

### **SIMBOX – Deutsch-chinesische Forschung im „Palast des Himmels“**

### **SIMBOX – German-Chinese Science in the ‘Heavenly Palace’**

Seite 6 / page 6

#### **Forschung unter Weltraumbedingungen: Raumfahrtmedizin – Gesundheitsforschung in der deutschen Raumfahrtstrategie**

Microgravity Research: Space Medicine  
– Health Research under the German Space Strategy

12

#### **Extraterrestrik: CoRoT entdeckt zehn neue Himmelskörper**

Space Science: CoRoT Discovers Ten New Heavenly Bodies

16

#### **Extraterrestrik: LISA Pathfinder auf der Suche nach Gravitationswellen**

Space Science: LISA Pathfinder Searches for Gravitational Waves

20

#### **Trägersysteme: Erststart Sojus von Kourou**

Launchers: First Soyuz Launched from Kourou

24

#### **Satellitenkommunikation: Heinrich Hertz erreicht neue Phase**

Satellite Communication: Heinrich Hertz Reaches New Phase

28

#### **Event: Tag der Luft- und Raumfahrt 2011**

Event: German Aerospace Day 2011

32

#### **Nachwuchsförderung: German Trainee Programme**

Junior Development: German Trainee Programme

36

#### **Deutsche Raumfahrt-Missionen: ROSAT**

German Space Missions: ROSAT

40

#### **Raumfahrtkalender**

Space Calendar

46



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

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

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

2011 war ein sehr erfolgreiches Jahr für die deutsche Raumfahrt. Die deutsch-chinesische SIMBOX-Mission ist dafür ein Paradebeispiel: Am 17. November landete die chinesische Raumkapsel Shenzhou-8 nach 17-tägiger Missionsdauer mit der deutschen Experimentieranlage SIMBOX planmäßig in der Wüste Gobi. Diese neue Partnerschaft mit China erweitert die Möglichkeiten deutscher Wissenschaftler, im Weltraum zu forschen. Sie setzt die lange Reihe erfolgreicher deutsch-chinesischer Forschungsprojekte fort und ergänzt unsere bestehenden und bewährten internationalen Kooperationen.

Doch Kooperationen sind uns im letzten Jahr nicht nur auf internationalem Parkett gelungen. Das Bundesministerium für Verteidigung (BMVg) beteiligt sich an der Satellitenmission Heinrich Hertz. Mit diesem Pilotprojekt treten wir ein in eine neue Dimension der zivil-militärischen Zusammenarbeit.

Eine weitere Premiere war der Start der ersten Sojus-Rakete vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou (Französisch-Guayana). Die Rakete brachte die ersten beiden operativen Galileo-Satelliten in ihren Orbit.

Auch der Wiedereintritt des deutschen Röntgensatelliten ROSAT hat uns im vergangenen Jahr beschäftigt. Die nichtverglühten Trümmer stürzten in den Golf von Bengalen. Das Thema Weltraumschrott ist präsenter denn je. Das DLR Raumfahrtmanagement ist auf diesem Feld schon seit längerem aktiv. Zwei Beispiele dafür sind: Zum einen arbeitet das DLR Raumfahrtmanagement in enger Zusammenarbeit mit der Luftwaffe dem Aufbau des Weltraumlagezentrums (WLZ) in Uedem. Dabei stellt das DLR den stellvertretenden Leiter und Fachpersonal. Die Aufgabe des WLZ ist, ein Weltraumlagebild zu erstellen und zu bewerten, um daraus Kollisionswarnungen für Satelliten und unter anderem auch Prognosen über den Wiedereintritt von Objekten bereitzustellen. Zum zweiten unterstützt das DLR Raumfahrtmanagement das robotische Satellitenprojekt DEOS, das ermöglichen wird, unkontrollierbare Satelliten im Weltall automatisch einzufangen und zum Beispiel kontrolliert durch einen gezielten Wiedereintritt in die Atmosphäre verglühen zu lassen.

2012 ist die ESA Ministerratskonferenz das herausragende Ereignis, auf der Entscheidungen getroffen werden, welche die Zukunft der europäischen aber auch der deutschen Raumfahrt bestimmen. Wie immer geht es um die Umsetzung des für die ESA essentiellen gesamteuropäischen Ansatzes, das heißt Solidarität praktizieren und einfordern. Dabei dürfen wir die deutschen Ziele nicht aus den Augen verlieren.

Ich wünsche allen Lesern und Leserinnen, unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ein gutes Gelingen in 2012 und ein spannendes und erfolgreiches Jahr.

Ihr Gerd Gruppe

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

2011 has been a highly successful year for Germany's space sector. One shining example is the German-Chinese SIMBOX mission. On November 17, the Chinese Shenzhou-8 space capsule carrying the German SIMBOX payload landed in the Gobi Desert as scheduled, having completed a mission of 17 days. The new partnership with China presents German scientists with additional research opportunities in space. This partnership ideally continues a wide range of German-Chinese science projects and complements our long-standing, proven international cooperation.

However, we succeeded in forging cooperations not only on the international stage this year: the Federal Ministry of Defence (BMVg) takes part in the Heinrich Hertz satellite mission. This pilot project heralds a new dimension in civilian-military cooperation.

Another first was the start of the first Soyuz rocket from the European spaceport of Kourou (French-Guiana). The rocket took the first two operative Galileo satellites into their orbit.

Another issue that kept us busy in 2011 was the re-entry of the German X-ray satellite, ROSAT. The pieces of wreckage that did not burn up plunged into the Gulf of Bengal. The DLR Space Administration has been active in this context for quite some time as shown in two examples: Firstly, the Space Administration cooperates with the Federal Air Force in setting up the Space Operations Centre (WLZ) at Uedem. DLR brought the Deputy Director of the WLZ into service and has posted experts to take part. The Centre generates and evaluates space situation maps that will, among other things, assist in providing collision warnings for satellites and forecasts about the re-entry of objects. Secondly, the Space Administration supports the robotic satellite project DEOS that is intended to test techniques for steering automatically out-of-control satellites back into the atmosphere to burn up under controlled conditions.

In 2012, the meeting of ESA's Ministerial Council is the outstanding where decisions will be made that will determine the future of European and also German space activities. As ever, the focus will be on implementing ESA's essential all-European approach, which is to practice but also demand solidarity. In this case, we will also realise German objectives as best we can.

I wish all our readers and employees the best of success, and an exciting and fulfilling year 2012.

Sincerely yours,  
Gerd Gruppe



**Bundeswirtschaftsminister Dr. Philipp Rösler gratulierte dem deutschen Astronauten Alexander Gerst auf der DLR-Bühne während des Tages der Luft- und Raumfahrt 2011 zu seinem Erstflug zur Internationalen Raumstation ISS, der für Mai 2014 geplant ist.**

On the DLR stage at the German Aerospace Day 2011, the Federal Minister of Economics and Technology, Dr Philipp Rösler, congratulated the German astronaut Alexander Gerst on his first flight to the International Space Station ISS which is scheduled on May 2014.

## Deutscher Astronaut Alexander Gerst fliegt 2014 zur ISS

**Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst ist am 18. September 2011 für seine erste Mission zur Internationalen Raumstation ISS nominiert worden. Gerst soll von Mai bis November 2014 für eine Langzeitmission zum größten Außenposten der Menschheit im All aufbrechen. Diese Entscheidung der Europäischen Weltraumorganisation ESA hat Bundeswirtschaftsminister Dr. Philipp Rösler anlässlich des Tags der Luft- und Raumfahrt beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln verkündet.**

Der Geophysiker Alexander Gerst ist damit nach Thomas Reiter der erste Deutsche, der als ESA-Astronaut mehrere Monate lang in 400 Kilometern Höhe auf der ISS leben und arbeiten wird. „Es ist für mich eine große Ehre, dass mir diese Gelegenheit zuteil wird. Diese Mission wird eine positive Herausforderung nicht nur für mich, sondern für all die engagierten Mitarbeiter der ESA und der nationalen Raumfahrtbehörden, die mit ihrer Faszination und Hingabe die Raumfahrt überhaupt erst möglich machen“, freut sich der 35-Jährige. Er wird als Flugingenieur die ISS-Expeditionen 40 und 41 begleiten und soll, nach aktuellen Planungen, im Mai 2014 mit einem russischen Raumschiff in den Orbit aufbrechen. Für November 2014 ist seine Rückkehr zur Erde geplant. Alexander Gerst tritt in die Fußstapfen der deutschen Astronauten Thomas Reiter und Hans Schlegel, die 2006 und 2008 im Auftrag der ESA zur Internationalen Raumstation geflogen sind.

„Die Berufung von Alexander Gerst für seine Langzeitmission im Jahr 2014 ist die Fortsetzung der erfolgreichen bemannten Raumfahrt in Deutschland. Ich danke der europäischen Weltraumorganisation ESA für das Vertrauen“, sagte DLR-Vorstands vorsitzender Prof. Johann-Dietrich Wörner anlässlich der Ernennung von Gerst. „Seit dem Flug von Sigmund Jähn im Jahr 1978 waren weitere neun Deutsche im All. Zudem hat sich Deutschland mit dem Bau und dem erfolgreichen Betrieb der Raumlabore Spacelab und Columbus einen festen Platz in der Reihe der Nationen gesichert, die bemannte Raumfahrt betreiben“, ergänzte Wörner.

Alexander Gerst hat bereits mit seinem Missions-Training begonnen und wird nach seinem Besuch beim Tag der Luft- und Raumfahrt von DLR und ESA in Köln seine Ausbildung im Johnson Space Center der US-Weltraumbehörde NASA nach Houston (Texas) fortsetzen. Gerst gehört dem Europäischen Astronautenkorps seit September 2009 an und wurde am 22. November 2010 nach Abschluss der Grundausbildung im Europäischen Astronautenzentrum (EAC) in Köln offiziell zum Astronauten ernannt. Er ist das zweite Mitglied der jüngsten ESA-Astronautenklasse, das nach dem Italiener Luca Parmitano für eine ISS-Mission nominiert worden ist.

Weitere Crew-Mitglieder der ISS-Expedition 40 sollen die NASA-Astronauten Steven Swanson und Gregory Wiseman sowie die russischen Kosmonauten Alexandr Skvortsov, Oleg Artemyev und Fyodor Yurchikhin sein.

## German Astronaut Alexander Gerst to Fly to the ISS in 2014

**On September 18, 2011, German ESA astronaut Alexander Gerst was nominated for his first mission to the International Space Station (ISS). Gerst will visit humankind's largest outpost in space for a long-term mission lasting from May to November. Germany's Federal Minister of Economics and Technology, Dr Philipp Rösler, announced this decision, taken by the European Space Agency (ESA), during his visit to the German Aerospace Day at the German Aerospace Center (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt; DLR) in Cologne.**

Geophysicist Alexander Gerst will follow Thomas Reiter, a former ESA astronaut and the first German to live and work on board the ISS, at an altitude of 400 kilometres, for several months. The 35-year old astronaut said: 'This opportunity is a great honour. The mission will be a positive challenge, not only for me, but for all the dedicated staff at ESA and the national space agencies whose fascination with and commitment to space make it possible.' Gerst will fly to the ISS as flight engineer for expeditions 40 and 41; the current plan is for a launch in May 2014 on board a Russian Soyuz spacecraft, with the return journey in November. Alexander Gerst will follow in the footsteps of German astronauts Thomas Reiter and Hans Schlegel, who flew to the ISS on behalf of ESA in 2006 and 2008, respectively.

'The appointment of Alexander Gerst for his long-term mission in 2014 is the continuation of a successful German manned space-flight programme; I thank ESA for their confidence,' said Johann-Dietrich Wörner, Chairman of the DLR Executive Board, on Gerst's appointment. 'Since the flight of Sigmund Jähn in 1978, there have been another nine Germans in space. In addition, by participating in the successful construction and operation of the Spacelab and Columbus space laboratories, Germany has secured its place among the nations involved in manned spaceflight,' Wörner added.

Alexander Gerst has already started his mission training at NASA's Johnson Space Center in Houston, Texas. Gerst joined the European Astronaut Corps in September 2009 and, on November 22, 2010, after conclusion of basic training at the European Astronaut Centre (EAC) in Cologne, was officially appointed as an astronaut. He is the second member of the newest ESA group of astronauts to be nominated for an ISS mission, after the Italian Luca Parmitano.

The other crew members for ISS Expedition 40 will be NASA astronauts Steven Swanson and Gregory Wiseman, together with Russian cosmonauts Aleksandr Skvortsov, Oleg Artemyev, and Fyodor Yurchikhin.

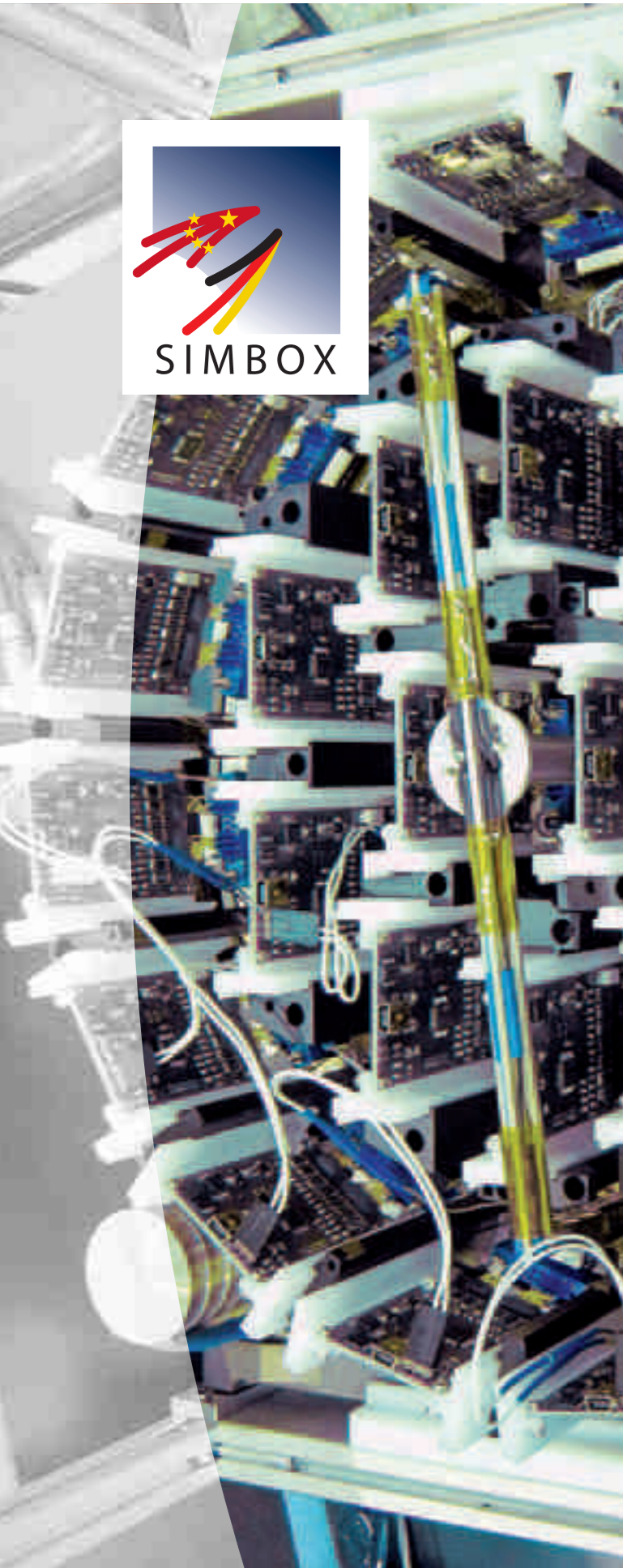


**Ende der Isolation:** Nach 520 Tagen ohne Sonnenlicht, frische Luft und direkten Kontakt zur Außenwelt verlässt Sukhrob Kamolov den MARS500-Container. Er und seine fünf Kollegen Diego Urbina (Italien), Romain Charles (Frankreich), Alexey Sitev, Alexandr Smoleevskiy (Russland) und Wang Yue (China) mussten auf vieles verzichten, während sie in ihrem virtuellen Raumschiff bis zum Mars und wieder zurück zur Erde reisten. Nach anderthalbjähriger Isolation öffnete sich, am 4. November 2011 um 11 Uhr mitteleuropäischer Zeit (14 Uhr Ortszeit), die versiegelte Tür des MARS500-Containers. Seit dem 3. Juni 2010 hatten die „Kosmonauten“ im Moskauer Institut für Biomedizinische Probleme (IBMP) einen Flug durchs Weltall simuliert und dabei zahlreiche Experimente durchgeführt.

**The isolation is over:** after 520 days without sunlight, fresh air, or direct contact with the outside world, Sukhrob Kamolov was the first participant to leave the MARS500 container. He and his five colleagues, Diego Urbina (Italy), Romain Charles (France), Alexei Sitev and Alexander Smoleevskij (Russia), and Wang Yue (China) had to forego many things while travelling to Mars and back to Earth in their virtual spaceship. On November 4, 2011, after 18 months of isolation, the sealed hatch of the MARS500 container finally opened at 11 a.m. CET (2 p.m. local time). The 'cosmonauts' at the Moscow Institute of Biomedical Problems (IBMP) had been simulating a flight through space since June 3, 2010, carrying out numerous experiments along the way.

# Марс 500 – Миссия успешно

MARS500 – Mission Accomplished



## SIMBOX

Deutsche Forschung im „Palast des Himmels“

Von Dr. Markus Braun

Sie ist 45 Zentimeter breit, 55 Zentimeter tief, 30 Zentimeter hoch, 35 Kilogramm schwer und fasst 37 Liter Innenvolumen: SIMBOX, die deutsche Anlage für biologische und medizinische Experimente, startete am 1. November 2011 um 6:00 Uhr Ortszeit (31. Oktober 23:00 Uhr MEZ) im chinesischen „Magischen Schiff“ Shenzhou-8 auf der „Langer Marsch“ vom chinesischen Weltraumbahnhof Jiuquan zum „Palast des Himmels“, der im Aufbau befindlichen chinesischen Raumstation. Als Shenzhou-8 an Tiangong 1 – dem ersten Modul des „Himmelspalastes“ – andockte, war eine Weltraumpremiere der besonderen Art geglückt: das weltweit erste bilaterale Kooperationsprojekt mit China in der bemannten Raumfahrt. Bei der Nutzung von Shenzhou, dem Kernstück der bemannten chinesischen Raumfahrt, kooperiert die chinesische Raumfahrtorganisation China Manned Space Engineering Office (CMSEO) erstmals mit der Agentur einer anderen Nation – dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR).

### SIMBOX

*German Science in the 'Heavenly Palace'*

By Dr Markus Braun

It is 45 centimetres wide, 55 centimetres deep, 30 centimetres high, weighs 35 kilogrammes, and has a capacity of 37 litres: SIMBOX, the German assembly of medical and biological experiments. On November 1, 2011 at 6 a.m. local time (11 p.m. CET on October 31), it set out on its 'long march' in the Chinese 'magic ship' Shenzhou8 from the Chinese space port of Jiuquan to the 'Heavenly Palace', the Chinese space station that is now under construction. The docking of Shenzhou-8 with Tiangong 1, the precursor module of the 'Heavenly Palace', marked the successful completion of a very special first-ever event in space: China's first bilateral cooperation project with another nation anywhere in the world. The exploitation of Shenzhou, the core of China's manned space flight, is the object of the first cooperation between the Chinese space organisation, China Manned Space Engineering Office (CMSEO), and a foreign agency – the German Aerospace Center (DLR).

Die SIMBOX-Apparatur ohne Experimenteinheiten

The SIMBOX hardware without any experimental units



Autor: **Dr. Markus Braun** ist deutscher Projektleiter der bilateralen SIMBOX-Mission. Er arbeitet direkt mit den chinesischen Partnern, den beteiligten Universitäten und der Industrie zusammen, um das deutsch-chinesische Pionierprojekt für das DLR Raumfahrtmanagement in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen zu koordinieren.

Author: As the German project manager, **Dr Markus Braun** supervises the German part of the bilateral SIMBOX mission. He directly cooperates with the Chinese partners, the involved universities, and the industry to coordinate in the Microgravity Research division the German-Chinese pioneer project for the DLR Space Administration.

Nach 17-tägiger Missionsdauer landete die chinesische Raumkapsel mit SIMBOX an Bord am 17. November 2011 um 19:38 Uhr Ortszeit (12:38 Uhr Mitteleuropäischer Zeit, MEZ) planmäßig in der Gansu-Provinz – dem chinesischen Teil der Wüste Gobi. Eine Helikopterbesatzung barg die SIMBOX. Anschließend wurde die Experimentieranlage mit den biologischen Proben innerhalb weniger Stunden mit einem gecharterten Canadair-Jet nach Peking geflogen und mit einer Blaulicht-Eskorte zum Payload Integration Test Center der chinesischen Organisation für Raumfahrtwissenschaft GESSA in Peking gebracht. Dort wurde sie von den chinesischen und deutschen Wissenschaftlern mit einer kleinen Zeremonie in Empfang genommen und anschließend geöffnet. Damit endete die Pioniermission erfolgreich – die eigentliche Forschungsarbeit geht jetzt aber erst richtig los.

In insgesamt 17 Experimenten wurden während der zweieinhalbwöchigen Mission Pflanzen, Fadenwürmer, Schnecken, Bakterien und menschliche Krebszellen (Nerven-, Schilddrüsen- und Immunzellen) der Schwerelosigkeit und der Strahlung des Weltraums ausgesetzt. Die Wissenschaftler nutzten hierbei die besonderen Bedingungen des Weltraums wie ein Werkzeug, um Mechanismen und Effekte der reduzierten Schwerkraft sowie deren Wahrnehmung auf biologische Auswirkungen zu untersuchen. Mit sogenannten Molekularanalysen untersuchen die Forscher die Zellen, um herauszufinden, wo und wie die Schwerkraft auf diese Zellen und deren Zellstoffwechsel einwirkt.

#### SIMBOX – große Forschung auf engstem Raum

Dafür ist die SIMBOX ein ideales Forschungswerkzeug – ein High-Tech-Kasten, der insgesamt 40 kleinen Containern Platz bietet, in denen wiederum die kleinen Experimenteinheiten stecken. 24 Container sind fest montiert und die Proben im Inneren dieser Experimenteinheit sind der Schwerelosigkeit ausgesetzt. 16 Container sind auf



Teamwork: Deutsche und chinesische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werten nun gemeinsam die Proben aus.

Teamwork: German and Chinese scientists will analyse the samples together.

On November 17, 2011, at 7:38 p.m. local time (12:38 p.m. central European time, CET), after a mission of 17 days, the Chinese space capsule Shenzhou-8 carrying the German SIMBOX experiment set landed on schedule in the Gansu province, the Chinese part of the Gobi Desert. SIMBOX was retrieved by a helicopter crew, transferred to a chartered Canadair jet together with its biological specimens, flown to Beijing within a few hours, and escorted by police to the payload integration test centre of the Chinese space science organisation, GESSA, in Beijing. There, it was received by Chinese and German scientists in a small ceremony, and subsequently opened. The pioneering mission has ended in success, but now the work of scientists will have to begin in earnest.

During the mission of two and a half weeks, plants, threadworms, snails, bacteria, and human cancer cells (nerve, thyroid, and immune cells) were exposed to the weightlessness and the cosmic radiation of space in a total of 17 experiments. Scientists used the special conditions prevailing in space as a tool for investigating the impact of radiation and the lack of gravity on biological processes and gravity perception mechanisms. Through so-called molecular analyses, scientists intend to find out where and how gravity affects cells and their metabolism.

#### SIMBOX – big research in a very tight space

SIMBOX is an ideal research tool – a high-tech box encapsulating a total of 40 small containers, each housing a small experimental unit. 24 containers are mounted on a stationary platform, so that the specimens in their interior are exposed to weightlessness. 16 are mounted on a centrifuge which permanently rotates from the onset of weightlessness to the capsule's re-entry into the atmosphere, so that specimens are exposed to artificial gravity equivalent to normal



Gespannt öffnen die deutschen und chinesischen Projektverantwortlichen die Hülle der Apparatur.

The excited German and Chinese project managers remove the cover of the apparatus.

einer Zentrifuge montiert, die ab dem Erreichen der Schwerelosigkeit bis zum Wiedereintritt in die Atmosphäre permanent rotiert und so die Proben einer künstlichen Schwerkraft in Höhe der normalen Erdschwerkraft (1 G) aussetzt. Zusätzlich beinhalten manche Experimenteinheiten eine LED-Beleuchtung, um Pflanzenkeimlingen und Mikroalgen Photosynthese und ideale Wachstumsbedingungen zu ermöglichen. Andere Experimenteinheiten enthalten Pump-, Mess- und Sensorsysteme. Für den Betrieb der gesamten Anlage stehen allerdings gerade einmal 30 Watt zur Verfügung – jeder handelsübliche DVD-Player hat einen höheren Stromverbrauch. Doch wie kommt die Apparatur mit dieser geringen Wattzahl aus? Die Antwort auf diese Frage lautet „Zwölf-Stunden-Schichtbetrieb“. Zwölf Stunden kann zum Beispiel in einer Einheit das Licht brennen, in den folgenden zwölf Stunden bleibt es dann in diesem Container dunkel. Dann wird in der Zeit wieder eine andere Technik mit Strom versorgt – zum Beispiel ein Pump- oder Sensorsystem einer anderen Einheit. Dieses permanente Wechselspiel erfordert eine äußerst präzise zeitliche Planung – rund 5.000 Einträge sind im Energiemanagement verzeichnet.

#### Passive Experimentiereinheiten

Doch wie sind die Experimentiereinheiten in den Containern im Einzelnen aufgebaut? Insgesamt gibt es fünf unterschiedliche Typen. Einer davon ist eine einfache Pflanzenkammer, deren Seitenwände mit Biofolie bedeckt sind, um einen guten Gasaustausch zu gewährleisten und gleichzeitig Wasserverlust zu verhindern. Reis-Keimlinge wachsen in mit Nährstoffen versetztem Agar – einem gelatineartigen Polysaccharid, das aus Zellwänden einiger Algenarten hergestellt wird. Auf diesen Nährboden wachsen die Keimlinge unter LED-Beleuchtung zu grünen Pflänzchen heran, die erst nach Rückkehr auf die Erde chemisch fixiert und ausgewertet werden. In diesem passiven Experimentiereinheiten-Typ werden die Proben lediglich den Bedingungen des Weltraums ausgesetzt. Andere Experimentiereinheiten dieses Typs enthalten Fadenwürmer oder Bakterienkulturen.

#### Aktive Experimentiereinheiten

Die anderen Experimentiereinheiten sind sehr viel komplexer konstruiert. Sie enthalten zusätzlich zu den Probenkammern zum Beispiel auch Pumpen und Tanks mit Nähr- und Fixierlösungen sowie Sensor- und Messsysteme. In einigen Kammern enthalten sogar zwei übereinanderliegende Plättchen mit engen Zwischenräumen. Diese kleinen Plättchen ähneln Projektträgern – allerdings kleiner und aus Plexiglas. Sie sind ebenfalls mit Agar beschichtet, worauf Mikroalgenkulturen

terrestrial gravitation (1G). Moreover, some experimental units are equipped with LED lighting to provide plant seedlings and microalgae with ideal conditions for photosynthesis and growth. Yet other experimental units contain pumping, measuring, and sensor systems. However, the power available for operating the entire installation is no more than 30 watts – any ordinary DVD player draws more power. How, then, can the apparatus do with this feeble wattage? The answer to this question is: by operating in 12-hour shifts. Thus, for example, the lights may be kept burning for 12 hours in a given container, which then remains dark for the next 12 hours. During the latter phase, another piece of equipment is supplied with power – the pumping or sensor system of another unit, for example. This permanent interplay calls for extremely precise scheduling – the energy management lists around 5,000 entries.

#### Passive experimental units

But what is the configuration of the experimental units in their containers? All in all, there are five different types. One is simply a chamber for plants, its walls covered with biofoil to ensure the ongoing exchange of gas and prevent loss of water at the same time. Rice seedlings grow in nutrient-enriched agar, a jelly-like polysaccharide that is made of the cell walls of some algae species. On this bed, and lighted by LEDs, the seedlings grow into small green plants which will be chemically fixated for evaluation only after their return to Earth. In this passive type of experimental unit, specimens are merely exposed to the conditions of space. Other units of the same type contain threadworms or bacteria cultures.

#### Active experimental units

The other experimental units are very much more complex. In addition to specimen chambers, they contain, for example, pumps and tanks with nutrient solutions and fixatives as well as sensor and measuring systems. Some chambers even contain two superimposed platelets separated by a narrow space. These small platelets resemble microscopic slides, although they are smaller and made of plexiglass. They also have an agar coating to which cultures of microalgae have been applied. Following a precisely formulated programme, the vast majority of these specimens are chemically fixated in space at a predetermined time. To this end, the pumps are activated electronically for a few minutes to pump fixative from the tank into the specimen chambers. This serves to kill the organisms, stabilise their DNA, RNA, enzymes, and other proteins, and pre-

aufgetragen wurden. Nach einem präzise ausgetüftelten Programm wurde die überwiegende Zahl der Proben zu einem vorbestimmten Zeitpunkt im Weltraum chemisch fixiert. Dazu wurden die Pumpen elektronisch für einige Minuten aktiviert und die Fixierlösungen aus dem Tank in die Probenkammern gepumpt. Auf diese Weise wurden die Organismen abgetötet, die DNA, RNA und die Enzyme sowie andere Proteine stabilisiert. Dadurch wurde der physiologische Zustand im Weltraum konserviert. Die Aufbereitung der Flug- und Bodenproben sowie die Auswertung erfolgt nun in den heimischen Labors der Wissenschaftler. Die menschlichen Krebszellen wurden in großen, flachen Kulturkammern nach einigen Tagen im All zunächst durch das gleiche Pumpensystem mit frischer Nährlösung versorgt, bevor sie später fixiert wurden. Daher enthalten diese Experimentiereinheiten zwei Tanks. Aus Platzgründen dienen die Tanks auch gleichzeitig als Auffangbehälter für die verbrauchte Nährlösung.

Der komplizierteste Typ Experimentiereinheit ist die sogenannte Plungerbox. Auch hier sind Zellkulturen enthalten, die allerdings nach einem anderen Prinzip mit Nährlösung versorgt werden. Diese Zellen heften sich an die Bodenplättchen und brauchen nur ganz wenig Raum – dafür aber öfter frische Nährstoffe. Darum befinden sich die Zellen in drei nur wenige Millimeter flachen Kammern. Sechs blasebalgähnliche Patronen enthalten Nährlösung oder Fixierlösung. Zum Nährlösungswechsel und zur Probenfixierung werden die Patronen elektrisch ausgelöst. Eine Feder an den Patronen sorgt dafür, dass eine nadelförmige Kanüle unter ständiger Spannung steht. Die Feder wird von einem Ring unter Spannung gehalten. Auf ein elektrisches Signal hin wird dieser Plastikring mit Hilfe eines Heizdrahts durchgeschmolzen und die Feder drückt die nadelförmige Kanüle in die Patrone mit Nähr- oder Fixierlösung. Die Lösung wird durch die nadelförmige Kanüle in die Kammer gepresst und drückt die verbrauchte Nährlösung auf der anderen Seite wieder in die Patrone hinein. Dieses aufwendige System hat den Vorteil, dass nur ein kurzes elektronisches Signal gegeben werden muss. Der eigentliche Mechanismus funktioniert rein mechanisch – getrieben von einer Feder. Allerdings darf sich keine Luftblase in den Flüssigkeiten befinden, da sie den Flüssigkeitskreislauf unterbrechen würde.

#### Aquarium im Zigarettenschachtelformat

Die meiste Elektronik enthält die Experimentiereinheit, die für das deutsch-chinesische Kooperationsexperiment „Joint“ (Exp. 11) gebaut wurde. Die Experimentiereinheit enthält verschiedene Lichtpane-

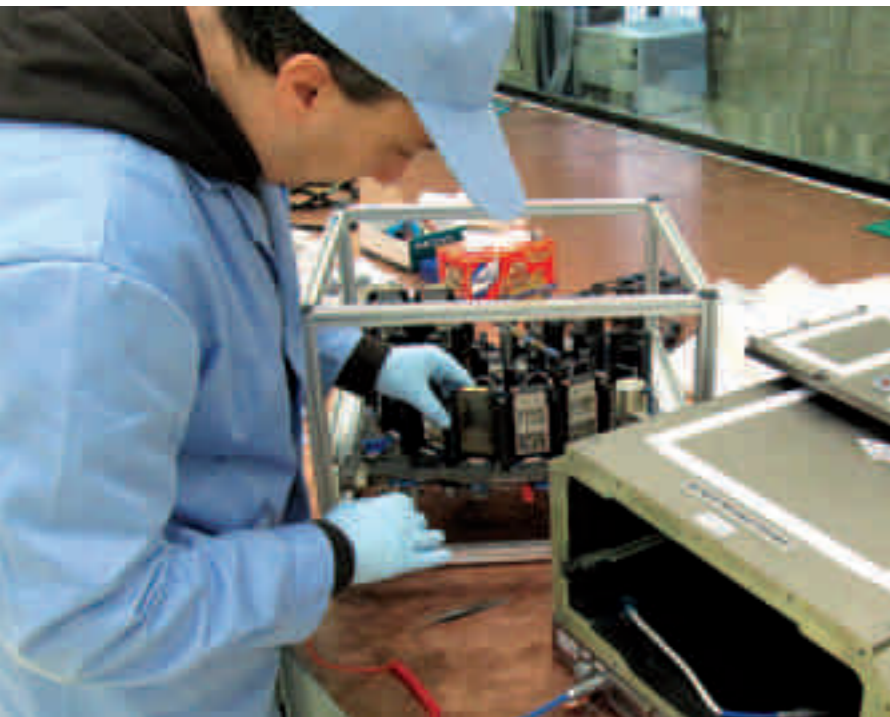
serve their physiological condition in space. Now, flight and ground samples will be analysed and evaluated by scientists in their home laboratories. Housed in larger, but very shallow culture chambers, the human cancer cells were supplied with fresh nutrient solution for the first few days in space and fixated afterwards. This is why these experimental units contain two tanks. Space being scarce, the tanks serve to spent solutions and to store the waste at the same time.

The so-called plunger box is the most complicated type of experimental unit. It, too, contains cell cultures, but the principle by which they are supplied with nutrient solution is different. Adhering to the bottom platelets, these cells require very little space, but they do need frequent supplies of fresh nutrient solution. This is why they are housed in three chambers, each no higher than a few millimetres. Six cartridges resembling bellows contain nutrient or fixative solutions. When the nutrient solution needs replacing or the specimens need fixating, the cartridges are triggered electrically. A spring attached to each cartridge keeps a needle-shaped syringe under constant tension. The spring, in turn, is kept under tension by a ring. At an electrical signal, a resistance wire melts through the plastic ring, and the spring presses the needle-shaped syringe into a cartridge containing nutrient or fixative solution. The solution enters the chamber through the syringe, pressing the spent nutrient solution out on the other side and back into the cartridge. The advantage of this elaborate system is that only a brief electronic signal needs to be given. The mechanism itself operates on a purely mechanical basis – powered by a spring. To be sure, the liquids must be absolutely free from air bubbles which would interrupt the liquid cycle.

#### An aquarium the size of a cigarette pack

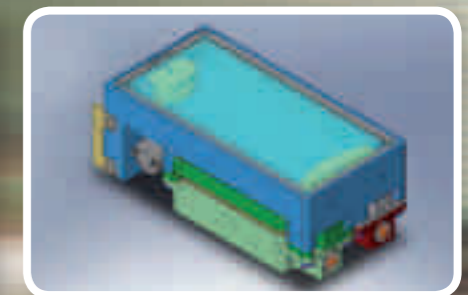
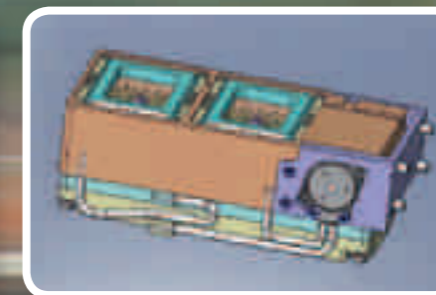
The largest accumulation of electronic components is contained in an experimental unit that was built for the German-Chinese cooperation experiment Joint (exp. 11). The unit contains diverse light panels, a minute magnetic stirrer, an oxygen sensor and an infrared measuring system. This cigarette-pack-sized aquarium is separated into two halves by a thin membrane. The upper half – a small, flat chamber – is home to a few snails, while microalgae (Euglenas, eye-spot animals) disport themselves in the larger lower half. For photosynthesis and the production of oxygen, algae need optimum lighting conditions. Consequently, the walls of the chamber are fitted with light panels equipped with powerful red LEDs. In addition, there is a weaker nighttime lighting system to ensure that the algae produce

#### Aufbau der SIMBOX / SIMBOX assembly



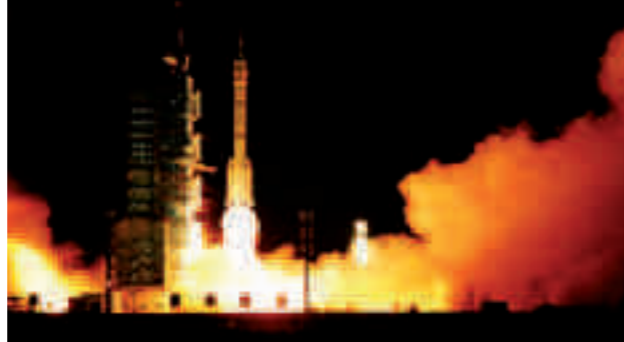
40 Experimenteinheiten sind Kernstück des SIMBOX-Experimentes. Die zigarettenschachtelgroßen Hightech-Forschungsplattformen sind je nach Experiment unterschiedlich angepasst: Vom Minilabor bis hin zum Miniaquarium bieten sie den Wissenschaftlern ideale Forschungsmöglichkeiten. In ihren Containern montiert werden sie in die SIMBOX-Apparatur eingebaut. 24 von Ihnen sind fest und 16 auf einer Zentrifuge montiert, die ab dem Erreichen der Schwerelosigkeit bis zum Wiedereintritt in die Atmosphäre permanent rotiert und so die Proben einer künstlichen Schwerkraft aussetzt.

40 experimental units form the core of the SIMBOX experiment. The size of a cigarette pack, these high-tech research platforms are geared to the requirements of the respective experiments: miniature greenhouses, laboratories, and aquariums provide scientists with ideal opportunities for research. Assembled in their containers, they are installed in the SIMBOX apparatus. While 24 units are stationary, 16 are mounted on a centrifuge which permanently rotates from the onset of weightlessness to the capsule's re-entry into the atmosphere, exposing specimens to artificial gravity equivalent to normal terrestrial conditions.



Am 31. Oktober um 23:00 Uhr MEZ (1. November, 6:00 Uhr Ortszeit) startete die Trägerrakete "Langer Marsch" das Raumschiff Shenzhou-8 mit der SIMBOX an Bord.

On October 31 at 23:00 CET (November 1 at 06:00 local time), the rocket 'Long March' was launched carrying the Chinese spacecraft Shenzhou-8 including SIMBOX.



le, einen winzigen Magnetrührer, ein Sauerstoffmessgerät und ein Infrarot-Messsystem. Dieses Aquarium im Zigarettenschachtelformat wird durch eine dünne Membran in zwei Hälften geteilt. In der oberen Hälfte – einer kleinen, flachen Wanne – befinden sich Schnecken, in der größeren unteren Hälfte tummeln sich Mikroalgen (Euglenen, Augentierchen). Damit die Algen Photosynthese betreiben und Sauerstoff produzieren können, brauchen sie eine optimale Beleuchtung. Dafür wurden in den Seitenwänden der Kammer Lichtpaneele mit starken, roten LEDs eingebaut. Zusätzlich gibt es aber auch noch eine schwächere Nachtbeleuchtung, um zu gewährleisten, dass die Schnecken auch in der Dunkelphase noch genügend Sauerstoff durch die Biomembran von den Algen erhalten. Die Schnecken atmen den Sauerstoff ein und Kohlendioxid aus, das wieder durch die Membran zurück zu den Algen diffundiert. Die Algen nehmen das Kohlendioxid auf, nutzen den Kohlenstoff zur Produktion von Biomasse – sie vermehren sich - und produzieren erneut Sauerstoff, den die Schnecken wiederum einatmen – ein geschlossener Gaskreislauf in einem stark miniaturisierten Öko-System. Doch wird dieses Ökosystem auch in der Schwerelosigkeit funktionieren und wie greift die Schwerelosigkeit in dieses System ein? Wie ändern sich diese Stoff- und Energieflüsse? Um diesen Fragen auf den Grund zu gehen wird ständig die Sauerstoffkonzentration bestimmt und ein Dichtemessgerät erfasst das Wachstum der Algenpopulation. Aus Versuchen, die auf der russischen Raumkapsel FOTON geflogen sind, wissen die Forscher bereits, dass die Apoptoseraten (Zelltodraten) in der Schwerelosigkeit erhöht sind und die DNA vermutlich durch die höhere Strahlung im Welt-raum vermehrt geschädigt wird. Dieses erhöhte Zellensterben sorgte aber andererseits wiederum für ein erhöhtes Nährstoffaufkommen und regte das Algenwachstum an.

Nach der erfolgreichen Landung der SIMBOX in der Wüste Gobi und Übergabe an die beteiligten Wissenschaftler beginnt nun die Auswertung der Proben. Danach wird sich zeigen, welchen Einfluss Schwerelosigkeit und Strahlung auf Organismen haben und wie sie in Zellkreisläufe eingreifen. Mit dem erfolgreichen Ende der Pioniermission SIMBOX wurde eine Tür in der Raumfahrt-Kooperation mit China aufgestoßen. Diese Partnerschaft bietet Chancen, die Kooperationen mit der chinesischen Weltraumbehörde CMSEO zu vertiefen und erweitert die Möglichkeiten deutscher Wissenschaftler, im Welt-raum zu forschen – vielleicht bald auch wieder im „Palast des Himmels“.

sufficient oxygen to supply the snails through the biomembrane. The snails inhale oxygen and exhale carbon dioxide, which diffuses back to the algae through the membrane. The algae absorb the carbon dioxide and use the carbon it contains to produce biomass – they proliferate – and to generate oxygen, which, in turn, is inhaled by the snails – a closed gas cycle in a highly miniaturised eco-system. But will this system work in weightlessness, and how does weightlessness interfere with this system? How do fluxes of matter and energy change? To get to the bottom of these questions, oxygen concentrations are measured continuously, and the growth of the algal population is measured by a densitometer. From experiments that have flown on the Russian FOTON space capsule, researchers already know that apoptotic rates (cytolysis rates) increase in weightlessness, and that the DNA is likely to be relatively severely harmed by cosmic radiation. At the same time, cells dying at a greater rate increase the nutrient supply, which promotes algal growth.

Now that SIMBOX has successfully landed in the Gobi desert and been handed over to the participating scientists, the evaluation of specimens will begin. Once it is over, we shall see to what extent organisms are influenced by weightlessness and radiation, and how these two factors interfere with biological processes and cellular cycles. The successful end of the SIMBOX pioneering mission has opened a door to cooperation with China in space. This partnership offers opportunities to deepen our cooperation with the Chinese space agency, CMSEO, offering a greater variety of chances to German scientists to conduct research in space – possibly in the 'Heavenly Palace' in the near future.

### Chinesische Experimente / Chinese experiments

- EXPERIMENT 1** Funktionale Genomanalyse der Signalverarbeitung und des Stoffwechsels bei Pflanzen (*Oryza sativa*) unter dem Einfluss von Schwerelosigkeit / *Functional genomic analysis of plant signal transduction and secondary metabolism under microgravity (Oryza sativa)*  
Institute of Plant Physiology and Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, CAS, Shanghai
- EXPERIMENT 2** Molekularbiologische Reaktionen des Cytoskeletts pflanzlicher Zellen in Schwerelosigkeit / *Molecular biology basis of cytoskeleton responding to microgravity in plant cells*  
Institute of Plant Physiology and Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences
- EXPERIMENT 3** Proteinveränderungen von Reis-Keimlingen unter Schwerelosigkeit / *Investigation of rice proteomic change in response to microgravity*  
Institute of Plant Physiology and Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, CAS, Shanghai
- EXPERIMENT 5** Synergistische Effekte von Weltraumstrahlung und Schwerelosigkeit auf den Fadenwurm *C. elegans* / *Synergistic effects of space radiation and microgravity on C. elegans*  
Institute of Environmental Services and Systems Biology, Dalian Maritime University
- EXPERIMENT 6** Auswirkungen der Weltraumbedingungen auf Wachstum und Stoffwechsel von Bakterien / *Effects of space conditions on microbial growth and metabolism*  
Institute of Microbiology, CAS, Beijing
- EXPERIMENT 7** Entwicklungs- und Verhaltensuntersuchung bei Fadenwürmern (*C. elegans*) / *The study of animal behaviour and development (C. elegans)*  
Institute of Hydrobiology, CAS, Wuhan
- EXPERIMENT 8** Entwicklung und physiologische Reaktion von Algen unter Weltraumbedingungen / *Studies on development and physiological response of algae in space*  
Institute of Hydrobiology, CAS, Wuhan
- EXPERIMENT 9** Stoffwechsel bei Höheren Pflanzen (*Oryza sativa*) unter Weltraumbedingungen / *Metabolism of higher plants in space (Oryza sativa)*  
Photosynthesis Research Center, Institute of Botany, CAS, Wuhan
- EXPERIMENT 10** Genexpression bei Arabidopsis thaliana unter dem Einfluss der Schwerelosigkeit / *Gene expressions analyses in plants (Arabidopsis thaliana) under microgravity condition*  
Institute of Genetics and Developmental Biology, CAS, Beijing

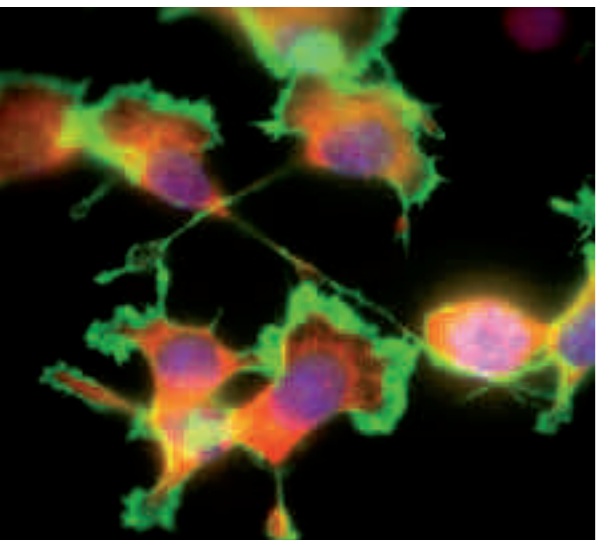
### Deutsch-chinesische Experimente / German-Chinese experiments

- Experiment 4** Kristallisation von Biomakromolekülen in der Schwerelosigkeit / *Studies on assembly and application of bio macromolecules in space*  
Institute of Biophysics, CAS, Beijing / Institut für Biochemie und Molekularbiologie, Universität Hamburg
- Experiment 11** Lebenserhaltungssystem in einer Zigarettenschachtel / *Life support system in a cigarette box*  
Institute of Hydrobiology, CAS, Wuhan / Institut für Botanik I, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen

### Deutsche Experimente / German experiments

- Experiment 12** Molekulare Adaptation von *Euglena gracilis* an Schwerelosigkeit / *Molecular adaptation of Euglena gracilis in microgravity*  
Institut für Botanik I, Friedrich-Alexander-Universität
- Experiment 13** Differenzierung von humanen neuronalen Zellen in Schwerelosigkeit / *Differentiation of human neuronal cells in microgravity*  
Institut für Physiologie, Universität Hohenheim
- Experiment 14** Einfluss der Schwerelosigkeit auf humane Schilddrüsenzellen / *Influence of microgravity on human thyroid cells*  
Klinik für Plastische, Ästhetische und Handchirurgie, Universitätsklinikum Magdeburg
- Experiment 15** Effekte der Schwerelosigkeit auf die Aktivierung und die Funktion von menschlichen Makrophagen / *Effects of microgravity on the activation and function of human macrophage cells*  
Institut für Maschinenbau, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Experiment 16** Expression von Pflanzengenen und -proteinen in Schwerelosigkeit / *Genomic and protein expressions of plants under microgravity conditions*  
Botanisches Institut, Physiologische Ökologie der Pflanzen, Universität Tübingen
- Experiment 17** Analyse schwerkraftabhängiger Gene in Pflanzen / *Analysis of gravity-dependent genes in plants*  
Institut für Biologie II, Universität Freiburg

### Wissenschaft im Zigarettenschachtelformat / Science in cigarette pack size



An menschlichen **Immun-, Nerven- und Schilddrüsenzellen** werden die Auswirkungen von Langzeitschwerelosigkeit untersucht. Ziele: Therapien zur Stärkung des Immunsystems (Universität Magdeburg); Aufklärung der Nervenentwicklung und Gehirnfunktion (Universität Hohenheim); Entwicklung von gewebsähnlichen Zellverbänden zur Reduktion von Tierversuchen in der Krebsforschung (Charité Berlin)

Zwei Experimente mit Arabidopsis thaliana (Ackerschmalwand) untersuchen in unterschiedlicher Weise, wie **Pflanzen** Schwerkraft wahrnehmen und diesen Reiz verarbeiten. Ziel: Auf-

klärung der Signalverarbeitung bei der Schwerkraftwahrnehmung und dem nach der Schwerkraft ausgerichteten Wachstum von Pflanzen (Universität Freiburg und Universität Tübingen)

**Proteinkristallisation** von Biomakromolekülen in Schwerelosigkeit soll Ansatzpunkte liefern, um Wirkstoffe gegen ein weitgehend antibiotikaresistentes Bakterium (MRSA) und gegen Malaria Erreger zu entwickeln (Universität Hamburg und Chinesische Akademie der Wissenschaften, Peking)

In einem deutsch-chinesischen Gemeinschaftsprojekt wird ein

**künstliches Ökosystem** aus Algen und Schnecken eingesetzt und deren Physiologie in Schwerelosigkeit sorgfältig analysiert. Ziel: Verständnis von Stoff- und Energieflüssen in **biologischen Lebenserhaltungssystemen** (Universität Erlangen und Universität Wuhan, China)

**H**uman **immune, nerve, and thyroid cancer cells** are used to study the effects of long-term exposure to weightlessness. Objectives: therapies to strengthen the immune system (Magdeburg University); throwing light on nerve development and brain functions

(Hohenheim University); development of tumour-like cell aggregates (spheroids) to reduce the number of animal experiments in cancer research (Charité Berlin)

Two experiments involving Arabidopsis thaliana (mouse-ear cress) employ different approaches to investigate the way in which **plants** sense gravity and process this stimulus. Objective: to clarify how signals are processed in gravity perception and how the growth of plants is guided by gravity (Universities of Freiburg and Tübingen)

Studying the **crystallisation of proteins** in bio-macromolecules under

zero gravity serves to provide clues for developing substances to combat a bacterium (MRSA) that resists most antibiotics as well as organisms that cause malaria (Hamburg University and Chinese Academy of Sciences, Beijing)

Under a joint project, German and Chinese scientists carefully analyse the physiology of algae and snails kept in an **artificial ecosystem** in zero gravity. Objective: to understand fluxes of matter and energy in biological life-support systems. (Universities of Erlangen and Wuhan, China)



# Raumfahrtmedizin

Gesundheitsforschung in der deutschen Raumfahrtstrategie

Von Prof. Dr. Günter Ruyters und PD Dr. Stefan Schneider

Die Gesundheit verbessern, die Natur erforschen, Exploration ermöglichen – diese Anforderungen stellt die neue Deutsche Raumfahrtstrategie an die biowissenschaftliche Forschung. Um diesen gerecht zu werden und die Forschung in der Raumfahrtmedizin voranzutreiben, trafen sich Ende September mehr als 60 Wissenschaftler und Industrievertreter zu einem Workshop zur „Gesundheitsforschung im deutschen Raumfahrtprogramm“ an der Deutschen Sporthochschule (DSHS) in Köln. Eingeladen waren alle derzeit durch das DLR Raumfahrtmanagement geförderten Arbeitsgruppen des Forschungsgebiets Humanphysiologie im Programm Forschung unter Weltraumbedingungen sowie Wissenschaftler aus dem Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin des DLR. Gleichzeitig war die Veranstaltung ein Beitrag zum Wissenschaftsjahr der Gesundheitsforschung, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für 2011 ausgerufen worden ist.

## Space Medicine

Health Research under the German Space Strategy

By Prof. Dr. Günter Ruyters and PD Dr. Stefan Schneider

Improving health, understanding nature, enabling exploration – these are the tasks the German space strategy has assigned to the life sciences. To meet these demands and to help advance research in space medicine, more than 60 scientists and industry people gathered at a workshop in late September entitled 'Health research under the German space programme' held at the German Sports University (DSHS) in Cologne. The list of participants included all human physiology research groups whose work is currently funded by DLR Space Administration under its programme Research under Space Conditions (Life and Physical Sciences in Space) as well as scientists from the DLR Institute of Aerospace Medicine. At the same time, the meeting was a contribution to the National Year of Health Research 2011 proclaimed by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

An raumfahrtmedizinischen Themen kann auf der Internationalen Raumstation ISS, auf Parabelflügen oder in Betruhestudien geforscht werden.

Research in space medicine can be done at the International Space Station ISS, during parabolic flights, or in bedrest studies.



Wo steht die Raumfahrtmedizin heute? Wie muss sich die raumfahrtmedizinische Forschung im Sinne der Ziele der neuen Deutschen Raumfahrtstrategie zukünftig ausrichten? Wie sind die Ergebnisse auf den Menschen auf der Erde übertragbar? Um diese grundlegenden Fragen zu beantworten, neue Kooperationen anzustoßen und Zukunftsperspektiven zu diskutieren, präsentierten die Wissenschaftler unter Federführung des „Zentrums für integrative Physiologie im Weltraum“ (ZIP) in Köln Forschungsergebnisse aus Weltraumexperimenten und begleitenden Bodenstudien. Auf der Tagesordnung des Workshops standen Themen wie Herz-Kreislauf-Physiologie, Muskel- und Knochenphysiologie, Immunsystem und Zellbiologie sowie Neurovestibular-Physiologie und Psychologie. Besonders hervorzuheben war wieder einmal der integrative Charakter vieler Forschungsprojekte; hier fungiert die Raumfahrtmedizin als Vorreiter und blickt – ausgehend von der molekularen und systemischen Ebene – wirklich auf den ganzen Menschen.

### Salzhaushalt

Neue Befunde zum Zusammenhang zwischen Salz in der Nahrung und Bluthochdruck sowie mit dem Knochenstoffwechsel wurden in Experimenten von Wissenschaftlern der Univ. Erlangen und Bonn sowie des DLR Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin auf der ISS und während der Mars500-Isolationsstudie erhoben. Erste Ergebnisse zeigen, dass selbst bei gesunden Probanden eine verminderte Kochsalzzufuhr in der Nahrung zu einer deutlichen Senkung des Blutdrucks führt. Eine kochsalzreduzierte Ernährung kann also auch bei Gesunden langfristig Schlaganfall, Herzinfarkt und Arteriosklerose vorbeugen. Diese Erkenntnisse können nun in neue Therapiekonzepte einfließen.

### Muskel- und Knochenabbau

Welche Gegenmaßnahmen sind bei Muskel- und Knochenabbau beim Astronauten im All und beim Menschen auf der Erde erfolgreich? Kann beispielsweise Vibrationstraining effektiv dem Abbau entgegenwirken? Dies wurde in Betruhestudien mit dem Vibrationstrainer Galileo Space durch Forscher der Charité Berlin eindeutig bestätigt. Inzwischen wird diese Methode erfolgreich als Reha-Maßnahme zum Beispiel bei älteren Menschen und bei Kindern mit Glasknochenkrankheit eingesetzt. Auch der vermutete Zusammenhang zwischen Veränderungen des Muskels- und Knochenbaus wurde in Betruhestudien eindeutig bestätigt. Studien auf der ISS und weitere Betruhestudien beziehen nun die Veränderungen des Knorpels im Knie mit ein – ein auch in der terrestrischen Medizin bislang weitgehend vernachlässigter Aspekt.

### Immunsystem

Die Beeinträchtigungen des Immunsystems bei Astronauten sind seit langem bekannt – Ursachen und Mechanismen jedoch bislang nicht verstanden. Mehrere Forschergruppen konnten hier in den vergangenen Jahren in unterschiedlichen Ansätzen Fortschritte erzielen. In einem umfangreichen Programm auf der ISS, auf Parabelflügen sowie in Betruhe- und Isolationsstudien wird das komplizierte Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren des Immunsystems analysiert. Einer dieser Faktoren könnte Stress sein. Wie sich der Ein-

Autoren: **Prof. Dr. Günter Ruyters** leitet in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements das Programm Biowissenschaften (Biologie, Medizin). **PD Dr. Stefan Schneider** ist Sprecher des ZIP (Zentrum für integrative Physiologie im Weltraum) an der Deutschen Sporthochschule Köln und Wissenschaftler am Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaften.

Authors: **Prof. Dr. Günter Ruyters** heads the Life Sciences Programme in the department of Research under Space Conditions (Life and Physical Sciences) of the DLR Space Administration. **PD Dr. Stefan Schneider** is speaker of the ZIP (Center for integrative Physiology in Space) at the German Sports University in Cologne and scientist at the Institute of Movement and Neurosciences.

Where does space medicine stand today? Following the spirit of Germany's new space strategy, in what direction should research in space medicine proceed? How can its findings be transferred to people on Earth? To answer these fundamental questions, to instigate new cooperation and to discuss future perspectives, scientists in Cologne presented the results of their space experiments and concurrent Earth-based studies under the aegis of the 'Centre for Integrative Physiology in Space' (ZIP) in Cologne. The workshop agenda included topics such as cardio-vascular physiology, skeletal-muscular physiology, the immune system and cell biology as well as neuro-vestibular physiology and psychology. As in past workshops, special emphasis was once again on the integrative character of many research projects, with space medicine acting as a spearhead discipline, which, working from the molecular and systemic level upwards, aims to address the whole human being.

### Salt balance

New experimental findings with regard to the connection between salt intake and high blood pressure and the bone metabolism were reported by scientists from the Universities of Erlangen and Bonn and from the DLR Institute of Aerospace Medicine. Experiments were conducted on board the ISS and during the Mars500 isolation study. Early results indicate that even in healthy subjects a lower dietary salt intake leads to a marked lowering of their blood pressure. Thus, also in healthy patients, a low-salt diet can in the long term help prevent apoplexy, heart attacks and arteriosclerosis. This knowledge can now be brought to bear on treatment concepts.

### Skeleto-muscular system

What remedies are likely to be successful in preventing bone and muscle loss in astronauts in space and patients on Earth? Is whole-body vibration exercise one way of effectively counteracting skeletal-muscular decay? Researchers of Berlin's Charité hospital clearly confirmed this in a series of bedrest studies in conjunction with the use of the Galileo Space Vibration Trainer. The method is now successfully applied in the rehabilitation treatment of elderly patients and children with brittle bone disease. Bedrest studies also produced clear evidence for the long-suspected correlation between changes in the muscular system and the bone structure. Current studies on the ISS and further bedrest studies now include the knee cartilage, an aspect that has been largely neglected in terrestrial medicine, too.

### Immune defence

Astronauts have long been known to have a weakened immune system, but the underlying causes and mechanisms have not been understood. Several research teams have been able over the past few years to make progress here, using various different approaches. In a large-scale ISS-based programme, on parabolic flights and in bedrest and isolation studies, the complex interplay between the various factors of the human immune system were analysed. One of these factors might possibly be stress. How stress affects the immune system and whether it might also affect the brain is the subject of a study conducted by scientists at the Ludwig-Maximilians-University Munich using magnetic resonance tomography (MRT) per-



Der Thermosensor zur nicht-invasiven Erfassung der Körperkerntemperatur kommt im klinischen Alltag sowie bei den Astronauten auf der ISS zum Einsatz.

The thermosensor is in use to record the core body temperature of patients in clinical all-day life and of ISS astronauts in a non-invasive way. (Charité/NASA)

fluss von Stress auf das Immunsystem auswirkt und ob dieser sogar Auswirkungen auf Vorgänge im Gehirn hat, untersuchen gerade Wissenschaftler der Ludwig-Maximilians-Universität München mittels Magnetresonanztomographie (MRT) an der Crew der Mars500-Isolationsstudie. Ergebnisse aus Parabelflügen und auf der ISS zeigen jedenfalls starke Veränderungen verschiedener Faktoren des Immunsystems. Zusammen mit den Ergebnissen zellulärer Studien der Uni Magdeburg wird nun allmählich die ganze Bandbreite der Veränderungen des Immunsystems sichtbar.

#### Sport und Bewegung

Sport und Bewegung sind wichtige Elemente für den Erhalt der körperlichen Leistungsfähigkeit. In einem neuen Ansatz versuchen Wissenschaftler der Deutschen Sporthochschule Köln, die Bedeutung dieser Faktoren auch für die kognitive Leistungsfähigkeit zu etablieren. Ergebnisse aus Isolationsstudien und Parabelflug-Experimenten sowie erste Untersuchungen an Schulkindern bestätigen diesen Zusammenhang. Ein Blick auf die ersten Daten der Mars500-Isolationsstudie hat gezeigt, dass das Sportprogramm den Gesundheitszustand verbessert. Sport kann zudem den mit der Isolation einhergehenden negativen Faktoren wie Stress, Langeweile, Beengtheit und depressiven Phasen entgegenwirken.

#### Nicht-invasive medizinische Diagnostik

Für die nicht-invasive medizinische Diagnostik wurden auf dem Workshop verschiedene neue Entwicklungen vorgestellt, die auch für die terrestrische Anwendung von großer Bedeutung sind. So wurde beispielsweise in Zusammenarbeit zwischen der Charité Berlin und der Firma Dräger (Lübeck) ein neuer Thermosensor zur nicht-invasiven Erfassung der Körperkerntemperatur bei den Astronauten auf der ISS entwickelt. Inzwischen wird dieser Sensor bei Herz-Transplantationen am Berliner Herzzentrum eingesetzt und bei Menschen unter extremen Arbeitsbedingungen getestet (Feuerwehrleute, Minenarbeiter in den Anden). Auf der ISS und auch während der Isolationsstudie Mars500 wurde mit diesem Doppelsensor die zirkadiane Rhythmik der Körperkerntemperatur untersucht. Die in den vorläufigen Ergebnissen erkannten Veränderungen können nachhaltigen Einfluss unter anderem auf die Arbeitseffizienz, die Schlafqualität, die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen nehmen, so dass auch für diese Veränderungen zukünftig entsprechende Gegenmaßnahmen entwickelt werden sollten.

Die Elektrische Impedanz-Tomographie zur nicht-invasiven Messung der Lungenfunktion ist eine weitere Diagnostikmethode, die in den letzten Jahren im Rahmen des Raumfahrtprogramms von Wissenschaftlern der Universität Göttingen bis zur Anwendungsreife weiter entwickelt und auf Parabelflügen getestet wurde. Als Ergänzung des in Columbus befindlichen deutsch-französischen Cardiolabs steht die Methodik für künftige Experimente auf der ISS zur Verfügung, um die Lungenfunktion der Astronauten in Schwerelosigkeit zu erfassen. Auf der Basis dieser erfolgreichen Vorarbeiten ist von der Firma Dräger ein kommerzielles Gerät entwickelt worden, das seit kurzem auf dem Markt ist. Einsatzfelder in der Klinik sind beispielsweise die

formed on the crew of the Mars500 isolation study. Research data from parabolic flights and from the ISS show distinct changes in a number of factors of the immune system. Combining this knowledge with the results of cell studies conducted by the University of Magdeburg, the entire bandwidth of possible changes in the human immune system is now becoming evident.

#### Sports and exercise

Sports and exercise are important elements in maintaining physical fitness. Following a new approach, scientists from the Cologne Sports University are now trying to prove the significance of these factors also in the area of cognitive fitness. The connection appears to be confirmed by data from the isolation study and parabolic flight experiments as well as a number of studies involving school children. A first look at Mars500 data has shown the exercise programme to improve the subjects' health status. Sports can additionally help cope with factors that typically occur in conjunction with isolation, such as stress, boredom, confined conditions, and phases of depression.

#### Non-invasive diagnostics

A range of new developments in non-invasive medical diagnostics were presented at the workshop, which would also bring major improvements to terrestrial applications. For example, a new thermosensor was developed in cooperation between Charité Berlin and the Lübeck-based company Draeger to render possible a non-invasive way to record the core body temperature of ISS astronauts. The sensor is now used by the Berlin Cardiac Centre during heart transplant surgery, and is being tested on people exposed to extreme working conditions (fire-fighters, and mineworkers in the Andes Mountains). On the ISS and during the Mars500 isolation experiment, the double sensor was used to study the circadian rhythm of the body core temperature. Changes have been detected in a preliminary evaluation of results that may have a marked impact on our understanding of work efficiency, quality of sleep, health and well-being of many people, enabling remedies to be developed for any disorders in these fields soon.

A further diagnostic method studied is electrical impedance tomography used in the non-invasive measurement of the pulmonary function. It has been developed up to application-readiness over the past few years by scientists from the University of Göttingen and tested on parabolic flights. The method will be available for future use on the ISS as an addition to the Franco-German Cardiolab on Columbus, to record the crew's lung function in microgravity. Based on this successful preliminary work, a commercial device was recently developed and launched on the market by Draeger. Its clinical use includes measurements of pulmonary function under artificial respiration, under conditions of various lung diseases as well as in incubators for newborns.

HealthLab has been used by scientists at the DLR Institute of Aerospace Medicine for a number of years together with their counterparts from the IBMP (Institute for Biomedical Problems Moscow) to



Durch Vibrationstraining kann dem Muskel- und Knochenabbau entgegengewirkt werden. Von diesen Forschungsaktivitäten profitieren auch Patienten mit degenerativen Erkrankungen.

By vibration training the muscle and bone resorption can be antagonised. Patients with degenerative diseases profit from these research activities. (UniReha GmbH)

Messung der Lungenfunktion bei der künstlichen Beatmung, bei verschiedenen Lungenkrankheiten sowie im Neugeborenen-Inkubator.

Mit HealthLab wird von Wissenschaftlern des Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin des DLR seit einigen Jahren in Zusammenarbeit mit dem IBMP (Institut für Biomedizinische Probleme Moskau) die psycho-physiologischen Leistungsfähigkeit von Kosmonauten auf der ISS und von Probanden im Parabelflug getestet. HealthLab misst dabei nicht-invasiv eine Vielzahl physiologischer und psychologischer Parameter und ermittelt daraus ein Reaktionsmuster für den einzelnen Menschen. Auch unter besonderen, teilweise extremen terrestrischen Bedingungen kommt HealthLab bereits zum Einsatz – so zum Beispiel durch die chilenische Minengesellschaft sowie bei der Delphin-Therapie autistischer Kinder.

#### Gesundheitsforschung im Rahmen der Raumfahrtstrategie

Auf dem Workshop „Gesundheitsforschung im Deutschen Raumfahrtprogramm“ wurde wieder einmal deutlich, dass gerade die Raumfahrtmedizin die Ziele der 2010 verabschiedeten Raumfahrtstrategie der Bundesregierung in besonderem Maße verfolgt: „Entscheidende Beiträge zur Erhöhung der Lebensqualität des Menschen zu leisten“, „für die Menschen ins All zu gehen“. Und wenn in der High-Tech-Strategie "Gesundheit und Ernährung" als eine der fünf globalen Herausforderungen definiert wird, der mit Zukunftsprojekten wie „Individualisierte Medizin“, „Ernährungsforschung“ und „Altersforschung“ begegnet werden soll, decken genau die Schwerpunkte der Raumfahrtmedizin ab. Vor allem die Altersforschung steht hier im Fokus, ähneln doch die physiologischen Veränderungen, welche die Astronauten bei ihren Weltraumflügen erfahren, den Altersprozessen des Menschen auf der Erde. Im Weltraum laufen sie gewissermaßen im Zeitraffer ab und sind weitgehend reversibel.

Der Workshop zeigte auch, dass durch Experimente auf Flugzeug-Parabelflügen, in Betruhe- und Isolations-Studien, vor allem aber durch die zunehmenden Möglichkeiten der ISS-Nutzung gerade die Raumfahrt-medizinischen Forschungsaktivitäten in den letzten Jahren einen enormen Aufschwung erfahren haben und eine zentrale Rolle im biowissenschaftlichen Raumfahrtprogramm spielen. Gerade im Licht der weltweiten Diskussion über Exploration sollte dies auch zukünftig so bleiben.

#### Für das biowissenschaftliche Raumfahrtprogramm sind drei übergeordnete Ziele definiert:

- die Natur erforschen durch Projekte in Gravitations-, Strahlen- und Astrobiologie
- die Gesundheit verbessern durch Projekte in integrativer Physiologie, zur Entwicklung von Diagnose- und Therapiemethoden sowie in operationeller Medizin
- die Exploration ermöglichen durch Projekte zum Thema Bioregenerative Lebenserhaltungssysteme sowie zur Erhaltung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Astronauten



test the psycho-physiological fitness of ISS cosmonauts and volunteers on parabolic flights. Using a non-invasive method, HealthLab measures a great variety of physiological and psychological parameters to determine a reaction pattern for each individual subject. HealthLab is already applied under specific, partially extreme terrestrial conditions, too. It is used by the Chilean mining company and in dolphin therapy for autistic children.

#### Health research as part of a space strategy

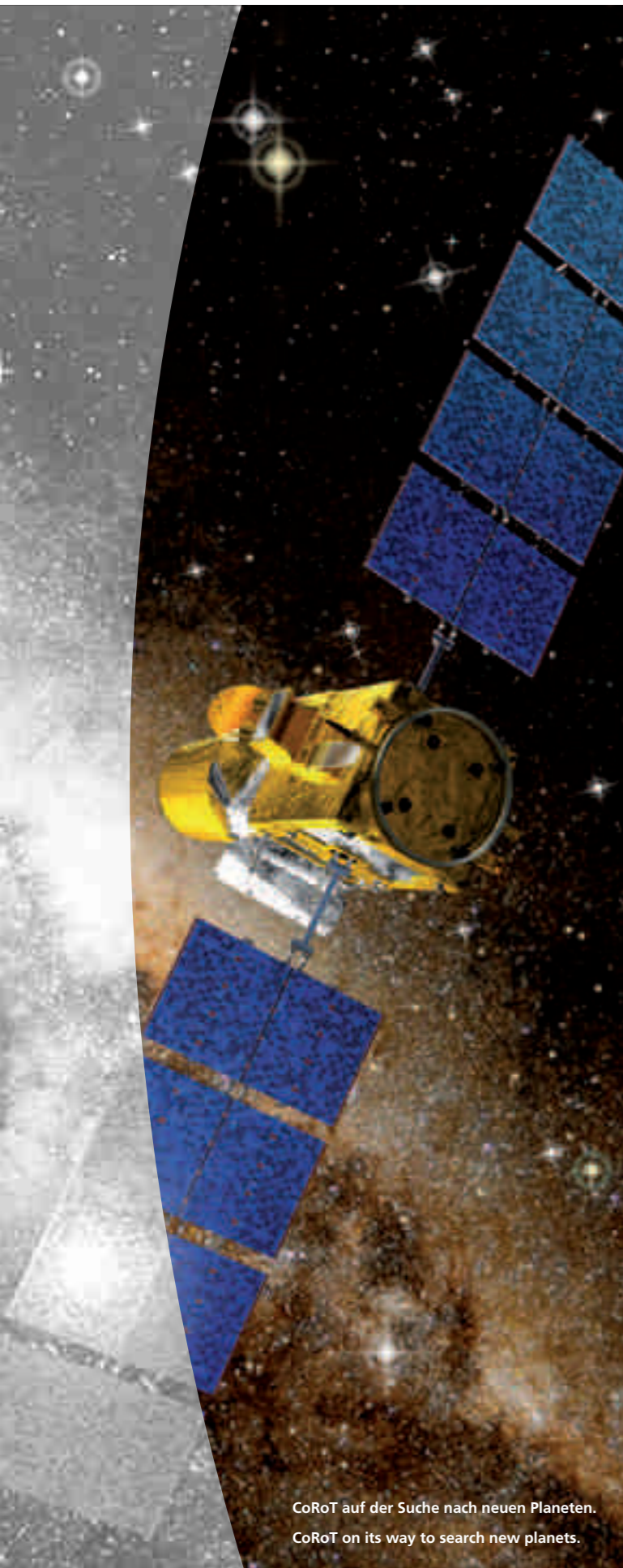
At the workshop 'Health Research in the German Space Programme' it became clear once again that space medicine is exceptionally geared to pursuing the goals of the 2010 space strategy: to deliver a vital contribution to improving the quality of life, and going into space for mankind. In its new high-tech strategy, the German government identifies five global challenges. One of these is Health and Nutrition, which it intends to meet by forward-looking schemes such as 'personalised medical care', 'nutritional research' and 'research on ageing'. These exactly correspond to the focal points of space medicine. Research on ageing is of particular relevance since there is a great similarity between what happens physiologically to astronauts on space missions and ageing processes in people on Earth. On space missions, these processes happen, in a manner of speaking, in fast-forward mode, and are reversible to a large extent.

What the workshop also showed was that, thanks to the experiments on parabolic flights, in bedrest and isolation studies, but especially the options offered by the use of the ISS, space medicine research activities in the past few years have received a substantial boost. They now play a key role in the Space Life Sciences programme, which – also in the light of the world-wide discussion on exploration – should continue in the future.

#### Three overarching objectives have been defined for the life-science part of the space programme:

- To explore nature by means of research projects in gravitational, radiation, and astrobiology
- To improve human health through research in integrative physiology, the development of diagnostic and therapy methods as well as in operational medicine
- To enable exploration through research on bio-regenerative life support systems as well as on the maintenance of the health and fitness of astronauts





CoRoT auf der Suche nach neuen Planeten.  
CoRoT on its way to search new planets.

## CoRoT

### Planetenjäger entdeckt zehn neue Himmelskörper

Von Dr. rer. nat. Ruth Titz-Weider und Dr. Manfred Gaida

**Seit Anfang 2007 sucht der europäische Satellit CoRoT systematisch nach neuen, um sonnenähnliche Sterne kreisenden Planeten außerhalb unseres Sonnensystems – nach sogenannten extrasolaren Planeten. Nun hat er zehn weitere entdeckt. Damit ist die Zahl der mit CoRoT gefundenen Exoplaneten auf 28 angestiegen. Die „neuen“ Planeten, deren Existenz durch nachfolgende Beobachtungen mit Hilfe bodengebundener Teleskope bestätigt wurde, zeigen deutlich die Vielfalt von Exoplaneten hinsichtlich Masse, Dichte, Bahncharakteristik und Alter.**

## CoRoT

### Planet Hunter Discovers Ten New Heavenly Bodies

By Dr. rer. nat. Ruth Titz-Weider and Dr. Manfred Gaida

**Since the beginning of 2007, the CoRoT satellite has been systematically looking for new planets outside our solar system which circle around stars that resemble the Sun. Now, it has discovered another ten of these so-called extra-solar planets. This brings the number of exoplanets found by CoRoT up to a total of 26. These newly discovered planets, whose existence was confirmed by subsequent observations with ground-based telescopes, clearly display the sheer diversity of exoplanets in terms of their mass, density, orbital characteristics, and age.**



Autoren: **Dr. rer. nat. Ruth Titz-Weider** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am DLR Institut für Planetenforschung und arbeitet im deutschen CoRoT-Team bei der Suche nach extrasolaren Planeten mit. **Dr. Manfred Gaida** ist Astronom und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik des DLR Raumfahrt-Managements.

Authors: **Dr. rer. nat. Ruth Titz-Weider** works as a scientist at the DLR Institute of Planetary Research and is part of the German CoRoT team in search of extrasolar planets. **Dr. Manfred Gaida** is an astronomer and scientific assistant in the space science programme of the DLR Space Administration.

Das DLR ist in mehrfacher Hinsicht am multinationalen CoRoT-Projekt unter französischer Führung beteiligt. Im Auftrag der Bundesregierung und durch die finanzielle Förderung des DLR Raumfahrt-Managements wurde in Berlin die On-Board-Software des Satelliten entwickelt und erprobt. Sie steuert die Instrumente an Bord, sorgt für seine präzise Ausrichtung, übernimmt einen Teil der Datenverarbeitung und garantiert die fehlerfreie Übertragung der Beobachtungsdaten zur Erde. Im Gegenzug erhalten die Wissenschaftler des Teams um Prof. Heike Rauer am DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof die Messdaten. Im Rahmen ihrer Mitarbeit im internationalen wissenschaftlichen CoRoT-Team werden die Daten mit selbstentwickelter Software analysiert, um Planeten zu finden.

Im Jahr 1995 gelang den Forschern Michel Mayor und Didier Queloz am Observatorium von Genf eine Sensation: der erste Nachweis eines Exoplaneten um einen sonnenähnlichen Stern. Im Sternbild Pegasus umrundet ein jupiterähnlicher Gasplanet den Stern 51 Pegasi. Seit dieser Entdeckung ist die Zahl der nachgewiesenen Exoplaneten auf über 700 angewachsen. Jeden Monat kommen weitere hinzu und ein Ende der Entdeckungen ist nicht abzusehen. Auf den ersten Blick scheint ein neuer Exoplanet nichts Besonderes mehr zu sein – lediglich eine statistische Größe. Doch es geht keineswegs nur um die bloße Anzahl ferner Welten: Planetenforscher wollen verstehen, wie und unter welchen Bedingungen sich einzelne Planeten und ganze Planetensysteme entwickeln. Ist unser eigenes Sonnensystem in der Milchstraße nur eines von vielen, die ähnlich aufgebaut sind? Oder bleibt es mit seinen Eigenschaften – insbesondere mit unserer belebten Erde – eine Ausnahme?

### Sieben neue heiße Jupiter

Der von Mayor und Queloz gefundene Planet 51 Pegasi b ist hier ein gutes Beispiel für die Andersartigkeit. Der Planet weist Eigenschaften auf, die wir in unserem Planetensystem nicht vorfinden: Ein Gasriese mit der halben Jupitermasse umkreist in 100 Stunden einmal komplett seinen Stern, wofür die Erde ein ganzes Jahr braucht. Infolge der Sternnähe empfängt der Planet erheblich mehr Strahlung als unser Jupiter. Mit dieser Entdeckung war die Klasse der heißen Jupi-

Davor einfügen: DLR is involved in the CoRoT project in several ways. Commissioned by the Federal Government and funded by the DLR Space Administration, the satellite's on-board software was developed and tested at the Berlin location within a period of five years. The software controls the instruments on board the satellite, ensures that it is aligned precisely, processes part of the data, and guarantees that it is transmitted correctly to Earth. In return, the scientists of the team headed by Prof. Heike Rauer at the DLR Institute of Planetary Research in Berlin-Adlershof receive the measurement data. As part of their cooperation with the international scientific CoRoT team, they analyse the data, using their own internally developed software to find planets.

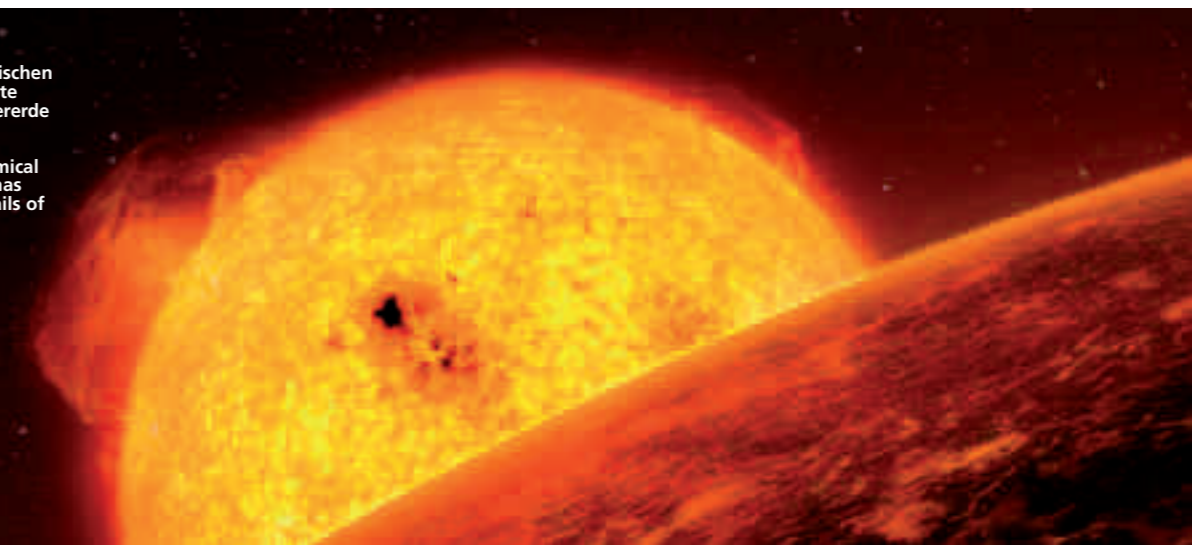
In 1995, Michel Mayor and Didier Queloz, two researchers at the observatory of Geneva, created a sensation by confirming the existence of the first exoplanet circling around a sun-like star. In the Pegasus constellation a Jupiter-like gas planet orbits the star 51 Pegasi. Since that discovery, the number of exoplanets found has risen to a total amount of around 700. More are being discovered every month, and there is no end in sight. At first glance, yet another exoplanet appears to be nothing more special than a statistical figure. But the point at issue is not merely the number of remote worlds; planetary researchers want to understand how and under what conditions individual planets and entire planetary systems evolve. Is our own solar system only one of many others in the Milky Way with a similar configuration? Or will it remain an exception because of its peculiar characteristics, including especially our Earth and the life on it?

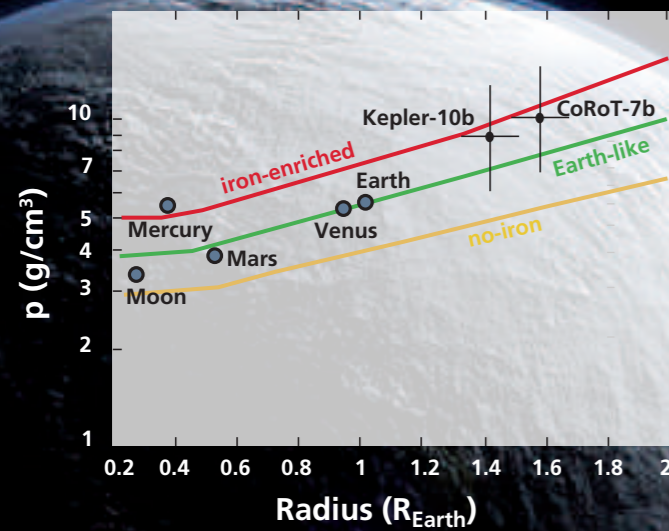
### Seven new hot Jupiters

51 Pegasi b, the planet that was found by Mayor and Queloz, is a good example of the unique nature of such worlds. The planet shows characteristics that exist nowhere in our own planetary system: a gas giant of half the mass of Jupiter, it completes an orbit around its parent star every 100 hours, a journey for which Earth needs a whole year. Being so close to its star, the planet receives considerably more radiation than 'our' Jupiter. This and similar dis-

Eine der längsten astronomischen Einzelbeobachtungen brachte einzigartige Details der Supererde CoRoT 7b ans Licht.

One of the longest astronomical single-object observations has revealed extraordinary details of super-Earth CoRoT 7b. (MPE)





Verhältnis von Dichte und Radius bei drei unterschiedlichen Gesteinszusammensetzungen. Erdähnlich: 67 Prozent Masse eines Silikatmantels mit zehn Prozent Eisenanteil + 33 Prozent Masse eines Eisenkerns. Ohne Eisen: 100 Prozent Silikatmantel. Eisenangereichert: 37 Prozent Silikatmantel mit null Prozent Eisenanteil + 63 Prozent Eisenkernmasse.

Density-to-radius relationships in the rock composition of three different types of rocky planets. Earth-like: a silicate mantle containing 10 per cent iron accounting for 67 per cent of the planetary mass, and an iron core accounting for 33 per cent. Iron-free: 100 per cent silicate mantle. Iron-enriched: a silicate mantle containing zero per cent iron accounting for 37 per cent of the planetary mass, and an iron core accounting for 63 per cent. (MPE)

ter geboren, die kurz darauf durch die etwas kleineren, masseärmeren heißen Neptune ergänzt wurde. Sieben der jetzt neu entdeckten CoRoT-Planeten gehören zu der Klasse der heißen Jupiter. Ihre Massen liegen zwischen einer halben und der vierfachen Jupitermasse, ihre Umlaufperioden zwischen etwa zwei und neun Tagen (siehe Tabelle). Das Alter des entsprechenden Sterns ist eine andere Größe, mit der man unsere Vorstellungen zur Entwicklung von Planeten und Planetensystemen überprüfen kann. Einer der neuen Planeten, CoRoT-17b, umkreist einen Stern, der zehn Milliarden Jahre alt ist – etwa doppelt so alt wie unsere Sonne. Im Vergleich dazu ist der Stern CoRoT-18 mit einem Alter von nur einigen zehn Millionen Jahren sehr jung. An Planetensystemen mit erheblichen Altersunterschieden lassen sich entsprechende Modelle testen.

Der Planetenjäger CoRoT sucht nach extrasolaren Planeten mit der Transitmethode - das einzige Verfahren, mit dem man den Radius des Planeten ermitteln kann. Kombiniert man diese Methode mit einer zweiten, meistens der Radialgeschwindigkeitsmethode, lässt sich auch die absolute Masse eines Planeten bestimmen und damit seine mittlere Dichte ermitteln. Sie weist unmittelbar auf die Zusammensetzung und Beschaffenheit eines Planeten hin. Bei CoRoT-17b und CoRoT-18b entspricht sie ungefähr der doppelten Dichte des Jupiters. Im Gegensatz dazu hat CoRoT-19b ein geringeres Masse-Volumen-Verhältnis als der Saturn – der Planet mit der kleinsten Dichte in unserem Sonnensystem. CoRoT-17b könnte entweder ein ausgedehnter Gasplanet sein, der vorwiegend nur aus Wasserstoff und Helium besteht, oder einen kompakten Kern von 380 Erdmassen aus schwereren Elementen haben.

CoRoT-16b und CoRoT-20b laufen auf stark elliptischen Bahnen um ihren Stern. Da die Umlaufperioden aber nur einige Tage dauern, würde man eigentlich aufgrund der Gezeitenwechselwirkung eine kreisförmige Bahn erwarten. Zu erklären, wie diese starken elliptischen Bahnen die starke Gezeitenwechselwirkung zwischen Planet und Stern „überleben“ können, ist eine anspruchsvolle Aufgabe für dynamische Modellierungen.

#### Ein Planetensystem mit zwei Planeten

Zum ersten Mal hat auch CoRoT ein Planetensystem mit zwei Planeten entdeckt – insgesamt kennt man bereits rund 60 Mehrplaneten-systeme. Der Stern CoRoT-24, etwas kleiner als unsere Sonne, liegt rund 4000 Lichtjahre von uns entfernt und wird von den Planeten Corot- 24b und -24c umkreist. Corot -24b benötigt fast fünf Tage, CoRoT 24c fast zwölf Tage für einen Umlauf. Beide Planeten gehören zur Klasse der heißen Neptune. Dieses eigenartige Planetensystem wird weiterhin untersucht – insbesondere daraufhin, ob es noch weitere Planeten außer den beiden besitzt.

CoRoT hat darüber hinaus mehrere hundert Sterne entdeckt, die möglicherweise ebenfalls Transitplaneten beherbergen. Jeder dieser Kandidaten wird einer sehr genauen und aufwändigen Prüfung unterzogen, ob die beobachteten Signale wirklich von einem Planeten verursacht werden. Weitere photometrische und spektroskopische

coveries gave rise to the hot Jupiter class, soon to be joined by the somewhat smaller and less massive hot Neptunes. Seven of the planets recently discovered by CoRoT belong to the hot Jupiter class. Their mass ranges between one half and four times that of Jupiter, and their orbital period varies between about two and nine days (see table). Another quantity that may serve to test our ideas about the evolution of planets and planetary systems is the age of a star. One of the new planets, CoRoT-17b, orbits a star that is ten billion years old – about twice as old as our Sun. By comparison, CoRoT-18 is a very young star, being no more than some tens of million years old. Planetary systems that differ considerably in age may be used to put models to the test that describe the origin and development of planets and planetary systems.

In its quest for extrasolar planets, the planet hunter CoRoT uses the transit method, the only technique by which the radius of a planet can be determined. When this method is combined with another – mostly the radial velocity method – the absolute mass of a planet can be determined and its mean density computed, which, in turn, delivers clues regarding the composition and condition of a planet. The density of CoRoT-17b and CoRoT-18b is approximately twice that of Jupiter. Conversely, the mass-to-volume ratio of CoRoT-19b is lower than that of Saturn, the planet with the lowest density in our solar system. CoRoT-17b might either be a large gas planet that mainly consists of hydrogen and helium, or it might have a compact core of heavier elements with a mass 380 times that of Earth.

The paths on which CoRoT-16b and CoRoT-20b travel around their star are highly elliptical. However, as their orbital period is no longer than a few days, you would expect their orbits to be circular because of the tidal interaction. To explain how the highly elliptical shape of their orbits has 'survived' the powerful tidal interaction between the planets and their star is a challenging task for dynamic modelling.

#### A planetary system with two planets

By now, CoRoT also has discovered its first planetary system with two planets; in total, we know of 58 systems with more than one planet. Somewhat smaller than our Sun and around 4,000 light years distant from us, the star CoRoT-24 has two planets, CoRoT-24b and -24c, which can be clearly observed as they pass before the disc of the star. CoRoT-24c needs nearly five days to complete an orbit – CoRoT-24b nearly twelve. Both planets belong to the hot Neptune class. This remarkable planetary system continues to be studied, mainly to find out whether it contains other planets besides the two already found.

CoRoT has discovered several hundred more stars that may also harbour transit planets. Each of these candidates will be accurately and elaborately examined to see whether the signals observed are really caused by planets. Additional photometric and spectroscopic

Messungen sind nötig, um einen Kandidaten als einen Exoplaneten zu bestätigen. Diese Überprüfung erfolgt mit Hilfe eines Netzwerks bodengebundener Teleskope, die in Chile, in Europa und in den USA stehen. Dazu gehören auch die beiden Weitwinkelteleskope des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) BEST und BEST II, welche die CoRoT-Felder zum Teil schon im Voraus beobachtet haben und damit wertvolle Beiträge bei der Überprüfung der CoRoT-Kandidaten leisten konnten.

#### Zwei Teleskope im Vergleich

Neben CoRoT sucht inzwischen auch „Kepler“ – eine im März 2009 gestartete Satellitenmission der NASA – vom Weltraum aus nach Transitplaneten. Eines der interessanten Objekte ist dabei Kepler-10b, der mit der 4,5fachen Erdmasse und dem 1,4fachen Erdradius unserem Heimatplaneten ähnlich ist. Mit diesen Parametern unterscheidet er sich kaum von dem 2009 gefundenen CoRoT-7b – dem ersten bekannten, von dem europäischen Teleskop entdeckten, Gesteinsplaneten. Im Gegensatz zu CoRoT beobachtet „Kepler“ kontinuierlich ein Sternfeld mit ungefähr 160.000 Zwergsternen. Seit Beginn der Mission konnten durch „Kepler“ die Existenz von 28 Planeten bestätigt werden. CoRoT beobachtet wechselnde Sternfelder maximal 120 Tage lang und hat seit dem Beginn der Mission vor fünf Jahren insgesamt 130.000 verschiedene Sterne – darunter 65.000 Zwergsterne – unter die Lupe genommen. Betrachtet man das Verhältnis von entdeckten und bestätigten Planeten zur Zahl der beobachteten Zwergsterne, so liegt die Trefferquote zurzeit für CoRoT bei 0,4 Promille, für Kepler bei 0,2 Promille. Beide Missionen haben darüber hinaus eine lange Liste weiterer Transitentdeckungen, die noch auf eine Prüfung bezüglich ihrer wahren Natur warten. „Kepler“ hat bereits über eintausend solcher Kandidaten auf der Liste, und auch CoRoT hat noch mehrere hundert Planetenkandidaten zu überprüfen. Man kann gespannt sein, welche Entdeckungen hierbei noch zutage treten. Die Erfahrungen aus der CoRoT-Mission werden sicherlich in künftige Missionen einfließen und die laufenden, bodengestützten Beobachtungen und Auswertungen weiterhin wissenschaftlich bereichern.

measurements are needed to confirm a candidate as a 'genuine' exoplanet. These tests are carried out by a network of ground-based telescopes located in Chile, Europe, and the USA. The network includes the two wide-angle telescopes of the German Aerospace Center (DLR), BEST and BEST II, with which some of the fields observed by CoRoT had been examined before, a valuable contribution towards the validation of CoRoT candidates.

#### Two telescopes compared

Next to CoRoT, 'Kepler' – a satellite mission launched by NASA in March 2009 – is also looking for transit planets. One interesting object is Kepler-10b, which resembles our home planet, having 4.5 times the mass and 1.4 times the radius of Earth. These parameters hardly differ from those of CoRoT-7b, which was discovered in 2009 – the first known rocky planet confirmed by the European telescope. In contrast to CoRoT, 'Kepler' continuously observes a star field containing about 160,000 dwarf stars. Since the beginning of its mission, 'Kepler' has confirmed 28 planets. CoRoT, in turn, observes alternating star fields for a maximum of 120 days. Since it began its mission five years ago, it has scrutinised a total of 130,000 different stars, including 65,000 dwarf stars. If we look at the ratio between discovered and confirmed stars and the number of dwarf stars observed, CoRoT's current 'hit rate' is 0.4 per mil, while Kepler's is 0.2 per mil. Besides, both missions have amassed a long list of further transit discoveries that still await verification of their true nature. More than one thousand of these candidates have been published for 'Kepler', and CoRoT also has several hundred planetary candidates awaiting verification. We may well look forward with some excitement to the discoveries that may emerge. The experience gathered from CoRoT will be applied in future missions and will support the ground-based observations and the scientific analysis.

Name	Masse [Jupitermasse]	Radius [Jupiterradius] Auf 2 Stellen hinter Komma gerundet	Periode [Tagen] Auf 2 Stellen hinter Komma gerundet	Gr. Halbachse [AE]
Name	Mass [Mass of Jupiter]	Radius [radius of Jupiter] rounded to the 2 <sup>nd</sup> decimal point	Period [Days] rounded to the 2 <sup>nd</sup> decimal point	Semi-major axis [AU]
CoRoT-1b	1.03	1.49	1.50	0.0254
CoRoT-2b	3.31	1.47	1.74	0.0281
CoRoT-3b	21.66	1.01	4.26	0.057
CoRoT-4b	0.72	1.19	9.20	0.09
CoRoT-5b	0.467	1.39	4.04	0.04947
CoRoT-6b	2.96	1.17	8.89	0.0855
CoRoT-7b	0.023	0.15	0.85	0.0172
CoRoT-7c	≥0.0264	–	3.70	0.046
CoRoT-8b	0.22	0.57	6.21	0.063
CoRoT-9b	0.84	1.05	95.27	0.407
CoRoT-10b	2.75	0.97	13.24	0.1055
CoRoT-11b	2.33	1.43	2.99	0.0436
CoRoT-12b	0.917	1.44	2.83	0.04016
CoRoT-13b	1.308	0.89	4.04	0.051
CoRoT-14b	7.6	1.09	1.51	0.027
CoRoT-15b	60	0.8	3.0	–
CoRoT-16b	0.535	1.17	5.35	0.0618
CoRoT-17b	2.45	1.02	3.77	0.0461
CoRoT-18b	3.47	1.31	1.90	0.0295
CoRoT-19b	1.11	1.45	3.90	0.0518
CoRoT-20b	4.24	0.84	9.2	0.0902
CoRoT-21b	2.53	1.3	2.73	0.0417
CoRoT-22b	<0.15	0.52	9.76	0.094
CoRoT-23b	2.8	1.05	3.63	0.04326
CoRoT-24b	<0.12	0.24	5.11	–
CoRoT-24c	0.173	0.38	11.75	–

# LISA Pathfinder

Gravitationswellen erzählen die Geschichte des Universums

Von Dr. Hans-Georg Grothues und Dr. Jens Reiche

Gravitationswellen, vom deutschen Physiker Albert Einstein bereits 1916 auf der Grundlage seiner allgemeinen Relativitätstheorie vorausgesagt, erzählen uns die Geschichte unseres Universums. Wegen ihrer äußerst geringen Wirkung zweifelte Einstein allerdings daran, dass sie jemals nachweisbar wären. Bisher ist es auch nicht gelungen, Gravitationswellen direkt zu messen. Heute – nahezu 100 Jahre nach Einsteins Vorhersage – stehen wir jedoch kurz davor, ihre „extrem leisen“ Schwingungen hörbar zu machen. Neben Gravitationswellenobservatorien auf der Erdoberfläche, wird auch das geplante Weltraumobservatorium LISA an die Grenzen des physikalisch und technisch Machbaren gehen, um uns mehr über Ursprung und Entwicklung unseres Universums zu erzählen. Im Rahmen der Vorbereitungen von LISA wird die Mission LISA Pathfinder als Technologie-Demonstrationsmission im Jahr 2014 starten, um insbesondere die störungsfreie Bewegung und Kontrolle freifliegender Testmassen mit bisher unerreichter Genauigkeit im Weltraum vorab zu zeigen.

## LISA Pathfinder

Gravitational Waves Tell the Story of the Universe

By Dr Hans-Georg Grothues and Dr Jens Reiche

Predicted as early as 1916 by the German physicist Albert Einstein on the basis of his general theory of relativity, gravitational waves reveal the history of our universe to us. It is true that Einstein himself doubted whether they could ever be detected because their effect is so extremely small. True enough, nobody has yet succeeded in measuring gravitational waves directly. Today, however, nearly 100 years after Einstein's prediction, we are about to make their 'extremely quiet' oscillations audible to human ears. Next to gravitational wave observatories on the Earth's surface, LISA, the future space observatory, will go to the limits of what is physically and technically feasible to tell us more about the origin and evolution of our universe. As part of the preparations for LISA, the LISA Pathfinder mission will be launched as a technology demonstrator in 2014 to give us a sneak preview of how free-flying test masses can be moved and controlled in space without interference and with hitherto unparalleled precision.

Jede Planetenbewegung hinterlässt im All ihre Spuren – so wie ein Stein, der in einen Teich fällt. Diese sogenannten Gravitationswellen sind so klein, dass sie bislang nicht nachweisbar waren. LISA Pathfinder soll das nun ändern.

Every movement of a planet leaves traces in space – like a stone dropping into a pond. These so-called gravitational waves are so tiny that they could not be detected until now. LISA Pathfinder will change all that.



Autoren: Dr. Hans-Georg Grothues betreut die Mission LISA Pathfinder in der Abteilung Extraterrestrik des DLR Raumfahrtmanagement. Dr. Jens Reiche ist Projektleiter des deutschen Beitrages zu LISA Pathfinder beim Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik/Albert-Einstein-Institut in Hannover. Authors: Dr Hans-Georg Grothues is in charge of the LISA Pathfinder mission in the Extraterrestrics department of the DLR Space Administration. Dr Jens Reiche is the project leader of the German contribution to LISA Pathfinder at the Max Planck Institute for Gravitational Physics/Albert Einstein Institute in Hanover.

## Schwingungen der Raum-Zeit

Fällt ein Stein ins Wasser, dann breiten sich von seinem Auftreffpunkt ausgehend Schwingungen in Form von Wellen über die Wasseroberfläche aus. Liegt ein durchnässtes Papier auf der Oberfläche, wird es durch diese Wellen periodisch verformt und kann daher als Detektor dienen. Ähnlich wie der Stein auf der Wasseroberfläche erzeugen auch große Massen, die sich sehr schnell und obendrein ungleichförmig beschleunigt im Weltall bewegen, Gravitationswellen. Sie breiten sich im Raum aus und sollten sich als winzige Längenänderungen der Raum-Zeit bemerkbar machen. Mögliche Quellen von Gravitationswellen sind so exotische Objekte wie Supernovae, enge Doppelsternsysteme bestehend aus Weißen Zwergen, Kollisionen von Neutronensternen und Pulsaren, der Zusammenstoß von Schwarzen Löchern mit einigen Sonnenmassen bis hin zu den zentralen Objekten in Galaxienkernen mit der milliardenfachen Masse der Sonne. Schließlich gehören sogar Gravitationswellensignale aus der Zeit unmittelbar nach dem Urknall zu den erwarteten Quellen.

Allerdings sind die messbaren Auswirkungen von Gravitationswellen extrem gering: Eine Strecke von vier Kilometern, der typischen Länge einer „Gravitationswellenantenne“ wie LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory) auf der Erde, dehnt oder staucht sich nur um die unvorstellbar kleine Länge von einigen milliardstel eines millionstel Millimeters. Dies entspricht etwa einem Tausendstel des Durchmessers eines Kohlenstoffatomkerns. Selbst im günstigen Fall einer stark asymmetrischen Sternexplosion (Supernova) in unserer Milchstraße, verändert die Gravitationswelle den Abstand zwischen Erde und Sonne (150 Millionen Kilometer) nur um den zehn- bis einhundertfachen Durchmesser eines Wasserstoffatoms (etwa zehn Milliardstel Meter). Auch die Bewegung der Planeten um unsere Sonne erzeugt Gravitationswellen. Diese sind jedoch noch um ein Vielfaches schwächer als die der genannten exotischen Objekte. Als Quellen messbarer Gravitationswellen kommen deshalb nur die energiereichsten und heftigsten astrophysikalischen Ereignisse in Frage.

## Dem Universum lauschen

Gravitationswellenobservatorien werden eine völlig neue Art der Astronomie ermöglichen. Elektromagnetische Wellen wie das sichtbare Licht, Infrarot- und Röntgenstrahlung, durch die wir die allermeisten Phänomene im Weltall beobachten, erlauben oft nur einen Blick auf die obersten Schichten der Objekte. Dagegen werden Gravitationswellen durch Materie nahezu nicht abgeschwächt – sie unterliegen nur einer entfernungsabhängigen Abschwächung – und ermöglichen daher direkte Einsichten in das Innerste von so gewaltsamen Phänomenen wie Supernovae oder der Verschmelzung von Schwarzen Löchern. Mit klassischen Methoden leitet man aus der abklingenden Helligkeitskurve einer Supernova zum Beispiel Informationen über den Explosionsvorgang und die daraus entstehenden schweren Elemente ab. Dagegen ermöglicht uns das Gravitationswellensignal, direkte Informationen zum vorangegangenen Kollaps zu erhalten, beispielsweise darüber, ob der massive Kern des Sterns in polarer Richtung schneller zusammenstürzt als in äquatorialer Richtung.

## Space-time oscillations

When a stone plunges into water, oscillations in the shape of waves will spread across the surface away from the point of impact. A soaked piece of paper floating on the surface will be periodically deformed by these waves and may thus serve as a wave detector. Like a stone on a water surface, large masses moving through space at very high velocities and irregular rates of acceleration generate gravitational waves which, spreading through space, reveal their presence by minute longitudinal changes in space-time. The potential sources of gravitational waves include objects as exotic as supernovas, close binary-star systems consisting of white dwarfs, collisions between neutron stars and pulsars, collisions between black holes of several solar masses, and the central objects in the nuclei of galaxies having several billion times the mass of the Sun. Lastly, even gravitational-wave signals from the time immediately after the Big Bang are among the expected sources.

To be sure, the measurable effects of gravitational waves are extremely slight: a distance of four kilometres, the typical length of a 'gravitational wave antenna' on Earth such as LIGO (Laser Interferometer Gravitational wave Observatory), will be stretched or compressed only by the unimaginably small amount of some billionths of a millionth of a millimetre. This corresponds approximately to one thousandth of the diameter of the nucleus of a carbon atom. Even in favourable circumstances, such as a highly asymmetrical explosion of a star (supernova) in our Milky Way, the resultant gravitational wave will alter the distance between the Earth and the Sun (150 million kilometres) by no more than ten to a hundred times the diameter of a hydrogen atom (i.e. about ten billionths of a metre). Even the motion of the planets around our Sun generates gravitational waves, but these are many times weaker than those of the exotic objects named before. For this reason, only the most energetic and violent astrophysical events can be taken into consideration as sources of measurable gravitational waves.

## Listening to the universe

Gravitational wave observatories will open up an entirely new branch of astronomy. In many cases, electromagnetic waves such as visible light, infrared, and X-rays by which we observe the vast majority of the phenomena in space only permit glancing at the uppermost layers of an object. By contrast, gravitational waves may pass through matter almost without any attenuation, being attenuated only by distance; thus, they reveal the innermost secrets of phenomena as violent as a supernova or the coalescence of black holes. Classical methods permit us, for example, to derive information about the explosion process and the heavy elements produced by it from the diminishing luminosity curve of a supernova. Gravitational wave signals, on the other hand, directly yield information about the preceding collapse, telling us, for example, whether the massive core of the star collapsed faster in the polar than in the equatorial direction.

### Gravitationswellen „hören“

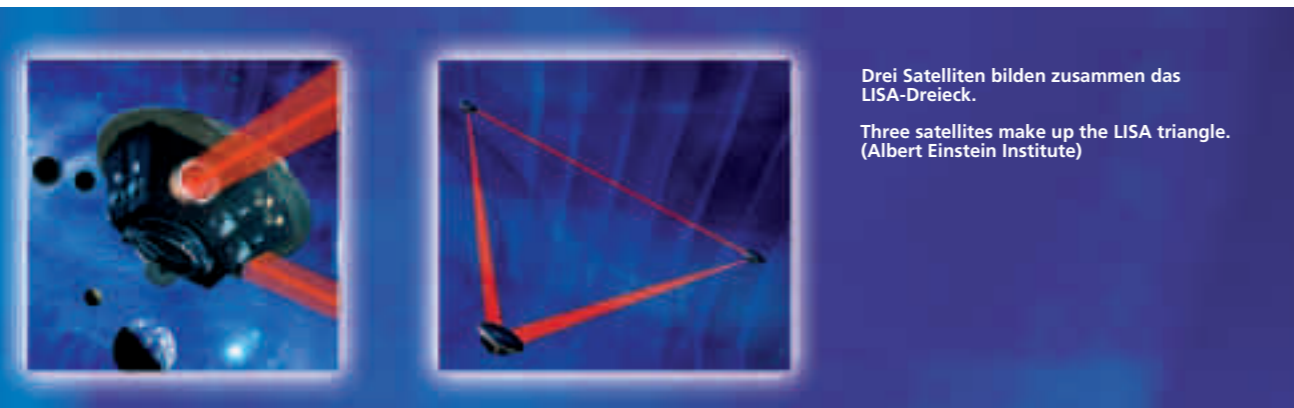
Gravitationswellen werden von ihren Quellen bei verschiedenen, charakteristischen Frequenzen abgestrahlt. Diese erstrecken sich von etwa 10.000 Hertz am kurzwelligen Ende des Spektrums bis hinunter zu einigen hunderttausendstel Hertz und darunter auf der anderen Seite. Von der Erdoberfläche aus lässt sich mit Interferometern nur der hochfrequente Teil dieses Spektrums erfassen. Der niederfrequente Teil kann dagegen nur mit Hilfe von Detektoren im All beobachtet werden. Da sich im hoch- und niederfrequenten Bereich des Gravitationswellenspektrums sehr unterschiedliche Quellen bemerkbar machen sollten, werden sich bodengebundene Messungen und Observatorien im Weltraum ergänzen, um die gesamte Bandbreite der Phänomene zu analysieren. Gelingt es uns also, die winzigen Längenänderungen hervorgerufen durch Gravitationswellen mit geeigneten Antennen zu erfassen und zu verstärken, so machen Gravitationswellen die Sinfonie des Universums – auch von uns momentan noch nicht zugänglichen Objekten – „hörbar“.

Da das gesamte Universum für Gravitationswellen transparent ist, können wir sogar direkte Informationen aus der Zeit des Urknalls erhalten. Das früheste Licht stammt aus einer Zeit als das Universum

### ‘Hearing’ gravitational waves

Gravitational waves radiate from their sources at a variety of characteristic frequencies, ranging from about 10,000 Hertz at the short-wave end of the spectrum down to a few hundred thousandths Hertz and less on the other side. Interferometers on the surface of the Earth can detect only the high-frequency part of this spectrum. The low-frequency part, on the other hand, can only be observed with the aid of detectors in space. As the sources of high- and low-frequency gravitational waves probably differ very greatly, ground-based measurements and observations in space will work hand in hand to analyse the entire bandwidth of phenomena. Thus, if we should succeed in detecting and amplifying the minute length changes caused by gravitational waves with the aid of suitable antennas, gravitational waves will enable us to ‘listen’ to the symphony of the universe, including objects that are inaccessible to us at present.

As the entire universe is transparent to gravitational waves, we will be able to obtain information directly from the time of the Big Bang. The earliest light comes to us from a time when the universe was already about 380,000 years old. By contrast, gravitational waves



Drei Satelliten bilden zusammen das LISA-Dreieck.

Three satellites make up the LISA triangle. (Albert Einstein Institute)

bereits etwa 380.000 Jahre alt war. Gravitationswellen dagegen können uns ein Bild des Universums im Alter von nur Sekundenbruchteilen zeichnen, eine Zeit, die mittels elektromagnetischer Wellen nicht erreichbar ist. Die Frequenzen dieser Signale könnten bis hinauf zu einigen tausendstel Hertz reichen und damit für LISA hörbar sein. Ähnliche Frequenzen werden etwa auch von umeinander kreisenden und ineinander stürzenden Schwarzen Löchern emittiert, wohingegen Supernovae, schnell rotierende Pulsare oder enge Doppelsternsysteme Schwingungen von einigen hundert bis tausend Hertz erzeugen.

### Jagd nach Gravitationswellen im All

Unterhalb von etwa einem Hertz verhindern Störeinflüsse, wie zum Beispiel die seismische Aktivität der Erde, Erschütterungen durch Verkehr und andere menschliche Aktivitäten die Messungen von der Erdoberfläche. Um niederfrequente Gravitationswellen zu erfassen, müssen wir daher die Erde verlassen. Die drei Satelliten des Gravitationswellenobservatoriums LISA (Laser Interferometer Space Antenna) werden ein gleichseitiges Dreieck von einer Million Kilometern Seitenlänge aufspannen, das zwei Arme eines Laser-Interferometers bildet. Als „Spiegel“ an den Enden dieser Arme dienen dabei möglichst kräftefrei innerhalb der Satelliten schwebende Testmassen. Die gesamte Konfiguration folgt der Erde auf ihrer Bahn in einem Abstand von etwa 50 Millionen Kilometern und rotiert dabei einmal im Jahr um sich selbst. Während seiner Lebensdauer von mindestens zwei Jahren wird LISA die erdgebundenen Beobachtungen von Gravitationswellen komplementär ergänzen und unter anderem die Verschmelzung von massereichen Schwarzen Löchern im frühen Universum aufspüren können.

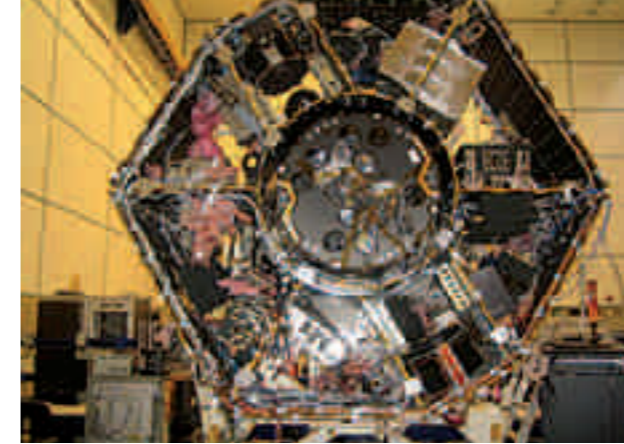
can show us a picture of the universe as it appeared when its age was no more than a few fractions of a second, a time that electromagnetic waves cannot reach. The frequencies of the signals might reach a few thousandths of a Hertz, which would make them detectable by LISA. Similar frequencies are emitted by black holes circling around or colliding with one another, whereas supernovas, quickly rotating pulsars, or close binary-star systems generate frequencies ranging between a few hundred and one thousand Hertz.

### Hunting for gravitational waves in space

At frequencies lower than about one Hertz, measurements become impossible from the surface of the Earth because of interferences by seismic activities and vibrations caused by traffic and other human activities. If we want to detect low-frequency gravitational waves, therefore, we must leave Earth behind. The three satellites of the LISA (Laser Interferometer Space Antenna) gravitational wave observatory will form an equilateral triangle with sides one million kilometres long, representing the two arms of a laser interferometer. The ‘mirrors’ mounted at the ends of these arms will be test masses suspended as neutrally as possible within each satellite. The entire configuration will trail the Earth in its orbit at a distance of about 50 million kilometres, rotating around its own axis once a year. During its life of at least two years, LISA will complement ground-based observations of gravitational waves and search, among other things, for evidence of massive black holes coalescing in the early universe.

### LISA Pathfinder – testing technology in space

To operate LISA successfully, a variety of enabling technologies must first be tested in space. Specifically, these include releasing, recapturing, and suspending the test masses as well as an extremely delicate system to control the attitude of the satellite – the Drag-Free



Das Wissenschaftsmodul von LISA Pathfinder während der Integration

The scientific module of LISA Pathfinder during the integration process (Astrium GmbH)

### LISA Pathfinder – Technologieerprobung im Weltall

Um LISA erfolgreich zu betreiben, müssen eine Reihe von Schlüsseltechnologien im Weltraum erprobt werden. Dazu zählen insbesondere die Freigabe, der Wiedereinfang sowie das kräftefreie Schweben der Testmassen und die äußerst feinfühligste Steuerung der Satelliten durch ein spezielles Lageregelungssystem – das „Drag-free Attitude Control System“ (DFACS). Hierfür müssen Lageregelungstriebwerke mit einer extrem geringen Schubkraft von nur wenigen millionstel Newton entwickelt werden – der Gewichtskraft eines Sandkornes von nur einem halben Millimeter Durchmesser. Fragen der Stabilität der Laser-Interferometrie, der elektrostatischen Aufladung der Testmassen und deren Entladung mit Hilfe von UV-Licht, die Minimierung der gegenseitigen Beeinflussung aller Subsysteme und die Entwicklung von extrem rauscharmen elektronischen Bauteilen müssen außerdem geklärt werden.

Dies geschieht in der Mission LISA Pathfinder. Der Testsatellit wird voraussichtlich im Jahr 2014 mit der neuen europäischen Trägerrakete VEGA zu seiner mehrmonatigen Reise zu einer Halobahn um den Lagrange Punkt L1 aufbrechen. Hier, rund 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt in Richtung Sonne, halten sich die Schwereinflüsse beider Körper die Waage. Der Satellit ist dort nur geringen Störungen und wegen der konstanten Sonneneinstrahlung auch nur minimalen Temperaturvariationen unterworfen. Nachdem – ebenfalls um Störungen zu vermeiden – die Antriebseinheit von LISA Pathfinder abgetrennt ist, beginnt der einjährige Missionsbetrieb. Während das LISA Technology Package (LTP) den Freiflug der Testmassen und das DFACS testen wird, steuert das Disturbance Reduction System (DRS) der NASA/JPL zusätzliche Lageregelungstriebwerke bei. Das LTP wird von einem europäischen Konsortium bestehend aus wissenschaftlichen Instituten und Raumfahrtfirmen aus Italien, Deutschland, Großbritannien, Spanien, der Schweiz, Frankreich und den Niederlanden unter Führung der europäischen Weltraumorganisation ESA entwickelt. Eine führende Rolle spielt dabei das Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik/Albert-Einstein-Institut in Hannover. Die Finanzierung des deutschen Beitrages erfolgt zu wesentlichen Teilen aus Mitteln des Nationalen Raumfahrtprogramms.

Das LTP besteht aus zwei Testmassen, die sich in einem Abstand von etwa 40 Zentimetern jeweils in einem eigenen Vakuumbehälter befinden und gewissermaßen den miniaturisierten Arm eines Gravitationswellendetektors darstellen. Mit Hilfe eines hochgenauen Laserinterferometers zwischen den Testmassen und zusätzlich einer kapazitiven Positionsauslesung werden Lage und Orientierung der Massen erfasst. Über das DFACS und die hochempfindlichen Lageregelungstriebwerke wird dann der Satellit so gesteuert, dass die Testmassen zentriert bleiben. So können sie als Modell für die nahezu kräftefrei schwebenden Endspiegel des LISA-Interferometers dienen, das nach 2022 ein neues Fenster in der Astrophysik eröffnen und uns Einblicke in die energiereichsten Phänomene des Weltalls geben soll.

Die drei Satelliten von LISA bewegen sich in einem gleichseitigen Dreieck rund 50 Millionen Kilometer hinter der Erde.

LISA's three satellites move in an equilateral triangle around 50 million kilometres behind Earth. (ESA)



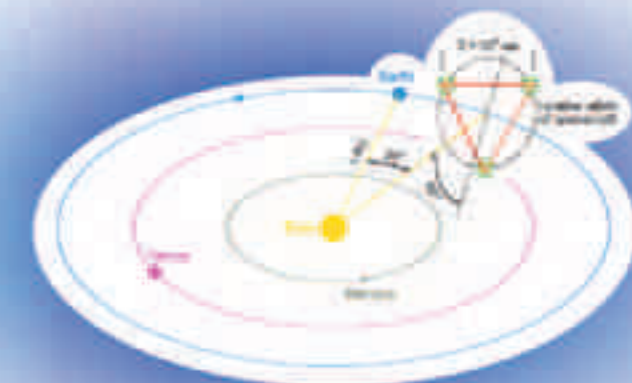
Die optische Bank des LTP ist das Herzstück des hochempfindlichen Interferometers von LISA Pathfinder.

The optical plate of the LTP is the heart of LISA's supersensitive interferometer. (University of Glasgow/University of Birmingham)

Attitude Control System (DFACS). For the latter, attitude control jets with an extremely low thrust of only a few millionths of a Newton must be developed – the force exercised by the weight of a grain of sand measuring only half a millimetre in diameter. Further questions that need to be answered relate to the stability of the laser interferometry system, electrostatic test mass charges and their removal by UV light, minimising mutual interference among all subsystems, and the development of extremely low-noise electronic components. All this is done under the LISA Pathfinder mission. It is expected that the test satellite will lift off on the new European launcher VEGA in 2014 for a journey of several months on a halo-type trajectory around the L1 Lagrangian point. Here, around 1.5 million kilometres away from Earth in the direction of the Sun, the gravity influences of the two bodies are in equilibrium. The satellite is exposed to little interference, and because solar irradiation remains constant, temperature variations are minimal. Once the propulsion unit and LISA Pathfinder have separated, again to avoid interference, the one-year life of the mission will begin.

While the LISA Technology Package (LTP) serves to test the suspension of the test masses as well as the DFACS, the Disturbance Reduction System (DRS) from NASA/JPL contributes additional attitude control jets. The LTP is being developed by a European consortium of scientific institutes and space companies from Italy, Germany, Great Britain, Spain, Switzerland, France, and the Netherlands, led by the European Space Agency (ESA). In this consortium, the Max Planck Institute for Gravitational Physics/Albert Einstein Institute in Hannover plays a leading part. Germany's contribution is largely financed by funds from the national space programme.

The LTP comprises two test masses which, kept in separate vacuum containers at a distance of about 40 centimetres, roughly represent the miniaturised arm of a gravitational wave detector. An ultra-precise laser interferometer between the test masses and a capacitive position sensor keep track of the position and orientation of the masses. The DFACS operates the satellite's highly sensitive attitude control jets so that the test masses remain centred. In this way, they may serve as a model for the nearly neutrally suspended end mirrors of the LISA interferometer which, from 2022 onwards, will open up a new window in astrophysics, affording us a view of the most energy-rich phenomena of the cosmos.



Erfolgreiche Reise: Die erste vom Weltraumbahnhof Kourou gestartete Sojus-Rakete hat ihre beiden Galileo-Passagiere in ihre Umlaufbahn gebracht.

A successful journey: the first Soyuz rocket launched from the Kourou spaceport has carried its two Galileo 'passengers' into their orbit. (ESA)

## Sojus von Kourou

Von der Wolga über die Tropen bis ins All

Von Denis Regenbrecht

**21. Oktober 2011, 7:30 Uhr Ortszeit (12:30 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit) – eine Sojus-Rakete bricht mit den ersten beiden operativen Galileo-Satelliten in den tropischen Morgenhimmel auf. Der erste Start einer russischen Rakete vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou (Französisch-Guyana) ist geglückt. In Zukunft werden regelmäßig russische Sojus von Südamerika aus ihren Weg ins All antreten. Als Träger der mittleren Leistungsklasse ergänzen sie das europäische Spektrum zwischen dem Schwerlastträger „Ariane 5“ und dem Kleinträger „Vega“. „Sojus at CSG“ macht den europäischen Raumtransport flexibler und damit wettbewerbsfähiger. Doch die Reise ins All begann für die russische Rakete schon viel früher – rund sechs Monate und 11.000 Kilometer von Kourou entfernt. Ein Reisetagebuch.**

### Soyuz Launched from Kourou

From the River Volga via the Tropics into Space

By Denis Regenbrecht

**October 21, 2011, 7:30:26 a.m. local time (12:30:26 p.m. MEST) – a Soyuz rocket heads for the tropical morning skies, carrying the first two operational satellites of the Galileo programme. The first launch of a Russian rocket from the European spaceport Kourou (French Guiana) has been a success. In the future, the South American launch site will see Russian vehicles launched more regularly, under a programme called 'Soyuz at CSG'. Carriers of the middle class, they ideally complement the range of European rockets, filling the gap between 'heavyweight' Ariane 5 and its small sister, Vega. 'Soyuz at CSG' will make European space transport more flexible as well as more competitive. But the Russian rocket's journey began much earlier – some six months before and 11,000 kilometres away from Kourou. A travel diary.**



Autor: **Denis Regenbrecht** arbeitet in der Abteilung Trägersysteme des DLR Raumfahrtmanagements. Dort betreut er die Ariane-Programme der Produktionsphase. Darüber hinaus verfolgt und analysiert er die Entwicklungen am internationalen Trägermarkt, insbesondere im Hinblick auf deren Auswirkungen auf den europäischen Trägerbetrieb und das Geschäft von Arianespace. Author: **Denis Regenbrecht** works at the Launcher Systems department of the DLR Space Administration. He is responsible for the Ariane exploitation programs. In addition, he observes and analyses the developments on the international launch service market, particularly with regard to its impact on the European launcher operations and the business of Arianespace.

#### 20. Mai: Aufbruch

Samara an der Wolga, die Wiege der russischen Raumfahrt, ist die sechstgrößte Stadt Russlands und Heimat des russischen Staatsunternehmens TsSKB-Progress. In den Werkhallen des Unternehmens werden schon seit den 1950er-Jahren, den Zeiten von Sergei Koroljow – dem „Vater der sowjetischen Kosmonautik“ – die Träger der R7-Familie produziert. Auch die Sojus gehört zu dieser Trägerfamilie, deren Raketen insgesamt bereits fast 1800 Mal geflogen sind. Raketen aus Samara brachten bereits den ersten „Sputnik“ und mit Juri Gagarin den ersten Menschen in den Orbit. Von dieser Traditionsschmiede der russischen Raumfahrt begann nun auch die Reise der ersten Kourou-Sojus.

#### 21. Juni: Ankunft

Nach der Produktion und Qualitätsabnahme in Samara trat die Rakete im Mai die erste Etappe ihrer langen Reise ins All an: Nach einer siebentägigen, fast 1.500 Kilometer langen Zugfahrt in Richtung Nordwesten erreichte sie den Hafen von Sankt Petersburg. Dort angekommen wurde sie zusammen mit einer weiteren Sojus auf das von Arianespace gecharterte Transportschiff MN „Colibri“ verladen. Am 3. Juni stach das Schiff in See und nahm Kurs auf den Hafen Pariacabo in Französisch-Guyana. Nach rund 9.500 Kilometern Seereise kamen die Raketen am 21. Juni im Zielhafen an. Dort wurden sie auf LKW verladen und in die gut 25 Kilometer entfernte, Zone de Lancement Soyouz (ZLS) gefahren und eingelagert. In der Sojus-Startzone angekommen, hatte die Rakete eine weitere Etappe auf ihrer langen Reise geschafft.

#### 12. September: Montage

In der ZLS begann am 12. September im Montagegebäude MIK die vierwöchige Endmontage der drei unteren Stufen. Auf klassisch russische Art – also liegend – wurden diese integriert. Am selben Tag begannen im Gebäude S3B des Centre Spatial Guyanais (CSG) auch die Startvorbereitungen am sogenannten Upper Composite: Vom

#### May 20: The day of departure

Samara on the river Volga, the cradle of Russian spaceflight, is Russia's sixth largest city and home to the Russian state enterprise TsSKB Progress. Launchers of the R-7 family have been produced here ever since the 1950s, the days of the 'father of Soviet cosmonautics', Sergei P. Korolev. Soyuz is part of that family of launchers, which holds a record of nearly 1,800 launches. Rockets from Samara launched the first 'Sputnik' into its orbit, as well as Yuri Gagarin, the first man in space. It is from this long-established 'rocket forge' that the first Kourou-Soyuz set out on its journey.

#### June 21: Arrival

After its production and final quality check at Samara, the launcher set out on the first leg of its long journey into space. Following a seven-day, nearly 1,500-kilometre trip by train in a north-westerly direction, it arrived at the port of Saint Petersburg. On its arrival it and another Soyuz rocket were loaded on to a cargo ship called MN 'Colibri' which had been chartered by Arianespace. On June 3, it set to sea heading for the port of Pariacabo in French Guiana. On June 21, after a 9,500-kilometre voyage, the rockets arrived at their port of destination, where they were loaded onto trucks and carried to the Zone de Lancement Soyouz (ZLS) a little over 25 kilometres away, and stored in a hangar. The arrival in the Soyuz launch zone marked the end of another leg of the rocket's journey.

#### September 12: Assembly

The final assembly of the three lower stages began on September 12 at the MIK building. Following the classical Russian method, the segments were integrated in a horizontal position. On the same day, launch preparations began on the so-called Upper Composite in building S3B of the Centre Spatial Guyanais (CSG). The upper stage of the rocket, called Fregat, was fuelled up between September 12 and 30. Installation of the two Galileo satellites began on October 10. The Fregat constitutes the fourth and uppermost stage of the



- 1 Mobile Gantry**  
Mobile Gantry
- 2 MIK (Vorbereitungs- & Integrationsgebäude)**  
MIK (Preparation & Integration Building)
- 3 Startkontrollzentrum**  
Launch Control Centre
- 4 LOX-Befüllungsstation**  
LOX Filling Area
- 5 Gas-Lager**  
Gas Storage
- 6 Kerosin-Befüllungsstation**  
Kerosene Filling Area

12. bis zum 30. September wurde die Fregat genannte Oberstufe betankt und ab dem 10. Oktober die beiden Galileo-Nutzlasten auf die Stufe gesetzt. Die Fregat ist die vierte und damit oberste Stufe des Sojus ST-B-Trägers. Sie wurde im Jahr 2000 zum ersten Mal eingesetzt und basiert technisch auf den Antriebsmodulen russischer Planetensonden (zum Beispiel Phobos, Mars 96). Es ist eine voll-autonome und hochflexible Oberstufe, die unabhängig von den unteren drei Stufen funktioniert. Ihr Triebwerk kann bis zu 20-mal wiedergezündet werden.

#### 14. Oktober: Aufrichten

Am 14. Oktober – sechs Tage vor dem geplanten Starttermin – wurde die Sojus-Rakete nach einem einstündigen Schienentransport vom rund 700 Meter entfernten MIK zur Launchsite gefahren und unter den Augen der verantwortlichen Techniker langsam in ihre Endposition aufgerichtet. Nur von vier Tragarmen gehalten schwebte sie über dem Abgasschacht des Starttisches.

Kurz nach dem Aufrichten begann die vorletzte Etappe der Reise ins All: Alle Verbindungen zu den Bodensystemen wurden angeschlossen und die über dem Starttisch gehaltene Rakete vom Mobile Gantry umschlossen – einem 52 Meter hohen, mobilen Startturm, der aus seiner 80 Meter entfernten „Parkposition“ heranzieht und die Sojus-Raketen fast vollständig verdeckt. In seinem Inneren hatte sich bereits das Upper Composite befunden, das nun auf die ersten drei Stufen herabgelassen und montiert wurde. Einen Tag später fand die Generalprobe des Countdowns statt, bei der ein weiteres Mal alle Flug- und Bodensysteme allein und im Zusammenspiel auf Herz und Nieren geprüft wurden.

#### 20. Oktober: Startversuch

In den frühen Morgenstunden des 20. Oktober ist die Sojus bereit, die letzte Etappe ihrer Reise ins All anzutreten: Der Starttermin ist auf 07:34 Uhr Ortszeit (12:34 Uhr MESZ) festgesetzt. Die Aktivitäten des Starttages haben jedoch schon am Tag zuvor begonnen: Nach der offiziellen Startfreigabe im „Launch Readiness Review“ startet um 22:30 Uhr Ortszeit der Countdown. Vier Stunden vor dem Start läuft die über zwei Stunden dauernde Betankung der drei unteren Stufen an. Doch dabei kommt es zu einer Anomalie. Ein fehlerhaftes Ventil in einem Bodensystem, dem pneumatischen Trennungssystem der Betankungsleitungen für die dritte Stufe, stoppt die weitere Betankung der Rakete. Schnell steht fest: Die Startvorbereitungen müssen abgebrochen werden. Ein Start zum geplanten Termin ist ausgeschlossen.

#### 21. Oktober: Start

Zügig wird das Ventil ausgewechselt. Bereits 24 Stunden später wird ein neuer Startversuch unternommen. Dasselbe Vorbereitungsprozedere beginnt erneut: „Launch Readiness Review“, Countdown, Betankung – alles verläuft diese Mal problemfrei. Eine Stunde vor dem Start rollt das Mobile Gantry zurück und gibt die fertig integrierte, betankte und überprüfte Rakete wieder frei.

07:30 Uhr Ortszeit: 20 Sekunden vor dem Lift-Off zünden die fünf der ersten und zweiten Stufe. Nachdem ihre Funkwion vollautomatisch überprüft worden ist, werden sie heraufgeregelt bis ein Gesamtschub von 4150 Kilonewton (422 Tonnen) erreicht ist. Bei T-0 verlässt die Rakete die Erdoberfläche.

Soyuz ST-B-launcher. It was first used in the year 2000. Technically, it is based on the propulsion modules of Russian planetary probes. It is a fully autonomous and highly versatile vehicle, and works independently from the three lower stages. Its propulsion unit can be re-ignited up to 20 times.

#### October 14: Erected for launch

On October 14 – six days before the scheduled launch date – a one-hour train ride brings the Soyuz to the launch site 700 metres away from the MIK, where, under the watchful eyes of the launch engineers, it is slowly brought into its final upright position. Held in place only by four swing arms it is suspended above the launch pad's flame pit.

Shortly after reaching its vertical position, the rocket enters the penultimate phase of its trip into space: all ground systems are connected and the rocket, suspended over the launch pad, is enclosed by the mobile gantry – a 52-metre tall, mobile tower which has arrived from its 'parking position' 80 metres away and now blocks almost the entire Soyuz rocket from view. Fixed on the inside of the gantry, the upper composite is now lowered onto the first three stages, where it is mounted in place. One day later, the mock count-down takes place, during which once again all flight and ground systems have to undergo thorough scrutiny, each on its own as well as in its functional interplay with all the others.

#### October 20: First launch attempt

In the early hours of October 20, the Soyuz is ready to enter the last phase of its voyage into space: the launch has been scheduled for 07:34 p.m. local time (12:34 p.m. CEST). But pre-launch activities have already begun the day before: after having been officially cleared for take-off during the 'launch readiness review', the count-down begins at 10:30 p.m. local time. Four hours before launch, fuelling of the three lower stages begins, a process that takes over two hours. An anomaly occurs. A faulty valve in one of the ground systems, the pneumatic fuel-line separator system for the third stage, interrupts the fuelling process. It soon becomes clear that all launch preparations have to be halted. Launch on schedule has become impossible.

#### October 21: launch

The faulty valve is swiftly replaced. No later than 24 hours after the incident, a new launch is attempted. The entire prepping procedure starts afresh. Launch readiness review, countdown, fuelling – this time, things are working smoothly. One hour before launch the mobile gantry backs away, leaving behind a fully integrated, fuelled and checked rocket.

07:30 a.m. local time: 20 seconds to lift-off, the engines of the first and second stages ignite. Having undergone a last, fully automated check, the engines build up a total thrust of 4,150 kilonewtons (422 tons). At T minus 0 seconds, the rocket leaves the Earth's surface.

#### Im Orbit

Andächtig erhebt sich der über 300 Tonnen schwere Koloss vom Starttisch und beginnt langsam, die Fesseln der Erdanziehung hinter sich zu lassen. Immer schneller werdend, rast er dem grauen, wolkenverhangenen Tropenhimmel entgegen. Fast eine Minute später – in einer Höhe von nur rund sechs Kilometern – durchbricht sie die Schallmauer. 118 Sekunden nach dem Start werden die ausgebrannten Booster der Erststufe abgeworfen. Nach weiteren 170 Sekunden brennt auch die zweite Stufe aus, wird abgeworfen und fällt in den Atlantik.

Die von Kourou aus gestartete Sojus ST-B unterscheidet sich in wenigen Punkten von ihrem russischen Pendant Sojus 2-1b. Sie ist u.a. mit einer größeren Nutzlastverkleidung, modifizierter Telemetrie sowie einem „European Safety Kit“ ausgestattet, das die Terminierung des Flugs der Rakete bei anomalen Flugzuständen erlaubt. Zusätzlich ist die Sojus ST-B auch an die besonderen klimatischen Bedingungen in Guyana, wie z.B. hohe Luftfeuchte und hoher Salzgehalt, angepasst. Diesen Modifikationen verdankt die Sojus-ST auch ihren Namen: ST steht für „Специальная Тропическая“ – Spezialversion Tropen.

Das Triebwerk der dritten Stufe der Sojus zündet bereits zwei Sekunden vor dem Brennschluss der zweiten Stufe. Zum Zeitpunkt des Brennschlusses – 240 Sekunden später – ist noch keine Orbitalgeschwindigkeit erreicht, so dass auch die dritte Stufe zur Erde zurückfällt und nicht als Weltraummüll in der Erdumlaufbahn verbleibt. Die Sojus bleibt nun für circa eine Minute antriebslos. Danach zündet die Fregat, die letzte Raketenstufe, das erste Mal für 13 Minuten. Sie hebt die Rakete von einer noch sub-orbitalen auf eine stabile geostationäre Transferbahn. Anschließend fliegen Oberstufe und Nutzlast über drei Stunden antriebslos durchs All, ehe die Fregat ein weiteres Mal für viereinhalb Minuten brennt.

#### Missionsende

Fast vier Stunden nach dem Start ist es dann soweit: Die letzte Brennphase der Fregat ist beendet. Die Zielbahn in einer Höhe von 23222 Kilometer wurde erreicht. Rund fünf Minuten später werden die Satelliten vom Nutzlastadapter abgetrennt. Die Inbetriebnahme der Galileo-Satelliten beginnt. Die Fregat wird durch zwei weitere Brennphasen in einen sogenannten „Graveyard Orbit“ gesteuert. Im Friedhofsorbit angekommen, ist der Galileo-Orbit geräumt, ein mögliches Kollisionsrisiko ausgeschlossen. Aus Trägersicht endet damit um 11:30 Uhr Ortszeit erfolgreich eine Reise, die über sechs Monate zuvor an der Wolga begann.

#### In orbit

Solemnly, the 300-ton giant lifts off the pad and gradually begins to escape from the Earth's gravitational pull. Picking up speed it zooms towards the grey, thickly clouded tropical sky. Nearly a minute later, at an altitude of no more than six kilometres, it breaks the sound barrier. 118 seconds after launch the spent boosters of the first stage are cast off. After another 170 seconds the second stage has used up all its fuel, is jettisoned off and splashes down into the Atlantic Ocean.

The Soyuz ST-B launched from Kourou has a few features that differ from its Russian counterpart Soyuz 2-1b. These include a larger payload fairing, modified telemetry, as well as a 'European Safety Kit' permitting it to terminate its mission in the event of a flight anomaly. In addition, the Soyuz ST-B has been adapted to the specific climatic conditions prevailing in Guyana, i.e. a high air humidity and salinity. It is this modification to which Soyuz-ST owes its name: ST stands for Специальная Тропическая – Spetsialnaya Tropicheskaya, or special version for the tropics.

The engine of the third stage ignites two seconds before the second stage stops firing. At the end of firing – 240 seconds later – orbital velocity has not yet been reached, so that stage three, too, drops back to Earth, thus preventing it from becoming another piece of orbital debris. The Soyuz coasts for one minute. Then, the Fregat, the last rocket stage, ignites for the first time, for a period of 13 minutes. This lifts the rocket from a sub-orbital trajectory to a stable geostationary transfer orbit. Following this, the upper stage and the payload float freely in space for three hours before the Fregat ignites once again to give them a four-and-a-half minute boost.

#### End of mission

Nearly four hours after launch: the last firing phase of the Fregat has ended. At an altitude of 23,222 kilometres the target orbit has been reached. Some five minutes later the satellite separates from the payload adapter. Commissioning of the Galileo orbiter begins. Two more boosts steer the Fregat into a so-called 'graveyard orbit' to ensure that the Galileo orbit is now clear, and the risk of a potential collision has been safely ruled out. As far as the launcher is concerned, the journey ends successfully at 11:30 a.m. local time, a journey that began more than six months before on the banks of the river Volga.





Der Satellit Heinrich Hertz und sein Namenspatron

The Heinrich Hertz satellite and its eponym

## Heinrich Hertz

### Satellitenkommunikation der neuen Generation

Von Dr. rer. nat. Susanne Kammer und Dietmar Kubat

**Als Heinrich Rudolf Hertz (\* 22. Februar 1857 in Hamburg; † 1. Januar 1894 in Bonn) am 11. November 1886 zum ersten Mal elektromagnetische Wellen von einem Sender zu einem Empfänger übertrug, konnte er sich wohl noch nicht vorstellen, dass seine Erfindung auch einmal aus dem All funktionieren würde. 130 Jahre nach seiner Entdeckung – also im Jahr 2016 – wird der nach ihm benannte deutsche Satellit seine ersten Wellen zur Erde schicken und erneut die Kommunikationstechnologie revolutionieren. Der erste Schritt in diese Richtung ist getan – der Beginn der Phasen A1/B des Projektes steht unmittelbar bevor: Hier wird eine technische Spezifikation sowie das vorläufige Design des Heinrich-Hertz-Satellitensystems erarbeitet. Anfang 2012 soll mit diesen Arbeiten begonnen werden.**

### Heinrich Hertz

#### A New Generation in Satellite Communications

By Dr. rer. nat. Susanne Kammer and Dietmar Kubat

**When Heinrich Rudolf Hertz (b. February 22, 1857 in Hamburg; d. January 1, 1894 in Bonn) first sent electromagnetic waves from a transmitter to a receiver on November 11, 1886, he probably had no idea that his invention would work from space one day. 130 years after his discovery, in 2016, the German satellite that bears his name will send its first waves to Earth, once again to revolutionise communications technology. The first step in this direction has been taken: phases A1/B of the project, in which a technical specification and a tentative design will be developed for the Heinrich Hertz satellite system, are about to begin. Work on these phases is scheduled to start early in 2012.**



Autoren: **Dr. rer. nat. Susanne Kammer** ist stellvertretende Projektleiterin und Systemingenieurin des Heinrich Hertz Projektes. **Dietmar Kubat** ist Heinrich Hertz Projektleiter. Beide koordinieren in der Abteilung Satellitenkommunikation gemeinsam mit dem Projektteam alle Arbeiten zu Heinrich Hertz für das DLR Raumfahrtmanagement.

Authors: **Dr. rer. nat. Susanne Kammer** is the deputy project manager and a system engineer of the Heinrich Hertz project. **Dietmar Kubat** leads this project. In the Satellite Communication division, both are coordinating together with the project team all enduring work which belongs to the DLR Space Administration.

Überall und jederzeit erreichbar – kein anderer Bereich entwickelt sich so schnell wie die mobile Kommunikation. Heute sind Geräte wie Smartphone, Laptop und Tablet-PC und deren Möglichkeiten wie SMS, E-Mail und Internetzugang aus dem Alltag nicht mehr weg zu denken. In Zukunft wird ein leistungsfähiger Netzzugang – mobil oder stationär – die Basis für sämtliche Kommunikationstechnologien sein, bei dem die Grenzen zwischen Fernsehen, Internet und Telefonieren verwischen. Überall dort wo terrestrische Infrastrukturen nicht nutzbar sind, unterstützen Satellitenfunksysteme eine flächendeckende Versorgung (zum Beispiel Hochseeschifffahrt, ländliche Regionen). Des Weiteren profitieren unter anderem zivile und militärische Einsatzkräfte in Katastrophen- oder Krisengebieten, wenn die bodengestützte Kommunikationsstruktur überlastet und zerstört ist. Um der wachsenden Nachfrage an immer höheren Datenraten und Kapazitäten für das digitale Medienangebot nachzukommen, ist die Nutzung geostationärer Satelliten schon heute unverzichtbar geworden.

Doch auch der Weltraum stellt die Kommunikation vor große Herausforderungen: Sind neue Technologien, Kommunikationsarchitekturen und innovative Funkdienste auf der Erde bereits erprobt, heißt das noch lange nicht, dass sie unter den extremen Belastungen wie Strahlung und starken Temperaturwechseln tadellos funktionieren. Das Ausfallrisiko ist im Weltraum stark erhöht. Neue Dienste und Kommunikationsarchitekturen müssen unter realen Umgebungsbedingungen getestet werden, um dieses Risiko zu minimieren. Der Satellit Heinrich Hertz soll über Schlüsseltechnologien zukunftsfähige Kompetenzen „Made in Germany“ in den Gebieten Satellitennutzlast, Bodenstationen und Antennen sowie Satellitenplattform nachhaltig aufbauen. Damit Deutschland seine Position im Bereich von geostationären Satellitensystemen und -diensten aufbauen und sich somit der internationalen Konkurrenz um die besten Ideen und Technologien stellen kann, ist eine eigenständige Satellitenkommunikationsmission unerlässlich. Hierfür werden technische Spezifikationen sowie ein innovatives, technisches Design benötigt. Doch wie sieht so ein modernes, technisches Design eigentlich aus?

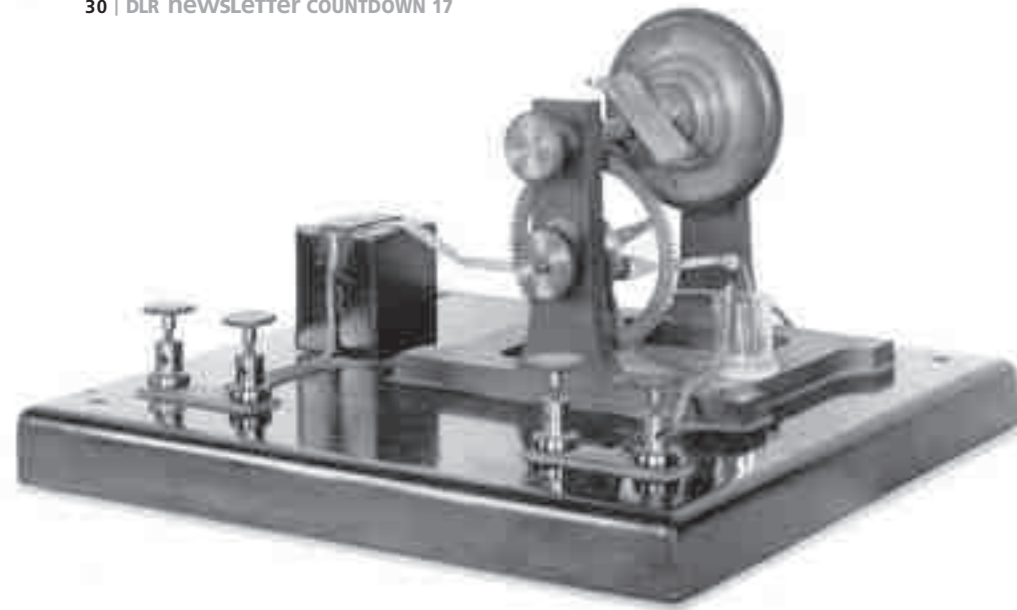
On call anywhere and at any time – there is no other sector that develops as swiftly as that of mobile communication. Today, we cannot imagine life without devices such as smartphones, laptops, and tablet PCs and the text messaging, email, and Internet access options they offer. In the future, virtually all communication technologies will be based on efficient mobile or stationary access to the web, blurring the boundaries between television, the Internet, and the telephone. Wherever terrestrial infrastructures cannot be used (e.g. on the oceans and in rural regions), satellite radio systems provide a comprehensive service. Further beneficiaries include civilian and military forces on missions in disaster or crisis regions where ground-based communication structures are overloaded or destroyed. Even today, geostationary satellites have already become indispensable in meeting the growing demand for ever-higher data rates and capacities to match the range of digital media.

Space also confronts communication with great challenges: the fact that a new technology, communication architecture, or innovative radio service has already been tested on Earth does not imply by any means that it will work without a hitch when exposed to the extreme radiation and the violent temperature fluctuations of outer space. The risk of failure is much greater in space. To minimise that risk, new services and communication architectures must be tested under realistic environmental conditions. Based on enabling technologies, the Heinrich Hertz satellite will lay the foundations for sustainable capabilities 'made in Germany' relating to satellite payloads, ground stations, antennas, and satellite platforms. To implement Germany in the field of geostationary satellite systems and services and, by the same token, to become a serious competitor in the international contest for the best ideas and technologies, Germany cannot do without a satellite communication mission of its own. For this, technical specifications are needed as well as an innovative technical design. But what would such a modern technical design actually look like?



Christoph Hohage (r.), Projektdirektor des DLR Raumfahrtmanagements, und Oberst Post vom Bundesministerium der Verteidigung unterschreiben die Ausführungsvereinbarung für die Mission "Heinrich Hertz".

Christoph Hohage (r.), project director of DLR Space Administration, and Colonel Post of the Federal Ministry of Defence signing the agreement for the 'Heinrich Hertz' mission.



Am 11. November 1886 konnte Heinrich Hertz mit Hilfe eines Drehspiegels zum ersten Mal elektromagnetische Wellen von einem Sender zu einem Empfänger übertragen.

On November 11, 1886, Heinrich Hertz succeeded for the first time in sending electromagnetic waves from a transmitter to a receiver with the aid of a rotatable mirror. (dpa)

#### Nutzlast – Anpassung im geostationären Orbit

Geostationäre Kommunikationssatelliten werden auf circa 15 Jahre Lebensdauer ausgelegt. Einmal im Orbit angelangt, sind keine Änderungen an der Nutzlast mehr möglich. Doch die Entwicklungen in der boomenden Branche Kommunikationstechnologie gehen stetig weiter. Neue Anwendungen und Dienste auf der Erde stellen im Laufe der Zeit weitere Anforderungen an die Nutzlast im All. Bei „klassischen“ Kommunikationssatelliten lassen sich diese innovativen Techniken nur sehr eingeschränkt umsetzen. Neue, ins All geschossene Satelliten können bei diesen Technologiesprüngen nicht mithalten und sind schnell wieder veraltet. Innovative Nutzlastkonzepte fehlen bislang. Dies soll Heinrich Hertz nun ändern und die Kommunikationsinfrastruktur auch während der Betriebsdauer flexibel nutzen. Die Anpassungen der Frequenzumsetzer, Filter, Multiplexer und Verstärker müssen hier ganz neue Anforderungen meistern. Heinrich Hertz soll diese Techniken nun weiter verbessern, indem es neben dem klassischen Nutzlastentwurf einen zusätzlichen Anteil hat, der eine Signalanpassung und -verarbeitung erlaubt (Onboard-Processing Strukturen). Der deutsche Satellit soll die Grenzen der Anpassungsfähigkeit von Nutzlasten wie zum Beispiel bei flexibler Bandbreitenbelegung oder das Routing der Daten untersuchen.

Neben dem wissenschaftlich-technischen Anteil bietet Heinrich Hertz die Möglichkeit, einem Missionspartner freie Nutzlastkapazitäten zur Verfügung zu stellen. Das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) wird diese sogenannte „Hosted Payload“ für Kommunikationszwecke nutzen. Im Juli 2011 wurde zwischen dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), dem BMVg und dem DLR die Einigung erzielt, dass sich das BMVg am Projekt Heinrich Hertz beteiligen wird. Beider Ministerien übertragen die Planung, Durchführung und Koordinierung des Projektes an das DLR Raumfahrtmanagement.

Das Heinrich Hertz Projektteam trifft sich regelmäßig, um die Mission im Rahmen des engen Zeitplans durchzuführen.

The Heinrich Hertz project team meets regularly to fulfil its mission within a tight schedule.



#### Payload – Adaption in geostationary orbit

Geostationary communication satellites are designed for a life of about 15 years. A payload cannot be modified once it has arrived in orbit, but developments in the booming communication technology sector are progressing steadily. In due course, payloads in space will be confronted by additional requirements as new applications and services are developed on Earth. Where 'classic' communication satellites are concerned, the options of using such innovative technologies are severely restricted. Even new satellites recently shot into space quickly become obsolete because they cannot keep up with these technology leaps. Innovative payload concepts have been lacking so far. Heinrich Hertz will change all this by flexibly using the communication infrastructure in its operation. Frequency converters, filters, multiplexers, and amplifiers will have to conform to entirely novel requirements regarding their adaptability. Heinrich Hertz will improve these technologies further, for in addition to its regular payload design it will incorporate a component that permits adapting and processing signals (on-board processing structures). The German satellite will test the limits of payload adaptability in terms of, for example, flexible bandwidth occupation and data routing.

In addition to the scientific and technical components, Heinrich Hertz has free payload capacities that may be used by another 'partner'. This so-called hosted payload will be used by the Federal Ministry of Defence (BMVg) for communication purposes. In July 2011, an agreement was reached between the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), the BMVg, and DLR to the effect that the BMVg will participate in the Heinrich Hertz project. Both ministries agreed to entrust the DLR Space Management with planning, implementing, and coordinating the project.

Mit der geplanten Inbetriebnahme von Heinrich Hertz wird wieder **nach über 30 Jahren** ein deutscher Wissenschaftssatellit im Bereich der Satellitenkommunikation den Betrieb aufnehmen. Bereits zuvor beendete Deutschland mit dem Aufbau des satellitengestützten Kommunikationssystems der Bundeswehr, COMSATBw, die langjährige Abstinenz in diesem Bereich seit Außerdienststellung des nationalen Fernmelde-Satellitensystem DFS Kopernikus Ende der achtziger Jahre.

Das **DLR Raumfahrtmanagement** ist für die Planung, Durchführung und Koordinierung des Projektes Heinrich Hertz verantwortlich und bündelt die Aufgaben für die wissenschaftlich-technischen sowie militärischen Anteile. Dazu ist ein Projektteam mit zurzeit dreizehn Mitarbeitern für die verschiedenen Tätigkeitsbereiche vom System Engineering bis hin zur Bodeninfrastruktur aufgestellt worden.

#### Antenne der Zukunft

Der Datenhunger unserer Gesellschaft wächst ständig: Immer mehr Sendungen im Fernsehen werden in High Definition ausgestrahlt. Die Zahl der Mobiltelefone mit Internetzugang steigt explosionsartig an. Egal ob Fernseher, DVD-Recorder oder Rolläden – alles wird in Zukunft per Mobiltelefon programmierbar sein. Ein großer deutscher Autohersteller präsentierte auf der Internationalen Automobil Ausstellung IAA in Frankfurt am Main ein neues Luxusauto mit mobilem Internetzugang – Kartenupdates für das integrierte Navigationssystem lädt sich das Automobil der Gegenwart selbstständig aus dem Netz herunter. Aber auch bei neuen Erdbeobachtungssatelliten wächst der ohnehin schon sehr große Datentransfer stetig an. Diesen Entwicklungen ist eines gemeinsam: Sie brauchen alle ein breiteres Frequenzspektrum. Doch Frequenz ist eine begrenzte Ressource. Um diese Kluft zu meistern, rücken effizientere Übertragungsverfahren in den Fokus moderner Satellitenkommunikation. Sogenannte Spotbeam-Antennen mit flexibler Kanalzuweisung und wiederholenden Frequenzen sorgen auf Heinrich Hertz für einen effizienten Ressourceneinsatz.

Neben dem effizienten Einsatz des Frequenzspektrums wächst die Bedeutung des mobilen Zugangs zu Satellitendiensten. Neuentwicklungen im Bereich der Bodenterminals mit Antennendurchmessern kleiner als 80 Zentimeter sollen die Grenzen von Mobilität und Erreichbarkeit mobiler Nutzer testen. Diese Funktionstests können nur dann erfolgreich sein, wenn sie die gesamte Kommunikationskette Bodenterminal – Satellit – Bodenterminal durchlaufen. Dafür werden die zu erprobenden Schlüsseltechnologien in komplette Kommunikationsketten – sogenannte Send- und Empfangszüge – eingebettet. Der Schwerpunkt neuer Dienste liegt dabei vor allem in dem zukünftig vermehrt durch die Satellitenkommunikation genutzten Ka-Band (30/20 Gigahertz). Wissenschaftsinstitute und Industrie können so wissenschaftlich und anwendungsorientiert im Breitbandformat testen.

Heinrich Hertz soll außerdem wie eine „Relaisstation“ zu erdumlaufenden Satelliten im Ka-Band (23/26 Gigahertz) eingesetzt werden. Der tief fliegende Satellit sendet seine Daten zu Heinrich Hertz, der sie dann zur Erde weiterleitet. Durch diese Kommunikationskette werden sich die bisherigen Kontaktzeiten zwischen Bodenstation und umlaufenden Satelliten erheblich verlängern. Innovative Übertragungsverfahren sollen zusammen mit einer neuentwickelten Empfangsantenne dazu beitragen, bei Intersatellitenverbindung die Eigenschaften des Datentransfers – unter anderem Datenrate und Störresistenz – zu verbessern.

#### SmallGEO – Plattform made in Germany

Art und Anzahl der vorgesehenen Technologien sowie Umfang und Charakteristika der Kommunikationsexperimente sind eine echte Herausforderung. Sie erhöhen das Missionsrisiko bei Heinrich Hertz so stark, dass ein Mitflug auf einem kommerziellen Satelliten nicht möglich ist. Darum musste eine eigenständige Satellitenplattform gefunden werden. Die Wahl fiel auf die SmallGEO-Plattform der Firma OHB-System AG in Bremen. So wird das von der europäischen Weltraumorganisation ESA und der Bundesrepublik Deutschland im ARTES-11-Programm verfolgte Ziel unterstützt, einen eigenen geostationären Satelliten-Bus in Deutschland aufzubauen, um die nationale Systemfähigkeit auf diesem Gebiet weiter voranzutreiben.

Once Heinrich Hertz has been commissioned as scheduled, a new German science satellite in the field of satellite communication will have begun operations, following a break of **more than 30 years** since the launch of national telecommunications satellite system, DFS Kopernikus, in the late eighties. Before that, Germany will end its many years of abstinence in this field by launching COMSATBw, the Federal Armed Forces' new satellite-based communications system.

Responsible for planning, implementing, and coordinating the Heinrich Hertz project, **DLR Space Administration** pools all tasks relating to the scientific, technical, and military elements. For this purpose, a project team with a current membership of thirteen employees has been set up to handle activities ranging from system engineering to ground infrastructures.

#### Antenna of the future

Our society's hunger for data is growing steadily: more and more TV programmes are aired in high-definition, and the numbers of mobile phones with Internet access are exploding. Whether we are looking at TV sets, DVD recorders, or roller blinds – everything will be programmable by mobile in the future. At the International Automobile Show IAA in Frankfurt, a big German automaker presented a new luxury car equipped with mobile Internet access – cars that are really up-to-date these days will automatically download map updates for their navigation systems from the web. Moreover, the volume of data transferred by new Earth-observation satellites, very large to begin with, is growing steadily. All these developments have one thing in common: they demand a wider frequency spectrum. Yet the supply of frequencies is a limited resource, in a manner of speaking. To bridge this gap, more efficient transmission methods have moved into the focus of modern satellite communications. On Heinrich Hertz, the efficient use of resources is assured by so-called spot beam antennas featuring flexible channel assignment and repeater frequencies.

Besides using the frequency spectrum more efficiently, the importance of mobile access to satellite services is growing. Newly developed ground terminals with antennas measuring less than 80 centimetres in diameter will test the limits of the mobility and 'contactability' of mobile users. These functional tests can be successful only if they run through the entire chain of communication: ground terminal – satellite – ground terminal. The enabling technologies being tested will be embedded in complete communication cycles called transmission and reception chains. New services will focus mainly on the Ka band (30/20 Gigahertz) that will be used more extensively in satellite communication in the future. This permits science institutes and industrial companies to run scientific and application-oriented broad-band tests.

Furthermore, it is intended for Heinrich Hertz to act as a 'relay station' for orbiting satellites in the Ka band (23/26 Gigahertz). The low-flying satellite in orbit will send its data to Heinrich Hertz which will send it on to Earth. This chain of communication will involve considerably longer contact times between ground stations and orbital satellites. It is hoped that innovative transmission methods and a newly-developed reception antenna will contribute towards improving data transfer properties in inter-satellite communication, including data rates and interference immunity.

#### SmallGEO – Bus made in Germany

The nature and number of the technologies as well as the scope and characteristics of the communication experiments on Heinrich Hertz constitute a true challenge, increasing the risk of the mission to such an extent that it possibly cannot fly on a commercial satellite. Consequently, an independent satellite platform had to be found. What was finally chosen was the SmallGEO platform made by OHB-System AG of Bremen. This supports the objective pursued under the ARTES-11 programme by the European Space Agency (ESA) and the Federal Republic of Germany, which is to create a dedicated bus for geostationary satellites so as to further enhance Germany's national system capability in this field.



Lange Menschenglangen drängten sich vor den Flugzeugen auf der Zulu-Platte.

A huge crowd of people rushed in front of the planes at the Zulu plate.

## Tag der Luft- und Raumfahrt 2011

Dem Regen getrotzt

Von Martin Fleischmann

Stark bewölkter Himmel, kaum Sonne und immer wieder Regenschauer – schlimmer könnte die Wetterlage für eine Open-Air-Veranstaltung kaum sein. Dennoch strömten zehntausende Besucher am 18. September 2011 zum Tag der Luft- und Raumfahrt (TdLR) auf das Gelände des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln-Porz, wo das DLR und die europäische Weltraumorganisation ESA gemeinsam mit ihren Partnern Forschungsprojekte aus Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr präsentierten. Unbeeindruckt vom wechselhaften Wetter bildeten sich lange Schlangen vor und auf der Zulu-Platte. Das große Interesse galt den DLR-Forschungsfliegern, dem Airbus A380 und der fliegende Sternwarte SOFIA, die erstmals zu Gast in Europa war. Doch auch auf dem DLR-Gelände war der Andrang groß: Die Besucher ließen sich von Wissenschaftlern und Ingenieuren die Triebwerke der Zukunft sowie irdische Anwendungen der Luft- und Raumfahrtmedizin zeigen. Astronauten wie Alexander Gerst, die im Europäischen Astronautenzentrum (EAC) der ESA für die ISS ausgebildet werden, berichteten über ihre Arbeit und das Leben im Weltraum.

German Aerospace Day 2011

Defying the Rain

By Martin Fleischmann

A heavily clouded sky, next to no sunshine, and repeated showers – the weather could have been hardly any worse for an open-air event. On September 18, 2011, German Aerospace Day, visitors in their tens of thousands nevertheless thronged the compound of the German Aerospace Center (DLR) in Köln-Porz, where DLR, the European Space Agency (ESA), and their partners presented research projects from the aerospace, energy, and transport sectors. Unimpressed by the changeable weather, long queues formed before and on the Zulu plate. Prominent objects of interest were DLR's research aircraft, the Airbus A380 and the flying observatory SOFIA, which was on its first visit to Europe. But there were equally dense crowds on the DLR compound: visitors were listening to scientists and engineers who explained the engines of the future and terrestrial applications of aerospace medicine, and astronauts being trained for the ISS at ESA's European Astronaut Centre (EAC), including Alexander Gerst, told about their work and life in space.



Autor: **Martin Fleischmann** betreut als Redakteur die Inhalte und das Layout von Printtiteln und Broschüren des DLR Raumfahrtmanagements sowie des Newsletters COUNTDOWN. Er betreut in der Abteilung Kommunikation in Bonn zusammen mit seinen Kollegen Themen, die für das DLR Raumfahrtmanagement bedeutend und öffentlichkeitswirksam sind.

Author: As the subeditor, **Martin Fleischmann** is responsible for editing and layout of printings and brochures of the DLR Space Administration as well as the COUNTDOWN newsletter. He and his colleagues in the Communication division in Bonn are in charge of topics which are important for the DLR Space Administration and interesting to the public.

### Bundeswirtschaftsminister besuchte TdLR

Unter den zahlreichen Besuchern war auch Politprominenz vertreten: „Der Tag der Luft- und Raumfahrt des DLR ist eine einmalige Gelegenheit, Hightech-Forschung made in Germany hautnah zu erleben. Die eindrucksvollen Forschungsergebnisse sowie die spannenden und hochaktuellen Forschungsthemen zeigen eindeutig: Spitzenforschung ist für den Wirtschaftsstandort Deutschland im internationalen Wettbewerb unverzichtbar. Die vielfältigen technischen Neuerungen kommen letztlich uns allen zu Gute“, betonte TdLR-Schirmherr Bundeswirtschaftsminister Dr. Philipp Rösler und ließ sich zusammen mit Landesministerin Svenja Schulze – unter Regenschirmen verpackt – über das Gelände führen. Nachdem Besuch des Nutzerzentrum für Weltraumexperimente (MUSC), den Laboren der Werkstoffforschung, des Kryowindkanals und des Solarofens ging es dann per Bus in Richtung Zulu-Platte, wo noch die fliegende Sternwarte SOFIA und die DLR-Forschungsflotte auf dem Besuchsprogramm stand. Abschließend ließ es sich der Bundeswirtschaftsminister nicht nehmen, das europäische Astronautenzentrum zu besuchen und dem deutschen Astronauten Alexander Gerst persönlich zu dessen Nominierung für seine erste ISS-Mission im Mai 2014 zu gratulieren.

### Forschernachwuchs begeistern

Doch auch die kleinen „Forscher von Morgen“ kamen beim Tag der Luft- und Raumfahrt nicht zu kurz. Für jede Altersgruppe war etwas dabei: Gemeinsam mit ihren Eltern erkundeten die Kleinen im Vorschulalter das Gelände auf einer Wissenschaftsrallye und experimentierten im „Haus der kleinen Forscher“ zu den Themen Raumfahrt, Astronomie und Umwelt. Begeisterte Kinder trafen vor der Kinderbühne auf den Elefanten aus der „Sendung mit der Maus“ und ließen sich Autogramme geben. Großer Andrang herrschte ebenfalls im DLR\_School\_Lab. „Sicherlich werden sich viele der jüngeren Besucher von den Exponaten und Projekten so begeistern lassen, dass sie sich bei ihrer Berufswahl für die Ingenieur- oder die Naturwissenschaften entscheiden. Auch deshalb freue ich mich über diese Veranstaltung sehr. Gerade in diesen Bereichen brauchen wir gut ausgebildete und hoch motivierte Fachkräfte ganz besonders“, prognostizierte der Bundeswirtschaftsminister.

### Visit by the Federal Minister of Economics

The audience included some political celebrities: 'DLR's German Aerospace Day is a unique opportunity to experience high-tech research made in Germany at first hand. The impressive findings documented and the exciting and highly topical nature of the research topics under investigation clearly show that top-flight research is indispensable for Germany if it is to hold its own against international economic competitors. Ultimately, we all stand to benefit from the wide variety of technical innovations.' Thus the patron of the German Aerospace Day, the Federal Minister of Economics, Dr Philipp Rösler, who let himself to be guided around the premises together with North Rhine-Westphalia's Minister of Economics, Svenja Schulze, both heavily protected by umbrellas. Having viewed the User Centre for Space Experiments (MUSC), the materials research laboratories, the cryogenic wind tunnel, and the solar furnace, the visitors went by bus to the Zulu plate, where the flying observatory SOFIA and the DLR research fleet were awaiting their inspection. Lastly, the Federal Minister of Economics insisted on visiting the European Astronaut Centre to personally congratulate the German astronaut, Alexander Gerst, on the confirmation of his first mission to the ISS in May 2014.

### Inspiring young researchers

Junior 'researchers of tomorrow' got their share of attention on the German Aerospace Day, too. There was something for every age group: together with their parents, pre-school kids explored the premises in a science rallye and ran astronomical, astronomical, and environmental experiments in the 'house of young researchers'. At the children's stage, enthusiastic kids met the elephant from the 'Mouse' TV programme, collecting autographs. The DLR\_School\_Lab was similarly crowded. 'I feel sure that many younger visitors will be so inspired by the exhibits and projects that they will opt for the engineering and natural sciences as their future profession. This is another reason why I am so happy with this event, for it is in these fields that we particularly need well-trained and highly-motivated professionals,' the Federal Minister of Economics said.



Eine Menge Spaß für Groß und Klein.  
A lot of fun for little ones and their parents.

Bundeswirtschaftsminister Dr. Philipp Rösler steht in der fliegenden Sternwarte SOFIA neben dem deutschen Instrument GREAT.  
The Federal Minister of Economics and Technology, Dr Philipp Rösler, beside the German instrument GREAT in the flying observatory SOFIA.

Das Rheintal in 3D und ein Blick hinter die Kulissen der Kontrollräume standen bei Groß und Klein auf dem Programm. Wissenswertes über Ernährung im Weltraum (Space Food) und die Wirkung von Schwerkraft und Schwerelosigkeit auf den menschlichen Körper konnten die Besucher im DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin erfahren. Bei der Simulations- und Softwaretechnik „fingen“ die Besucher Satelliten via Joystick ein.

Forschung für die Luftfahrt live erleben konnten große und kleine Besucher beispielsweise im DLR-Institut für Antriebstechnik: In Miniatur-Windkanälen wurden Auftrieb und Widerstand spielerisch erklärt. Das Institut für Flughafenwesen zeigte den Luftverkehr im Umfeld des Flughafens Köln/Bonn. Forschung an einem so genannten Staustrahltriebwerk stand bei der Abteilung Über- und Hyperschalltechnologie auf dem Programm. Wie kalt es für ein Modell im Windkanal werden kann, erklärten Wissenschaftler am Kryo-Kanal-Köln.

Wie viel Kraft steckt eigentlich in der Sonne? Besucher des DLR-Instituts für Solarforschung konnte dies selbst testen und 5- und 10-Cent-Münzen zum Schmelzen bringen. An anderer Stelle steuerten interessierte Besucher ein Solarkraftwerk mithilfe eines Joysticks. Spannende Informationen zum „Zug der Zukunft“, „Elektromobilität“ und das Wüstenstromprojekt „DESERTEC“ trugen DLR-Referenten vor.

#### Besuchermagnet Forschungsflotte

Auf dem Gelände des Kölner Flughafens zogen die einzigartigen Maschinen der Forschungsflotte des DLR die Besucher an wie ein Magnet. Lange Schlangen bildeten sich vor dem modernsten Hubschrauber der Welt EC135 FHS, dem „fliegenden Verwandlungskünstler“ ATTAS (Advanced Technologies Testing Aircraft

Visitors of all ages were equally interested in viewing the Rhine valley in 3-D and looking behind the scenes of a control room. At the DLR Institute of Aerospace Medicine, visitors were told many things worth knowing about space food and the impact of gravity and weightlessness on the human body. In the simulation and software engineering division, they could have a go at ‘catching’ satellites with a joystick.

At the DLR Institute of Propulsion Technology, adults and children enjoyed a live experience of aviation research: miniature wind tunnels explained the meaning of lift and drag. The Institute of Airport Research had a display showing the air traffic in the vicinity of Cologne-Bonn airport. The department of super- and hypersonic technology showcased research on a so-called ramjet. Scientists from the Cologne cryogenic tunnel explained how cold a model can become in a wind tunnel.

How much power can the Sun really deliver? Visitors to the DLR Institute of Solar Research were able to test this for themselves by bringing five and ten-cent coins to the melting point. Elsewhere, interested visitors were controlling a solar power station with the aid of a joystick. DLR speakers presented thrilling information about the ‘train of the future’, ‘electro-mobility’, and the DESERTEC project for generating power in the desert.

#### A stellar attraction: the research fleet

On the premises of Cologne airport, DLR’s unique research fleet attracted visitors like a magnet. Long queues formed before the world’s most modern helicopter, EC135 FHS; the ‘flying quick-change artist’, ATTAS (Advanced Technologies Testing Aircraft S-system); the ‘volcano ash hunter’ Falcon 20E; the Cessna 208B Grand



**Star Wars in Köln-Porz: Die Gruppe German Garrison sorgte am Tag der Luft- und Raumfahrt 2011 nicht nur auf der DLR-Bühne für gute Unterhaltung.**

Star Wars in Cologne-Porz: The artists German Garrison entertained the visitors of the German Aerospace Day 2011 not only on the DLR stage.

System), dem „Vulcano Ash Hunter“ Falcon 20E, der Cessna 208B Grand Caravan, einem „fliegender Hörsaal“, sowie dem größten DLR-Forschungsflugzeug Airbus A320 ATRA (Advanced Technology Research Aircraft). Auch die Luftwaffe als Partner des Tags der Luft- und Raumfahrt beteiligte sich mit Flugzeugen, so unter anderem mit einem ECR Tornado und einem Eurofighter sowie einer Transall C160. Zum ersten Mal in der Öffentlichkeit zeigten sich die beiden Airbus A340 der Flugbereitschaft der Bundeswehr.

Mitveranstalter des Großereignisses sind auch in diesem Jahr der Flughafen Köln Bonn Airport und die Luftwaffe sowie die Europäische Weltraumorganisation ESA mit dem Europäischen Astronautenzentrum (EAC). Medienpartner sind der WDR und der Kölner Stadt-Anzeiger sowie die Flugrevue und der Aerokurier. „Der Tag der Luft- und Raumfahrt war auch in diesem Jahr wieder ein großer Erfolg. Wir freuen uns über das große Interesse der Besucher an der Forschung des DLR“, resümierte Prof. Dr. Johann-Dietrich Wörner, Vorstandsvorsitzender des DLR. „Die Menge an Besuchern und deren riesiges Interesse, haben gezeigt, welchen hohen Stellenwert die Forschung des DLR in Deutschland hat.“

Caravan, a ‘flying auditorium’; and DLR’s largest research aircraft, the Airbus A320 ATRA (advanced technology aircraft). The air force, another partner of the German Aerospace Day, contributed planes as well, including an ECR Tornado, a Eurofighter, and a Transall C160. The two Airbus A340 of the Federal Armed Forces flight operations centre were shown for the first time in public.

As in previous years, the co-hosts of this year’s event included Cologne-Bonn airport, the air force, and the European Space Agency (ESA) with its European Astronaut Centre (EAC). Partners from the media sector included WDR radio as well as the Kölner Stadt-Anzeiger, Flugrevue, and Aerokurier publications. Summarising the event, Prof. Dr. Johann-Dietrich Wörner, chairman of the DLR board, said, ‘This year’s German Aerospace Day was another great success. We are pleased that visitors showed so much interest in DLR’s research. The number of visitors and their enormous interest show how greatly DLR’s research is appreciated in Germany.’



Wie können haptische und visuelle Sinne vom Menschen zum Roboter übertragen werden? Um dieser Frage auf den Grund zu gehen, forscht Trainee Stephan Kimmer mit dem Exo-Skelett.

How can human haptic and visual senses be transferred to a robot? To get to the bottom of this question, trainee Stephan Kimmer experiments with an exoskeleton. (ESA)



## German Trainee Programme

Deutschlands Nachwuchs auf europäischem Sprungbrett

Von Dr. Olivia Drescher-Schwenzfeier

**Leidenschaft für Raumfahrt, ein Hochschulabschluss, Neugierde, Kreativität, Teamgeist und Spaß an einer multikulturellen Arbeitsatmosphäre und ein Hochschulabschluss – das und vieles mehr befindet sich im Gepäck eines Trainees, der für das German Trainee Programme (GTP) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und der europäischen Weltraumorganisation ESA ein Ticket lösen möchte. Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) haben beide Organisationen mit dem GTP ein Programm gestartet, das akademischem Nachwuchs aus Deutschland „on the job-Qualifizierungen“ in den verschiedenen wissenschaftlich-technischen Raumfahrtbereichen bei der ESA bietet. Auf die Trainees warten Forschung auf höchstem Niveau, spannende Aufgaben und vielfältige Perspektiven für die zukünftige Raumfahrtkarriere.**

### German Trainee Programme

**A Stepping Stone for Germany's Young Scientists to a European Career**

By Dr. Olivia Drescher-Schwenzfeier

**A passion for space, a university degree, curiosity, creativity, team spirit, and a liking for a multicultural environment at work – these and many other things should be in the baggage of anyone wishing to obtain a ticket to the German Trainee Programme (GTP) of the German Aerospace Center (DLR) and the European Space Agency (ESA). Sponsored by the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), the GTP is a placement scheme launched by the two organisations which offers young German graduates an opportunity to obtain on-the-job qualification in ESA's diverse scientific and technical space activities. Trainees may look forward to research at a higher level, thrilling tasks, and a variety of perspectives for their future career in the space sector.**



Autor: **Dr. Olivia Drescher-Schwenzfeier** ist wissenschaftliche Leiterin des DLR-Vorstandsbüros in Berlin-Mitte. Sie koordiniert das German Trainee Programm für das DLR in der ESA.

Author: **Dr. Olivia Drescher-Schwenzfeier** works as the scientific head of the DLR Executive Board office in Berlin. She coordinates the German Trainee Programme in the behalf of DLR and ESA.

Die Ausbildung des wissenschaftlichen Raumfahrt-Nachwuchses zählt zu den Kernaufgaben des DLR. Dies liegt im eigenen Interesse als führende öffentliche Forschungseinrichtung für Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr dient, aber ebenso der Umsetzung deutscher Ziele in der europäischen Raumfahrt. Vor diesem Hintergrund unterzeichneten das DLR und die europäische Weltraumorganisation ESA 2009 den Vertrag zum „Training des deutschen Nachwuchses im Bereich Raumfahrttechnologie bei der Europäischen Raumfahrtagentur“ – das German Trainee Programme GTP. Seitdem werden junge deutsche Ingenieure und Wissenschaftler mit einem Stipendium des DLR zur ESA entsandt, um dort ein „on the job Training“ aufzunehmen. Für den deutschen Nachwuchs eröffnen sich damit bei der ESA Qualifizierungs-, Einstiegs- und Karrierechancen – Möglichkeiten, um den zu niedrigen deutschen ESA-Personalanteil mittel- und langfristig zu erhöhen. Das GTP folgt damit einem politischen Auftrag von Bundesregierung und Parlament, deutsches Personal in internationalen Organisationen zu stärken. Es wird vom BMWi gefördert und über das nationale Raumfahrtprogramm des DLR Raumfahrtmanagements finanziert. Die programmatische Leitung und Betreuung liegen beim DLR-Vorstandsbüro.

#### Gezielte Umsetzung deutscher Interessen

In welchen Fachgebieten werden die Trainees bei der ESA beschäftigt? Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig und richten sich nach den für Deutschland wichtigen Tätigkeitsfeldern. Sie werden jährlich durch das DLR festgelegt und mit der ESA abgestimmt. Es ist Aufgabe der europäischen Raumfahrtorganisation, entsprechende Arbeits- und Trainingsangebote vorzuschlagen. Diese werden im DLR geprüft, um die vorrangigsten und attraktivsten Stellen herauszufiltern. Dem deutschen Nachwuchs sollen schließlich gute fachliche und individuelle Entwicklungschancen angeboten werden. Die ausgewählten Trainee-Stellen werden auf der DLR GTP-Homepage, in Fachzeitschriften, bei Universitäten und in Industriekreisen veröffentlicht. Jobmessen und Präsentationen an Universitäten unterstützen die Suche nach geeigneten Bewerbern für das Programm.

#### Am Puls der Mission

Welche Voraussetzungen muss ein Trainee mitbringen? Einen klaren fachlichen Bezug zur Raumfahrt, einen Hochschulabschluss als Master oder PhD, der nicht länger als zwei Jahre zurück liegt, Interesse für die Arbeit bei der ESA, Fremdsprachenkenntnisse, Bereitschaft zur Arbeit in einem internationalem Team und die deutsche Staatsbürger-

To qualify young scientists for astronautics is one of DLR's key tasks. While this is in its own interest as the leading public research organisation in astronautics, energy, and transport, it also serves to realise German objectives at a European level. Against this background, DLR and the European Space Agency (ESA) signed an agreement in 2009 for the 'Training of German Young Graduates on Space Technology – the German Trainee Programme (GTP)'. Since then, young German engineers and scientists have been sent to ESA on a DLR grant for a period of on-the-job training. To young German graduates, the scheme offers working skills, and opens up job entrance and career opportunities – while possibly also, in the medium and long term, increasing the proportion of German nationals on ESA's staff who are currently underrepresented. The GTP helps to implement the federal government's and parliament's policy to reinforce the German headcount in international organisations. Sponsored by the German Federal Ministry of Economics and Technology and funded by DLR Space Administration from the national space programme, the scheme is managed and supervised by DLR's Executive Board office.

#### Furthering German interests

What are the areas of expertise in which participants are trained by ESA? The options are many and varied, and they depend on what fields of activity are important for Germany. These are identified by DLR on an annual basis and agreed with ESA. Suggesting relevant placement and training opportunities is the task of the European Space Agency. DLR reviews these suggestions to filter out the most important and attractive positions, seeking to provide the young Germans with good professional and individual development opportunities. The trainee positions ultimately selected are published on DLR's GTP homepage, in professional journals, at universities, and in industrial circles. Job fairs and presentations at universities support the search for suitable applicants for the programme.

#### At the pulse of the mission

What is required to qualify for the trainee scheme? A clear professional link with space technologies, a Master's or PhD degree that should not be older than two years, an interest in ESA's work, foreign language skills, an interest to work in an international team, and German citizenship – these are the eligibility criteria. If successful, a trainee may work side by side with team members from 18 ESA member states. Grants are initially limited to one year and may



**Kick-off des GTP 2012 mit den Neu-Stipendiaten in Bremen**

GTP-Kick-off meeting 2012 with the new stipendiaries in Bremen (Rehling/Uni Bremen)



- 1** Dr. Bettina Böhm, ESA-Personalleiterin, und Dr. Sven Halldorn, Abteilungsleiter beim BMWi, überreichen Ina Sapezanskaia ihren DLR-GTP-Vertrag für die Tätigkeiten bei der ESA ab 2012.  
Dr Bettina Böhm, ESA staff executive, and Dr Sven Halldorn, department head in the BMWi, submit Ina Sapezanskaia a DLR-GTP-contract for her ESA activities in 2012. (Rehling/Uni Bremen)
- 2** DLR Vorstandsvorsitzender Prof. Johann-Dietrich Wörner, Staatssekretär Peter Hintze und ESA-Direktor Jean-Jaques Dordain überreichten der Stipendiatin Claudia Ditze ihre Urkunde. (v. r.)  
Prof. Johann-Dietrich Wörner, chairman of the DLR Executive Board, under-secretary of state Peter Hintze, and ESA director Jean-Jacques Dordain (right to left) presenting scholarship holder Claudia Ditze with her certificate
- 3** Trainee Virginie Hager traf mit ESA-Direktor Jean-Jaques Dordain und dem deutschen Astronauten Hans Schlegel zusammen. (v. l.)  
Trainee Virginie Hager meeting ESA director Jean-Jacques Dordain and the German astronaut Hans Schlegel (left to right)

schaft sind die Bedingungen für eine Bewerbung. Ist diese erfolgreich, dann kann der Trainee Seite an Seite mit Teammitgliedern aus 18 ESA-Mitgliedstaaten zusammenarbeiten. Die Dauer des Stipendiums ist zunächst auf ein Jahr ausgelegt und kann um ein weiteres Jahr verlängert werden. Mit einem Mentor an der Seite werden die Trainees in Projekten von Forschung, technologischer Entwicklung oder operativen Umsetzungen an einem der ESA-Standorte in den Niederlanden, Italien, Deutschland, Frankreich und Spanien eingesetzt: Zum Beispiel Tim Buchholz arbeitet im European Space Research Institute (ESRIN) in Frascati (Italien) an einem Projekt zur „Landnutzungsklassifikation und Änderungsdetektion in Satellitenbildern“, deren Applikationen nun auch auf den Bereich Sicherheit und Katastrophenmanagement angewandt werden können. Leonid Bussler wertet die Bahndaten der Internationalen Raumstation ISS im Hinblick auf die Planung der Kommunikation mit dem Automated Transfer Vehicle (ATV)-2 „Johannes Kepler“ über den europäischen GEO-Satelliten ARTEMIS aus. Er ist im ATV-Kontrollzentrum in Toulouse am Puls der Mission und erlebte während des laufenden Betriebs „hautnah“ den Missionsablauf.

Auch Virginie Hager ist an der ATV-Mission beteiligt. Sie unterstützt im Bereich ICC Mechanical & Thermal Engineering die ATV-Produktion, arbeitet an der Pre-Flight-, Missions- und Post-Flight-Analyse und leitet die Möglichkeitsstudie „Fire Safety Experiment on ATV4“. Claudia Dietze plant hauptverantwortlich im European Space Operations Center (ESOC) in Darmstadt eine Studie über eine Sample Return Mission zu den Marsmonden. David Seelbilder arbeitet an einer Simulation für eine präzise autonome Landung auf dem Mars. In der Abteilung für Guidance, Navigation und Control am European Space Research and Technology Centre (ESTEC) im niederländischen Noordwijk ist er am Aufbau einer Echtzeitumgebung beteiligt, mit der die Steuerungssoftware von Raumfahrzeugen getestet wird. Manuel Aiple hat eine Software für ein Teleoperations-Experiment entworfen, die der europäische Astronaut André Kuipers auf seiner nächsten ISS-Mission bedienen und einen Rover-Prototypen auf der Erde fernsteuern wird. So werden alle GTP-Trainees in laufende Projekte einbezogen und in ihre Teams integriert. Nach einer gewissen Einarbeitungszeit entsteht eine Win-win-Situation für alle Beteiligten.

Im DLR sind das Raumfahrtmanagement und die DLR-Raumfahrtinstitute durch ihre internationalen, ESA- oder nationalen Projekte mit den Herausforderungen der geplanten Traineeaktivitäten gut vertraut. Die stellenbedingt zuständigen Fachbereiche sind bei der Werbung für die Traineeangebote bei der ESA, der Bewertung dieser Stellen im DLR, der Sichtung und Auswahl der Bewerber sowie auch bei Fragen der Trainees vor Ort beteiligt.

#### Erfahrung in Ausbildung

Auch für die europäische Weltraumorganisation stellt die Nachwuchsförderung eine wichtige Aufgabe dar. Das ESA-eigene Nachwuchsförderprogramm – 1984 mit dem einjährigen „on the Job-Training“ für je einen jungen Spezialisten pro Mitgliedsland gestartet – sieht heute eine jährliche einjährige Förderquote von rund 80 Trainees vor. Die hier erlangten Erfahrungen, wie auch jene mit den nationalen ESA-Nachwuchsförderprogrammen von Spanien und Portugal, halfen bei den Planungen und der Gestaltung des deutschen Programms. Zusätzlich

be prolonged by another. With a mentor at their side, trainees are employed in projects of research, technological development, or operational implementation at one of ESA's locations in the Netherlands, Italy, Germany, France, or Spain. Tim Buchholz, for example, works at the European Space Research Institute (ESRIN) in Frascati (Italy) on a project entitled 'Land use classification and change detection in satellite images' which may now be applied in security and disaster management as well. Leonid Bussler evaluates orbital data from the International Space Station (ISS) with a view to planning communications with the automated transfer vehicle ATV-2, Johannes Kepler, via the European GEO satellite, ARTEMIS. Working at the ATV control centre in Toulouse, he was right at the pulse of the mission and followed its course step by step.

Virginie Hager, too, is involved in the ATV mission. She supports the production of the ATV in the field of ICC mechanical and thermal engineering, collaborates on the pre-flight, mission, and post-flight analyses, and is the lead author of a feasibility study entitled 'Fire safety experiment on ATV4'. At the European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt, Claudia Dietze is responsible for planning a study on a sample return mission to the moons of Mars. David Seelbilder is working on the simulation of a precise autonomous landing on Mars. Working at the department of guidance, navigation, and control of the European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in the Dutch town of Noordwijk, he is involved in the creation of a real-time environment for testing spacecraft control software. Manuel Aiple has developed a software for a tele-operation experiment which will be used by the European astronaut, André Kuipers, to operate a Rover prototype on Earth by remote control on his next ISS mission. Thus, all GTP trainees are involved in current projects and integrated in their teams. After a certain period of hands-on experience, a win-win situation emerges for all concerned.

Given their experience in international, ESA, and national projects, the German Space Administration and DLR's space institutes are well acquainted with the challenges posed by the trainee roles. The relevant departments play their part in negotiating trainee placement opportunities with ESA, evaluating these placements within DLR, interviewing and selecting applicants, and answering any questions trainees may have on the spot.

#### Experience in training

The European Space Agency, too, regards promoting the next generation as an important task. ESA's own promotion programme, launched in 1984 in the form of a one-year on-the-job training for one young specialist from each member country, currently sponsors around 80 trainees every year. ESA's experience gathered in this context as well as in its Spain and Portugal national trainee programmes has been helpful in planning and designing the German programme. The European Space Agency has also assigned a special coordinator to offer additional support. Ultimately, the success of the programme is founded on a lively bilateral exchange between the two agencies on designing and developing the programme, the work of the ESA mentors, and the personal commitment of the GTP trainees.

unterstützt die europäische Weltraumorganisation das Programm mit einem Koordinator. Der intensive bilaterale Austausch der beiden Agenturen in Gestaltung und Weiterentwicklung des Programms, die Arbeit der ESA-Mentoren und das persönliche Engagement der GTP-Trainees bilden letztendlich die Grundvoraussetzungen für den Erfolg des Programms.

#### 2012 – Startschuss für neue Trainees

Das GTP startete 2010 mit der Entsendung der ersten Trainees gestartet. Die bisherige Entwicklung ist sehr positiv: 22 Trainees – darunter fünf Frauen – forschen und arbeiten in den Bereichen Erdbeobachtung, Technologieentwicklung, bemannte Raumfahrt, Träger, Wissenschaft, Satellitenbetrieb, Robotik, Navigation, Missionsanalyse und Strategie. Einsatzorte sind ESTEC (Niederlande), ESOC (Deutschland), ESRIN (Italien), ESAC (Spanien), Toulouse (Frankreich) und Brüssel (Belgien). Anfang 2012 entsendet das DLR erneut elf Trainees – unter ihnen vier Frauen – nach ESTEC, ESRIN und ESOC. Die ersten Absolventen des Programms kehren nach ein oder zwei Jahren Ausbildung und Berufserfahrung zurück.

Die DLR-Trainees haben sich als engagierte und qualifizierte Nachwuchsexperten in die Projekte und ihre ESA-Teams einbringen können. Die Nachfrage der europäischen Weltraumorganisation an GTP-Stipendiaten wächst ständig und hat 2011 die Zahl der möglichen zu fördernden Stellen um ein Vielfaches überschritten. Zwei der Trainees wurden bereits als ESA-Kontraktoren eingestellt, andere haben sich auf verschiedene Stellen europäischer Weltraumorganisation beworben. Der Wunsch, nach einer weiteren beruflichen Entwicklungsschleife außerhalb der ESA bei Industrie und Wissenschaft wieder zurück zur ESA zu kommen, ist bei den Trainees und Absolventen sehr hoch.

Der geförderte Umfang von circa zwanzig DLR-Trainees pro Jahr, der durch eine Verdopplung der Fördersumme durch das DLR Raumfahrtmanagement möglich wurde, schafft eine solide Basis, damit das GTP seine übergeordneten politischen Zielsetzungen erreichen kann. Aber auch die heimische Raumfahrtbranche in Wissenschaft und Industrie wird von den hochqualifizierten und ESA-erfahrenen Ingenieuren und Wissenschaftlern profitieren können.

#### 2012 – Time for new Trainees

The GTP was launched in 2010, when the first trainees were sent to ESA. Developments so far have been highly encouraging: 22 trainees – including five women – are researching and working in the fields of Earth observation, technology development, manned space flight, launchers, science, satellite operation, robotics, navigation, mission analysis, and strategy. They are employed at ESTEC (The Netherlands), ESOC (Germany), ESRIN (Italy), ESAC (Spain), Toulouse (France) and Brussels (Belgium). Early in 2012, DLR will second another eleven trainees – four of whom are women – to ESTEC, ESRIN, and ESOC. The first trainees to complete the programme will return after one or two years of training and professional experience.

Working in their projects and ESA teams, the DLR trainees have been able to develop their capabilities as dedicated and qualified young experts. The European Space Agency's demand for GTP scholars keeps growing, exceeding by far the number that can be supported by grants in 2011. Many trainees and ex-trainees wish to return to ESA once they have completed a further period of professional development in industry or science.

The number of about twenty DLR trainees per year could only be reached because the DLR Space Administration doubled the support for the GTP to reach the overarching political objectives. At the same time, Germany's space science and industry also stands to benefit from highly qualified engineers and scientists and their ESA experience.

#### Eckdaten GTP – Beruflicher Einstiegs und Qualifizierung bei ESA

- Gemeinsames Programm von ESA und DLR
- Ein- bis maximal zweijährige „on the Job Qualifizierung“ bei ESA mit einem Stipendium des DLR
- Internationale Teamarbeit und Unterstützung durch ESA-Mentoren
- Ausschreibung im Juli – August für Tätigkeiten mit Beginn des Folgejahres
- Master, HS-Diplom oder PhD im gesuchten Fachbereich, starke Raumfahrtaffinität, gute englische Sprachkenntnisse, Teamfähigkeit, maximal zwei Jahre zurückliegender Berufsabschluss, deutsche Nationalität als Voraussetzungen.

#### Key information on GTP – career entrance and qualification with ESA

- Joint programme of ESA and DLR
- One to two years of 'on-the-job qualification' delivered by ESA under a DLR grant
- International teamwork and support by ESA mentors
- Call for applications in July/August for placements to begin the subsequent year
- Eligibility criteria include a Master, Diploma or PhD degree in the chosen discipline, a strong affinity to space research, good English language skills, team capability, graduation no older than two years, and German nationality.

In der Planungs- und Testphase des ROSAT-Projektes wurde das Flugmodell auf Herz und Nieren geprüft – so wie hier in der Solar-simulationskammer bei der Firma IABG in Ottobrunn nahe München. Die Hauptinstrumente (weißer Kasten) wurden vom MPE gebaut.

In the planning and testing phase of the ROSAT project, the flight model was subjected to exhaustive tests, like this one here in the solar simulation chamber made by IABG in Ottobrunn near Munich. The main instruments (white box) were built by the MPE.

## Deutsche Raumfahrt-Missionen

### Teil 6: Röntgenobservatorium ROSAT

Von Dr. Niklas Reinke, Josef Hoell und Dr. Roland Gräve

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

### German Space Missions

#### Part 6: The ROSAT X-ray Observatory

By Dr Niklas Reinke, Josef Hoell and Dr Roland Gräve

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



Autoren: **Dr. Niklas Reinke** ist Politikwissenschaftler und Historiker. Von 2004 bis 2009 leitete er die Öffentlichkeitsarbeit des DLR Raumfahrtmanagements. Seit 2010 ist er in der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik zuständig für astronautische Raumfahrt/ISS, Trägersysteme und Infrastrukturen. Weiterhin vertritt er das DLR im IAA Committee on History. **Josef Hoell** und Dr. Roland Gräve arbeiten als wissenschaftliche Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik des DLR Raumfahrtmanagements und koordinieren seit 2008 die Aktivitäten des DLR zum ROSAT-Wiedereintritt. Authors: **Dr Niklas Reinke** works as a political and historical scientist. From 2004 to 2009, he headed the Public Relations department in the DLR Space Administration. Responsible for astronautics/ISS, launch systems, and infrastructure he has been working in the Space Strategy and Programme department since 2010. Furthermore, he represents the DLR in the IAA Committee on History. **Josef Hoell** and Dr Roland Gräve are working as scientific assistants for the Space Science division. Since 2008, they have been coordinating the DLR activities concerning the ROSAT re-entry.

Die Röntgenastronomie ist eine relativ junge Disziplin der Astrophysik. Erst 1962 war die erste Röntgenquelle am Himmel entdeckt worden: Mit einem Detektor auf einer Höhenforschungsrakete sollte nach Röntgenstrahlung vom Mond Ausschau gehalten werden; tatsächlich fand man eine starke, stellare Röntgenquelle im Sternbild Skorpion. Nach diesem ersten Fund begannen Astronomen, rege Folgeemissionen zu planen. 1970 startete die NASA den Satelliten UHURU, der erstmals den gesamten Himmel nach Röntgenquellen absuchte. Seine Optik bestand aus einer Bleiplatte mit Bohrungen, aus deren Schattenwurf die Position der Quellen rekonstruiert werden konnte. Die Auflösung war jedoch schlechter als die des menschlichen Auges. Der finale UHURU Röntgenkatalog enthielt 339 Objekte. 1977 wurde HEAO-1 gestartet, das einen Himmelskatalog mit 842 Röntgenquellen erstellte. Das 1978 gestartete Einstein-Observatorium (HEAO-2) brachte einen Durchbruch: Dort wurde zum ersten Mal eine abbildende Optik – ein sogenanntes Wolter-Teleskop – eingesetzt, mit dem sich Röntgenstrahlen fokussieren lassen. Es war daher wesentlich empfindlicher als seine Vorgänger. Ebenso wie der 1983 von der ESA gestartete EXOSAT scannte es nicht den gesamten Himmel ab, sondern untersuchte ausschließlich bestimmte Quellen.

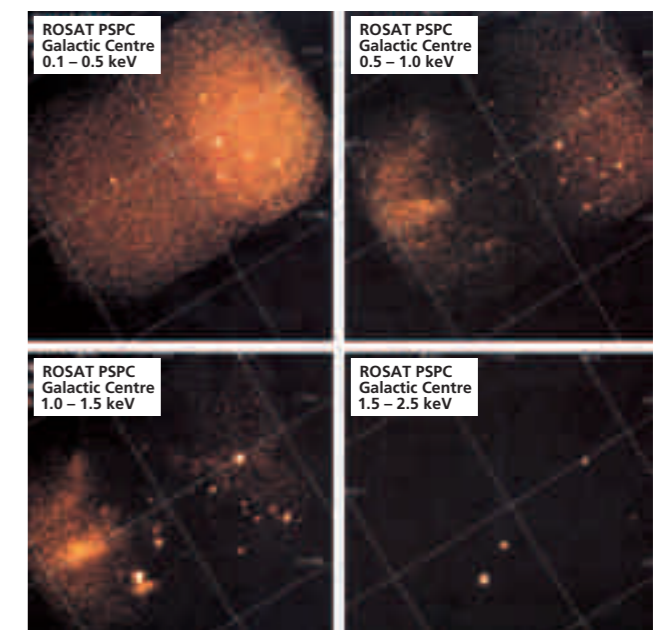
Vor diesem wissenschaftlich-technologischen Hintergrund wurde der deutsche Röntgensatellit ROSAT realisiert. Das Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik (MPE) in Garching hatte 1972 begonnen mit Hilfe der Firma Carl Zeiss Röntgenspiegel zu untersuchen und sie bei Raketenexperimenten einzusetzen. 1975 schlug es dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) den Satelliten ROSAT vor. Es folgten technologische Untersuchungen und 1982, mit der Vorgabe einer internationalen Beteiligung, die endgültige Genehmigung. Noch

X-ray astronomy is a relatively young discipline in astrophysics. The first X-ray source in the sky was discovered as late as 1962, by a detector on a high-altitude research rocket that was supposed to look for X-ray radiation from the Moon. What it did find was a powerful stellar X-ray source in the Scorpio constellation. After this first discovery, astronomers began planning a lively series of follow-up missions. In 1970, NASA launched the UHURU satellite, the first to search through the entire sky for X-ray sources. Its optical system consisted of a perforated lead plate whose shadow permitted reconstructing the position of the sources. However, its resolution was inferior to that of the human eye. The final UHURU X-ray catalogue listed 339 objects. Launched in 1977, HEAO-1 produced a celestial catalogue of 842 X-ray sources. A breakthrough came when the Einstein Observatory (HEAO-2) was launched in 1978: it was the first to be equipped with an imaging optical system called a Wolter telescope which was much more sensitive than its predecessors because it was capable of focusing X-ray radiation. Just like EXOSAT, which was launched by ESA in 1983, it did not scan the entire sky but concentrated exclusively on specific sources.

This is the scientific and technical background against which the German X-ray satellite ROSAT was realised. Assisted by the Carl Zeiss company, the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) in Garching had been studying X-ray mirrors and testing them in rocket experiments since 1972. In 1975, it submitted a proposal for the ROSAT satellite to the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). After some technological investigations, the project was finally approved in 1982, with the proviso that there should be international participation. Construction commenced in that same year.

Die **Position-Sensitive Proportional Counter (PSPC)** ist eine Röntgenkamera mit einer guten Auflösung und einer hohen Leistung, die am MPE gebaut und getestet wurde.

Built and tested at the MPE, the position-sensitive proportional counter (PSPC) is an X-ray camera featuring good resolution and outstanding performance. (MPE)





**Unverschlossene Hauptinstrumente:** Im Vordergrund ist die PSPC-Kamera zu sehen. Das Gas für den Betrieb der Kamera wurde in zwei gelben Tanks an der Seite aufbewahrt. Das Gas ging Ende 1993 zur Neige woraufhin nur noch die High-Resolution Imager (HRI) Kamera genutzt werden konnte. Mit ihr konnten hochauflösende schwarz-weiß Röntgenaufnahmen gemacht werden.

The main instruments without their covers, with the PSPC camera in the foreground. The gas needed for operating the camera was stored in two yellow tanks on the side. When the supply ran out late in 1993, only the high-resolution imager (HRI) remained operational, delivering high-resolution duotone X-ray images. (MPE)



**Blick auf den Teleskopeingang**

Look at the entrance aperture of the ROSAT telescope (MPE)

im gleichen Jahr wurde mit dem Bau begonnen. Hauptauftragnehmer für den Satelliten war Dornier (jetzt EADS Astrium) in Friedrichshafen. Die Röntgenspiegel aus der Glaskeramik Zerodur hatte Zeiss entwickelt und gebaut. In dieser Wolter-Optik werden Röntgenstrahlen unter sehr kleinen Winkeln an zwei Flächen reflektiert. Aufgrund der dafür erforderlichen Oberflächengenauigkeit gingen die Spiegel als die „glattesten Spiegel der Welt“ in das Guinness-Buch der Rekorde ein. Im Fokus der Röntgenoptik wurden zwei verschiedene Detektortypen eingesetzt, die sich in ihren Eigenschaften ergänzten: der am MPE entwickelte Position Sensitive Proportional Counter (PSPC) und der amerikanische, vom Smithsonian Astrophysical Observatory beige-stellte High Resolution Imager (HRI).

Neben dem Röntgenteleskop trug der Satellit eine von Großbritannien beigestellte separate Weitwinkelkamera, die im extrem-ultravioletten (EUV) Bereich des Spektrums empfindlich war und so den gemessenen Spektralbereich nach langen Wellenlängen erweiterte. Für den Start des Satelliten auf eine kreisförmige Umlaufbahn in ca. 580 Kilometer Höhe stellte die NASA eine Delta II-Rakete zur Verfügung. Die Gesamt-Projektleitung hatte das DLR inne, das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum in Oberpfaffenhofen verantwortete den Betrieb der Mission und leitete die wissenschaftlichen Daten an das MPE in Garching weiter.

ROSAT sollte ursprünglich im Frühjahr 1988 mit einem Space Shuttle starten. Doch die Challenger-Katastrophe am 28. Januar 1986, der bis dahin schwerste Unfall in der Geschichte der amerikanischen Raumfahrt, lähmte diese und setzte den geplanten Startkalender außer Kraft. Auch ROSAT war hiervon betroffen, denn das bis dahin anspruchsvollste deutsche Satellitenprojekt sollte zunächst für sechs Jahre eingemottet werden. Nach Intervention der deutschen Seite beim amerikanischen Partner konnte jedoch der Wechsel auf eine konventionelle Rakete mit einem früheren Starttermin vereinbart werden.

Mit dem Start am 1. Juni 1990 begann die ROSAT-Erfolgsgeschichte. Die erste Phase bestand aus der Himmelsdurchmusterung, in der zum ersten Mal der gesamte Himmel mit abbildenden Röntgen- und EUV-Teleskopen erfasst wurde. 80.000 Röntgen- und 6.000 EUV-Quellen zählt der daraus erstellte Katalog. Die zweite Phase, die ursprünglich für ein Jahr angesetzt war, aber wegen des starken wissenschaftlichen Interesses und der Qualität des Teleskops über sieben Jahre fortgesetzt wurde, beinhaltete ein weltweites Gastbeobachtungsprogramm für die detaillierte Untersuchung einzelner Röntgenquellen. Über 4.000 Wissenschaftler aus 26 Ländern nahmen am ROSAT-Programm teil. Insgesamt wurden mit ROSAT über 150.000 Röntgenquellen entdeckt.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse waren umfangreich, vielfältig und komplex. Mit ROSAT entdeckten die Astronomen vollkommen neuen Klassen von Röntgenquellen und bisher unbekannter Phänomene. Beobachtete Röntgenquellen waren beispielsweise der Mond, Kometen und Planeten, junge Sterne, Neutronensterne, Supernova-Über-

The prime contractor for the satellite was Dornier (now EADS Astrium) in Friedrichshafen. The X-ray mirrors made of Zerodur glass ceramics were developed and built by Zeiss. In this Wolter optic, X-rays are reflected by two surfaces at very narrow angles. The mirrors had to be honed to such a degree of perfection that they entered the Guinness Book of Records as the 'world's smoothest mirrors'. Two different detectors with mutually complementary properties were installed in the focus of the X-ray optic: the Position Sensitive Proportional Counter (PSPC) developed by the MPE and the American High Resolution Imager (HRI) contributed by the Smithsonian Astrophysical Observatory.

Besides the X-ray telescope, the satellite carried a wide-angle camera furnished by Great Britain which, being sensitive to extreme ultraviolet (EUV) radiation, added long wavelengths to the measured spectral range. NASA provided a Delta II rocket for launching the satellite into a circular orbit at an altitude of c. 580 kilometres. The project was managed overall by DLR, while the German Space Operations Control Centre in Oberpfaffenhofen was responsible for operating the mission and forwarding the scientific data to the MPE in Garching.

Originally, ROSAT was supposed to travel into space in a space shuttle in the spring of 1988, but then the Challenger disaster happened on January 28, 1986. The severest accident in its history to date paralysed American astronautics, overthrowing its launch calendar. ROSAT was affected as well, for it was intended at first to mothball Germany's most sophisticated research satellite project to date for a period of six years. After the German side had intervened with its American partner, however, it was agreed to launch the satellite on a conventional rocket at an earlier date.

ROSAT's launch on June 1, 1990 marked the beginning of its success story. The first phase consisted of a celestial scan in which the entire firmament was covered by imaging X-ray and EUV telescopes for the first time. The catalogue developed from this scan listed 80,000 X-ray and 6,000 EUV sources. Originally scheduled for one year, the second phase was extended to seven years because of the enormous scientific interest and the outstanding quality of the telescope. It comprised a programme under which guest observers from all over the world studied individual X-ray sources in detail. More than 4,000 scientists from 26 countries participated in the ROSAT programme. The total number of X-ray sources discovered by ROSAT exceeds 150,000.

The resultant scientific findings were voluminous, diverse, and complex. Astronomers working with ROSAT discovered entirely new classes of X-ray sources and hitherto unknown phenomena. Observed X-ray sources included the Moon, comets and planets, young stars, neutron stars, supernova remnants, starburst galaxies, galaxy clusters, active galaxy cores, and the X-ray background. ROSAT's observations have spawned more than 4,250 scientific publications to this day, and they still keep coming at a rate of one or two per week. All in all, the results were quoted in about 140,000 other publications.

reste, Starburst-Galaxien, Galaxienhaufen, Aktive Kerne von Galaxien und der Röntgenhintergrund. Bis heute resultieren mehr als 4.250 wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den ROSAT-Beobachtungen, und es kommen immer noch ein bis zwei Publikationen pro Woche dazu. Insgesamt wurden die Ergebnisse in circa 140.000 anderen Veröffentlichungen zitiert.

1998 wurde für das deutsche Röntgenauge zum Schicksalsjahr. Altersbedingte Ausfälle einzelner Komponenten waren bis dahin durch redundante Systeme und geänderte Konzepte ausgeglichen worden. Am 25. April 1998 fiel der primäre Sternensensor aus und ROSAT konnte nicht mehr korrekt ausgerichtet werden. Trotz Versuche, die Lageregelungssoftware anzupassen, schaute das Teleskop am 20. September in Sonnenrichtung, wodurch der HRI-Detektor irreversibel zerstört wurde. Der PSPC-Detektor erforderte für den Betrieb ein Gas, dessen letzter Rest für eine Beobachtung im Dezember verwendet wurde. Ohne funktionsfähigen Detektor wurde die Mission am 12. Februar 1999 offiziell beendet.

Doch mit dem Abschluss der Beobachtungen war die Mission ROSAT nur wissenschaftlich zu Ende. Auf seinem Orbit bremste die Restatmosphäre den Satelliten fortan kontinuierlich ab – der Wiedereintritt war nur eine Frage der Zeit. Er erfolgte am 23. Oktober 2011 um 3:50 Uhr MEZ über dem Golf von Bengalen. Zuvor hatten Experten für das DLR berechnet, dass der Satellit dabei mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht vollständig verglühen würde. Insbesondere musste damit gerechnet werden, dass das Teleskop mit seinen schweren Spiegelschalen, die aus einem hitzebeständigen Material bestanden, den Wiedereintritt überstehen würde. Da ROSAT über keine Triebwerke verfügte, bestand nicht die Möglichkeit einer gezielten Rückführung. Die Wahrscheinlichkeit, dass Trümmerteile in bewohnten Gebieten niedergehen würden, war zwar sehr gering, dennoch hatten sich das DLR sowie die zuständigen Schutzbehörden in Deutschland darauf vorbereitet.

Während der Wiedereintrittsphase des Satelliten wurde die Abstiegsbahn weltweit von Radarstationen verfolgt, unter anderem vom amerikanischen Weltraumüberwachungssystem SSN (Space Surveillance Network). Insbesondere verfolgte auch die deutsche Großradaranlage TIRA (Tracking and Imaging Radar) des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik in Wachtberg bei Bonn die Bahn des Röntgensatelliten. Die gesammelten Messwerte analysierten Experten, um im Auftrag des DLR Zeitpunkt und Ort des Wiedereintritts möglichst genau vorherzusagen.

Es ist nicht bekannt, ob wirklich Teile des Satelliten den Erdboden erreichten; es wurden keine Sichtungen des Wiedereintritts gemeldet. Eine Lehre jedoch hat die internationale Raumfahrt längst gezogen: Raumfahrt muss nachhaltiger werden, die „Entsorgung“ von außer Dienst gestellten Satelliten gesichert sein. Aktuelle Satelliten müssen daher heutzutage nach Beendigung ihrer Mission gezielt über dem Meer zum Absturz gebracht oder in einen sicheren „Friedhoforbit“ in großer Höhe stationiert werden. Für Satelliten, die derartige Manöver nicht durchführen können, werden weltweit On-Orbit Servicing Satelliten geplant, die an solchen Satelliten andocken und diese gezielt steuern sollen. Das DLR untersucht gegenwärtig im Rahmen der Mission DEOS, die 2014 gestartet werden soll, kritische Technologien für derartige Systeme.

Kerndaten ROSAT	
<b>Beschluss</b>	1982/83
<b>Start</b>	1. Juni 1990
<b>Startbasis</b>	Cape Canaveral
<b>Träger</b>	Delta II
<b>Masse</b>	2.421,1 Kilogramm
<b>Nutzlast</b>	Röntgenteleskop, EUV-Teleskop
<b>Missionsende</b>	12. Februar 1999
<b>Kosten</b>	circa 560 Millionen D-Mark

1998 turned into an annus horribilis for the German X-ray eye. Until then, age-related failures of individual components had been compensated by redundant systems and concept changes. On April 25, 1998, however, the primary star sensor failed, and it became impossible to aim ROSAT correctly. In spite of attempts to adjust the attitude control software, the telescope looked directly at the Sun on September 20, irreversibly destroying the HRI detector. The PSPC detector required a supply of gas for its operation, the last remnants of which were used for an observation in December. Since no functional detector was left, the mission was officially terminated on February 12, 1999.

But the end of observations was only the end of the scientific part of the ROSAT mission. The satellite was slowed down continuously by the traces of atmosphere in its orbit, so that its re-entry was only a question of time. It happened on October 23, 2011 at 3:50 a.m. CET above the Gulf of Bengal. In the run-up, DLR experts had calculated that it was highly probable that the satellite would not burn up completely. Specifically, it was to be expected that the telescope's heavy mirror dishes, being made of refractory material, would survive re-entry. Because ROSAT had no engines of its own, it was impossible to guide it on its return. Although the probability of debris coming down in inhabited areas was very low, DLR as well as the German security agencies in charge had made preparations for that contingency.

During the satellite's re-entry phase, its descent was tracked by radar stations worldwide, including the American Space Surveillance Network (SSN). Another important facility following the X-ray satellite's path was the German Tracking and Imaging Radar (TIRA) of the Fraunhofer Institute of High-frequency Physics and Radar Technology in Wachtberg near Bonn. The collected measurements were analysed by experts working on behalf of DLR to predict as closely as possible the time and place of re-entry.

It is not known whether parts of the satellite really did reach the ground; no sightings of its re-entry were reported. However, there is one lesson that has been learned in international astronautics long ago: space flight must be made more sustainable, a proper 'disposal' of decommissioned satellites must be assured. Consequently, current satellites must be designed so that, once their mission has ended, they can either be crashed safely into the sea or parked in a 'graveyard orbit' at a very high altitude. For satellites that are incapable of carrying out such manoeuvres, on-orbit servicing satellites capable of docking to and steering disabled satellites are currently being planned all over the world. At the moment, DLR is investigating critical technologies for such systems under the DEOS mission which is scheduled for launching in 2014.



ROSAT core data	
<b>Approval</b>	1982/83
<b>Launch</b>	June 1, 1990
<b>Launch base</b>	Cape Canaveral
<b>Launcher</b>	Delta II
<b>Mass</b>	2,421.1 kilogrammes
<b>Payload</b>	X-ray telescope, EUV telescope
<b>End of mission</b>	February 12, 1999
<b>Cost</b>	approximately 560 million D-Mark

# Business Launch

Der 12. Bonner Raumfahrtabend stand ganz unter dem Zeichen Extraterrestrik: Am 3. November 2011 kamen zahlreiche geladene Gäste ins DLR Raumfahrtmanagement, um Fachvorträge zu den Themen SOFIA und AMS zu lauschen. Auch DLR Vorstandsvorsitzender Prof. Johann-Dietrich Wörner, und seine Vorgänger Prof. Walter Kröll und Prof. Sigmar Wittig sowie Hauptabteilungsleiter Strategie und internationale Beziehungen Dr. Christoph Becker waren mit dabei.

The 12th Raumfahrtabend (Space Evening) event in Bonn was entirely dedicated to space science: on November 3, 2011, numerous guests had followed the invitation of the German Space Administration to listen to experts giving presentations on SOFIA and AMS. The audience included the chairman of the DLR Executive Board, Prof. Johann-Dietrich Wörner, and his predecessors in office, Prof. Walter Kröll and Prof. Sigmar Wittig, and DLR's head of Strategy and International Relations, Dr Christoph Becker.



Der deutsche Astronaut Alexander Gerst (l.) und Bundesverkehrsminister Dr. Peter Ramsauer völlig schwerelos auf den DLR Parabelflügen während des Tages der Luft- und Raumfahrt 2011 in Köln.

The German astronaut Alexander Gerst (l.) and the Federal Minister of Transport, Building and Urban Management Dr Peter Ramsauer in pure weightlessness during the DLR Parabolic Flights at the German Space Day 2011 in Cologne.



Die deutsch-chinesische Wissenschaftsmission SIMBOX war ein großes Thema in den Medien. Auf der DLR-Presskonferenz von links nach rechts: Pressesprecher Andreas Schütz, DLR-Vorstandsmitglied Dr. Gerd Gruppe, der Direktor für Nutzlasten und Lebenserhaltungssysteme bei EADS Astrium, Dr. Christoph Pütz, der Leiter der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen im DLR Raumfahrtmanagement, Dr. Peter Preu, sowie der Arbeitsgruppenleiter am Lehrstuhl für Zellbiologie der Universität Erlangen-Nürnberg, Dr. Michael Lebert.

The Chinese-German SIMBOX science mission was a big media story. At the DLR press conference from left to right: press spokesman Andreas Schütz, DLR board member Dr Gerd Gruppe, Dr Christoph Pütz, EADS Astrium's director in charge of payloads and life support systems, Dr Peter Preu, head of Microgravity Research at the DLR Space Administration, and Dr Michael Lebert, working group leader at the Institute for Cell Biology at the University of Erlangen and Nuremberg.

# Raumfahrtskalender

Termin Ereignis

## 2012

Jahresverlauf	Start Sojus mit deutschem Kleinsatellit TET-1 (OOV-Programm) von Baikonur (Kasachstan)
1. Jahreshälfte	Start Sojus 2-1b Fregat von Kourou (Französisch-Guayana) mit zwei Galileo IOV-Satelliten
1. Quartal	Start Raumfahrzeug Shefex von Andoya Rocket Range (Norwegen)
12. Januar	Start Falcon 9 (COTS-Demo 2/3) von Cape Canaveral (Florida/USA) mit Dragon-Kapsel
Mitte Januar bis Mitte Februar	Erste Startkampagne WADIS (IAP) von Andoya Rocket Range mit einer Nike-Improved-Orion Höhenforschungsrakete und zwölf kleinen Loki-Datasonden
23. Januar	Erstflug Taurus II von Wallops Island (Virginia/USA)
25. Januar	Start Progress 46P von Baikonur (Versorgung ISS)
26. Januar	Erststart Trägerrakete Vega von Kourou
6.–17. Februar	19. DLR-Parabelflug in Bordeaux (Frankreich)
27. Februar–12. März	Studenten-Raketenkampagne REXUS 11/12 von Esrange (Schweden)
Frühjahr	Start Expert-Kapsel mit Wolna-Rakete von einem U-Boot im Pazifik
2. Quartal	Start Wettersatellit METOP-B mit Sojus von Kourou
2. Quartal	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, erster ISS-Versorgungsflug
9. März	Start europäischer Raumtransporter ATV-3 „Edoardo Amaldi“ mit Ariane 5 von Kourou
30. März	Start Sojus 30S von Baikonur (Versorgung ISS)
1. Mai	Start Taurus II (COTS-Demo 1) von Wallops Island
26. Juni	Start Raumtransporter HTV-3 „Kounotori-3“ vom japanischen Raumfahrtzentrum Tanegashima
Sommer	Start Wettersatellit MSG-3 (METEOSAT-10) mit Ariane von Kourou
August	Start Experimentanlage Omegahab auf russischem Rückkehr-Satelliten Bion-M1 von Baikonur
August	Landung der NASA-Mission Mars Science Laboratory (MSL)
September	20. DLR-Parabelflug in Bordeaux
10.–16. September	Internationale Luft- und Raumfahrtausstellung (ILA) 2012 in Berlin (Deutschland)
Oktober	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 14/15 auf Esrange (Schweden)

# Space Calendar

Date Event

## 2012

Course of the year	Launch of Soyuz from Baikonur (Kazakhstan); carrying the small German TET-1 satellite (OOV programme)
1 <sup>st</sup> half of the year	Launch of Soyuz 2-1b Fregat from Kourou (French-Guiana); carrying two Galileo IOV satellites
1 <sup>st</sup> quarter	Launch of the Shefex spacecraft from Andoya Rocket Range (Norway)
January 12	Launch of Falcon 9 (COTS demo 2/3) from Cape Canaveral (Florida/ USA); carrying the Dragon capsula
Mid of January to mid of February	First Campaign of WADIS (IAP) from Andoya Rocket Range on a Nike-Improved-Orion sounding rocket; carrying also twelve small Loki data probes
January 23	First launch of Taurus II from Wallops Island (Virginia/USA)
January 25	Launch of Progress 46P from Baikonur (ISS logistics)
January 26	First launch of Vega from Kourou
February 6 – 17	19 <sup>th</sup> DLR Parabolic Flight Campaign in Bordeaux (France)
February 27 – March 12	Student rocket campaign REXUS 11/12 from Esrange (Sweden)
Spring	Launch of Expert capsula with a Wolna rocket from a submarine in the Pacific area
2 <sup>nd</sup> quarter	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the METOP-B weather satellite
2 <sup>nd</sup> quarter	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral; first ISS logistics flight
March 9	Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying the European space transport vehicle ATV-3 'Edoardo Amaldi'
March 30	Launch of Soyuz 30S from Baikonur (ISS logistics)
May 1	Launch of Taurus II (COTS demo 1) from Wallops Island
June 26	Launch of space transport vehicle HTV-3 'Kounotori-3' from the Japanese spaceport Tanegashima
Summer	Launch of Ariane from Kourou; carrying the MSG-3 (METEOSAT-10) weather satellite
August	Launch of the experimental device Omegahab with the Russian reusable satellite Bion-M1 from Baikonur
August	Landing of the NASA mission Mars Science Laboratory (MSL)
September	20 <sup>th</sup> DLR Parabolic Flight Campaign in Bordeaux
September 10–16	ILA 2012 – International Aerospace Exhibition in Berlin (Germany)
October	Student balloon campaign BEXUS 14/15 from Esrange





## Das DLR im Überblick

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

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

## Impressum

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

Sabine Göge  
(ViSdP)

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

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

Druck: KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH  
53117 Bonn-Buschdorf

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

ISSN 2190-7072

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

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## DLR at a glance

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

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

## Imprint

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

Sabine Göge  
(responsible according to the press law)

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

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

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

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

ISSN 2190-7072

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

Supported by:



Federal Ministry  
of Economics  
and Technology

on the basis of a decision  
by the German Bundestag