vorhaben wird durch die DLR Raumfahrt-Agentur mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gefördert. Das railGATE ist eines von zwei GALILEO-Testfeldern, die im Rahmen von GALILEO above realisiert werden. Die zweite Anlage ist das automotiveGATE, das den Bereich des Straßenverkehrs umfasst.

GALILEO-Navigation im Prüf- und Validation-Center

Das railGATE wird in der Nähe der RWTH Aachen in Wegberg-Wildenrath errichtet. Das Streckennetz des dort ansässigen Prüf- und Validation-Center für Schienenfahrzeuge der Siemens AG wird mit GALILEO-Signalen abgedeckt. Um das Center herum werden acht so genannte Pseudolites installiert. Pseudolites sind Signalgeneratoren, die GALILEO-Signale in einem begrenzten Gebiet simulieren. Um eine optimale Empfangssituation zu gewährleisten, werden die meisten der Pseudolites auf 50 Meter hohen Sendemasten angebracht. Mit den Bauarbeiten soll Mitte 2009 begonnen werden, der Testbetrieb soll Ende 2010 einsetzen. Ziel ist es, im Testfeld eine Genauigkeit von 0,5 Metern zu erreichen. Diese Genauigkeit übertrifft die zu erwartende Präzision des GALILEO-Systems deutlich. Dies ermöglicht es, neben dem frühzeitigen Test von GALILEO auch Potenziale lokaler Elemente im Bahnverkehr aufzuzeigen sowie Anwendungen für künftige Navigationssysteme mit höherer Genauigkeit zu entwickeln.

To provide potential users from the railway transportation sector with an opportunity to test innovative GALILEO applications even before 'genuine' GALILEO signals become available, the construction of railGATE is being managed by the RWTH Aachen University under a publicly funded project entitled 'GALILEO above' – Application center for ground based transportation'. The project is financed by the DLR Space Agency with funds provided by the Federal Ministry for Economics and Technology. railGATE is one of two GALILEO test sites that will be realized under 'GALILEO above', the second being automotiveGATE, which is concerned with road transportation.

GALILEO navigation at the Test and Validation Center

railGATE will be built in the vicinity of the RWTH Aachen University at Wegberg-Wildenrath, where the rail network of the local Test and Validation Center for Rail Vehicles, owned by Siemens AG, will be supplied with GALILEO signals. Eight so-called pseudolites will be installed around the periphery of the Center. Pseudolites are signal generators that simulate GALILEO signals within a limited area. To guarantee optimum reception, most of these pseudolites will be installed on top of 50-meter-high poles. Construction is scheduled to start in the middle of 2009, and testing will begin by the end of 2010. The objective is to reach a precision of 0.5 meters within the test site – a degree of accuracy markedly better than that the GALILEO system is expected to attain. The arrangement permits not only testing GALILEO at an early time but also demonstrating the potential of local elements in rail transportation and developing applications for future high-precision navigation systems.

Das Prüf- und Validation-Center in Wegberg-Wildenrath besteht aus Gleisanlagen unterschiedliche Spurweite mit einer Gesamtlänge von 10,9 Kilometern. Es besitzt zwei Testringe sowie Testgleise, auf denen verschiedene Fahrsituationen erprobt werden können. An das Oberleitungsnetz lassen sich verschiedene Spannungen und Frequenzen anlegen, so dass Schienenfahrzeuge für den internationalen Markt – vom ICE bis zur Straßenbahn – geprüft werden können. Zusätzlich zu den Gleisanlagen stehen vielfältige Werkstätten und Hallen für die Umrüstung und Wartung der Fahrzeuge zur Verfügung. Das Center steht allen Interessenten aus Forschung und Industrie offen und wird von der Siemens AG betrieben, die das Vorhaben durch die Bereitstellung von Testzeiten unterstützt.

Der Standort wird bereits heute von Universitäten und Industrie für Forschungsvorhaben intensiv genutzt. Im Gegensatz zu einer öffentlichen Eisenbahnstrecke ist es im Prüf- und Validation-Center möglich, Tests ohne leit- und sicherungstechnische Einschränkungen durchzuführen. Dadurch sind sowohl Fahrsituationen leicht wiederholbar als auch Langzeittests möglich. Weiterhin bietet es durch seine Lage in einem Waldgebiet die Möglichkeit, die entwickelten Anwendungen verschiedenen Empfangssituationen auszusetzen, wie sie beispielsweise auf freier Strecke, in einem Wald oder in einem Betriebswerk vorkommen können.

Forschungsprojekte im Umfeld von GALILEO

Parallel zum Aufbau des Testfelds wird ein Initialprojekt durchgeführt, welches sowohl neue wissenschaftliche Erkenntnisse erzielen soll, als auch zur Verifikation der Funktionsfähigkeit des railGATES dient. Durch das Initialprojekt soll gezeigt werden, welche Möglichkeiten eine hochgenaue und sichere Ortung im Bereich der Schienenfahrzeuge bietet.

Varying in width, the railway tracks at the Test and Validation Center in Wegberg-Wildenrath have a total length of 10.9 kilometers. The facility features two test rings as well as several tracks for investigating various real-life situations. The voltage and frequency of the power supply to the overhead wires may be varied, so that rail vehicles for the international market – from ICes to tramways – may be tested. In addition to its network of tracks, the center features a variety of workshops and sheds for refitting and servicing the vehicles. Operated by Siemens AG, the Center is open to all interested parties from research and industry. Siemens supports the project by providing test time.

The center is already being used by researchers from various universities and industries. Unlike public railway lines, the tracks at the Test and Validation Center may be used for tests without guidance and/or safety restrictions. This facilitates repeating operational situations as well as conducting long-term tests. As it is situated in a forested area, the site permits exposing newly-developed applications to varying reception conditions such as may occur, for example, on an open track, in a forest, or in a depot.

Research projects within the GALILEO environment

While the test site is being built, an initial project will be carried out in order to provide further scientific insights and verify the functionality of railGATE. The purpose of the project is to demonstrate the opportunities offered by reliable high-precision rail vehicle positioning. One of the options that will be investigated is

Zur Demonstration wird das automatische kuppelbereite Positionieren von Schienenfahrzeugen untersucht. Hierfür wird ein Schienenfahrzeug mit einer GALILEO-Ortung ausgerüstet. Unterstützt wird das System von bordautonomer Abstandssensorik wie beispielsweise einer Laser-Messung oder einer Aufprallerkennung. Dadurch wird es möglich, ein stehendes Schienenfahrzeug mit bekannter Position heranzufahren.

Weitere Förderung durch NRW

Um das Projekt nachhaltig zu fördern, unterstützt das Land Nordrhein-Westfalen die RWTH Aachen bei der Durchführung weiterer Anwendungsprojekte. Das erste Projekt beschäftigt sich mit der „GALILEO-basierten elektronischen Beschränkung von Rangierbereichen von Schienenfahrzeugen“. Im Gegensatz zum regulären Personen- oder Gütertransport werden Rangierfahrten nicht leit- und sicherungstechnisch überwacht. Dies ist aus betrieblichen Gründen sinnvoll: Die Abstimmung mit dem Stellwerk per Sprechfunk und über Signale, das Justieren von elektrisch ortsgestellten Weichen durch den Rangierführer und das Fahren auf Sicht sind Verfahren, die das Rangieren unkompliziert und effizient machen. Eine komplette Überwachung dieses Vorgehens bedeutete im Verhältnis zur erbrachten Transportleistung einen nicht vertretbaren Aufwand.

„Der Testbetrieb soll 2010 einsetzen. Ziel ist es, eine Genauigkeit von 0,5 Metern zu erreichen.“

‘Testing will begin by 2010. The objective is to reach a precision of 0.5 meters.’

Der Verzicht auf eine leit- und sicherungstechnische Überwachung bedeutet auch, dass das Verlassen der Gleisnetz-Teile, die für den Rangierverkehr freigegeben sind, nicht überwacht wird. Insbesondere geschobene Fahrten, bei denen der Rangierführer die Zugspitze unter Umständen nicht im Blick hat, bergen Gefahren: Ein versehentliches Verlassen des Rangierbereichs in Richtung einer Strecke, auf der gerade eine Zugfahrt stattfindet, kann verheerende Folgen haben. Im Anwendungsprojekt soll mit Hilfe einer GALILEO-Ortung bei drohendem Verlassen eines Rangierbereichs in die Triebfahrzeugsteuerung eingegriffen werden, so dass der Zugverband zum Stehen kommt, bevor eine gefährliche Situation entsteht.

Aufbauend auf der Beschränkung von Rangierbereichen und dem kuppelbereiten Positionieren wird im zweiten Anwendungsprojekt ein „GALILEO-basierter Zugbildungsassistent“ entwickelt. Zugbildung und Wagenaustausch erfolgen heute meist in Zugbildungsanlagen mit Hilfe von Ablaufbergen. Für die Feinverteilung von Gütern entsteht zunehmender Bedarf, auch außerhalb der großen Rangieranlagen Zugbildung und -auflösung zu betreiben.

Ziel des Projektes ist es, die Tätigkeiten eines Lokrangierführers beim Umsetzen von Wagen innerhalb einer streng horizontalen Rangieranlage zu unterstützen. Dabei sollen möglichst viele Fahrbewegungen automatisiert werden. Die Kenntnis der Position durch eine GALILEO-Eigenortung der Rangierlokomotive erlaubt in Verbindung mit einem digitalen Streckenatlas und der Gleisbelegung automatische Zielbremsungen. Damit wird die Ladung geschont, die Sicherheit beim Rangieren verbessert und die Lärmbelastung reduziert. Die Genauigkeit des railGATE von etwa 0,5 Metern erlaubt eine so genannte gleisselektive Ortung. Dabei handelt es sich um die Unterscheidung, auf welchem von zwei direkt nebeneinander liegenden Gleisen sich ein Schienenfahrzeug befindet.

the automatic positioning of rail vehicles that are ready for coupling. For this purpose, a rail vehicle will be equipped with a GALILEO positioning system that will be supported by an autonomous on-board range sensor (a laser, for example) or an impact sensor. This permits approaching a motionless rail vehicle, the position of which is known.

Additional state funding

To ensure the sustainability of the project the state of North Rhine-Westphalia supports the RWTH Aachen University in implementing a variety of application projects. The first is entitled ‘GALILEO’-based electronic restriction in rail vehicle shunting’. In contrast to regular freight or passenger transport, shunting is not subject to guidance and/or safety monitoring. This makes sense for operational reasons: coordination with the switch tower by radio-based communication or signals, having the driver of the shunting engine set electrically-operated switches locally, and driving by sight make shunting an uncomplicated and efficient process. Completely monitoring all these movements would imply an unreasonably high effort in view of the resultant transportation performance.

However, dispensing with guidance and safety monitoring altogether means that a vehicle which leaves a shunting area will not be detected. Hazards are liable to arise especially in a push operation where the locomotive driver may not have the train head in view: When a shunting formation leaves the marshaling yard and enters a track used by another train at the time, the consequences may be devastating. The application project envisages using GALILEO positioning data for emergency interventions, bringing any shunting engine that threatens to leave the marshaling yard to a halt before a hazardous situation arises.

Based on the restriction of shunting zones and the positioning of vehicles ready for coupling, the second application project aims to develop a ‘GALILEO-based train formation assistant’. Today, inclines in marshaling yards are normally used to form trains and switch cars. However, with refining the distribution of freight coming to the fore, there is a growing demand for methods to form and dissolve trains outside the big marshaling yards.

The project aims to assist shunting engine drivers in switching cars on a strictly horizontal marshaling facility. Another aim is to automate as many movements as possible. With the input from a digital track atlas and track occupancy information, self-locating shunting engines could decelerate automatically as they approach their target. This protects the cargo, enhances shunting safety and reduces noise pollution. Thanks to its precision of about 0.5 meters, railGATE permits what is called track-selective positioning, meaning that the system is able to distinguish on which of two directly adjoining tracks a particular rail vehicle is located.

Under the third application project a rail-specific positioning algorithm is being developed together with an industrial partner, using previous knowledge to enhance the availability of GALILEO



Das Rangieren von Güterzügen ist eine typische Situation, in denen Satellitennavigation zur Optimierung beitragen wird (dpa picture alliance)

The shunting of freight trains is a typical situation where, where satellite navigation can contribute to optimization (dpa picture alliance)

Im dritten Anwendungsprojekt wird gemeinsam mit einem Industriepartner ein bahnspezifischer Ortungsalgorithmus entwickelt, der durch Nutzung von Vorwissen eine höhere Verfügbarkeit des GALILEO-Signals garantieren soll. Hierbei soll untersucht werden, wie mit einer Anzahl von weniger als vier Satelliten, die für eine Positionierung in drei Dimensionen notwendig ist, eine zuverlässige Positionslösung erreicht werden kann. Somit wäre eine Ortung auch unter schwierigen Empfangsbedingungen machbar, wie sie beispielsweise an Bahnstrecken durch Wälder oder Täler vorkommen.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Projekt GALILEO above komplettiert bestehende Testgebiete in Deutschland, so dass nun für alle Verkehrsträger GALILEO-basierte Anwendungen in spezialisierten Testzentren entwickelt werden können. In den vorgestellten Projekten kann das Potenzial des railGATE sowie hochgenauer Ortungssysteme demonstriert werden. Der Testbetrieb wird zunächst unter Leitung der RWTH Aachen stattfinden. Danach soll die Anlage einer Betreibergesellschaft übergeben werden. Diese soll die weitere technische Betreuung übernehmen. Weiterhin wird sie als Kompetenzzentrum etablierten Unternehmen und Start-Ups mit Informationen zu GALILEO und zu den Testgebieten beratend zur Seite stehen.

René Rütters arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Regelungstechnik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen im Bereich GALILEO für Schienenfahrzeuge.

Martin Baier ist Gruppenleiter für den Bereich Rail am Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen und leitet das Projekt GALILEO above.

signals. The intention is to investigate how reliable positioning can be assured when the number of accessible satellites is less than the four required for three-dimensional positioning. In this way, positioning would be feasible even under conditions of difficult reception such as those that occur when trains pass through forests or valleys.

Summary and outlook

Now that the ‘GALILEO above’ project has completed the range of test facilities in Germany, GALILEO-based applications may be developed for all forms of transportation at specialized test centers. Following after GATE, seaGATE and aviationGATE, railGATE and automotiveGATE have completed the family of GALILEO testbeds in Germany. The projects presented above will demonstrate the potential of railGATE itself as well as that of high-precision positioning systems. For the time being, test operations will be managed by RWTH Aachen University. Later, the facility will be handed over to an operating company which will look after its technical maintenance and act as a competence center, providing established companies as well as start-ups with information and advice about GALILEO and the various test sites.

René Rütters is a scientific assistant at the Control Technology Institute of RWTH Aachen University, specializing in GALILEO applications for rail vehicles.

Martin Baier heads the rail group at the RWTH Aachen University Control Technology Institute and manages the project ‘GALILEO above’.

SAT NAV-Forum ●●●
Forum für Satellitennavigation

SAT NAV-Forum

Auftritt bei CeBIT
und Munich Satellite
Navigation Summit

Von Freya Scheffler-Kayser

Vom 3. bis zum 5. März hat sich das vom DLR koordinierte Forum für Satellitennavigation auf dem Munich Satellite Navigation Summit vorgestellt. Als Gast war das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation aus Oberpfaffenhofen mit Exponaten vertreten. Die Veranstaltung hat sich inzwischen als internationale Konferenz auf diesem Sektor etabliert. Hier konnte das SAT NAV-Forum hochrangigen Vertretern aus Industrie, Wissenschaft und Politik neue, auf Satellitennavigation ausgerichtete Produkte und Dienstleistungen seiner Mitglieder präsentieren. Der bayerische Wirtschaftsminister Martin Zeil eröffnete das Brachentreffen. Neben ihm sprachen Fotis Karamitsos, der Generaldirektor für Energie und Transport der Europäischen Union, Michael Shaw vom National Space Office in Washington sowie ESA-Direktor Jean-Jacques Dordain. Am dritten Tag begrüßte der Kongress einen besonderen Ehrengast, den US-Amerikaner Dr. Bradford Parkinson, der als „Vater des GPS“ gilt.

SAT NAV-Forum

Presentations at the CeBIT
and the Munich Satellite
Navigation Summit

By Freya Scheffler-Kayser

Coordinated by the DLR, the Forum for Satellite Navigation presented itself at the Munich Satellite Navigation Summit from March 3 to 5. The DLR Institute for Communication and Navigation in Oberpfaffenhofen had been invited as a guest exhibitor. The event has now established itself as one of the major international conferences in the sector. It provided the SAT NAV Forum with an opportunity to present new satellite navigation products and services developed by its members to high-ranking representatives of industry, science and politics. The event was opened by the Bavarian Minister of Business Affairs, Martin Zeil. Other speakers included Fotis Karamitsos, the European Union's director general for energy and transport, Michael Shaw of the National Space Office in Washington and ESA's director Jean-Jacques Dordain. On the third day, the conference welcomed a special guest of honor, the American Dr. Bradford Parkinson, who is regarded as the 'father of GPS'.

Zeitgleich stand auch die dritte Teilnahme auf der IT-Messe CeBIT, der internationalen Leitmesse für mobilitätsorientierte Informations- und Kommunikationstechnologie in Hannover, auf dem Programm. Der über 200 Quadratmeter große Gemeinschaftsstand befand sich in exponierter Lage in der Halle für Navigation und Telematik. Die Aussteller aus dem Bereich der Satellitennavigation, die Positionsdaten liefert, waren hier eingebettet in das Themenfeld der Verkehrs- telematik, in der elektronische Systeme den Verkehr erfassen und zum Beispiel zwecks Stauvermeidung steuern – zwei sich ergänzende Technologien mit hohem Synergiefaktor. Folglich konnten die auf der CeBIT vertretenen Firmen und wissenschaftlichen Einrichtungen auf diese Weise mehr Aufmerksamkeit auf sich ziehen und mehr Kontakte gewinnen als bei getrennten Messeauftritten.

At the same time, the Forum made its third appearance at the CeBIT IT exhibition, the leading international fair for mobility-oriented information and communication technology in Hanover. Measuring more than 200 square meters in size, the stand was located in a prominent position in the hall for navigation and telematics. Exhibitors from the satellite navigation sector, i.e. the suppliers of position data, were embedded in the thematic area of intelligent transportation, alongside with electronic systems for monitoring and, where necessary, controlling traffic to avoid congestion – two mutually complementary technologies with a high synergy factor. Consequently, the companies and scientific institutes represented at CeBIT were able to attract more attention and acquire more contacts than they could have done had they appeared on their own. The experts who came together in Hanover agreed that the potential for innovative products is particularly great at the



Das SAT NAV-Forum bei einem
Messeauftritt 2009

The satellite navigation forum on a
trade fair presentation in 2009



Die regionalen Initiativen
im SAT NAV-Forum

The regional initiatives within
the SAT NAV-forum

Unter den in Hannover versammelten Fachleuten bestand Einigkeit darüber, dass gerade an der Schnittstelle Satellitennavigation/Verkehrstelematik ein großes Potenzial für innovative Produkte besteht. Dies gilt in besonderem Maße, da der Navigationsdienst EGNOS und in Zukunft auch das Satellitennavigationssystem GALILEO eine zuverlässigere und exaktere Ortung ermöglichen werden als bisher.

International war das SAT NAV-Forum zum ersten Mal vom 22. bis 25. April 2008 auf der Space Show, einer Ausstellung für Raumfahrtanwendungen in Toulouse, aufgetreten. Der Stand des Netzwerkes fand große Resonanz bei dem Publikum, das sich über die Aktivitäten des Forums und der regionalen Initiativen informierte. Themen waren unter anderem die erste deutsche GALILEO-Testumgebung GATE in Berchtesgaden sowie Anwendungen im Tourismus und in der Katastrophenrettung.

Hier stand vor allem das Projekt SAR Lawine zur Ortung von Lawinenopfern im Vordergrund. Bei deren Rettung zählt jede Minute; deshalb ist höchstmögliche Präzision gefragt. In ersten Tests zeigte das Empfangsgerät die Position des Signalgebers auf elf Zentimeter genau an. Vorausgesetzt, der Bergwanderer oder Skifahrer trägt ein solches Sendegerät, setzt das System SAR Lawine automatisch Messpunkte von verschiedenen Standorten des Suchenden und kann dann in Relation zum gesendeten Signal exakt anzeigen, wo der Verschüttete liegt. Somit bietet SAR Lawine eine wertvolle Ergänzung zur Ortung per Satellit. In Zukunft sollen die Suchgeräte der Bergwacht entsprechend umgerüstet werden.

Drei Jahre „Forum für Satellitennavigation“

Das entstehende europäische Satellitennavigationssystem GALILEO bietet die Grundlage für innovative Produkte und Dienstleistungen – ein attraktives Betätigungsfeld für die deutsche Wirtschaft. Eine Vielzahl regionaler Initiativen, Anwendungszentren und Vereine hat sich seitdem in den Bundesländern gebildet. Deren Hauptziel ist es, Informationen über Satellitennavigation zur Verfügung zu stellen sowie als Kooperations- und Kontaktbörse zu wirken. Teilweise gewähren sie Firmengründern auch finanzielle und logistische Unterstützung. Diese regionalen Initiativen entwickeln vielfältige Aktivitäten zur Vermarktung und Unterstützung von Ideen ihrer Mitgliedsfirmen.

Um für die entstehenden Märkte in ihrer gesamten Breite und Tiefe gerüstet zu sein, ist jedoch eine umfassende, bundesweite Vernetzung erforderlich. Deshalb hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) 2006 das Forum für Satellitennavigation, kurz SAT NAV-Forum, ins Leben gerufen. Dieses erleichtert die Kooperation und ermöglicht eine gemeinsame Außenpräsentation von „GALILEO in Deutschland“. Die regionalen Initiativen dienen als Multiplikator der im SAT NAV-Forum zur Verfügung gestellten Informationen und Angebote, geben umgekehrt aber auch Anforderungen und Anregungen ihrer Mitglieder an das Ministerium und das DLR weiter.

Das SAT NAV-Forum trifft sich etwa viermal jährlich abwechselnd bei einem der Mitglieder. Die teilnehmenden Firmen beraten über ein koordiniertes Vorgehen zur Außenpräsentation. Sie ermitteln Synergieeffekte und diskutieren über neue Prozesse der Geschäfts- und Projektentwicklung.

Das BMVBS, innerhalb der Bundesregierung federführend für das europäische Satellitennavigationssystem GALILEO, versteht sich als Moderator und Schirmherr des Forums. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) ist ebenfalls beteiligt. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) unterstützt die Arbeit des SAT NAV-Forums im Auftrag des BMVBS, wobei die DLR Raumfahrt-Agentur als Koordinator fungiert. Als zentraler Ansprechpartner stellt sie Informationen zur Verfügung, bereitet Messeauftritte vor und betreut diese. Im Internet ist das Forum mit der Präsenz www.satnav-forum.de vertreten.

Freya Scheffler-Kayser ist in der Abteilung Navigation der DLR Raumfahrt-Agentur zuständig für die Koordination des SAT NAV-Forums.

interface between satellite navigation and traffic telematics, all the more so because the reliability and precision of positioning is bound to be enhanced by the EGNOS navigation service and the future satellite navigation system GALILEO.

The first international appearance of the SAT NAV-Forum took place at the Space Show in Toulouse, a fair for space applications held from April 22 to 25, 2008. Members of the public who wanted information about the activities of the Forum and the regional initiatives crowded at the stand of the network. Subjects of interest included Germany's first GALILEO test environment GATE in Berchtesgaden as well as applications in tourism and disaster rescue.

In the latter category interest focused on the SAR Avalanche project to locate snow avalanche victims. As every minute counts in their rescue, maximum precision is a must. Initial tests showed that the receiver may pinpoint the position of the transmitter to within 11 centimeters. Whenever a mountain hiker or skier wears the transmitter, the SAR Avalanche system will automatically use the different locations of the searcher as triangulation points and determine the exact position of the buried person from the transmitted signal. Thus, SAR Avalanche complements satellite positioning in a valuable way. In the future, the search equipment of the mountain rescue service will be retrofitted to accommodate the system.

Three years of 'Forum for Satellite Navigation'

GALILEO, Europe's emerging satellite navigation system, offers a seedbed for innovative products and services – an attractive field of activity for Germany's economy. Meanwhile, regional initiatives, application research centers, and associations have formed in the states of the Republic. They mainly aim to provide access to information about satellite navigation and facilitate cooperation and contacts. Some also extend financial and logistical support to newly-established businesses. The activities pursued by these regional initiatives to market and promote the ideas of their member companies are manifold.

However, a comprehensive nationwide network will be needed to get ready for these emerging markets in all their breadth and depth. This is why the Federal Ministry for Transportation, Construction and Urban Development (BMVBS) created the Forum for Satellite Navigation, or SAT NAV-Forum for short, in 2006. Besides facilitating cooperation, the Forum also represents 'GALILEO in Germany' in outside contacts. Regional initiatives not only serve as multipliers for the content provided by the SAT NAV-Forum, they also communicate the requirements and ideas of their members to the Ministry and DLR.

Hosted by its members in rotation, the SAT NAV-Forum meets about four times a year. Company delegates talk about coordinating their third-party activities, possible synergy effects and new methods of business and project development.

Acting as the Federal Government's coordinator for the European satellite navigation system GALILEO, the BMVBS regards itself as the Forum's moderator and patron. The Federal Ministry for Economics and Technology (BMWi) is also involved. The German Aerospace Center (DLR) supports the work of the SAT NAV-Forum on behalf of the BMVBS with the DLR Space Agency acting as a coordinator. In its capacity as a contact center it provides information and prepares and supervises presentations at exhibitions. On the Internet, the Forum is represented at www.satnav-forum.de.

Freya Scheffler-Kayser is in charge of coordinating the SAT NAV-Forum in the navigation department of the DLR Space Agency.

Personalie

Neuer deutscher ESA-Astronaut: Alexander Gerst

Am 19. Mai 2008 hatte die Europäische Weltraumorganisation ESA zum dritten Mal in ihrer Geschichte aufgerufen, sich als Kandidat für das europäische Astronauten-Corps zu bewerben. 8.413 Männer und Frauen aus den 18 ESA-Mitgliedstaaten folgten diesem Ruf. Entsprechend groß war die Spannung, als am 20. Mai 2009 in Paris die Sieger der finalen Auswahlrunde bekannt gegeben wurden. Mit fünf weiteren Kandidaten setzte sich auch der Deutsche Alexander Gerst als Astronautenanwärter durch.

Alexander Gerst wurde 1976 in der baden-württembergischen Stadt Künzelsau geboren. Er studierte Geophysik an der Universität Karlsruhe und Earth Science an der Victoria Universität im neuseeländischen Wellington. Beruf und Hobbys haben ihn perfekt auf seine künftige Tätigkeit vorbereitet: Seit 2001 arbeitet er als Wissenschaftler, in seiner Freizeit bevorzugt er extremere Beschäftigungen wie Klettern, Tauchen und Skydiving.

Zusammen mit Alexander Gerst werden demnächst Thomas Pesquet aus Frankreich, Samantha Cristoforetti und Luca Parmitano aus Italien, Timothy Peake aus Großbritannien und Andreas Mogensen aus Dänemark mit der Ausbildung beginnen. Die Entscheidung für die sechs Kandidaten fiel unter Berücksichtigung der im Rahmen der ESA-Programme geplanten Weltraumflüge sowie der Vereinbarung zwischen der italienischen Raumfahrtagentur ASI und der NASA. Dies erfolgte in Abstimmung mit den italienischen Behörden und im Einklang mit dem Beschluss des ESA-Rates aus dem Jahr 2002 zur Einrichtung eines einzigen Astronautenkorps in Europa.

Auf die ausgewählten Astronautenanwärter warten eine anspruchsvolle Ausbildung, ein unvergleichlicher Arbeitsplatz und große Herausforderungen. Die Astronauten des europäischen Astronautenkorps werden für Einsätze auf der Internationalen Raumstation ISS ausgebildet, dort vor allem im europäischen Forschungslabor Columbus, und für spätere bemannte Missionen. Ihre Ausbildung erfolgt im Europäischen Astronautenzentrum (EAC) auf dem Gelände des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln.



ESA-Astronaut Alexander Gerst

Particulars

Germany's new ESA astronaut: Alexander Gerst

On May 19, 2008, the European space organization ESA called for applications for the European Astronaut Corps for the third time in its history. The call was answered by 8,413 men and women from ESA's 18 member states. The surprise was correspondingly great when the winners of the final selection round were announced in Paris on May 20, 2009. Together with five other contestants, Alexander Gerst, a German, made it to the top as a candidate astronaut.

Alexander Gerst was born in 1976 in the town of Künzelsau in the German state of Baden-Württemberg. He studied geophysics at Karlsruhe University and Earth Sciences at the Victoria University in Wellington, New Zealand. Both his profession and his hobbies served perfectly to prepare him for his future occupation: since 2001, he has been working as a scientist, but in his spare time he prefers more extreme pursuits such as mountain climbing, scuba diving and skydiving.

In the near future, Alexander Gerst will begin his training together with Thomas Pesquet from France, Samantha Cristoforetti and Luca Parmitano from Italy, Timothy Peake from Great Britain and Andreas Mogensen

from Denmark. In consultation with the Italian authorities, the six candidates were selected on the basis of the space flights scheduled under ESA's various programs, the agreement between the Italian Space Agency (ASI) and the US National Aeronautics and Space Administration (NASA), and the resolution adopted by the ESA Council in 2002 to create a single European corps of astronauts.

The candidate astronauts selected may look forward to a demanding training, an incomparable workplace and great challenges. Members of the European Astronaut Corps are trained for missions on the International Space Station (ISS), where they will be mainly working in the European research laboratory Columbus, as well as for other manned missions later on. They will receive their training at the European Astronaut Center (EAC) on the premises of the German Aerospace Center (DLR) in Cologne.



Geschichte der deutschen Raumfahrt

Teil 9: Das Projekt Sänger – Perspektive für ein künftiges Transportsystem? (1984–1995)

Von Dr. Niklas Reinke

German Astronautics – A History

Part 9: The Sänger project – a perspective for a future transport system? (1984–1995)

By Dr. Niklas Reinke

Mit der Raumfahrt werden technologische Höchstleistungen seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts assoziiert: Sputnik, der Mensch auf dem Mond, interplanetare Missionen, die Internationale Raumstation. Deutsche Ingenieure und Wissenschaftler trugen maßgeblich zu diesen Erfolgen bei. Wie sich Raumfahrt in Deutschland und im internationalen Umfeld entwickelt hat, schildert die Artikelserie „Geschichte der deutschen Raumfahrt“.

Der Patron: Eugen Sänger (1905–1964)

Patrone sollen nach alter Sitte nicht nur ihren Namen, sondern auch ihren Geist vererben. Man beruft sich auf sie, um einer neuen, unbekannteren Sache die Richtung zu weisen. Tatsächlich war Eugen Sänger in vielerlei Hinsicht ein bemerkenswerter Mann. Der 1905 in Preßnitz (Böhmen) geborene Triebwerkspezialist wurde wegen seiner frühen und außerordentlich erfolgreichen praktischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Raketentechnik und durch seine weitreichenden konzeptionellen Gedanken ein Pionier der Raketen- und Raumflugtechnik. Von 1942 bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges war der Ingenieur Leiter der Triebwerkabteilung der Deutschen Forschungsanstalt für Segelflug in Ainring (Bayern), wo er das erste Hyperschallflugzeug nach dem Prinzip des Raumgleiters konzipierte.

Die Firma Junkers griff diese Idee 1962, beraten von Sänger, für Arbeiten zu einem wiederverwendbaren, zweistufigen Raumtransporter auf. Doch auch dieses Mal musste das Vorhaben aus technischen und finanziellen Gründen eingestellt werden. 1965 allerdings schlug Eurospace, der Verbund der europäischen Raumfahrtindustrie, den USA den Bau eines Raumtransporters auf Grundlage der Ergebnisse von Junkers vor. Diese hatten beträchtlichen Einfluss auf die Entwicklung des Space Shuttle.

Since the second half of the 21st century, astronautics has been associated with eminent technological achievements: Sputnik, humans on the Moon, interplanetary missions, the International Space Station. German engineers and scientists contributed greatly towards all these successes. The development of astronautics in Germany and its international environment will be described in this series of articles entitled 'German Astronautics – A History'.

The patron: Eugen Sänger (1905–1964)

According to established custom, patrons should bequeath not only their name but also their spirit. They are cited whenever someone is needed to point the way in a new, unfamiliar environment. In fact, Eugen Sänger was a remarkable man in many ways. Born in 1905 in Preßnitz (Bohemia), the engine specialist broke new ground in rocket and space flight technology with his advanced and extraordinarily successful practical developments in the field of rocket engineering and his far-ranging concepts and ideas. From 1942 to the end of the Second World War, he served as head of the engine department at the German Research Institute for Glider Flight in Ainring (Bavaria), where he developed the concept of the first hypersonic aircraft designed as an orbital glider.

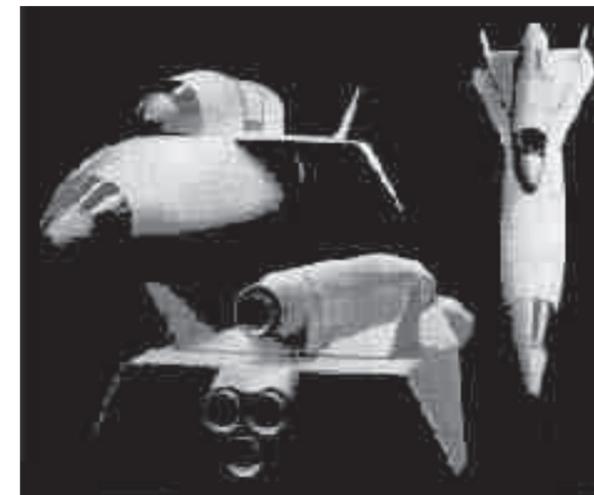
Advised by Sänger, the Junkers company began exploiting his idea of a reusable two-stage transfer vehicle in 1962. The project had to be once more abandoned, this time for technical and financial reasons. In 1965, however, Eurospace, the European space industry network, suggested to the USA to build a transfer vehicle based on the results obtained by Junkers. This proposal considerably influenced the development of the space shuttle.

Sänger II

In den von raumfahrtpolitischer Aufbruchsstimmung geprägten 1980er Jahren bestimmen Ingenieure der Firma Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB), heute EADS, den Pionier zum Namenspatron für ihr zweistufiges Weltraumflugzeug. Unter der Bezeichnung Sänger II schlugen die Ottobrunner 1984 einen wieder verwendbaren Raumgleiter mit luftatmendem Kombinationsantrieb, das sowohl im niedrigen als auch im mittleren Mach-Bereich arbeiten kann, als Nachfolger für die Hermes-Studie und Ariane 5 vor. Das horizontal startende, etwa 350 Tonnen schwere System soll aus einem rund 90 Meter langen, auch für den Zivilverkehr nutzbaren Hyperschall-Trägerflugzeug bestehen. Mit einer Geschwindigkeit von knapp Mach 7 (entspricht ungefähr 7.000 Kilometern pro Stunde) soll es in etwa 30 Kilometer Höhe, also knapp oberhalb der Ozonschicht, einen Orbiter absetzen. Jener ist in zwei Versionen angedacht, zum einen als bemannte Raumfähre namens Horus für bis zu zehn Astronauten, zum anderen als reines Frachtvehikel Cargus. Beide Stufen sollen nach ihrem Einsatz wie Flugzeuge auf einem zivilen Flughafen landen können.

Mit dem Konzept Sänger streben die Ingenieure an, die Bundesrepublik gezielt auf die für die 1990er Jahre erwartete nächste Runde großer europäischer Raumfahrtentscheidungen vorzubereiten. Und als Gegengewicht zum bereits stark französisch dominierten Trägermarkt will man eine deutsche Initiative anbieten. Wie MBB schlägt auch die damalige Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) ein Leitkonzept für ein vollständig wiederverwendbares europäisches Raumtransportsystem vor. Man erhofft sich von einem neuartigen Transportsystem ein deutliches Absinken der Transportkosten für Raumflüge um bis zu 90 Prozent sowie eine deutliche Steigerung der Startrate. Hierdurch sollen zukunftsweisende Raumfahrtszenarien wie Raumfahrttourismus, orbitale Fabrikationsanlagen und höherfliegende Orbitalstationen als Verkehrsknotenpunkte zu späteren Mond- oder Mars-Außenposten im Verlauf des 21. Jahrhunderts ermöglicht werden. Es handelt sich also um ganz ähnliche Erwartungen, die bereits vom Space Shuttle enttäuscht wurden.

Innerhalb der Bundesregierung und des Deutschen Bundestages wird Sänger, der die Umschreibung „II“ bald verliert, vornehmlich als Hermes-Nachfolger diskutiert. Die Frage steht im Raum, ob Hermes als Vorstufe für ein Weltraumflugzeug überhaupt benötigt wird. Zumindest als vage Zukunftsprojektion genießt Sänger in allen



Sänger II

In the atmosphere of high spirits which characterized space policy in the 1980s, engineers working for Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB; today: EADS) decided that the pioneer should become the patron of their two-stage space aircraft. In 1984, they proposed a reusable transfer vehicle to be called Sänger II, which was to be equipped with an air-breathing composite drive capable of operating at low to mid-range supersonic velocities, and which was to replace both the Hermes study and Ariane 5. Designed for horizontal takeoff and weighing about 350 tons, the hypersonic carrier aircraft envisaged in the design, which would also be suitable for civilian applications, would be around 90 meters in length. Flying at a speed of almost Mach 7 (i.e. about 7,000 kilometers per hour) it would carry an orbiter to a height of c. 30 kilometers, which is just above the ozone layer. The concept provided for two orbiter versions, a space shuttle for up to ten astronauts to be called Horus and a freight-only vehicle to be called Cargus. Having completed its mission, either stage would be capable of landing on a civilian airport like ordinary aircraft.

The aim of the engineers in developing their Sänger concept was to get the Federal Republic ready for the next round of landmark decisions in European space policy that was expected for the 1990s. The other aim was to offer a German counterbalance on the launcher market, which had begun to be dominated by France. Like MBB, the German Aerospace Research and Development Institute (DFVLR) – as it then was – proposed a master concept for a completely reusable European space transport system. It was hoped that such an innovative system might lower the cost of space transport by as much as 90 per cent and markedly increase the launch rate. This, in turn, was supposed to facilitate realizing forward-looking space scenarios such as space tourism, orbiting factories and high-flying orbital stations that would serve as traffic hubs for future outposts to be created on the Moon or Mars in the course of the 21st century. In other words, the expectations were quite similar to those which the space shuttle already failed to fulfill.

Members of the Federal Government and Parliament mainly saw Sänger (the qualification 'II' was soon dropped) as a successor to Hermes. Yet the question was whether Hermes would be needed in the first place as a stepping stone towards a space aircraft. Initially, all parliamentary parties appeared to incline more towards Sänger than to the French Hermes project, at least as a vague vision

Entwürfe von Sänger I (Bild links: Junkers),
Sänger II (Bild unten: MBB/EADS)

Blueprints of Sänger I (left, picture: Junkers),
Sänger II (below, picture: MBB/EADS)





Mit „Sänger“ wollte man das zur dieser Zeit erfolgversprechende Raumgleiter-Konzept – hier das erste US Space Shuttle „Enterprise“ – in Deutschland aufgreifen (NASA)

By introducing 'Sänger', Germany intended to pick up the concept of an orbital glider like the first US space shuttle 'Enterprise', which was promising at that time (NASA)

Fractionen anfangs große Sympathie, deutlich mehr als der französische Hermes. „Wer in der Raumfahrt mit gestalten und den Nutzen dieser Technik ausschöpfen will, muss Initiativen entwickeln und Kompetenz demonstrieren“, hebt diesbezüglich Dr. Jürgen Rüttgers als raumfahrtpolitischer Sprecher der CDU/CSU-Bundestagsfraktion hervor. Selten einmal sind sich Industrie und Forschung, Parlamentarier und Ministeriale über ein Vorhaben der bemannten Raumfahrt derart einig, wie 1988, als das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) sein „Förderkonzept Hyperschalltechnologie“ mit dem Leitkonzept Sänger initiiert. Selten einmal wird in der deutschen Raumfahrtspolitik ähnlich visionär gedacht; immerhin rechnet man mit einem Erstflug nicht vor den 2020er Jahren.

Das Programm soll in drei Phasen durchgeführt werden. In der zunächst bis 1992 terminierten, später bis 1995 verlängerten ersten Phase sollen rein nationale Technologiestudien zur Systemanalyse des Leitkonzepts und zum Verständnis der von anderen Nationen aufgegriffenen Hyperschallkonzepte durchgeführt werden. Ihr wird daher erhebliche strategische Bedeutung zugemessen. Die Kosten dieser Phase betragen in heutiger Währung etwa 270 Millionen Euro, die vom BMFT, DLR, Luft- und Raumfahrtindustrie sowie der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für Arbeiten an Hochschulinstituten getragen werden. Nach einer Meilensteinentscheidung am Ende der Phase I sollen die anschließende Phase II (Demonstration der Komponenten; bis 2000) und Phase III (Demonstration des Experimentalgeräts; bis etwa 2005) in europäischer Kooperation erfolgen. Erst danach sei über die Entwicklung des neuen Transportsystems im Rahmen der Europäischen Weltraumorganisation ESA zu entscheiden; mindestens 18 Jahre Entwicklung müssen bis dahin durchgestanden werden.

Die technologischen Herausforderungen des Leitmodells bestehen vor allem in der Entwicklung und Fertigung hitzeresistenter Materialien für Oberflächentemperaturen bei der Unterstufe von bis zu 1.400 Grad Celsius. Ebenso verlangt der große abzudeckende Geschwindigkeitsbereich variable oder kombinierte Triebwerke. Hierbei erweist sich als Problem, dass mit Ausnahme einiger Hyperschall-Aerodynamik-Aktivitäten bei DLR sowie Industriearbeiten an Staustahltriebwerken und Flugkörpern seit Mitte der 1970er Jahre keine nennenswerten Arbeiten für Flugbereiche oberhalb von Mach 3 durchgeführt worden sind. Die für die 1960er und frühen 1970er Jahre fortschrittlichen Windkanäle sind nicht weiterentwickelt, sondern größtenteils stillge-

of the future. As Dr. Jürgen Rüttgers, the space-policy spokesman of the CDU/CSU parliamentary party, put it at the time, 'any country wishing to take a hand in shaping the development of space flight and exploiting its technologies to the full will have to develop initiatives and demonstrate competence'. Industrialists and researchers, parliamentarians and administration officials have rarely been as unanimous in their opinion about an astronautics project as they were in 1988, when the Federal Ministry for Research and Technology (BMFT) initiated its 'hypersonic technology promotion concept', with Sänger as its master project – a rare event for German politicians to display such vision in space policy; after all, the maiden flight was not expected before the 2020s.

The program was to be implemented in three phases. In the first, originally scheduled to end in 1992 and later extended to 1995, purely national technology studies were to be conducted to analyze the master concept and improve our understanding of the hypersonic concepts that were being pursued by other nations. This phase was obviously of considerable strategic importance. The cost, amounting to what would be 270 million Euros in today's currency, was to be shared between the BMFT, DLR, the aerospace industry, and the German Research Foundation (DFG), the latter paying for research done at university institutes. After a milestone decision to be made at the end of phase I, the subsequent phase II (component demonstration; until 2000) and phase III (experimental equipment demonstration; until c. 2005) were to be implemented in a European cooperation. Not before then would it be possible to decide about whether to develop the new transport system under the auspices of the European Space Agency (ESA); until that time the project would have to survive at least 18 years of development.

The greatest technological challenge presented by the master concept was the need to develop and manufacture materials capable of resisting surface temperatures of up to 1,400 degrees Celsius in the lower stage. Another was the wide range of speeds that had to be covered, which called for variable or composite engines. The problem that arose in this context was that since the mid-1970s, no work worth mentioning had been done on speeds of Mach 3 and beyond, with the exception of some hypersonic activities at DLR and some work done by the industry on ramjet engines and aircraft. Instead of being developed further, most of the wind tunnels that had been progressive in the 1960s and early 1970s had been shut

legt. Auch die Hochschulaktivitäten zum Hyperschallflug sind stark eingeschränkt worden. Eine Reaktivierung erfolgt erst durch Aufträge aus dem Hermes-Programm Mitte der 1980er Jahre.

Sobald das Hyperschall-Projekt mit der Einberufung von Forschungsgruppen bei DLR, Hochschulen und Industrie sowie Gesprächen interessierter Partnerstaaten angelaufen ist, gerät es in den Strudel politischer Debatten, später zudem in die finanzielle Belastung durch die Deutsche Einheit. Noch im September 1988 sperrt der Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestags 13,5 Millionen Euro für die angesetzten Vorhaben. Obgleich der Forschungsausschuss sowie die Minister Riesenhuber (Forschung) und Stoltenberg (Finanzen) Ende Januar 1989 die Aufhebung der Sperre empfehlen, wird dem erst einen Monat später stattgegeben. Dessen ungeachtet hebt der Generaldirektor der damaligen Deutschen Agentur für Weltraumangelegenheiten (DARA), Wild, hervor, dass zum Erreichen der weitgesteckten Ziele das nationale Raumfahrtbudget erhöht werden müsse. Rüttgers hingegen bewertet die Realisierungschancen des Sänger wesentlich zurückhaltender als Wild oder auch Riesenhuber. Er schätzt die gesamten Entwicklungskosten auf nicht weniger als 24 Milliarden Euro – eine gewaltige Summe.

Auch die Umweltverträglichkeit des Systems wird von den Parlamentariern kritisch hinterfragt. Zwar bekräftigt das BMFT, dass eine Ionisierung des Sauerstoffs, wobei Ozon gebildet wird, erst ab einer Höhe von 30 Kilometern und bei einer Flugmachzahl von 8,5 beginne, für die Unterstufe des Sänger also nicht von Relevanz sei. Auch werde bei höchstens 50 Flügen pro Jahr keine wesentliche Ionisierung im Flugbereich der Oberstufe stattfinden. Zweifel bleiben jedoch bestehen, auch bezüglich der Lärmbelastung im Umkreis der Start- und Landeflughäfen. Die raumfahrtpolitische Sprecherin der SPD-Bundestagsfraktion, Edelgard Bulmahn, mahnt daher an: „Eine Weiterverfolgung des Projekts kommt nur in Frage, wenn der Sänger jemals nach ökonomischen und ökologischen Kriterien sinnvoll und effizient betrieben werden kann und die nutznießende Industrie die Hauptlast der Entwicklung trägt.“

Systemdaten Sänger, Status: 1988

	Unterstufe	Horus	Cargus
Gesamtlänge	84,5 Meter	32,8 Meter	33,0 Meter
Spannweite	41,5 Meter	17,0 Meter	Ungeflügelt
Leermasse	143 Tonnen	22 Tonnen	6 Tonnen
Treibstoffmasse	100 Tonnen	65 Tonnen	55 Tonnen
Nutzlastmasse	91 Tonnen (Horus) 76 Tonnen (Cargus)	2 – 4 Tonnen	10 – 15 Tonnen
Abflugmasse	334 Tonnen (mit Horus) 319 Tonnen (mit Cargus)	91 Tonnen	76 Tonnen
Fluggeschwindigkeit	4,4 Mach (Marschflug) 6,8 Mach (Stufentrennung)	25 Mach (Wiedereintritt)	Orbitalggeschwindigkeit
Triebwerke	luftatmend	Raketen	Raketen
Anzahl x Schub	5 x 360 Kilo-Newton	1 x 1200 Kilo-Newton	1 x 1050 Kilo-Newton

Quelle: BMFT (Hrsg.): Förderkonzept Hyperschalltechnologie des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Bonn 1988, S.10.

down. Similarly, university activities in the field of hypersonics had been severely restricted; they were reanimated only when orders under the Hermes program were received in the mid-1980s.

The very moment research groups had been convened by DLR, universities and industrial companies, and talks had begun with interested partner states to get the hypersonic project off the ground, the project was drawn into the vortex of political debate and, later on, the financial burden of German reunification. In September 1988, the Appropriations Committee of the Federal Parliament froze 13.5 million euros allocated to scheduled projects. Although ministers Riesenhuber (research) and Stoltenberg (finance) backed the research committee in recommending the cancellation of the freeze late in January 1989, it took the committee another month to accept the proposal. Beyond all this, the director general of the German Space Agency formerly known as DARA, Wild, emphasized that the national space budget would have to be increased to reach the project's far-ranging aims. Rüttgers, who was far more skeptical towards Sänger's chances of being realized than either Wild or Riesenhuber, estimated that the total cost of development would amount to no less than 24 billion euros – a gigantic sum.

Parliamentarians also questioned the system's environmental sustainability. The BMFT did confirm that the ionization of oxygen which produces ozone would set in only above an altitude of 30 kilometers and a speed of more than 8.5 Mach and would, therefore, be irrelevant for the operation of the lower Sänger stage. Nor would there be any major ionization within the operating range of the upper stage if there were to be no more than 50 flights per year. Some doubts remained, however, particularly with regard to noise pollution in the vicinity of the airports used for takeoffs and landings. This being so, Edelgard Bulmahn, the space-policy spokesperson of the SPD parliamentary party, warned that 'pursuing the project further will be out of the question unless Sänger can be operated reasonably and efficiently according to economic and ecological criteria and the benefiting industry bears the brunt of the development expense.'

Sänger system data, status: 1988

	Lower Stage	Horus	Cargus
Overall length	84.5 meters	32.8 meters	33.0 meters
Wing span	41.5 meters	17.0 meters	Wingless
Empty mass	143 tons	22 tons	6 tons
Fuel mass	100 tons	65 tons	55 tons
Payload mass	91 tons (Horus) 76 tons (Cargus)	2 – 4 tons	10 – 15 tons
Lift-off mass	334 tons (with Horus) 319 tons (with Cargus)	91 tons	76 tons
Flying speed	4.4 Mach (cruising) 6.8 Mach (stage separation)	25 Mach (re-entry)	Orbital velocity
Engines	Air-breathing	Rockets	Rockets
Number x thrust	5 x 360 kilonewton	1 x 1,200 kilonewton	1 x 1,050 kilonewton

Source: BMFT (ed.): Hypersonic technology promotion concept of the Federal Ministry of Research and Technology, Bonn 1988, p.10.



Bundesministerin a.D. Edelgard Bulmahn, Bildung und Forschung, 1998 bis 2005 (Deutscher Bundestag)

The former Federal Minister Edelgard Bulmahn, Education and Research, 1998 to 2005 (German Parliament)

Umfangreiche Technikfolgenabschätzung

Aufgrund dieser unwägbaren Faktoren beschließt der Bundesforschungsausschuss im Mai 1990 eine Technikfolgeabschätzung durchzuführen. Die Ergebnisse der bis Anfang 1992 erstellten Studien zeichnen ein vielschichtiges Bild: Bei unterschiedlicher Beurteilung der Technologie ist unumstritten, dass Richtung und Umfang der Entwicklung künftiger Raumtransportsysteme davon abhängen müssen, „ob die Raumfahrtaktivitäten der Industriestaaten sich in der überschaubaren Zukunft auf die etablierten Anwendungsbereiche im bestehenden oder mäßig erweiterten Umfang konzentrieren werden oder ob, in konsequenter Durch- und Weiterführung der Pläne zur Errichtung großer Raumfahrtinfrastrukturen, eine starke Ausweitung insbesondere der bemannten Raumfahrt angestrebt wird.“ Eine Frage, die auch zwei Jahrzehnte später noch offen ist, von deren Klärung aber die weitere Raumfahrt-Planung essenziell abhängt.

Argumente für Sänger

- Mit Start- und Landemöglichkeiten in Europa verwirklicht sich die europäische Autonomie auch bei astronautischen Trägersystemen.
- Anders als das Space Shuttle erfüllt Sänger mit seinen funktionell unterschiedlichen Oberstufen die Forderung nach einer Trennung von Personen- und Lastentransport.
- Die technologischen Schwierigkeiten werden nicht als unüberwindbar eingeschätzt. Vielmehr wird Sänger als das bestmögliche bestehende Konzept für neuartige Raumfahrtträger bewertet.
- Gegenüber üblichen Feststoffraketen bedeuten kryogene (tiefkalte) Raketenantriebe und luftatmende wasserstoffgetriebene Staustrahltriebwerke wie bei Sänger eine messbare Entlastung der Hochatmosphäre von Schadstoffen. Gleichfalls könnte mit diesem Vorhaben das Problem des zunehmenden Weltraummülls wirksam angegangen werden.
- Sänger fördert durch entsprechende Investitionen in die Forschung und Hochtechnologie das außenpolitische Ansehen Deutschlands als eine der wichtigsten Wirtschaftsnationen der Erde. Eine Abschwächung des öffentlichen Interesses an einer technologischen Führungsrolle stellt hingegen die Kompetenz der deutschen Industrie im Rahmen von Gemeinschaftsprojekten in Frage.



Bundesminister a.D. Jürgen Rüttgers, Bildung und Forschung, 1994 bis 1998 (Staatskanzlei NRW)

The former Federal Minister Jürgen Rüttgers, Education and Research, 1994 to 1998 (State Chancellery North Rhine-Westphalia)

Extensive technology assessment

Motivated by these imponderable factors, the Federal Research Committee decided to conduct a technology risk assessment in May 1990. The studies completed by the beginning of 1992 drew a complex picture: Although the technology could be assessed in various ways, there was no dispute that the goal and scope of the development of future space transport systems depended on 'whether the space activities of the industrialized nations will remain within or only slightly exceed the current scope within the foreseeable future, or whether the current plans to create large space infrastructures, if carried out consistently, ultimately aim for a major increase in manned spaceflight.' This is a question which, although it has remained unanswered to this day, is crucial for any further space-policy planning.

Arguments in favor of Sänger

- Opportunities to take off and land in Europe will render the continent autonomous in terms of astronautic carrier systems.
- Unlike the space shuttle, Sänger's upper stages fulfill different functions, thus meeting the demand for separating passenger and cargo transport.
- The technological difficulties involved are not seen as insurmountable. In fact, Sänger is rated best among the existing concepts of innovative space carriers.
- Compared to conventional solid-fuel rockets, Sänger's cryogenic rockets and air-breathing hydrogen-powered ramjet engines will measurably relieve pollution in the upper atmosphere. Moreover, the project will effectively assist in tackling the growing space debris problem.
- The investments in research and high technology motivated by Sänger will boost Germany's image abroad as one of the world's most important nations in science. On the contrary, any weakening of the public interest in technology leadership will jeopardize the German industry's competence in joint projects.

Argumente gegen Sänger

- Wiederverwendbare Systeme rechnen sich umso günstiger, je häufiger sie fliegen, das heißt, je niedriger die Amortisationsrate und der Anteil der indirekten Betriebskosten angesetzt werden. Schließt man die Entwicklungskosten von etwa 24 Milliarden Euro ein, kommt man zu extrem langen Amortisationszeiten, die an der Grenze der sinnvollen Systemlebensdauer von Sänger liegen.
- Der vorhergesehene Bedarf für derartige, voraussichtlich sehr teure Flüge als ziviles Hyperschallflugzeug ist zu klein, die prognostizierte Umweltbelastung für konventionelle Flughäfen zu groß.
- Für einen zuverlässigen Routinebetrieb muss eine nicht zu kleine Flotte vorhanden sein, deren einzelne Flugzeuge aus Betriebskostengründen alle gut ausgelastet sein müssen. Die für die ESA konservativ ableitbaren Bedarfszahlen von etwa zwölf bis 14 Starts pro Jahr, davon möglicherweise bis zu drei astronautisch, sind hierfür deutlich zu niedrig. Eine breitere internationale Kooperation auf dem Gebiet des Aerospace-Flugzeugs, die insbesondere auch Japan, die USA und Russland einschließt, ist daher geboten.
- Bei der unbemannten Version wird eine Transportkapazität von nur 1,3 Tonnen für den geostationären Erdborbit nach Trendabschätzungen als zu gering angesehen. Auch die bemannte Version, deren Transportkapazität zwischenzeitlich auf drei Personen reduziert worden ist, bleibt hinter den prognostizierten Anforderungen, etwa zur Versorgung einer Raumstation, zurück.
- Auch wenn die gasdynamischen Effekte in der Ozonschicht von geringer Art sind, so werden sie doch langlebig sein und sich akkumulieren. Dies gilt insbesondere für eine ansteigende Zahl von Raumflügen mit Sänger, die ein derartiges System erst wirtschaftlich erscheinen lassen.

Die unterschiedlichen Studien legen überzeugend dar, dass der Meinungsbildungsprozess über wiederverwendbare Trägersysteme zwar im Gange, aufgrund fehlender langfristiger programmatischer Perspektiven und technologischer Voraussetzungen in wichtigen Bereichen jedoch mittelfristig keinesfalls abzuschließen ist. Deshalb aber geht das Leitkonzept deutlich über das hinaus, was sachlich zu Beginn der 1990er Jahre begründbar ist. Das von deutscher Seite propagierte Ziel einer europäischen oder weltweiten Führungsrolle bei Raumtransportsystemen bleibt zwar ehrenhaft, doch muss es mit der spekulativen Systemauslegung von Sänger als kaum zu verwirklichender Wunschtraum erkannt werden.

Aus all diesen Gründen scheint es den politischen Entscheidungsträgern zunehmend fraglich, ob es geboten sei, zu Zeiten finanzieller Engpässe bereits Gelder für Projekte von übermorgen zur Verfügung zu stellen, bevor die Vorhaben von morgen abgesichert sind. Zudem gilt, dass Raumtransportsysteme keinen Nutzen an sich darstellen, sondern vor dem Hintergrund eines gesellschaftlichen Bedarfs gerechtfertigt werden müssen.

Arguments against Sänger

- The economic efficiency of a reusable system improves as the number of its flights increases, for the share of amortization and overhead expenditures in the cost of each flight will decrease in proportion. If one factors the development cost of c. 24 billion euros, the resultant period of redemption will be extremely long, approaching the limit of Sänger's reasonable life as a system.
- The foreseeable demand for civilian hypersonic flights, which will probably be very expensive, is too small and the predicted environmental exposure for conventional airports is too great.
- To ensure reliability in routine operation, the fleet should not be too small and the capacity utilization of each individual aircraft should be good, given the operating cost involved. At a conservative estimate, ESA would require about twelve to 14 flights per year, three of which at most would be astronautic. This is clearly not enough. Consequently, the aerospace craft should be developed within a wider international setting, involving the cooperation of Japan, the USA and Russia.
- Trend assessments indicate that the envisaged 1.3 ton carrying capacity of the unmanned version going into geostationary orbit is too low. Similarly, the transport capacity of the manned version, meanwhile reduced to three persons, falls short of the predicted requirements in missions such as servicing a space station.
- Although the gas-dynamic effects on the ozone layer will not be extensive, they will be both long-lived and cumulative. This is especially important if the number of space flights on Sänger should rise to the level at which the system attains economic efficiency.

The various studies demonstrated convincingly that the formation of public opinion about reusable launcher systems was still very much ongoing and was not likely to reach a conclusion soon, given the lack of a long-term program, as well as missing technology prerequisites. This is why the master concept went considerably beyond the limits of what was defensible in the early 1990s. While Germany's goal of rising to a leading role in the field of space transfer systems on the European or global plane remains honorable, the speculative design of the Sänger system places it firmly in the realm of wishful thinking with hardly any chance of realization.

For all these reasons, political decision-makers living in times of financial constraints increasingly began to question the necessity for earmarking funds for long-term projects before the financing of tomorrow's projects had been secured. Moreover, space transport systems were not profitable per se but had to be justified against the background of societal demand.

„Der europäische Bedarf, Menschen ins All zu senden, ist zu Beginn des 21. Jahrhunderts begrenzt, wenngleich vorhanden.“

‘Europe’s need for sending people into space is limited at the wake of the 21st century, although it exists.’

Im Juni 1992 schließt das noch junge Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestags die Untersuchungen mit seinem ersten Endbericht ab – und landet auf Anhieb einen Treffer für ein qualifiziertes politisches Entscheiden des Parlamentes. Auf ihm basierend votiert der Bundesforschungsausschuss am 13. Januar 1993 dafür, das Programm um kritische Schlüsseltechnologien unterschiedlicher Konzeptionen für Raumtransportsysteme international zu erweitern. Anschließend soll ein Vergleich der möglichen Systeme für die Zukunft vorgenommen werden, das Leitprojekt Sänger als Gesamtsystem dabei aber stärker in den Hintergrund treten. Ebenso einhellig, wie die Fraktionen 1988 das Programm beschlossen haben, wird es nun erst zurückgeführt, 1995 dann gänzlich eingestellt. Der bereits von MBB geplante Demonstrator Hytex zur Erforschung der Strömungsverhältnisse bei hohen Geschwindigkeiten, zur Klärung flugmechanischer Probleme und zur Entwicklung extrem hitzeresistenter Strukturen, wird ebenfalls verworfen.

Zukunft für Sänger?

Zweimal ist Eugen Sänger mit seinem visionären Konzept eines Hyperschallfliegers gescheitert. Scheitern muss auch das nach ihm benannte Forschungsprogramm, weil die Zeit auch ein halbes Jahrhundert nach den ersten diesbezüglichen Überlegungen noch nicht reif für eine derartige technische Innovation ist. Im Gegenteil: Als Nachfolger des amerikanischen Space Shuttle wird heute wieder auf die „archaische“ Lösung einer Raumkapsel zurückgegriffen, die mit einer teilweise wieder verwertbaren Trägerrakete gestartet werden wird.

Der europäische Bedarf, Menschen ins Weltall zu entsenden, ist zudem auch zu Beginn des 21. Jahrhunderts noch begrenzt, wenngleich vorhanden. Astronauten bleiben seltene und kostbare Botschafter Europas im All. Doch Privatunternehmer arbeiten weiter im Geiste von Sänger: Wenn ab 2012 zunächst schwerreiche Touristen von der anglo-amerikanischen Firma Virgin Galactic zu Kurztrips an den Rand unserer Atmosphäre katapultiert werden, geschieht dies mit einem zweistufigen Flugzeug- und Raketen-system, das der Grundidee Eugen Sängers näher kommt als alle gegenwärtig durchgeführten nationalen Raumfahrtprogramme.

Dr. Niklas Reinke ist Historiker und Politologe. Er leitet die Fachgruppe Kommunikation in der DLR Raumfahrt-Agentur.

In June 1992, the fledgling Parliamentary Office for Technology Risk Assessment concluded its investigations and presented its first final report – scoring a hit straight away inasmuch as it enabled parliament to arrive at an informed political decision. On the basis of the report, the Federal Research Committee voted on 13 January 1993 to extend the program to include key technologies from various international concepts for space transport systems. Next, alternative systems were to be compared for future use while the Sänger system would recede into the background as a master project. As unanimously as the political parties adopted the program in 1988 they cut it back later on and closed it down entirely in 1995. The Hytex demonstrator, which MBB had planned to investigate flow conditions at high speeds, address issues in flight mechanics and develop highly heat-resistant structures, was similarly rejected.

A future for Sänger?

Eugen Sänger’s visionary concept of a hypersonic aircraft miscarried twice; and so did the research program that was named after him. Even half a century after the first ideas were formed, the time was still not right for a revolutionary technical innovation of this caliber. The opposite is true: In fact, today, the designated successor of the American space shuttle is an ‘archaic’ solution involving a space capsule that will be carried on a partially reusable launcher vehicle.

Europe’s need for sending people into space is limited, although it does exist. Even today, at the beginning of the 21st century, astronauts are rare and precious emissaries of Europe in space. Yet private companies continue to follow Sänger’s spirit: when the Anglo-American company Virgin Galactic begins catapulting enormously rich tourists to the edge of our atmosphere in 2012, the two-stage aircraft and rocket system employed will come closer to Eugen Sänger’s basic idea than any of the national space programs that are currently being pursued.

A historian and politologist, Dr. Niklas Reinke heads the communications unit at the DLR Space Agency.



7. EU-Forschungsrahmenprogramm

DLR berät Antragsteller

Von Marc Jochemich

7th Framework Program

Information for Applicants by DLR

By Marc Jochemich

Die Nationale Kontaktstelle (NKS) Raumfahrt der DLR Raumfahrt-Agentur hat am 24. Juni eine Veranstaltung zur „Vorbereitung auf die 3. Ausschreibung für Raumfahrt im 7. EU-Forschungsrahmenprogramm“ ausgerichtet. Knapp einhundert Teilnehmer folgten der Einladung. Noch vor der offiziellen Veröffentlichung der Ausschreibung am 30. Juli dieses Jahres nutzten die Gäste aus Forschung und Industrie die Gelegenheit, sich über die Fördermöglichkeiten der Europäischen Union (EU) im Bereich Raumfahrt zu informieren. Diese Ausschreibung wird mit gut 100 Millionen Euro die bislang größte im Bereich Raumfahrt sein.

Im Mittelpunkt des Treffens standen die Projektideen der Teilnehmer, die jeweils in Kurzpräsentationen vorgestellt und im Anschluss kommentiert wurden. Als Basis für die Ideenpräsentationen hatte zuvor die EU-Kommission die geplanten Ausschreibungsinhalte vorgestellt. Des Weiteren stellten DLR-Fachleute die Liste der „Kritischen Technologien“ vor und gaben eine Einführung in das Thema Exploration. Mitarbeiter der Infoterra GmbH, des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie sowie des DLR als Vertreter der GMES-Kerndienste zeigten in ihren Vorträgen die Schnittstellen für die „Downstream-Services“ (abgeleitete Anwendungen für die Endnutzer) auf.

Der nächste Schritt im Konzept der NKS zur Unterstützung deutscher Antragsteller ist ein internationaler Informationstag zur 3. Ausschreibung am 15./16. September 2009 in Warschau. Hier können Teilnehmer weitere mögliche Projektpartner treffen und neue Projektideen präsentieren beziehungsweise kennenlernen.

Darüber hinaus bietet die NKS ihren Kunden weiterhin ihre Unterstützung auf dem Weg zu einem erfolgversprechenden EU-Antrag an. Dazu zählen unter anderem die Vermittlung von Projektpartnern aus dem In- und Ausland, Tipps zur Antragsgestaltung, Beratung in administrativen Fragen sowie eine kritische Durchsicht von Antragsentwürfen.

Weitere Informationen finden Sie unter: <http://www.dlr.de/rd/NKS-Raumfahrt/>

Marc Jochemich ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fachgruppe „EU-Angelegenheiten und Nationale Kontaktstelle Raumfahrt“ in der DLR Raumfahrt-Agentur.

The German National Contact Point (NCP) for Space was hosting a “Preparation event for the 3rd Space Call within the 7th European Union (EU) Framework Program” (FP7) on June 24. Almost one hundred guests accepted the invitation. Even before the official publication planned for July 30, participants from industry and research took the chance to gather information about the coming Space Call. Containing a more than 100-million-euro budget, this call will be the biggest of its kind so far.

The event focused on participants’ project ideas introduced through short presentations followed by discussions. Beforehand, the European Commission had provided the basis by presenting the draft work program for the next call. Moreover, DLR specialists explained the list of Critical Technologies and gave an introduction into the topic Exploration. Representing the GMES Core Services, agents of the Infoterra GmbH, the Federal Office for Maritime Traffic and Hydrography (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) and the DLR explained the interfaces for the Downstream Services to be developed.

The next step within the Space NCP’s concept on how to support German participants will be an International Information Day on the 3rd Space Call in Warsaw, Poland on September 15 and 16, 2009. Participants are invited to meet additional project partners or present and learn about new project ideas.

Beyond that the German Space NCP offers support on the way towards a competitive EU proposal to its clients. These services include support of intermediation with national and international project partners, recommendations on how to file a proposal, advice in administrative issues as well as proofreading of project proposals.

More information related to this topic you find here: http://www.dlr.de/rd/en/desktopdefault.aspx/tabid-2119/3050_read-4707/

Marc Jochemich is a research associate within the section ‘EU affairs and national space contact point’ at the DLR Space Agency.

Raumfahrtskalender

Termin Ereignis

2009

3. Quartal	SOFIA: 1. Testflug des Stratosphären-Observatoriums mit offener Teleskoptür
11. Juli	Start STS-127, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral mit einer Außenplattform für Kibo
24. Juli	Start Progress 34P von Baikonur
15. August	Start Sojus 5R von Baikonur mit Mini Research Module 2 „MRM2“
18. August	Start STS-128, Space Shuttle Discovery von Cape Canaveral
18. August	Start Ariane 5 ECA von Kourou mit JCSAT 12 und Optus D3
18.–23. August	9. MAKS (Internationale Messe für Luft- und Raumfahrt in Moskau)
30. August	Start US-Trägerrakete ARES I von Cape Canaveral
Herbst	Start des Teleskops Spektr R von Baikonur mit dem Space Debris Detektor des Fraunhofer-Instituts für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut in Freiburg
1. September	Start des japanischen Versorgungstransporters HTV-1 (H-II Transfer Vehicle) von Tanegashima
1. September	3. Ausschreibung des Studentenprogramms REXUS/BEXUS auf Forschungsraketen und -ballonen
7.–21. September	14. DLR-Parabelflug in Köln
20. September	Tag der Luft- und Raumfahrt des DLR in Köln-Porz
30. September	Start der Sonde PHOBOS-Grunt von Baikonur zum Marsmond
1. Oktober	Start Sojus 20S von Baikonur
1.–10. Oktober	BEXUS-Ballonkampagne mit einem Experiment deutscher Studenten in Kiruna (Schweden)
8. Oktober	Start des NASA Solar Dynamics Observatory von Cape Canaveral
12.–16. Oktober	60. Internationaler Astronautischer Kongress in Daejeon (Korea)
15. Oktober	Start Progress 35P von Baikonur
21. Oktober	Start Erdbeobachtungssatellit TanDEM-X mit Dnepr von Baikonur
2. November	Start „extern“ SMOS mit Rokot-KM von Plesetsk
2. November	Start „extern“ Proba-2 (als Piggy-Bag mit SMOS)
7. November	Start TEXUS 46 (ESA) von Esrange mit einem deutschen und drei ESA-Experimenten
12. November	Start STS-129, Space Shuttle Atlantis von Cape Canaveral
13. November	Dritter Vorbeiflug der Raumsonde Rosetta an der Erde
16. November	Start TEXUS 47 (DLR) von Esrange mit vier deutschen Experimenten
7. Dezember	Start Sojus 21S von Baikonur
10. Dezember	Start des Erdbeobachtungs-Satelliten CryoSat-2 von Baikonur oder Yasny
26. Dezember	Start Progress 36P von Baikonur

Space Calendar

Date Event

2009

3rd Quarter	SOFIA: First test flight of the DLR and NASA operated stratosphere observatory with open telescope hatch
July 11	Launch of STS-127, Space Shuttle Endeavour from Cape Canaveral (USA) delivering an outer platform to the Japanese ISS module Kibo
July 24	Launch of Progress 34P from Baikonur (Kazakhstan)
August 15	Launch of Soyus 5R from Baikonur carrying the Mini Research Module 2 'MRM2'
August 18	Launch of STS-128, Space Shuttle Discovery from Cape Canaveral
August 18	Launch Ariane 5 ECA from Kourou carrying JCSAT 12 and Optus D3
August 18–23	9. MAKS (International Aviation and Space Salon at Moscow, Russia)
August 30	Launch of the US launcher vehicle ARES I from Cape Canaveral
Fall	Launch of the Spektr R telescope from Baikonur carrying the Space Debris Detector developed by the Fraunhofer Institute for Short Time Dynamics in Fribourg (Germany)
September 1	Launch of the ISS transfer vehicle HTV-1 (H-II Transfer Vehicle) from Tanegashima (Japan)
September 1	3rd call for papers concerning the student program REXUS/BEXUS for research rockets and balloons
September 7–21	14th parabolic flight campaign in Cologne (Germany)
September 20	German Aerospace Day, DLR Cologne
September 30	Launch of the PHOBOS-Grunt probe from Baikonur to one of the Mars' moons
October 1	Launch of Soyus 20S from Baikonur
October 1–10	BEXUS balloon research campaign at Kiruna (Sweden) carrying an experiment developed by a German student team
October 8	Launch of the NASA Solar Dynamics Observatory from Cape Canaveral
October 12–16	60th International Astronautical Congress in Daejeon (South Korea)
October 15	Launch of Progress 35P from Baikonur
October 21	Launch of the German Earth remote sensing satellite TanDEM-X on a Dnepr launch vehicle from Baikonur
November 2	Launch of 'extern' SMOS on a Rokot-KM from Plesetsk (Russia)
November 2	Launch of 'extern' Proba-2 (as Piggy-Bag to SMOS)
November 7	Launch of TEXUS 46 (ESA) from Esrange carrying one German and three ESA experiments
November 12	Launch of STS-129, Space Shuttle Atlantis from Cape Canaveral
November 13	3rd Earth fly-by of the Rosetta probe
November 16	Launch of TEXUS 47 (DLR) from Esrange carrying four German experiments
December 7	Launch of Soyus 21S from Baikonur
December 10	Launch of the European Earth remote sensing satellite CryoSat-2 from Baikonur or Yasny
December 26	Launch of Progress 36P from Baikonur

COUNTDOWN **10**



Doppelstart der europäischen Satelliten Planck und Herschel am 14. Mai 2009 um 15:12:02 (MESZ) mit einer ARIANE 5 vom europäischen Raumflugzentrum Kourou in Französisch Guyana (ESA)

Two-payload launch of the European satellites Planck and Herschel aboard an ARIANE 5 on May 14 2009 at 15:12:02 (CEST) from Europe's spaceport Kourou in French Guiana (ESA)

IMPRESSUM/IMPRINT

COUNTDOWN – AKTUELLES AUS DER DLR RAUMFAHRT-AGENTUR/TOPICS FROM DLR SPACE AGENCY · Herausgeber/Publisher: Deutsches Zentrum für Luft- und

Raumfahrt e.V. (DLR) · Dr. Niklas Reinke (ViSdP), Michael Müller (Redaktionsleitung/Chief Editor), Diana Gonzalez · Tel.: +49 228 447-385 · Fax: +49 228 447-386 ·

E-Mail: m.mueller@dlr.de · www.DLR.de/rd. Hausanschrift/Postal Address: Königswinterer Straße 522–524, 53227 Bonn, Germany · Druck/Print: Druckerei Thierbach,

45478 Mülheim an der Ruhr, Germany · Gestaltung/Layout: CD Werbeagentur GmbH, Burgstraße 17, 53842 Troisdorf, Germany · Nachdruck nur mit Zustimmung des

Herausgebers und Quellenangabe/Reprint with approval of publisher and with reference to source only · Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem

Papier/Printed on environment-friendly, chlorine-free bleached paper · Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben/Copyright DLR for all imagery, unless otherwise

noted. Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos/published quarterly, release free of charge · ISSN 1864-6123 · **Gefördert vom Bundesministerium für**

Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages/Funded by the Federal Ministry of Economics and Technology

based on a decision of the German Federal Parliament.