



Raumfahrtsysteme

Space Shuttle – Das Ende einer Ära

Space Flight Systems

Space Shuttle – The End of an Era

Seite 6 / page 6

Extraterrestrik: AMS – Ein magnetischer Detektor auf Teilchenjagd

Space Science: AMS – A Magnetic Detector to Hunt for Particles 12

Forschung unter Weltraumbedingungen: GeoFlow II

Research under Space Conditions: GeoFlow II 18

Parabelflüge: Minutenlang leicht wie auf Mond und Mars

Parabolic flights: Feeling as Light as on Mars or the Moon 22

Frequenzmanagement: Internationaler Einsatz für große Bandbreiten

Frequency Management: Agencies Aim for More Bandwidth 26

EEE-Bauteile: Kleine Teile – große Wirkung

EEE components: Small Parts – Great Effects 30

UNCOPUOS: 50 Jahre Einsatz für friedliche Raumfahrt

UNCOPUOS: 50 Years of Engagement in Peaceful Space Exploration 34

Deutsche Raumfahrt-Missionen: SPAS

German Space Missions: SPAS 38

Raumfahrtkalender

Space Calendar 44



www.DLR.de



Luftwaffe



www.esa.int



Astronautentraining & Raumfahrt, A380, SOFIA, Luftwaffe & Forschungsflotte, Wissenschaft & Hightech

Tag der Luft- und Raumfahrt

Beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln-Porz

DLR Köln – Köln Bonn Airport

18.9.2011

Wissen für Morgen



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 Raumfahrtmanagement,**

Anfang Juli unterzeichnete das DLR Raumfahrtmanagement und das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) eine Ausführungsvereinbarung über das Satellitenprojekt „Heinrich Hertz“, an dem auch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) beteiligt ist. So können neue deutsche Raumfahrttechnologien und Dienstleistungen für Kommunikationssatelliten erprobt und weiterentwickelt werden. Wir erwarten mit Spannung die Ergebnisse, von denen deutsche Unternehmen, Forschungsinstitutionen und Hochschulen profitieren werden. Neben dem wissenschaftlich-technischen Missionsanteil nutzt das BMVg zusätzliche und unabhängige Nutzlastkapazitäten für Kommunikationszwecke.

Bereits gestartet ist das Alpha-Magnet-Spektrometer (AMS). Es wurde im Mai außen an der Internationalen Raumstation ISS angebracht und soll nun die kosmische Strahlung im Weltraum auf Hinweise zu Dunkler Materie und Antimaterie untersuchen. Von dem, was unser Universum ausmacht, können wir derzeit gerade einmal vier Prozent mit unserer Physik erklären – den übrigen 96 Prozent haben wir den Namen Dunkle Materie gegeben, wissen darüber aber so gut wie nichts. Mit AMS versuchen wir nun den Geheimnissen der Dunklen Materie auf die Spur zu kommen. Rund 500 Wissenschaftler aus 16 Ländern sind an dem vom DLR unterstützten Projekt beteiligt. Mit dem AMS-Experiment hält erstmals auch die Astrophysik Einzug in die wissenschaftliche Nutzung der ISS.

Auch mit dem deutsch-amerikanischen Projekt SOFIA geht es voran. In der Nacht vom 14. auf den 15. Juli 2011 waren zum ersten Mal zwei deutsche Lehrer mit an Bord der fliegenden Sternwarte, dem Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie SOFIA. Beide Lehrer wurden gemeinsam vom Deutschen SOFIA-Institut (DSI) der Universität Stuttgart und dem DLR ausgewählt, um hautnah mitzuerleben, wie Forschung auf SOFIA abläuft. Das vom DLR finanzierte SOFIA-Bildungsprogramm des DSI ist einmalig in Deutschland. 34 Partnerschulen aus allen Bundesländern werden im Rahmen dieser Maßnahme betreut, um Schülerinnen und Schüler aller Jahrgangsstufen nachhaltig für Ingenieur- und Naturwissenschaften zu begeistern.

Diese Begeisterung versuchen wir auch am Tag der Luft- und Raumfahrt an Jung und Alt weiterzugeben. Am 18. September von 10 Uhr bis 18 Uhr öffnen die Institute und Einrichtungen des DLR in Köln-Porz ihre Türen. Dort ist auch SOFIA zum ersten Mal in Europa zu sehen. Außerdem präsentieren sich der Airbus A380 und die Forschungsflugzeuge des DLR der Öffentlichkeit. Hierzu lädt das DLR ganz herzlich ein.

Im Namen des DLR Raumfahrtmanagements und seiner Mitarbeiter wünsche ich Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre,

Ihr Gerd Gruppe

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

Early in July, the DLR Space Administration and the Federal Ministry of Defence (BMVg) signed an agreement on the implementation of the Heinrich Hertz satellite project which is also sponsored by the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi). The ultimate purpose will be to test and refine innovative German space technologies and communication satellite services. We are eagerly looking forward to the results, from which German companies, research institutes, and universities stand to benefit. Next to the scientific-technical part of the mission, the BMVg will be using additional, independent payload capacities for communication purposes.

An experiment that has already been launched is the Alpha Magnetic Spectrometer (AMS). It was mounted on the outer hull of the International Space Station (ISS) in May to check the cosmic radiation for clues about dark matter and antimatter. At present, our physical science is barely able to explain roughly four per cent of all the matter that constitutes our universe; the remaining 96 per cent, which we have named dark matter, we know practically nothing about. Now, with AMS, we are trying to track down the secrets of dark matter. Around 500 scientists from 16 countries are participating in this DLR-sponsored project. The AMS experiment marks the first appearance of astrophysics in the scientific exploitation of the ISS.

The German-American SOFIA project is making headway too. In the night of July 14/15, 2011, the passengers on board the airborne stratospheric observatory for infrared astronomy (SOFIA) included two German teachers for the first time. The two had been jointly selected by the German SOFIA institute (DSI) at Stuttgart University and DLR to get a first-hand impression of how research is done on SOFIA. Funded by DLR, the DSI's SOFIA education programme has no parallel in Germany. The project looks after 34 partner schools from all federal states. The objective being to instil sustained enthusiasm for the engineering and natural sciences in pupils of all classes.

On the German Aerospace Day, we will similarly be trying to communicate this enthusiasm to people young and old. From 10 a.m. to 6 p.m on October 18, the DLR institutes and facilities at Cologne-Porz will open their doors to the public. On that occasion, SOFIA will be on show for the first time in Europe. Moreover, you will be able to take a look at the Airbus A380 and meet DLR's flying research personnel at this event, to which you are cordially invited.

On behalf of DLR Space Management and its staff I wish you an enjoyable reading.

Yours,
Gerd Gruppe

Schirmherrschaft:
Bundesminister für
Wirtschaft und Technologie
Dr. Philipp Rösler



In Kooperation mit:



The Final Touch down

Landung nach Plan: Am 21. Juli 2011 um 5:57 Uhr a.m. Ortszeit (11:57 Uhr MEZ) setzt die Atlantis auf der Landebahn 15 der Shuttle Landing Facility des Kennedy Space Centers auf. Als am 12.

April 1981 die Raumfähre Columbia zum ersten Shuttleflug aufbrach, begann eine neue Ära in der bemannten Raumfahrt. 30 Jahre lang symbolisierten die Space Shuttle Amerikas Anspruch in

der bemannten Raumfahrt – nach 135 Missionen endet nun diese Epoche. Insgesamt haben die Raumfähren die Erde über 21.150-mal umrundet und dabei mehr als 870 Millionen Kilometer

zurückgelegt, 355 Menschen aus 16 Ländern ins All befördert und 1333 Tage im Orbit verbracht. Die USA müssen ab jetzt jahrelang ohne eigene bemannte Raumschiffe auskommen.



Landing as scheduled: On July 21, 2011, at 5:57 a.m. local time (11:57 CET), Atlantis touches down on runway 15 of the Kennedy Space Center Shuttle Landing Facility. When on April

12, 1981, the orbiter Columbia lifted off for the first Space Shuttle flight in history, a new era of human spaceflight had begun. For 30 years, the Shuttle symbolised America's lead in human

spaceflight. Now, after 135 missions, this era is coming to an end. Shuttles have circled planet Earth 21,150 times, travelling a distance of 870 million kilometres, carrying 355 astronauts from

16 different countries and staying in orbit for a total of 1,333 days. Now, the USA will have to do without any crewed orbiters of its own for a while. (NASA)



Die Amerikaner erweisen ihrem Shuttle die letzte Ehre und begleiten die Atlantis von der Landebahn 15 zum Vehicle Assembly Building des Kennedy Space Center.

The Americans pay homage to their shuttle and follow Atlantis from runway 15 to the Vehicle Assembly Building at Kennedy Space Center. (NASA)

Space Shuttle

Das Ende einer Ära

Von Norbert Henn

Kennedy Space Center, Florida, 21. Juli 2011, 5:57 a.m. Uhr Ortszeit (11:57 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit): Am frühen Morgen – kurz vor Sonnenaufgang – setzte die Raumfähre Atlantis auf dem Asphalt der 4,6 Kilometer langen Shuttle Landing Facility (SLF) am US-amerikanischen Weltraumbahnhof Cape Canaveral auf – die letzte Landung eines Space Shuttle und ein Wendepunkt in der Geschichte der Raumfahrt. In gut 30 Jahren flogen die schwarz-weißen Raumtransporter insgesamt 135 Mal ins All und waren somit eine feste Größe in der bemannten Raumfahrt. Sie transportierten 355 Astronauten und unzählige Tonnen Material zu den Raumstationen MIR und ISS, brachten Weltraumteleskope und Satelliten ins All und waren Schauplatz von weit mehr als 2000 Experimenten in der Schwerelosigkeit. Doch die letzte Landung der NASA-Lasttiere markierte das Ende einer Ära: Die Raumtransporter haben endgültig ausgedient.

Space Shuttle

The End of an Era

By Norbert Henn

Kennedy Space Center, Florida, July 21, 2011, 5.57 a.m. local time (11.57 Central European Summer Time): Early in the morning, shortly before sunrise, the Space Shuttle Atlantis touched down on the tarmac of the 4.6-kilometre-long Shuttle Landing Facility (SLF) at the American spaceport of Cape Canaveral – the last landing of a Space Shuttle and a turning point in the history of astronautics. A stalwart of crewed space flight, the black-and-white transfer vehicles flew to space 135 times in somewhat more than 30 years. They transported 355 astronauts and innumerable tons of material to the MIR and ISS space stations, hauled space telescopes and satellites into orbit, and provided the background for far more than 2,000 experiments in microgravity. Now, however, the last landing of one of these beasts of burden marks the end of the era: the Space Shuttle has finally reached the end of its service life.



Autor: **Norbert Henn** begleitete zuletzt innerhalb der Abteilung bemannte Raumfahrt, ISS und Exploration des DLR Raumfahrtmanagements die europäische Infrastrukturentwicklung für die Internationale Raumstation. In der Exploration ist er für die von deutscher Seite unterstützten, vorbereitenden Aktivitäten einer ESA Lunar Lander Mission zuständig und überwacht auch die laufenden Aktivitäten zur Nutzlastausgestaltung der Mission.

Author: **Norbert Henn** works at the Human Spaceflight, ISS and Exploration department of the DLR Space Administration, where he has recently been supporting European infrastructure development for the International Space Station. In the field of space exploration he is responsible for Germany's part in the preparation of ESA's Lunar Landing Mission and oversees current activities concerning that mission's payload arrangements.

Als US-Präsident Richard Nixon am 6. Januar 1972 der NASA grünes Licht zur Entwicklung des Shuttle Transportation System (STS) innerhalb des Apollo Application Program (AAP) gab, begann eine „Zweite Raumtransport-Ära“: Der Gedanke, vorhandene Hardware der Apollo-Missionen zu nutzen, führte zur Entwicklung des Shuttle. Die neuen, wiederverwendbaren Raumtransporter sollten die bestehenden „Wegwerfvehikel“ (expendable Rockets) ablösen. Über 500 Flüge in zehn Jahren waren damals geplant. Als 1976 der antriebslose Prototyp Enterprise die Fertigungshallen in Palmdale, Kalifornien, verließ, glaubte die NASA noch fest daran, über die avisierte Startfrequenz die neuen Raumtransporte ökonomisch betreiben zu können. Eine unrealistische Idee, wie sich mit maximal neun Flügen pro Jahr (1985) herausstellte.

"Mission abgeschlossen, Houston. Nach 30 Jahren Dienst für die Welt haben die Space Shuttle ihren Platz in der Geschichte verdient. Das Ende ist gekommen."

Sagte STS-135-Kommandant Christopher Ferguson am 21. Juli 2011 nach der letzten Landung eines Space Shuttle.

Hohe Sicherheitsanforderungen

Das Shuttle erforderte eine vollkommen neue Philosophie der Startvorbereitung, Missionsdurchführung und Instandsetzung nach einer Mission. Die Sicherheitsanforderungen konnten ohne einen immensen Kontroll- und Wartungsaufwand nicht erfüllt werden. Standardmäßig mussten Teile der Hitzeschutzsysteme ausgetauscht, Triebwerke überprüft und gegebenenfalls deren Teile erneuert werden. Die Feststoff-Booster-Gehäuse ließen sich – entgegen der ursprünglichen Planung – nicht wiederverwenden und wurden nur zur sicherheitstechnischen Überprüfung aus dem Atlantik geborgen. Unvorhergesehene Arbeiten führten dazu, dass die Shuttle länger als geplant in der Orbiter Processing Facility verweilen mussten. Das Unglück der Raumfähre Challenger am 28. Januar 1986 und die Probleme mit der Isolation des externen, kryogenen Treibstofftanks machten weitere umfangreiche Kontrollmaßnahmen notwendig.

When, on January 6, 1972, President Richard Nixon gave NASA the go-ahead to develop the Shuttle Transportation System (STS) under the Apollo Application Program (AAP), a 'second era' of space transport began: the idea of using existing hardware from the Apollo missions sparked the development of the shuttles. These reusable transfer vehicles were supposed to replace the expendable rockets of the time. Originally, more than 500 flights were envisaged in the period of ten years. When the propulsionless prototype Enterprise left Boeing's orbiter yard in Palmdale, California, NASA was still firmly convinced that the new space transfer vehicles could be operated economically at the envisaged launch frequency. A somewhat illusory idea, considering that the maximum number of flights per year turned out to be nine (1985).

'Mission complete, Houston. After serving the world for over 30 years, the Space Shuttles have earned their place in history. It's come to a final stop.'

Said STS-135 commander Christopher Ferguson on completion of the last-ever touchdown of a Space Shuttle on July 21, 2011.

Stringent safety requirements

The shuttles called for a completely new philosophy of preparing take-offs, implementing missions, and conducting post-mission overhauls. An immense inspection and maintenance effort was needed to comply with safety requirements. It was standard procedure to replace parts of the heat-insulation system, inspect engines, and replace parts where necessary. Contrary to the original plans and designs, the shells of the solid-fuel boosters could not be reused and were recovered from the Atlantic only for safety inspection purposes. Because of unforeseen activities, shuttles had to remain at the orbiter processing facility beyond the scheduled time. Further extensive inspection measures became necessary when the shuttle Challenger had its accident on January 28, 1986 and problems arose with the insulation of the external cryogenic-fuel tank.



5. Januar 1972: US-Präsident Richard M. Nixon und NASA-Administrator James C. Fletcher beschließen in San Clemente (Kalifornien) das Space Transportation System Programm. January 5, 1972: US President Richard M. Nixon and NASA Administrator James C. Fletcher announced the Space Transportation System programme in San Clemente, California. (NASA)

4. Oktober 1979: Der erste Shuttle-Transporter erreichte das Kennedy Space Center. Die Enterprise war ein Testobjekt, das nie ins All startete. October 4, 1979: The first shuttle orbiter, Enterprise, arrived at Kennedy Space Center. Enterprise was a test vehicle which was never launched into space. (NASA)



Die STS-135-Crew wird als letzte Shuttle-Besatzung in die Geschichte eingehen: die Missions Spezialisten Rex Walheim und Sandy Magnus, der Pilot Doug Hurley und der Commander Chris Ferguson (von links). NASA-Direktor Charles Bolden (rechts) begrüßt die Crew nach Ihrer Landung zurück auf der Erde.

The STS-135 crew will go down in history as the last shuttle crew ever: Mission Specialists ex Walheim and Sandy Magnus, Pilot Doug Hurley, and Commander Chris Ferguson (from left). NASA Administrator Charles Bolden (right) welcomes them back on Earth. (NASA)



Ende eines amerikanischen Traums

End of an American dream (NASA)



Große Freude nach der Landung: NASA Deputy Administrator Lori B. Garver und NASA-Direktor Charles Bolden begrüßen die STS-135-Crew auf der Landebahn.

Great happiness after a safe landing: NASA Deputy Administrator Lori B. Garver and NASA Administrator Charles Bolden welcome the STS-135 crew on the runway. (NASA)

Die Konstruktion der Raumfähren Columbia, Challenger, Discovery, Atlantis und Endeavour war ein Kompromiss, um das Projekt überhaupt zeit- und kostenmäßig umsetzen zu können – ein Kompromiss, der letztlich den Betrieb extrem verteuerte. Die NASA-Führung verzichtete – entgegen der Ratschläge der Industrie – darauf, das Design von Grund auf zu überarbeiten. Upgrades beschränkten sich stattdessen auf den Einsatz eines verbesserten Cockpits – Smart Cockpit genannt – und eines leichteren, steiferen externen Tanks aus einer hochfesten Aluminium-Lithium-Legierung. Möglichkeiten zur Fernlenkung der Orbiter nach Wiedereintritt in die Atmosphäre (Autonomous Orbiter Rapid Prototype AORP) sowie die Möglichkeit, längere Missionen durchzuführen, wurden durch ergänzte Habitat-Systemkomponenten ebenfalls umgesetzt.

Im Dienst der Wissenschaft

Die Shuttle entstanden innerhalb des Post-Apollo Space Program in der Absicht, integrierte Weltraumlabor (Research and Application Module RAM) mitfliegen zu lassen. Die NASA rief zu einer internationalen Beteiligung auf. Es kam zu einer europäischen Zusammenarbeit, aus der das Raumlabor Spacelab hervorging. Am 28. November 1983 startete das Labor zum ersten Mal. Mit an Bord des Shuttle Columbia war der deutsche Astronaut Ulf Merbold. Zwei Jahre später, am 30. Oktober 1985, brachte die Challenger auf ihrem letzten erfolgreichen Flug die deutschen Astronauten Ernst Messerschmid und Reinhard Furrer (†) mit der deutschen Mission Spacelab D1 ins All. Die Folgemission D2

The design of the Space Shuttles Columbia, Challenger, Discovery, Atlantis and Endeavour was a compromise, the only way in which NASA could implement the project in terms of time and cost – a compromise that ultimately proved much more expensive in operation. Contrary to the lessons learned and the advice of industry experts, NASA abandoned to revise the design from the ground up. Instead, it introduced upgrades such as an improved cockpit, now called a smart cockpit, and a lighter and stiffer external tank made of a high-strength aluminium-lithium alloy. Other implemented changes included guiding the orbiter by remote control after reentry in the atmosphere (Autonomous Orbiter Rapid Prototype, AORP) and prolonging the duration of missions by adding new components to the habitat system.

In the service of science

The shuttles were developed under the Post-Apollo Space Program with the intent to integrate space laboratories (Research and Application Module, RAM). NASA called for international participation. This is how Spacelab 1 was born as part of a US-European cooperation. On November 28, 1983, the laboratory took off for the first time on the Columbia shuttle. One of the crew members was the German astronaut Ulf Merbold. Two years later, on October 30, 1985, Challenger took off for its last successful flight, carrying two German astronauts, Ernst Messerschmid and Reinhard Furrer (†), as well as Spacelab D1 mission, a German development. On April 26, 1993, the D2 follow-up mission was launched on Columbia again, with the German astronauts Hans

startete am 26. April 1993 mit dem Shuttle Columbia – die deutschen Astronauten Hans Schlegel und Ulrich Walter waren mit an Bord. Eine andere Mission besaß ebenfalls einen hohen Stellenwert – die in NASA-DLR-Kooperation durchgeführte Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), STS-99. Vom 11. bis zum 22. Februar 2000 gelang es mit dem an einer 60 Meter langen Leichtbauantenne in der Shuttle-Ladebucht befestigten Radarsystem (Synthetic Aperture Radar) 95 Prozent der bevölkerten Erdoberfläche zu vermessen. Aus den gewonnenen Rohdaten wurde ein dreidimensionales Kartenmodell erstellt. Mitverantwortlich für das Gelingen der Mission war der deutsche Astronaut Gerhard Thiele.

Zu den herausragenden Flügen des Shuttle gehören auch die des Shuttle-/MIR-Programms. Insgesamt neunmal flogen die US-amerikanischen Raumtransporter im Rahmen des Agreements Collaboration in Space (1992) zwischen Präsident George H.W. Bush und Russlands Präsidenten Boris Jelzin zur russischen Raumstation: der Beginn der amerikanisch-russischen Zusammenarbeit, die später auch entscheidend zum Aufbau der Internationalen Raumstation ISS beitrug.

Rückhalt der Raumstation

Obwohl die Anzahl der jährlichen Shuttle-Starts nur ungefähr ein Zehntel der einst vorgesehenen Startrate betrug, hatten die Shuttle ihre Daseinsberechtigung. Sie führten mit ihren Missionen aus, was Einwegtransporter nicht vermochten. Prädestiniert für Reparaturen im All (Hubble Teleskop), den Transport von großen

Schlegel und Ulrich Walter aboard. Another, somewhat different but similarly important mission was the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), a cooperation between NASA and DLR. During the STS-99 mission from February 11 to 22, 2000, 95 per cent of the populated surface of the Earth was surveyed with a radar system (synthetic aperture radar) mounted on a 60-metre antenna in the shuttle's cargo bay. The raw data gathered during the mission were converted into a three-dimensional model map. A German astronaut, Gerhard Thiele, had a share in the success of the mission.

Other eminent shuttle flights include the ones implemented under the Shuttle/MIR programme. Under the 'Collaboration in Space' agreement concluded in 1992 by President George H. W. Bush and Russia's President, Boris Yeltsin, American Space Shuttles made nine trips to the Russian space station: the beginning of cooperation between America and Russia which crucially contributed to the construction of the International Space Station (ISS) later on.

Backing up the space station

Although the number of shuttles launched per year was no more than one tenth of the frequency originally assumed, there were several reasons to justify the shuttles' existence. During their missions, they did things that expendable transfer vehicles

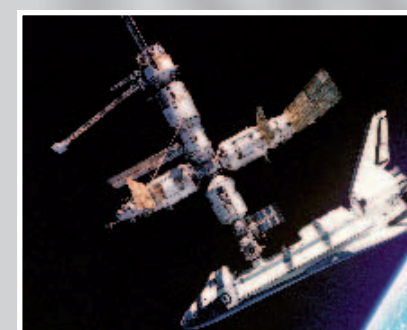


12. April 1981: Der erste Start eines Space Shuttle ins All: Der Orbiter Columbia hebt vom Startkomplex 39A vom US-amerikanischen Weltraumbahnhof Cape Canaveral ab.

April 12, 1981: The first launch of a Space Shuttle: The orbiter Columbia lifts off from Complex 39A of the US spaceport Cape Canaveral. (NASA)

30. Oktober 1985: Drei Europäische Astronauten starten an Bord der Raumfähre Challenger zur Spacelab D-1-Mission (v. l.): Wubbo Ockels (Niederlande), Ernst Messerschmid und Reinhard Furrer (beide Deutschland).

October 30, 1985: Three European astronauts on board Space Shuttle Challenger set out for their Spacelab-D1 mission: Wubbo Ockels (The Netherlands), Ernst Messerschmid and Reinhold Furrer (both from Germany) (l.-r.). (NASA)



9. Dezember 1993: Während der ersten Reparaturmission des Hubble-Teleskops (STS-61) bereitet sich die Astronautin Story Musgrave darauf vor, die Schutzblenden am Teleskop anzubringen.

December 9, 1993: During the first Hubble Space Telescope servicing mission (STS-61), astronaut Story Musgrave prepares to install protective covers on magnetometers. (NASA)

29. Juni 1995: Erstes Docking eines Space Shuttle an der russischen MIR-Station: Die STS-71-Mission des Shuttle Atlantis war der erste von insgesamt neun Flügen innerhalb des Shuttle-MIR-Programms.

June 29, 1995: The first docking of a Space Shuttle at the Russian MIR Space Station: The STS-71 mission of Space Shuttle Atlantis was the first of nine flights under the Shuttle-MIR programme. (NASA)

Strukturen und Massen (je nach Orbit bis zu 25 Tonnen) wurde das Shuttle mit seinen Diensten erst 20 Jahre später unverzichtbar: Der Aufbau der ISS wäre sonst in dieser Art und Weise nicht möglich gewesen. Am 4. Dezember 1998 startete die Endeavour mit dem wichtigen zweiten ISS-Element, dem Knoten Node 1, zum ersten von insgesamt 35 Flügen zur Internationalen Raumstation. Das amerikanische Weltraumlabor Destiny wurde am 7. Februar 2001 vom Shuttle Atlantis zur ISS geflogen. Genau sieben Jahre später am 7. Februar 2008 startete wiederum Atlantis mit Europas größtem Beitrag – dem COLUMBUS-Labor. Das japanische Labor Kibo wurde am 31. Mai 2008 von der Discovery zur Station gebracht.

Aber auch vor Rückschlägen war man nicht gefeit. Nach dem Verlust von 14 Astronauten durch die Unfälle der Challenger am 28. Januar 1986 und der Columbia am 1. Februar 2003 brauchte es lange, bis man wieder zum gesicherten operationellen Einsatz der Shuttleflotte zurückfand. 32 Monate der Untersuchung und Abarbeitung der Empfehlungen der Roger-Kommission waren notwendig bis zur Return to Flight Mission (RTF) am 29. September 1988. RTF hieß es erneut am 26 Juli 2005, nach 29 Monaten Fehlersuche und Umsetzen der Vorschriften des Columbia Accident Investigation Board (CAIB). Kurz zuvor – am 14. Januar 2004 – hatte Präsident Georg W. Bush mit der Veröffentlichung der „Vision for Space Exploration, The President's Vision for U.S. Space Exploration“ das Ende der Space Shuttle nach Abschluss des Raumstationsaufbaus verkündet.

could not do. Predestined for repairs in space (Hubble telescope) and for transporting large structures and masses (up to 25 tons, depending on the orbit), the time when shuttles and their services got indispensable began 20 years later. Without them, it would have been impossible to build the ISS in the way it was done. On December 4, 1998, Endeavour took off on the first of 35 flights to the International Space Station, carrying the important second ISS element, Node 1. On February 7, 2001, the American space laboratory Destiny was flown to the ISS on Atlantis. Exactly seven years later, on February 7, 2008, it was again Atlantis that carried Europe's biggest contribution – the COLUMBUS laboratory. The Japanese Kibo laboratory was transported to the station by Discovery on May 31, 2008.

Yet there were setbacks, too. After the loss of 14 astronauts in the Challenger and Columbia accidents on January 28, 1986 and February 1, 2003, NASA took a long time to return its shuttle fleet to operational safety. 32 months were spent investigating Challenger's accident and implementing the recommendations of the Roger Commission before the Return To Flight (RTF) mission took off on September 29, 1988. Another RTF came on July 26, 2005, after 29 months of searching for errors and implementing the orders of the Columbia Accident Investigation Board (CAIB). Shortly before that, on January 14, 2004, President George W. Bush published his "Vision for Space Exploration, The President's Vision for U.S. Space Exploration" in which he announced that the Space Shuttles would be decommissioned once the space station was completed.

NASA-Mitarbeiter treffen sich vor dem Vehicle Assembly Building auf dem Gelände des Kennedy Space Centers, um die STS-135-Crew mit einem gemeinsam gesungenen Lied aufzuwecken.

On June 27, 2011, employees at NASA's Kennedy Space Center gathered in front of the towering Vehicle Assembly Building to perform a wake-up serenade to STS-135 crew members. (NASA)



Tausende Arbeiter, die die Shuttle mehr als drei Jahrzehnte produziert, gewartet, gestartet und gelandet haben, begrüßen die Atlantis zurück am Kennedy Space Center.

A cheering crowd of thousands of staff members who have built, serviced, launched and landed space shuttles for more than three decades gathered at NASA's Kennedy Space Center to welcome Atlantis home. (NASA)



Die Spannung steigt: Zuschauer verfolgen den Countdown bis zum Start von Atlantis.

The tension is mounting as the audience watches the countdown to the launch of Atlantis.

In den Ruhestand

Am 8. Juli 2011 ging das Shuttle Atlantis zum letzten Mal auf Reisen. 30 Jahre Space Shuttle Programm mit circa einer Milliarde zurückgelegten 'Flugkilometern' sind nun zu Ende. Während dieser letzten zwölftägigen Mission wurden mehrere Tonnen Versorgungsgüter mit dem Multi Purpose Logistic Module (MPLM) in der Ladebucht von Atlantis zur Station gebracht. Ein robotisches Refueling Experiment befand sich ebenfalls an Bord. Neben den Crews waren es meist Tonnen an Gütern, Modulen und großvolumigen Strukturen, Ersatzteilen und Experimenten, die in den Orbit transportiert oder wieder sicher zur Erde zurückgebracht wurden. Man kann sagen: Ein 'Lasttier' wurde in den wohlverdienten Ruhestand entlassen.

Alternativen zur rechten Zeit

Der Ruhestand der Shuttle hinterlässt eine große Lücke in der bemannten Raumfahrt, denn die Transporter wurden ohne vorhandene Option für ein funktionierendes Crew-Transportvehikel außer Dienst gestellt. Kritik an der nun eintretenden amerikanischen Abhängigkeit von russischen Raumtransporten – möglicherweise bis zum Ende der Betriebszeit der Internationalen Raumstation – konnte das Ende der Shuttle Ära nicht verhindern. Auch nicht, dass nun Versorgungsengpässe der Raumstation zu Einschränkungen bei deren Betrieb führen.

Doch aus Sicht der amerikanischen Raumfahrt ist die Einstellung des Shuttle-Programms alternativlos: Die ISS ist vollständig aufgebaut. Für Explorationsmissionen waren die Shuttle nicht geeignet – allenfalls zum modularen 'Zusammenbau' von Explorationsraumschiffen im erdnahen Orbit. Mängel beim Shuttle-Design ließen sich kaum beseitigen. Hinzu kommen die hohen Gesamtkosten des Shuttle-Programms: Sie betrugen circa 209 Milliarden US-Dollar. 'Nur' für den Crew-Transport zur ISS waren die Starts zuletzt mit mehr als einer Milliarde US-Dollar zu teuer geworden.

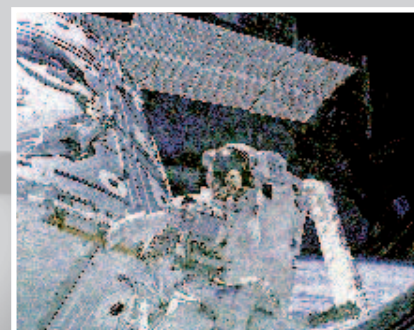
Into retirement

On July 8, 2011, the shuttle Atlantis took off for its last journey. It was the end of the Space Shuttle programme, with about one billion 'flight kilometres' covered in 30 years. On this last twelve-day mission, Atlantis once again carried several tons of supplies which were transferred to the station by the Multi-Purpose Logistic Module (MPLM) in its cargo bay. In addition, the shuttle carried a robotic refuelling experiment. Over the years, next to transporting crew members, it was tons of goods, modules, large-volume structures, spare parts, and experiments that the shuttles transported into orbit or safely returned to Earth. You might say that a 'pack horse' has now entered its well-deserved retirement.

Well-timed alternatives

However, the end of the shuttle programme leaves behind a large gap in crewed space flight, for the shuttles were retired without any option of a functioning crew transport vehicle today. The objection was raised that America would now be dependent on Russian space transports maybe at least until the end of the service life of the International Space Station, and that supply bottlenecks might restrict its operation. Neither of these arguments could prevent the end of the shuttle era.

From the American point of view, however, there is no alternative to discontinuing the shuttle programme: the construction of the ISS is complete. Shuttles were never fit for exploratory missions, except for assembling modules of exploration spaceships in a near-Earth orbit. The defects in their design were almost impossible to eradicate. Another factor is the immense total cost of the shuttle programme, which amounted to approx. 209 billion US dollars. Every recent launch cost about one billion US dollars, too great an expense for 'merely' transporting crew members to the ISS.



12. Dezember 1998: Erstes Docking eines Space Shuttle an der Internationalen Raumstation während der STS-88-Mission.
December 12, 1998: First docking of a Space Shuttle to the International Space Station ISS on mission STS-88. (NASA)

1. Februar 2000: Die STS-99 Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) startet. Damals war SRTM das ambitionierteste Erdkartierungsprojekt. Eine 60 Meter lange Antenne ragte aus der Nutzlastbox des Space Shuttle Endeavour.
February 11, 2000: The beginning of the STS-99 Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), the most ambitious Earth mapping mission of its time. A 60 metre long mast antenna is jutting out into space from Space Shuttle Endeavour. (NASA)



14. Januar 2004: US-Präsident George W. Bush besiegelt mit seiner „Vision for Space Exploration, The President's Vision for U.S. Space Exploration“ das Ende der Space Shuttle-Ära nach Abschluss des Raumstationsaufbaus. NASA-Mitarbeiter verfolgen die Live-Übertragung der Rede des Präsidenten.

January 14, 2004: US President George W. Bush's policy document 'Vision for Space Exploration' seals the end of the Space Shuttle era after completion of the Space Station. NASA employees watch the presidential address. (NASA)

11. Februar 2008: Das europäische COLUMBUS-Modul wird aus der Ladebucht des Space Shuttle Atlantis gehievt und an der ISS befestigt.

February 11, 2008: The European Columbus module is lifted from the payload box of Space Shuttle Atlantis and attached to the ISS. (NASA)

AMS

Ein magnetischer Detektor auf Teilchenjagd

Von Josef Hoell und Prof. Dr. Stefan Schael

Am 16. Mai 2011 um 08:56 a.m. Ortszeit (14:56 Uhr MEZ) startete das Space Shuttle Endeavour (STS-134) seinen letzten Flug zur Internationalen Raumstation ISS. Mit an Bord ist das „Alpha Magnetic Spectrometer“ (AMS), ein Detektor zum Nachweis von Teilchen der kosmischen Strahlung aus dem Weltall. Die Ergebnisse liefern Hinweise auf die Existenz der Dunklen Materie, ein Forschungsgebiet, das derzeit sowohl die Teilchen- als auch die Astrophysiker brennend interessiert. Wissenschaftler und Spitzentechnologie aus Deutschland sind maßgeblich an diesem ambitionierten internationalen Projekt beteiligt, das vom DLR mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert wird. An dem Projekt wirken weltweit rund 500 Wissenschaftler aus 16 Ländern mit – in Deutschland sind das I. Physikalisches Institut der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH) und des Instituts für Experimentelle Kernphysik (IEKP) des Karlsruher Instituts für Technologie beteiligt.

AMS

A Magnetic Detector Hunting for Particles

By Josef Hoell and Prof. Dr. Stefan Schael

On May 15, 2011, at 08.56 a.m. local time (14.56 CET), the Endeavour Space Shuttle (STS-134) took off for the International Space Station (ISS). Its cargo included the Alpha Magnetic Spectrometer (AMS), which is designed to detect cosmic ray particles from outer space. It will provide clues as to the existence of dark matter, a field of research in which particle physicists as well as astrophysicists are avidly interested. Scientists and state-of-the-art technologies from Germany play a major part in this ambitious international project, which is grant-aided by DLR with funds from the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi). Globally, around 500 scientists from 16 countries are taking part in the project. In Germany, they come from the Institute of Physics of RWTH Aachen University and from the Institute of Experimental Nuclear Physics (IEKP) at the Karlsruhe Institute of Technology.

Außen an der ISS angebracht geht der Teilchendetektor AMS auf die Suche nach der Dunklen Materie.

Mounted on the outer shell of the ISS, the magnetic detector AMS searches for particles of the dark matter. (NASA)



Autoren: **Josef Hoell** betreut für das DLR Raumfahrtmanagement als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik das AMS-Projekt.

Prof. Dr. Stefan Schael leitet das I. Physikalisches Institut B der RWTH Aachen und koordiniert die deutschen Beiträge des AMS-Projektes. Er hat mit seiner Arbeitsgruppe den Übergangsstrahlungsdetektor, den Antikoinzidenzzähler und Komponenten des Spurdetektors entwickelt und gebaut.

Authors: **Josef Hoell** supervises the AMS project as scientific assistant at the Space Science department of the DLR Space Administration.

Prof. Dr. Stefan Schael is the head of the 1st Institute of Physics at RWTH Aachen University. Within the AMS collaboration project he played a leading part in the development and construction of the Transition Radiation Detector, the Trace Detector, and the Anticoincidence Counter.

Holpriger Weg ins All

Der Start von AMS auf der Raumfähre Endeavour schließt eine mehr als 15jährige Bau- und Entwicklungszeit ab. Initiiert wurde das Projekt Mitte der 90-er Jahre von einer internationalen Gruppe von Teilchenphysikern um den Nobelpreisträger Samuel Ting vom Massachusetts Institute of Technology. Bereits 1998 umrundete ein Prototyp, AMS-01, an Bord des Space Shuttles Discovery zehn Tage lang die Erde. Damals wurden schon über 100 Millionen geladene Teilchen registriert. Doch in der Folgezeit stand das Projekt mehrmals auf der Kippe. Der zunächst für 2002 bis 2005 geplante Einsatz auf der Raumstation musste verschoben werden. Durch das stetig näher rückende Ende der Shuttle-Ära wurde ein Platz in einer Shuttle-Nutzlast zusehends unsicherer. Im Jahr 2005 verschwand AMS sogar ganz vom Flugplan der NASA. Es kostete viel Überzeugungsarbeit, bis schließlich 2008 das letzte von US-Präsident George W. Bush unterschriebene Gesetz den US-Kongress passierte, in dem der Shuttleflug STS-134 und der Mitflug von AMS festgeschrieben wurden. Jetzt ist es endlich soweit: Wissenschaftler erwarten mit Spannung die Daten, um die kosmische Strahlung zu erforschen und darin Fingerabdrücke von Dunkler Materie zu finden.

Unserer Existenz auf der Spur

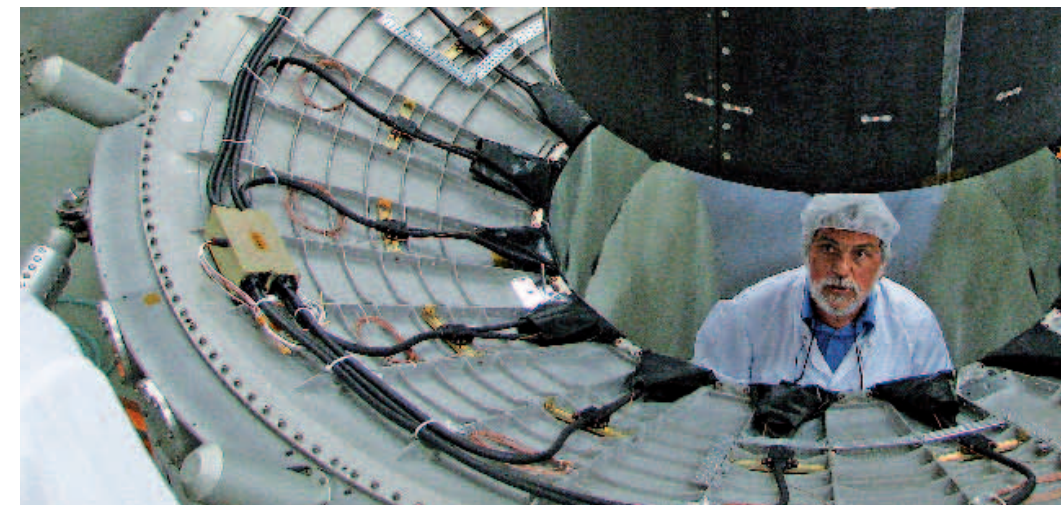
Wie der Name schon sagt, Dunkle Materie ist dunkel: Sie sendet keine Strahlung aus, die man mit Hilfe von Teleskopen sehen könnte. Ihre Existenz wird durch astronomische Beobachtungen nahegelegt, die ausschließlich auf der Wirkung ihrer Schwerkraft beruhen. Außerdem wird ihr eine wichtige Rolle bei der Strukturbildung im Universum zugeschrieben. Ohne ihre Schwerkraft hätten

A rocky path into space

The journey of AMS on board the Endeavour shuttle marks the end of more than 15 years of construction and development. The instrument goes back to an idea put forward in the mid-90s by an international group of particle physicists around Nobel laureate Samuel Ting of the Massachusetts Institute of Technology. Already in 1998, a prototype, AMS-01, circled around the world for ten days on board the Discovery Space Shuttle, registering more than 100 million charged particles even then. Following this flight, however, there were several occasions when the project was teetering on the brink. Originally scheduled for the period from 2002 to 2005, its deployment on the space station was deferred, and as the end of the Shuttle era was moving steadily closer, the chances of finding a place for it in a shuttle payload dwindled apace. In 2005, the AMS even disappeared entirely from NASA's flight schedule. A great deal of convincing had to be done until 2008, when Congress passed the last law signed by President George W. Bush which stipulated that the AMS was to travel on shuttle flight STS-134. Now, at long last, the great day has come, and scientists are eagerly looking forward to data that will enable them to explore cosmic rays and identify the fingerprints of dark matter therein.

Tracing our existence

As the name suggests, dark matter is dark, meaning that it does not emit any kind of radiation that could be seen through a telescope. That it does exist is indicated by astronomical observations that are exclusively based on the impact of its gravity. It is also assumed that it plays an important part in shaping the structure of the universe. Without its gravitation, galaxies, stars, and planets



Stück für Stück wurde der Teilchendetektor von Technikern der Europäischen Organisation für Kernforschung (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN) in den AMS-02-Magneten integriert.

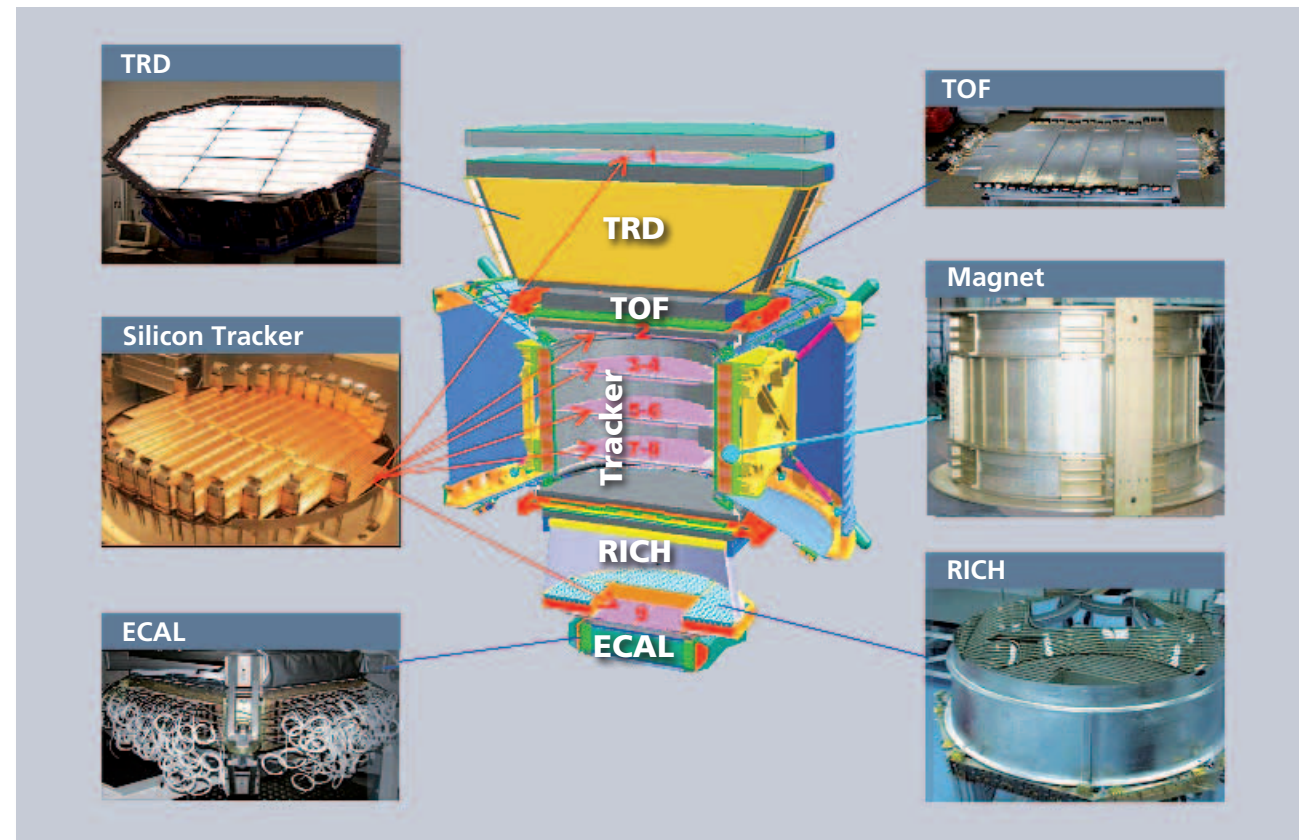
Piece by piece the particle tracker was integrated into the AMS-02 magnet by technicians of the European Center for Nuclear Research. (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN). (AMS-02 Collaboration)



Ein Techniker prüft den Silizium Spurendetektor. (AMS-02 Collaboration)

A technician checks the Silicon Tracker. (AMS-02 Collaboration)

AMS-Aufbau / AMS-Assembly



(AMS-02 Collaboration)

sich Galaxien, Sterne und Planeten – und damit auch das irdische Leben – nicht entwickeln können. Woraus besteht aber die Dunkle Materie? Eine Antwort kann die Teilchenphysik liefern. Im Rahmen von Erweiterungen des Standardmodells der fundamentalen Kräfte wird die Existenz neuer Elementarteilchen gefordert, auf die auch die Eigenschaften der Dunklen Materie zutreffen. Besonders vielversprechende Kandidaten sind sogenannte Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs) – massebehaftete, schwach wechselwirkende Teilchen. Zwar lassen sie sich wegen der schwachen Wechselwirkung und ihrer fehlenden Ladung auch mit AMS nicht direkt nachweisen, doch misst das Spektrometer Zerfallsprodukte, die entstehen, wenn WIMPs miteinander kollidieren.

Eine Kamera für Elementarteilchen

AMS dient den Forschern hierbei als eine Art Kamera, welche die kosmische Strahlung über einen weiten Energiebereich hinweg mit 2000 Bildern pro Sekunde und einer Auflösung von 200.000

– and thus terrestrial life – could never have evolved. What, then, does dark matter consist of? Particle physics may be able to supply the answer. Extensions to the standard model of fundamental interactions point to the existence of new elementary particles with properties identical with those of dark matter. WIMPs (weakly interacting massive particles) are particularly promising candidates. Although even the AMS is incapable of demonstrating their existence directly because of their weak interaction and their lack of an electric charge, what the spectrometer can, in fact, measure are the decay products which form as a result of collisions between WIMPs.

A camera for elementary particles

The AMS is used by researchers as a kind of camera which 'photographs' cosmic rays across a wide energy band at a rate of 2,000 images per second and a resolution of 200,000 pixels. In this context, the term 'ray' is really a misnomer. It goes back to the year

1912, when Victor Hess discovered 'high-altitude radiation' which was later identified as a flow of particles from the depths of outer space. Circa 1,000 of these particles hit the Earth's atmosphere per square metre and second. Each collision with an air molecule generates showers of secondary particles, which is why the original composition of cosmic ray particles can be determined only from satellites or very high-flying balloons. For the most part, cosmic rays consists of positively-charged hydrogen nuclei (protons), followed by helium. Heavier nuclei, which the AMS is also capable of registering, account for no more than about one per cent. All these particles are mirrored by antiparticles that have the same mass but inverse charge: antiprotons, antihelium, and – as antiparticles to electrons – positrons. Moreover, the AMS is capable of measuring genuine gamma radiation. The diverse constituent elements of cosmic rays furnish evidence of high-energy events taking place in our universe on the Sun, in supernova explosions, in pulsars, and in active galactic nuclei in which black holes are lurking. Extracting the fingerprint of dark matter from all this requires a highly concentrated search. Scientists are looking mainly for one sort of particles: positrons, which come into being whenever two WIMPs collide. Because positrons can be formed by other processes as well, their energy needs to be measured precisely so that their origin can be analysed on the basis of the resultant spectrum.

Ein Magnet geht auf Teilchenjagd

Herzstück der knapp vier Meter hohen und sieben Tonnen schweren AMS-Apparatur ist ein starker Magnet. In seinem Inneren herrscht ein Feld von 0,125 Tesla, etwa 4000 mal stärker als das irdische Magnetfeld. Er ist als sogenannter selbstkompensierender Magnet konstruiert: Sein Außenfeld ist so klein, dass keine Kräfte zwischen dem AMS- und dem Erdmagnetfeld auftreten, welche die Raumstation ins Taumeln bringen könnten. Der Magnet war noch im Frühjahr 2010 in Rekordzeit an der RWTH Aachen ausgetauscht worden. Anfang des Jahres hatte sich herausgestellt, dass der Kühlvorrat für den ursprünglich geplanten supraleitenden Magneten eine Lebensdauer von nur 20 Monaten auf der ISS garantieren würde. Inzwischen war die voraussichtliche Betriebszeit der Raumstation bis 2020 verlängert worden. Von einer Rückholung von AMS nach drei Jahren war man durch die Einstellung des Shuttle-Programms abgekommen. Daher wurde kurzfristig der supraleitende Magnet durch den schwächeren Permanentmagneten ersetzt, dessen Betriebsdauer nicht eingeschränkt ist. Um trotzdem dieselbe Messgenauigkeit zu erreichen, wurde außerdem der Spurdetektor von AMS umgebaut.

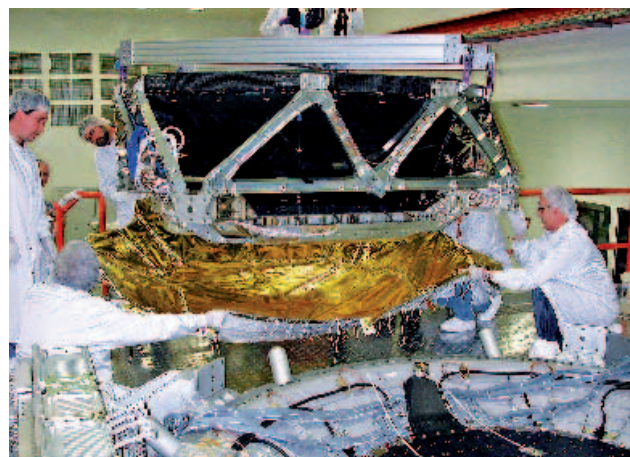
1912, when Victor Hess discovered 'high-altitude radiation' which was later identified as a flow of particles from the depths of outer space. Circa 1,000 of these particles hit the Earth's atmosphere per square metre and second. Each collision with an air molecule generates showers of secondary particles, which is why the original composition of cosmic ray particles can be determined only from satellites or very high-flying balloons. For the most part, cosmic rays consists of positively-charged hydrogen nuclei (protons), followed by helium. Heavier nuclei, which the AMS is also capable of registering, account for no more than about one per cent. All these particles are mirrored by antiparticles that have the same mass but inverse charge: antiprotons, antihelium, and – as antiparticles to electrons – positrons. Moreover, the AMS is capable of measuring genuine gamma radiation. The diverse constituent elements of cosmic rays furnish evidence of high-energy events taking place in our universe on the Sun, in supernova explosions, in pulsars, and in active galactic nuclei in which black holes are lurking. Extracting the fingerprint of dark matter from all this requires a highly concentrated search. Scientists are looking mainly for one sort of particles: positrons, which come into being whenever two WIMPs collide. Because positrons can be formed by other processes as well, their energy needs to be measured precisely so that their origin can be analysed on the basis of the resultant spectrum.

A magnet hunting for particles

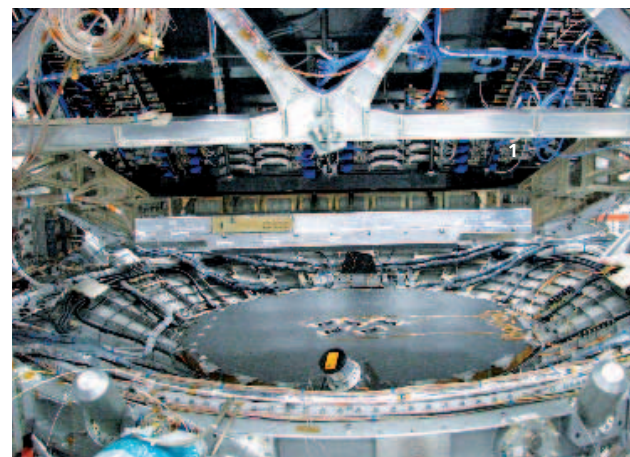
What constitutes the core of the AMS apparatus, which is almost four metres high and weighs seven tons, is a powerful magnet. The magnetic field in its interior has a strength of 0.125 Tesla, which is about 4,000 times stronger than the Earth's magnetic field. It is self-compensating, meaning that its outer field is so infinitesimally weak that no forces that might set the space station tumbling can develop between the AMS and the terrestrial magnetic field. In the spring of 2010, the magnet was replaced at the RWTH Aachen in record time. Earlier in the year, it had been found that the supply of coolant for the originally-planned superconducting magnet would last for no more than 20 months' service on the ISS. Meanwhile, however, the utilisation of the space station had been extended

- 1 Der aus Aachen stammende Übergangsstrahlungsdetektor (TRD) wird auf das Massenspektrometer abgelassen und in AMS eingebaut.
- 2 The Transition Radiation Detector (TRD) from Aachen is lowered onto the mass spectrometer and integrated into the AMS (AMS-2 Collaboration)
- 3 Im Test: Am CERN Institut wurde AMS auf Herz und Nieren geprüft, um unter Weltraumbedingungen tadellos zu funktionieren.
- 4 Testing: At CERN, the AMS was thoroughly checked to ensure it will withstand outer-space conditions. (AMS-02 Collaboration)

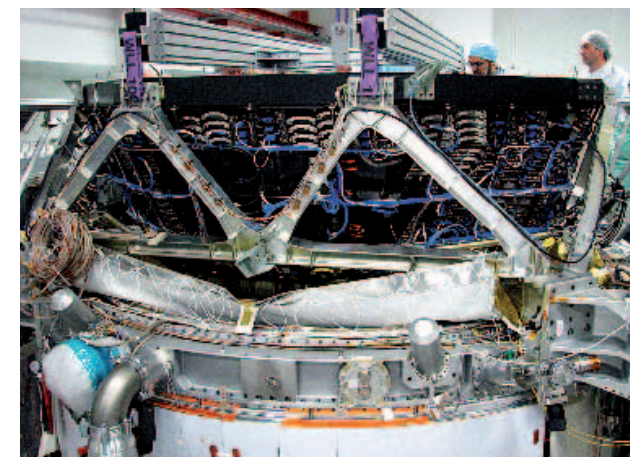
1



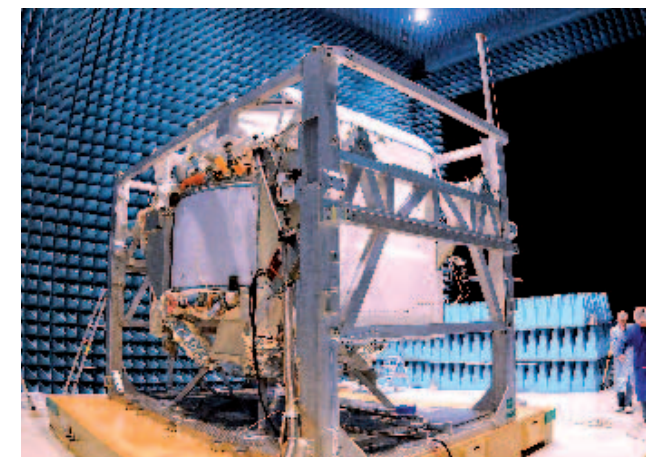
2

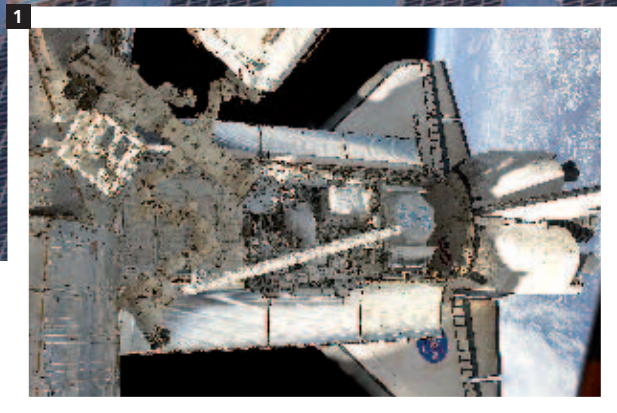


3



4





1 AMS liegt sicher in der geöffneten Nutzlastbox des Shuttle.
AMS rests safely in the payload box of the shuttle.
(NASA)

2 Eingehakt: Der Teilchendetektor AMS wird aus der Nutzlastbox des Shuttle gehievt, um an der ISS montiert werden zu können.
At the clutch: The particle detector AMS is lifted from the payload box of the shuttle to be mounted on the ISS.
(NASA)

Partikelflugbahn fotografieren

Die im Magnetfeld abgelenkten Teilchen beschreiben eine gekrümmte Bahn, die mit einem Spurdetektor dreidimensional vermessen wird. Der Radius der Bahn verrät den Wissenschaftlern Impuls und Ladung der Partikel. Neun Siliziumlagen bilden diesen Spurdetektor, in denen die Teilchen beim Durchflug Ladungsträger freisetzen, die mit insgesamt 200.000 Auslesekanälen registriert werden. Er gleicht damit in gewisser Weise einer digitalen Kamera mit 200.000 Pixeln Auflösung. Voraussetzung für die räumliche Auflösung ist die Stabilität der Siliziumlagen, die mit einem von der RWTH entwickeltem Lasersystem mit einer Genauigkeit von 0,005 Millimetern überwacht wird. Den Spurdetektor umgibt eine weitere RWTH-Entwicklung: der sogenannte Antikoinzidenz-Zähler, der verhindert, dass seitlich eintreffende Teilchen die Ergebnisse verfälschen.

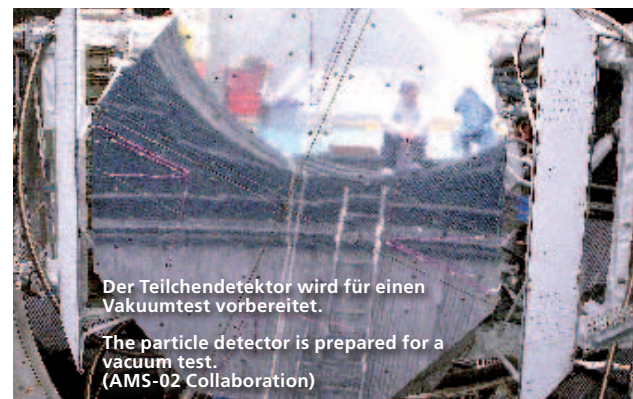
Leichte von schweren Teilchen unterscheiden

Vier weitere Detektoren komplettieren den Aufbau von AMS. Ebenfalls aus Aachen stammt der Übergangsstrahlungsdetektor (Transition Radiation Detector, TRD), der leichte und schwere Teilchen voneinander unterscheiden kann. Er spielt damit eine zentrale Rolle für die Suche nach Dunkelmaterie, wo zwischen Positronen

until 2020, and the end of the shuttle programme had brought down the idea of retrieving the AMS after three years. Consequently, the superconducting magnet was replaced in short order by a weaker permanent magnet whose lifetime is not restricted. To ensure that this would not reduce the measurement precision, the trace detector on AMS had to undergo some further alterations.

Photographing particle flight paths

Particles deflected by the magnetic field follow a curved path that is measured in three dimensions by a trace detector. The path's radius betrays a particle's impulse and charge. The trace detector consists of nine layers of silicon in which particles passing through release charge carriers that are registered by a total of 200,000 readout channels. In a certain way, therefore, the detector resembles a digital camera with a resolution of 200,000 pixels. Its outstanding spatial resolution absolutely depends on the stability of the silicon layers which is monitored with a precision of 0.005 millimetres by a laser system developed at RWTH Aachen. The trace detector is surrounded by another RWTH development: a so-called anticoincidence counter which rejects laterally impacting particles which could not be measured correctly.



Der Teilchendetektor wird für einen Vakuumtest vorbereitet.
The particle detector is prepared for a vacuum test.
(AMS-02 Collaboration)



AMS-02 auf dem Weg in die Shuttle-Nutzlastbox
AMS-02 on its way to the shuttle payload box
(AMS-02 Collaboration)

und Protonen unterschieden werden muss. Der circa 2,5 Meter durchmessende und 60 Zentimeter hohe TRD besteht aus zwei Komponenten: einem Radiormaterial zur Erzeugung der Übergangsstrahlung und Detektoren für deren Nachweis. Eine 20-lagige Abfolge von 20 Millimeter dicken Kunststofffasermatten aus Polypropylen-Polyethylen bildet den Radiator, wo relativistische Teilchen an den Grenzflächen zwischen den Fasern und dem Vakuum Übergangsstrahlung erzeugen. Zum Nachweis dienen Kapton-Röhrchen, in deren Zentrum ein vergoldeter Wolfram-Draht gespannt ist und die mit einem Gasgemisch aus Xenon und Kohlendioxid gefüllt sind. Deren Herstellung war eine technologische Herausforderung: Die über 5000 bis zu 2,5 Meter langen und sechs Millimeter durchmessenden Röhrchen mit einer Wandstärke von nur 0,07 Millimetern müssen den besonderen Bedingungen des Weltraums standhalten. Das Gasgemisch wird durch die Übergangsstrahlung und durch die einfliegenden Teilchen ionisiert und liefert so messbare Signale. Eine Kohlefaser-Stützstruktur stellt sicher, dass die gesamte Anordnung bis auf 0,1 Millimeter genau in Position bleibt. Ein Datenerfassungssystem, das an der Universität Karlsruhe entwickelt und gebaut wurde, zeichnet die TRD-Daten auf.

Weitere Instrumente

Ein Flugzeitmassenspektrometer (TOF), ein abbildender Ring-Tscherenkow-Detektor (RICH) und ein elektromagnetisches Kalorimeter (ECAL) ergänzen die AMS-Instrumente. Das TOF misst die Geschwindigkeit der Teilchen, der RICH erlaubt die Bestimmung von Atomkernmassen und die Identifizierung verschiedener Isotope, während das ECAL zur Energiemessung der Teilchen dient. Das Zusammenspiel dieser verschiedenen Detektortypen erlaubt so die Identifizierung der Teilchen und die Messung ihrer Energie. Die Ergebnisse sollen viele Fragen beantworten: Was sind die Quellen der kosmischen Strahlung? Wie werden die Teilchen beschleunigt? Wie stark sind die interstellaren Magnetfelder, die sie ablenken? Gibt es Gebiete im Universum, die aus Antimaterie bestehen? Und natürlich: Woraus besteht die Dunkle Materie? Die Antworten dürften unser Verständnis vom Aufbau des Universums nachhaltig beeinflussen.

Distinguishing between light and heavy particles

To complete the AMS configuration there are another four detectors. From Aachen, there is the Transition Radiation Detector (TRD) which can distinguish between particles by their mass. This capability gives it a key position in the search for dark matter in which distinguishing between positrons and protons is crucial. Measuring circa 2.5 metres in diameter and 60 centimetres in height, the TRD consists of two components: a radiator material to generate transition radiation, and detectors to register it. The radiator consists of 20 layers of polypropylene-polyethylene fibre, each 20 millimetres thick where relativistic particles generate transition radiation at the interface between fibres and vacuum. This radiation is detected by Kapton straw tubes filled with a mixture of xenon and carbon dioxide gas and a gold-plated tungsten wire at the centre. Manufacturing these tubes was an outstanding technological challenge because more than 5,000 tubes with a wall thickness of no more than 0.07 millimetres measuring up to 2.5 metres in length and six millimetres in diameter had to be qualified for operation in space. Ionised by transition radiation and intruding particles, the gas mix supplies measurable signals. A stabilising structure made of carbon fibre ensures that the entire arrangement remains in position with a precision of 0.1 millimetres. The TRD data is stored in a data acquisition system developed and built at Karlsruhe University.

Further instruments

The instruments of the AMS are complemented by a Time-Of-Flight Spectrometer (TOF), a Ring Imaging Cherenkov Detector (RICH), and an Electromagnetic Calorimeter (ECAL). The TOF measures the particle velocity, the RICH permits analysing the mass of atomic nuclei and identifying various isotopes, and ECAL serves to measure particle energy. Acting together, all these detectors permit to identify the particles and measure their energy. The results will help to answer many questions: what are the sources of cosmic rays? How are the particles accelerated? How powerful are the interstellar magnetic fields that deflect them? Are there regions in the universe that consist of antimatter? And, of course: what does dark matter consist of? The answers are expected to have a great influence on our understanding of the structure of the universe.

GeoFlow II

Ein Blick ins Innere der Erde

Von Dr. Thomas Driebe und Prof. Dr.-Ing. Christoph Egbers

Was passiert im Inneren unseres Heimatplaneten? Dieser Frage ging bereits 1863 Jules Verne in seinem Roman „Reise zum Mittelpunkt der Erde“ fiktiv nach. Bis heute faszinieren die Vorgänge im Inneren unseres Globus Wissenschaftler aus der ganzen Welt. Welche Strömungsmuster herrschen im flüssigen Kern und im Mantel? Welchen Einfluss üben diese Strömungen auf die Temperaturverteilung aus? Bislang gelang es der theoretischen Physik nicht, abschließende Antworten auf diese Fragen zu finden. Allerdings erlangte man mit Hilfe von zeitlich und räumlich hoch aufgelösten dreidimensionalen Modellsimulationen in den letzten Jahren eine genauere Vorstellung der Phänomene im Erdinneren. Die Strömungen können jedoch nicht direkt beobachtet und Temperaturen nicht direkt gemessen werden. Um die Theorie zu überprüfen und einen Blick ins Innere zu werfen, muss die Wissenschaft daher die Erde und die dort herrschende Schwerkraft verlassen. Genau hier setzt die Idee des Experiments GeoFlow an.

GeoFlow II

Studying the Earth's Interior

By Dr Thomas Driebe and Prof. Dr.-Ing. Christoph Egbers

What is going on in the interior of our home planet? In fiction, Jules Verne pursued this question as early as 1863 in his novel Journey to the Centre of the Earth. To this day, scientists all over the world are fascinated by what is happening inside the Earth. What flow patterns prevail in the liquid core and mantle? How do these flows influence the distribution of temperature? So far, theoretical physics has not succeeded in finding clinching answers to these questions. To be sure, three-dimensional model simulations offering high temporal and spatial resolution have given us a more precise idea of the phenomena in the Earth's interior in recent years. However, we are unable to observe flows and measure temperatures directly. To check its theories and catch a glimpse of the interior, science must necessarily leave Earth and its gravity behind. This, in a nutshell, is the idea behind the GeoFlow experiment.

Die Welt passt in einen schuhkarton-großen Experimentcontainer: GeoFlow II erlaubt Einblicke in die Vorgänge im Inneren unserer Erde.

The world fits in a shoe-box-sized experiment container: GeoFlow II provides an insight into the interior of our Earth. (BTU Cottbus)



Autoren: **Dr. Thomas Driebe** betreut in der Abteilung Forschung unter Welt-raumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagement Projekte des Nationalen Raumfahrtprogramms. **Prof. Dr.-Ing. Christoph Egbers**, Leiter des Instituts für Verkehrstechnik und des Lehrstuhls für Aerodynamik und Strömungslehre an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus, arbeitet bereits seit zwölf Jahren zusammen mit seinem Team an der Erforschung der Strömungs- und Temperaturverhältnissen im Erdinneren unter Schwerelosigkeit.

Authors: **Dr Thomas Driebe** works at the Microgravity Research department of the DLR Space Administration and supports projects of the National Space Programme. **Prof. Dr.-Ing. Christoph Egbers** is the head of DLR's Transport Research Institute and of the Department of Aerodynamics and Fluid Mechanics at the Cottbus University of Applied Sciences (BTU). He and his team have been conducting microgravity experiments for twelve years to explore flow and temperature conditions in the Earth's interior.

Aufbau unseres Heimatplaneten

Das Innere der Erde gleicht den Schichten einer Zwiebel. Die innerste Schicht bildet dabei den festen, sogenannten inneren Kern mit einem Radius von etwa 1.250 Kilometern. Er besteht hauptsächlich aus Eisen, Nickel und Silizium. Darüber befindet sich eine rund 2.200 Kilometer dicke Schicht aus flüssigem Eisen. Dieser äußere Kern, dessen bewegliche und elektrisch leitfähige Schicht die Quelle des Erdmagnetfeldes ist, wird vom Mantel abgelöst. Auf diesem liegt die nur circa 30 bis 60 Kilometer dicke Kruste. Wie der äußere Kern ist auch der hauptsächlich aus Silikaten und Oxiden bestehende Mantel flüssig, allerdings erheblich zähflüssiger als der Kern. Die Zähigkeit ist dabei stark von der Temperatur abhängig. Diese Unterschiede sorgen dafür, dass im Erdmantel deutlich andere Strömungsmuster vorherrschen als im flüssigen Teil des Kerns.

Problemfall Schwerkraft

Will man die Strömungen im Inneren im Erdlabor erforschen, erweist sich die Gravitation als störend, denn in einem Labormodell tritt die Schwerkraft als annähernd homogene, senkrecht nach unten wirkende Kraft auf. Dieses axiale Kraftfeld hat unmittelbare Auswirkungen auf die Temperaturverteilung: Wärme steigt nach oben, während Kälte absinkt. Ganz im Norden des Globus würde demnach große Hitze herrschen, während die Temperatur nach Süden stark abnehmen würde. Die realen Verhältnisse sind jedoch ganz anders und lassen sich nicht unter dem Einfluss irdischer Schwerkraft simulieren: Auf der echten Erde herrscht Gravitation, die vom Mittelpunkt ausgeht und deren Stärke zur Kruste hin abnimmt. Dieses radiale Kraftfeld sorgt so für eine gleichmäßigere Verteilung der Temperatur im Mantel und im äußeren Kern (siehe Abbildung auf Seite 20 oben). Um nun die Bedingungen, wie sie auf dem Globus herrschen, mit Hilfe einer „Mini-Erde“ zu untersuchen, muss dieses Modell unseren Heimatplaneten verlassen. Auf der ISS, wo sich Erdanziehung und Zentrifugalkraft die Waage halten, muss dieses radiale Kraftfeld innerhalb einer Apparatur künstlich erzeugt werden, um das Rätsel der Strömungs- und Temperaturverhältnisse im Erdinneren endgültig zu lösen.

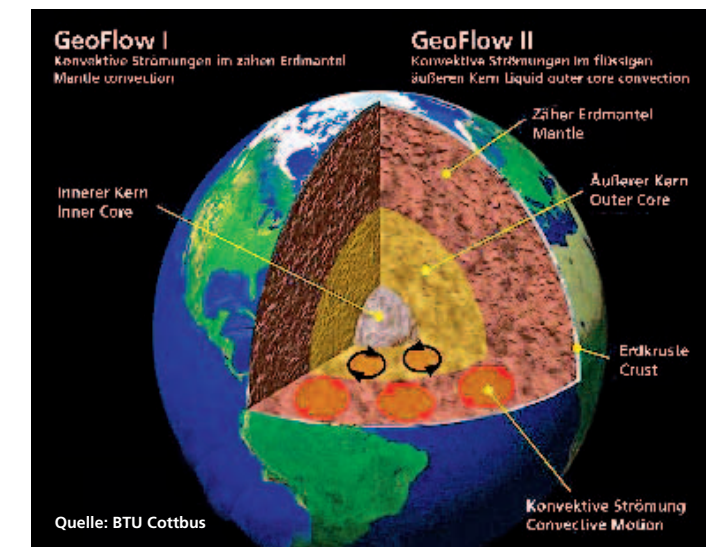
Composition of our home planet

In its interior, the Earth is layered like an onion. The innermost layer is formed by the solid inner core with a radius of about 1,250 kilometres. It consists mainly of iron, nickel, and silicon. Above it, there is a layer of liquid iron that is around 2,200 kilometres thick. Mobile and electrically conductive, this outer core is the source of the Earth's magnetic field. Next to it, there is the mantle which, in turn, supports the crust that is no thicker than 30 to 60 kilometres. Consisting mainly of silicates and oxides, the outer core behaves much more liquid than the mantle, although it is considerably more viscous, with its viscosity largely depending on its temperature. Because of these differences, the flow patterns prevailing in the mantle are very unlike those in the liquid part of the core.

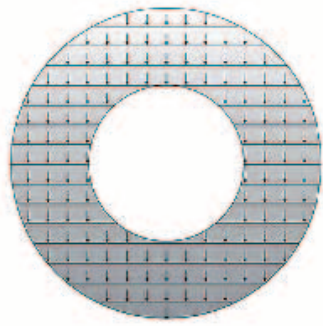
The gravity problem

Should we wish to explore these flows in the Earth's interior in a terrestrial laboratory we would find gravity a nuisance, for in a laboratory model, gravity manifests itself as an approximately homogenous force that acts vertically downward. This axial force field directly influences temperature distribution: heat rises, cold falls. Accordingly, the extreme north of our globe should be exposed to torrid heat, and temperatures should decline sharply as we move southward. In reality, however, conditions are quite different, and they cannot be simulated

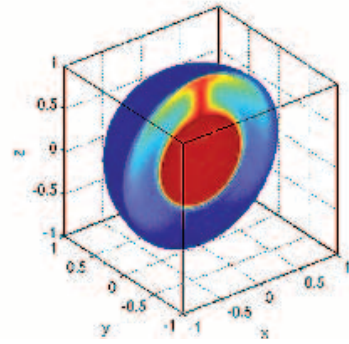
under the influence of the Earth's gravity: in real life, the gravity that prevails is a force that emanates from the Earth's centre and grows weaker towards the mantle. This radial force field ensures a more uniform distribution of temperatures in the mantle and the outer core (see figure at the top of page 20). Therefore, if we intend to investigate terrestrial conditions with the aid of a 'miniature Earth', the model necessarily has to leave our home planet. On the ISS, where gravity is cancelled out by centrifugal force, this radial force field must be generated artificially within an apparatus so that we can find the ultimate answer to the riddle of the flow and temperature conditions in the Earth's interior.



Axiales Kraftfeld Axial Force Field



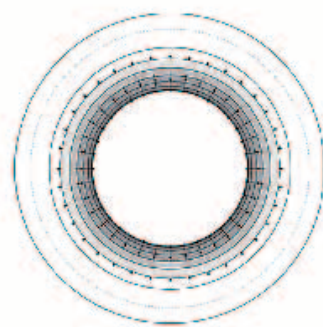
Temperaturverteilung Temperature Distribution



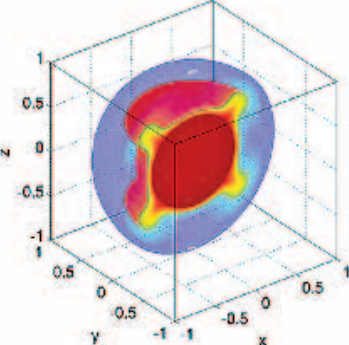
Das GeoFlow-Experiment würde auf der Erde völlig andere Ergebnisse als im Weltall zu Tage fördern: Im terrestrischen Labor tritt die Schwerkraft als annähernd homogene, senkrecht nach unten wirkende Kraft auf. Dieses axiale Kraftfeld hat unmittelbare Auswirkungen auf die Temperaturverteilung: Wärme steigt nach oben, während Kälte absinkt. Ganz im Norden des Globus würde demnach große Hitze herrschen, während die Temperatur nach Süden stark abnehmen würde. Auf der „echten“ Erde herrscht Gravitation, die vom Erdmittelpunkt ausgeht und deren Stärke zur Kruste hin abnimmt. Dieses radiale Kraftfeld sorgt so für eine gleichmäßigere Verteilung der Temperatur im Mantel und im äußeren Kern.

The results of the GeoFlow experiment would be quite different between Earth and space. In a terrestrial laboratory, the gravity manifests itself as an approximately homogenous force that acts vertically downward. This axial force field directly influences temperature distribution: heat rises, cold falls. Accordingly, the extreme north of our globe should be exposed to torrid heat, and temperatures should decline precipitously as we move southward. In real life, gravity prevails, a force that emanates from the Earth's centre and grows weaker towards the mantle. This radial force field ensures a more uniform distribution of temperatures in the mantle and the outer core. (BTU Cottbus)

Radiales Kraftfeld Radial Force Field



Temperaturverteilung Temperature Distribution



Eine „Mini-Erde“ im All

Genau aus dieser Idee heraus entstand die schuhkartongroße Apparatur namens "Geophysical Flow Simulation" – kurz GeoFlow. Zwischen einer inneren, massiven Kugel und einer äußeren Hohlkugel befindet sich eine zähe dielektrische Ölschicht. Entsprechend den Temperaturverhältnissen im Erdinneren wird die innere Kugel geheizt und die äußere Hohlkugel gekühlt. Im Kugelspalt wird dann durch das Anlegen einer Hochspannung in Höhe von zehn Kilovolt ein unverzerrtes, zentralsymmetrisches Kraftfeld erzeugt, das die auf der Erde herrschende Schwerkraft simuliert. Eine Kamera oberhalb der Apparatur zeichnet die Strömungsmuster auf, die während eines Experimentdurchlaufs auftreten. Die Kamera deckt dabei rund ein Sechstel der sichtbaren Kugeloberfläche ab, so dass man die vollständige Halbkugel mit insgesamt sechs Aufnahmen erfassen kann. Bei diesen Interferogramm-Aufnahmen werden zwei Lichtstrahlen einer externen Lichtquelle ausgesandt, von denen einer direkt in die Kamera gelenkt wird und der andere die GeoFlow-Apparatur durchläuft, bevor beide in der Kamera überlagert werden. Die so entstandenen Streifenmuster vergleichen die Wissenschaftler mit Modellsimulationen und schließen so auf die Temperaturverteilung und die Strömungsverhältnisse innerhalb des Fluids. In der ersten Experimentserie, die nach der positiven ESA-Evaluierung 1999 im Jahr 2000 an den Start ging, von August 2008 bis Januar 2009 ablief und in diesem Zeitraum 92 Gigabytes an Daten lieferte, wurden die konvektiven Strömungen im flüssigen Kern simuliert.

A 'mini-Earth' in space

This very idea gave birth to a shoe-box-sized apparatus called 'geophysical flow simulation', or GeoFlow for short. It consists of a solid inner sphere and a hollow outer sphere separated by a viscous dielectric layer of oil. Temperature conditions in the Earth's interior are simulated by heating the inner sphere and cooling the hollow outer sphere. By applying ten kilovolts of electricity to the gap between the spheres, an undistorted, centrally symmetric force field is generated which simulates the gravity that prevails on Earth. A camera mounted above the apparatus records the flow patterns that occur during an experiment run. As the camera captures about one sixth of the visible surface in one shot, six images suffice to cover one entire hemisphere. Its interferogram images involve an external light source that emits two beams of light, one of which is guided directly into the camera while the other passes through the GeoFlow apparatus and is then superimposed on the first beam in the camera. From comparisons between the resultant fringe patterns and model simulations, scientists derive conclusions regarding temperature distributions and flow patterns within the fluid. The first series of experiments was formally endorsed by ESA in 1999 and officially launched in 2000. Simulating convective flows in the liquid core, the experiments generated a data volume of 92 gigabytes between August 2008 and January 2009.

Internationale Zusammenarbeit

Der Experimentablauf wird nach dem Download der Daten vom der COLUMBUS-Modul zur NASA durch das deutsche COLUMBUS-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen, das italienische Microgravity Advanced Research and Support Centre MARS in Neapel, das spanische User Support und Operations Centre E-USOC in Madrid sowie die Bodenstation an der BTU Cottbus überwacht. Dort treffen die Telemetriedaten mit einem zeitlichen Abstand von circa 20 Sekunden ein, während die gesammelten Videoaufzeichnungen im Abstand von drei bis vier Tagen heruntergeladen und ausgewertet werden. Neben der BTU Cottbus sind an GeoFlow Forscher vom DLR-Institut für Planetenforschung (Berlin), des Instituts für Nichtlineare Dynamik der Universität Potsdam, des Instituts für Physik der Universität Göttingen, der CNRS Paris, der PMMH-ESPCI Paris, des Institut Nonlinéaire der Universität Nizza, des Laboratoire Ondes et Milieux Complexes der Universität Le Havre, des Département de Physique der Universität Avignon, und des Departement of Applied Mathematics der Universität Leeds beteiligt. Die Apparaturen wurden von der Firma EADS Astrium in Friedrichshafen gebaut.

Nach Rückführung des Experimentcontainers mit dem Shuttle Discovery im März 2009 wurde die GeoFlow-Apparatur umgebaut und mit einem anderen Fluid namens 1-Nonanol gefüllt – einer klaren, farblosen Flüssigkeit, deren Maß an Zähflüssigkeit stark temperaturabhängig ist. Sie spiegelt ideal die thermophysikalischen Eigenschaften des flüssigen Erdmantels wider. Mit dieser GeoFlow II genannten Apparatur sollten daher die Strömungsverhältnisse im zähen Mantel nachgestellt und untersucht werden. Auf diese Weise wollen die Wissenschaftler das physikalische Verständnis von zum Beispiel Magmaströmungen im Erdinneren verbessern. Im Februar dieses Jahres wurde GeoFlow II mit dem europäischen Raumtransporter ATV-2 „Johannes Kepler“ zur ISS transportiert. Nach erfolgreicher Integration in das COLUMBUS-Modul begannen Mitte März die wissenschaftlichen Testreihen. Ende Juni – pünktlich zum kompletten Abschluss der ersten Experimentserie von GeoFlow II – wurde die Mission um drei Monate verlängert. So können weitere Daten gewonnen und das Verständnis der konvektiven Strömungen im zähen Erdmantel verbessert werden.

International cooperation

Following the download of data via NASA's COLUMBUS module, experiment runs are monitored by the German COLUMBUS Control Center in Oberpfaffenhofen, the Italian Microgravity Advanced Research and Support Center (MARS) in Naples, the Spanish User Support and Operations Center (E-USOC) in Madrid, and the BTU Cottbus ground station. While telemetry data arrive in Cottbus at intervals of about 20 seconds, video records are collected over a period of three to four days and then downloaded for evaluation. The GeoFlow team includes researchers from Cottbus BTU, the DLR Institute of Planetary Research (Berlin), the Institute of Non-linear Dynamics at Potsdam University, the Institute of Physics of Göttingen University, the CNRS in Paris, the PMMH-ESPCI in Paris, the Institut Nonlinéaire at Nice University, the Laboratoire Ondes et Milieux Complexes at Le Havre University, the Department of Physics of the University of Avignon, and the Department of Applied Mathematics at Leeds University. The experiment rigs were built by EADS Astrium of Friedrichshafen.

After the return of the experiment container on the Discovery shuttle in March 2009, the GeoFlow apparatus was modified and filled with another fluid called 1-nonanol, a transparent, colourless liquid whose viscosity is highly temperature-dependent. It ideally reflects the thermo-physical properties of the Earth's liquid mantle. Called GeoFlow II, the apparatus serves to emulate and investigate the flow conditions prevailing in the viscous mantle. In this way, scientists intend to improve their understanding of the physics of magma and other flows in the Earth's interior. In February of this year, GeoFlow II was transported to the ISS on the European transfer vehicle Johannes Kepler (ATV-2). After its successful integration in the COLUMBUS module, scientific trials commenced in mid-March. Coinciding with the completion of the first series of GeoFlow II experiments, the mission was extended by three months at the end of June, enabling scientists to acquire more data and improve their understanding of convective flows in the Earth's viscous mantle. Until now, a data volume of 160 Gigabytes was transferred in terms of the GeoFlow II experiment to Cottbus University.

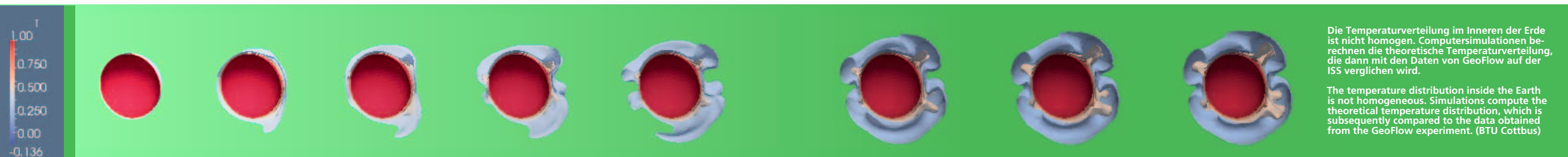


Das GeoFlow-Team der BTU Cottbus ist sieben Tage die Woche rund um die Uhr im Einsatz, um die einkommenden Daten zu sichten. Sechs Mitarbeiter verarbeiten die Informationen im Schichtbetrieb, die 20 Sekunden nach dem Aufzeichnen auf der Raumstation dem Team zur Verfügung stehen. Während GeoFlow II haben die Wissenschaftler bislang ein Datenvolumen von 113 Gigabyte erhalten.

The GeoFlow team of BTU Cottbus works all day long, seven days a week to screen incoming data. Working in shifts, six staff members process the information, which is available 20 seconds after being recorded at the International Space Station. During the GeoFlow II experiment, the scientists received a data volume of 113 gigabytes (BTU Cottbus)

Doch auch wenn GeoFlow II im September beendet werden sollte, ist das Projekt damit möglicherweise noch lange nicht zu Ende: Dem Physical Science Review Board der ESA wurde im April dieses Jahres ein erster Vorschlag für GeoFlow III vorgelegt. Mit diesem modifizierten Nachfolgeexperiment planen die Mitglieder des GeoFlow-Teams nunmehr, das Erdinnere zu verlassen und stattdessen die Strömungen in der Erdatmosphäre zu untersuchen: Das Experiment könnte so dabei helfen, unser Wetter langfristig besser zu verstehen.

Even if GeoFlow II should be terminated in September, the project itself may be far from being over: in April of this year, a tentative proposal for GeoFlow III was submitted to ESA's Physical Science Review Board. In this modified follow-up experiment, the members of the GeoFlow team are now planning to leave the interior of the Earth and study the flows in its atmosphere instead. The experiment might in the long run assist us in improving our understanding of the weather.





Die Piloten steuerten den Airbus ZERO-G diesmal auch auf Parabelflugbahnen mit Beschleunigungen, wie sie auf dem Mond (0,16 G) und auf dem Mars (0,38 G) herrschen.

This time, the pilots flew the Airbus ZERO-G on parabolic trajectories at accelerations that prevail on the Moon (0.16 G) and on Mars (0.38 G). (ESA)

Parabelflüge

Minutenlang leicht wie auf Mond und Mars

Von Dr. Ulrike Friedrich

Als der Airbus A300 Zero-G am 7., 8. und 9. Juni 2011 vom Flughafen Bordeaux-Mérignac aus abflog, startete die erste kooperative europäische Parabelflugkampagne, die sich ausschließlich stark reduzierter Schwerkraft widmete. Europäische Wissenschaftler forschten unter den Schwerkraftbedingungen des Mars und des Mondes, ohne dabei unseren Heimatplaneten zu verlassen. Das DLR, die Europäische Weltraumorganisation ESA und die Raumfahrt-Organisation Frankreichs, das Centre National d’Etudes Spatiales (CNES) haben diese „Joint European Partial-G Parabolic Flight Campaign“ (JEPPF) organisiert. Dergleichen hat es in Europa zuvor noch nie gegeben. Die drei Raumfahrtorganisationen werden auch zukünftig eng zusammenarbeiten, um den Forschern diese Fluggelegenheit anzubieten.

Parabolic Flights

Feeling as Light as on Mars or the Moon

By Dr Ulrike Friedrich

Three take-offs of the Zero-G Airbus A300 from Bordeaux-Mérignac Airport on June 7, 8, and 9, 2011 marked the beginning of the first cooperative European parabolic flight campaign dedicated exclusively to studying the effects of very low gravity. European scientists conducted their research under the gravity conditions prevailing on Mars and the Moon without leaving our home planet. Organised jointly by the DLR, the European Space Agency (ESA), and the French space organisation Centre National d’Etudes Spatiales (CNES), this ‘Joint European Partial-G Parabolic Flight Campaign’ (JEPPF) has seen no parallel in the history of Europe. The three space agencies will continue cooperating closely, and offering similar flight opportunities to scientists.



Seit 1999 veranstaltet das DLR regelmäßig Parabelflüge mit dem Airbus A300 ZERO-G der französischen Firma Novespace. Über 270 Experimente wurden bisher durchgeführt, wobei der Schwerpunkt auf der Forschung in Schwerelosigkeit lag. Viele Wissenschaftler möchten jedoch auch unter Bedingungen forschen, die zwischen Schwerelosigkeit und der normalen Erdschwerkraft liegen. Deshalb wurden Flugzeug und Piloten dafür zertifiziert und qualifiziert, auch Parabeln mit Beschleunigungen wie sie auf dem Mond (0,16 G) und auf dem Mars (0,38 G) herrschen, zu fliegen. Eine „Mondparabel“ bietet die entsprechende Beschleunigung für 25 Sekunden, eine „Marsparabel“ für 35 Sekunden.

Wissenschaftler, die bei „partiellen G“ forschen wollen, stellen die unterschiedlichsten Fragen: Das Leben auf der Erde ist über Jahrmillionen unter dem Einfluss der Erdschwerkraft entstanden. Wie reagieren Zellen, Tiere, Pflanzen und der menschliche Körper auf verschiedene Schwerkraftbedingungen unterhalb des Wertes der normalen Erdschwerkraft? Welches ist die geringste Beschleunigung, die noch wahrgenommen wird? Wie regulieren Organismen diese ungewohnte Umgebungsbedingung? Was muss ich tun, um die Arbeitsfähigkeit und Gesundheit von Astronauten zu erhalten? Kann ich Erkenntnisse hieraus auch für die Therapie kranker Menschen einsetzen? Alle chemischen und physikalischen Prozesse auf der Erde laufen unter normaler Erdschwerkraft ab. Manche Analysen werden dadurch von der Schwerkraft überdeckt, maskiert oder gestört. Was kann man entdecken, wenn man die Schwerkraftwirkung verringert oder ausschließt? Wir senden Raumfahrzeuge zu Monden und anderen Planeten. Die Sonden müssen auch bei unterschiedlichen Schwerkraftbedingungen verlässlich funktionieren. Dies kann auf partial-G-Parabelflügen getestet werden. Bei der ersten partial-G-Kampagne wurden an jedem der drei Flugtage zwölf Parabeln bei Mond- beziehungsweise Mars-G und sechs Schwerelosigkeitsparabeln geflogen. Forscherteams aus ganz Europa führten 13 Experimente aus Biologie, Humanphysiologie, Physik und Technologie durch.

Videotraining in Schwerelosigkeit

Für einen längeren Aufenthalt im Weltraum, zum Beispiel auch zukünftige Reisen zu Mond oder Mars, müssen die Astronauten bestmöglich vorbereitet werden. Besonders wichtig für eine erfolgreiche Arbeit an Bord des Raumfahrzeugs ist, dass Astronauten ihre Bewegungen richtig koordinieren können. Ob Training mit einer Spielkonsole dabei helfen kann, wird ein Experiment von Forschern der Universität Freiburg zeigen. Bewährt sich das Training mit Spielkonsolen, sollen sie auf der Internationalen Raumstation eingesetzt werden.

Strapazen für das menschliche Herzkreislaufsystem

Wird ein Mensch schwerelos, so verlagert sich sehr schnell ein halber Liter Blut von den Beinen in Richtung Oberkörper – mit direkten Auswirkungen auf das Herzkreislaufsystem. Um mehr über diese Phänomene im Inneren des Körper zu erfahren, ließen Wissenschaftler der Universität Witten/Herdecke Versuchspersonen während Mars-, Mond- und 0G-Parabeln aus der Hocke in den Stand wechseln. Dabei überprüften die Forscher unter anderem den Blutfluss im Körper. Die Ergebnisse werden

Autor: **Dr. Ulrike Friedrich** bringt Wissenschaftler mit ihren Experimenten in die Schwerelosigkeit: Sie leitet das Parabelflug-Programm des DLR seit 1999. Sie veranstaltet jährlich zwei Parabelflug-Kampagnen zur Durchführung von jeweils zwölf bis 22 Experimenten.

Author: **Dr Ulrike Friedrich** lifts scientists and their experiments into the realm of microgravity. She has been supervising DLR’s parabolic flight programme since 1999, organising two parabolic flight campaigns per year carrying 12 to 22 experiments each.

Since 1999, DLR has been organising regular parabolic flights on the Zero-G Airbus A300 owned by the French Novespace company. In the more than 270 experiments run so far, the focus has been on research in microgravity. However, there are many scientists who would like to research under conditions somewhere between microgravity and normal Earth gravity. This is why both the aircraft and its pilots have been qualified and certified to fly parabolas at accelerations of 0.16 and 0.38 G, i.e. approximately 1/6 and 1/3 of the Earth’s gravity. These accelerations are exactly those that prevail on the Moon (0.16 G) and on Mars (0.38 G). A ‘Lunar parabola’ offers these conditions for 25 and a ‘Martian parabola’ for 35 seconds.

The questions posed by scientists wishing to research under partial-G conditions vary widely: on Earth, life evolved over millions of years under the influence of terrestrial gravity. How do cells, animals, plants, and the human body respond to various levels of gravity below Earth-normal? What is the lowest acceleration that can still be felt? How do organisms respond to such unusual



Training mit einer Videokonsole kann für die Gleichgewichtskontrolle unter reduzierter Schwerkraft hilfreich sein.

Training with a video game console can be helpful for balance control under reduced gravity conditions. (ESA)

environmental conditions? What needs to be done to maintain the astronauts’ health and fitness for work? Can any of the related discoveries be used in treating sick people? On Earth, all chemical and physical processes operate under normal terrestrial gravity which covers, masks, or otherwise interferes with certain analyses. What can be discovered by reducing or eliminating the effects of gravity? The spacecraft we are sending to moons and other planets must function reliably even under varying gravity conditions. Partial-G flights offer opportunities to test our equipment. In the first partial-G campaign, twelve parabolas at Lunar and/or Martian gravity and six zero-gravity parabolas were flown on each of the three flight days. Teams of researchers from all over Europe conducted 13 experiments in biology, human physiology, physics, and technology.

Video training in microgravity

Astronauts have to be prepared as thoroughly as possible for any prolonged stay in outer space, including future journeys to the Moon or Mars – a difficult undertaking because the human body reacts quite different to varying microgravity conditions. An exper-

dazu beitragen, Phänomene der Orthostase besser zu verstehen und Astronauten für künftige Langzeitmissionen besser medizinisch vorzubereiten. Auch die Behandlung bettlägeriger Patienten und alter Menschen könnte hierdurch optimiert werden.

Tückischer Marsstaub

Auf dem Mars herrschen extreme Bedingungen: Mächtige Stürme mit Geschwindigkeiten von bis zu 30 Metern pro Sekunde sorgen für extreme Temperaturschwankungen. Sie umgeben den gesamten Planeten innerhalb von kurzer Zeit mit einer Staubschicht, die den Mars vom Sonnenlicht abschirmt. Ein solcher Staubsturm legte im Sommer 2007 die Energieversorgung der beiden US-Marsrover Spirit und Opportunity lahm, so dass eine Erkundungsfahrt von Opportunity in den Victoria-Krater um mehrere Monate verschoben werden musste. Forscher der Universität Duisburg-Essen untersuchten speziell die durch Licht verursachte Stauberosion, um grundlegende Informationen zur Entstehung und zum Verhalten von Stäuben auf (proto-)planetaren Körpern zu erhalten.

Wärmetransport bei Gasblasen

Beim Blasensieden werden sehr hohe Wärmeströme auf kleinstem Raum bei sehr geringen Temperaturdifferenzen übertragen. Dies spielt zum Beispiel in Kraftwerken, in industriellen Fertigungsprozessen, aber auch beim Betrieb von Kühlschränken eine wichtige Rolle. Zukünftig soll Blasensieden auch zur Kühlung von Hochleistungselektronik eingesetzt werden – zum Beispiel als Komponentenkühlung in Raumfahrtzeugen. Forscher der Technischen Universität Darmstadt beobachteten den Einfluss verschiedener Beschleunigungen auf den Siedeprozess, und prüften Teile der Versuchsanlage, die später auf der Internationalen Raumstation eingesetzt werden sollen.

Fließverhalten auf Mond und Mars

Das Erstarren eines Systems aus vielen Einzelteilchen ist uns aus dem Alltag bestens bekannt: Ein Stau entsteht beispielsweise, weil die Dichte der Verkehrsteilnehmer zu hoch für flüssiges Fahren wird. Ein sehr ähnliches Phänomen gibt der modernen Physik Rätsel auf: Wie kann eine Ansammlung aus vielen Einzelteilchen zunächst immer langsamer und dann völlig fest werden? Viele Beispiele wie Schäume, Pasten, Gele und Emulsionen, Gläser und granulare Materie fallen in diese Kategorie. Granulare Systeme,

iment run by researchers from Freiburg University is designed to show whether training with a video game console can be helpful in this context. While the Zero-G Airbus is flying Martian and Lunar parabolas, subjects have to perform various movements at the game console without losing their equilibrium. Should this kind of training prove effective, game consoles will be employed on the International Space Station.

Severe strain on the human cardiovascular system

When people become weightless, half a litre of blood rushes from their legs to the upper part of the body – with immediate effect on the cardiovascular system. To learn more about such physical phenomena, subjects had to change from a crouching to an upright position during Martian, Lunar, and zero-G parabolas while researchers from the University of Witten/Herdecke measured the flow of blood in their bodies. The results of this test will help to improve our understanding of orthostatic phenomena as well as our medical preparations for astronauts in long-term missions. Furthermore, it is expected that the knowledge gained from the experiments may be used to treat bedridden patients and old people.

Insidious Martian dust

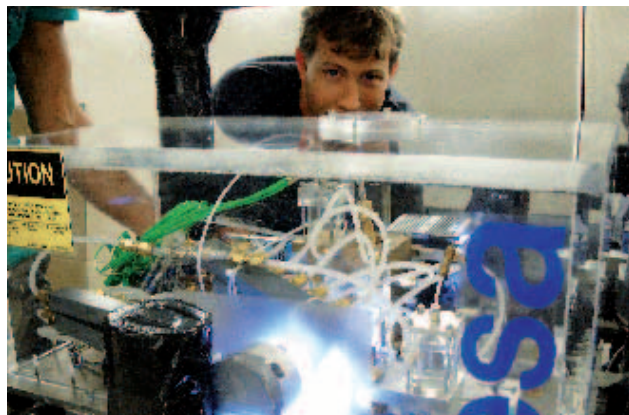
Extreme conditions prevail on Mars. Enormous storms raging at velocities of up to 30 metres per second cause temperatures to fluctuate between extremes: They rapidly surround the entire planet with a layer of dust, hiding it from the light of the Sun. In the summer of 2007, the power supply systems of the two US Mars rovers, Spirit and Opportunity, were incapacitated by just such a dust storm, forcing Opportunity to delay its exploration of the Victoria Crater by several months. Researchers from Duisburg-Essen University specifically investigate the erosion of dust that is caused by light, their objective being to obtain fundamental insights into the origin and behaviour of dust, particularly in so-called protoplanetary bodies.

Heat transfer by gas bubbles

Nucleate boiling involves the transfer of very large amounts of heat in a very small space at very low temperature differences. The process plays an important role not only in, for example, power plants and industrial production processes but also in the operation of refrigerators. In the future, nucleate boiling will be used to cool high-powered electronic components – in spacecraft, for example. Researchers from the University of Applied Sciences at Darmstadt University observed the extent to which the boiling process is influenced by changes in gravity and checked components and parts of the experimental rig that are destined for use on the International Space Station later on.

Welchen Einfluss üben verschiedene Beschleunigungen auf den Siedeprozess aus? Diese Versuchsanlage soll diese Frage lösen und später auf der Internationalen Raumstation zum Einsatz kommen.

How do changes in gravity influence the boiling process? The question is to be answered by this experimental device destined for use on the International Space Station. (ESA)



Gelungene Kooperation: die Projektmanager Vladimir Pletser (ESA) mit Sébastien Rouquette (CNES) und Ulrike Friedrich (DLR) (v. l.)

Successful cooperation: Project managers Vladimir Pletser (ESA), Sébastien Rouquette (CNES) and Ulrike Friedrich (DLR) (l.-r.) (ESA)

die durch Druck zusammengehalten werden, zeigen einen scharfen Übergang vom festen zum flüssigkeitsähnlichen Verhalten. Forscher des DLR-Instituts für Materialphysik im Weltraum untersuchen den Vorgang, wenn dieser Druck beispielsweise durch Vibration kleiner wird oder ganz verschwindet. Wichtig sind ihre Ergebnisse für die Ermittlung der Eigenschaften und die Steuerung der Fließfähigkeit von Granulaten auf Mond und Mars.

Anpassung von Pflanzen an ihre Umgebung

Pflanzen sind fest an ihren Standort gebunden. Geänderten Umweltbedingungen wie Trockenheit, Hitze, Kälte oder Fressfeinden können sie nicht ausweichen. Wollen sie überleben, müssen sie sich an die gegebenen Bedingungen anpassen, mögliche Gefahren schnell erkennen und Abwehrmechanismen starten. Wichtige Botenstoffe im hochkomplexen Signernetzwerk der im Experiment verwendeten Ackerschmalwand (Arabidopsis thaliana) sind unter anderen Kalziumionen. Wissenschaftler der Universität Tübingen untersuchten, wie Pflanzenzellkulturen auf verschiedene Beschleunigungen mit veränderter Ionenkonzentration im Zellinneren reagieren und ob sie in der Lage sind, sich daran anzupassen.

Pläne für die Zukunft

Forschung unter Weltraumbedingungen bedeutet nicht nur, dass in Schwerelosigkeit geforscht wird. Es gibt auch auf der Erde viele Methoden, um diese Forschungsprojekte solide vorzubereiten und zu begleiten. Menschen, Tiere und Pflanzen werden in Zentrifugen untersucht, die Schwerelosigkeit für Tiere, Pflanzen und Zellen mit Klinostaten simuliert. Humanphysiologische Forschung findet auch bei Bettruhe-, Kopftieflage und im Wasserbecken statt. Mehrere physikalische und biologische Wissenschaftler nutzen den Bremer Fallturm oder bringen zum Beispiel Metalltropfen durch elektromagnetische Levitation zum Schweben. Um genau definierte Teilbeschleunigungen von 1G zur Verfügung zu haben, brauchen Wissenschaftler partial-G-Parabelflüge. Die drei Raumfahrtorganisationen DLR, CNES und ESA werden auch zukünftig eng zusammenarbeiten, um den Forschern diese Flug Gelegenheit anzubieten.

Flow behaviour on Mars and the Moon

From our daily experience, we are all familiar with the solidification of systems consisting of many individual particles: traffic jams, for example, develop whenever the number of road users grows too large for smooth driving. Physicists are puzzled by a very similar phenomenon: how can an agglomeration of many simple particles grow increasingly viscous at first and finally become entirely solid? Foams, pastes, gels, emulsions, glass and granular materials fall in this category. Granular systems held together by pressure display a sharp transition between solid and quasi-liquid behaviour. Researchers of the DLR Institute of Materials Physics in Space observe the diminishing or disappearing of the pressure as a result of vibration. Their findings will be of importance for determining the properties and controlling the flow characteristics of granulates on Mars and the Moon.

Plants adjust to their environment

Plants are firmly tied to the place where they grow. They cannot evade changes in their environment, such as drought, heat, cold, or predators. To survive, they have to adjust to the conditions currently prevailing, identify potential threats quickly, and initiate defence mechanisms by, for example, strengthening the walls of their cells or producing poisonous substances. Calcium ions are among the important messenger substances in the highly complex signalling network of the mouse-ear cress (Arabidopsis thaliana) that was used in this experiment. Scientists from Tübingen University studied the manner in which the concentration of ions changes in cultured plant cells in response to gravity fluctuations, and whether the cells are capable of adjusting to them.

Plans for the future

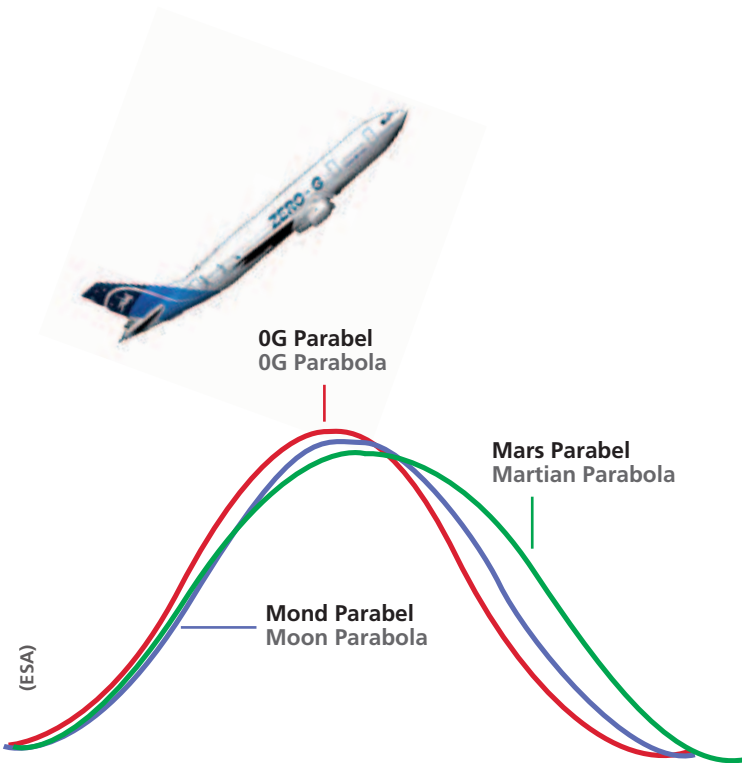
Research under space conditions not only implies scientists actually working in microgravity. Much of the support and preparation work is done on Earth, using a variety of methods. People, animals, and plants are subjected to centrifuge tests, and clinostats simulate microgravity for animals, plants, and cells. Human physiology is studied on subjects resting supine, in a head-down position, or in water basins. A number of physicists and biologists use the Bremen drop tower, or they make metal drops float by electromagnetic levitation. In the future, too, scientists will need partial-G parabolic flights because they offer them precisely defined fractions of 1G. The three space organisations, DLR, CNES, and ESA, will continue working closely together to provide researchers with such flight opportunities.

Ein besonderes Erlebnis?

Wie erleben wir Mars- und Mond-Parabeln? Während der 35 Sekunden langen Marsparabel wiegt der Mensch etwas mehr als ein Drittel seines normalen Körpergewichts: Dadurch können Liegestützen leichter und Sprünge ohne Anstrengung absolviert werden – nicht wirklich spektakulär. Das ist bei Mondparabeln schon anders. Hier wiegt man nur noch etwa ein Sechstel des Normalgewichtes. Dieses Gefühl verleitet zum Springen, zum Loopingdrehen und zu einarmigen Liegestützen. Das wirklich große Erlebnis sind die Schwerelosigkeitsparabeln, die das unvergessliche Gefühl des dreidimensionalen Schwebens – der unendlichen Leichtigkeit – bieten.

A great experience?

How do we experience Martian and Lunar parabolas? During the 35 seconds of a Martian parabola, the human body weighs somewhat more than one third of our normal weight. This means that you can do push-ups more easily and jump without great effort – not really special. Lunar parabolas are a different matter, however, for your weight is down to about one sixth of the normal level. This tempts you to jump, turn somersaults, and do push-ups with only one hand. It is the zero-gravity parabolas that offer the really big thrill, the unforgettable feeling of floating in three dimensions, of enjoying infinite lightness.



Frequenzmanagement

Internationaler Einsatz für große Bandbreiten

Von Dietmar Kubat und Dr.rer.nat Ralf Ewald

Satelliten erleichtern das Leben auf unserem Heimatplaneten: Mit ihrer Hilfe navigieren wir metergenau, erstellen dreidimensionale Höhenmodelle, surfen künftig noch schneller im Internet oder können Menschenleben nach Umweltkatastrophen retten. Doch dieses schöne, einfachere Leben wäre ohne eine sichere und störungsfreie Datenübermittlung nicht möglich. Im Informationszeitalter wächst die Bedeutung der Ressource Frequenz ständig. Neue Technologien ermöglichen immer höhere Datenübertragungsgeschwindigkeiten und erfordern dafür ein größeres Frequenzspektrum. Für das Bereitstellen der notwendigen Ressourcen sorgt das Frequenzmanagement im DLR Raumfahrtmanagement.

Frequency Management

International commitment for More Bandwidth

By Dietmar Kubat and Dr Ralf Ewald

Satellites make life on our home planet easier. They help us navigate to an accuracy of a few metres, generate three-dimensional elevation models, surf the Internet even faster, or, at some point, save human lives after an environmental disaster. Yet this happy, more simple life would be impossible without a secure transmission of data that is free of interference. In our information age radio spectrum has become a resource of increasing importance. New technologies permit data to be transmitted at ever greater speed, requiring ever wider frequency bands. The frequency management office of the DLR Space Administration is responsible for making this resource available for scientific satellite missions.

Die DLR-Antenne in Neustrelitz sichert den Datenempfang, die Prozessierung und die Zwischenarchivierung für Nutzlastdaten der Missionen ERS-2, IRS-1C/D, IRS-P3, Landsat-7, CHAMP, GRACE, BIRD, Envisat und TerraSAR.

The DLR antenna, based in Neustrelitz, handles the reception, processing and interim archiving of payload data for the ERS-2, IRS-1C/D, IRS-P3, Landsat-7, CHAMP, GRACE, BIRD, Envisat, and TerraSAR missions. (Koch)



Autoren: **Dr. Ralf Ewald** arbeitet in der Abteilung Satellitenkommunikation des DLR Raumfahrtmanagements. Sein Schwerpunkt liegt in der Frequenzkoordination. Weiterhin ist er nationaler Koordinator der deutschen Delegation bei der WRC-12. **Dietmar Kubat** ist der Nationale Frequenzkoordinator des DLR Raumfahrtmanagements. Weiterhin koordiniert er die Frequenzaktivitäten im F & E Bereich des DLR. In der Abteilung Satellitenkommunikation liegt ein besonderer Schwerpunkt auf geostationäre Satellitensysteme.

Authors: **Dr Ralf Ewald** works at DLR's Satellite Communication department, focusing on frequency coordination. He also acts as national coordinator of the German delegation at WRC-12. **Dietmar Kubat** works for the DLR Space Administration as the national frequency coordinator. Furthermore he coordinates frequencies for DLR's own R&D activities. His special field in the Satellite Communication department is geostationary satellite systems.

Die Aufgabe der Frequenzmanager klingt trivialer als sie eigentlich ist: Die einfache Formel „Je höher die Frequenz, desto höher die Datenübertragungsraten“ stellt die Techniker vor eine große Herausforderung: So beanspruchen die Breitbanddienste des Mobilfunks und der Satellitenfunkdienste immer größere Bereiche dieses Spektrums für sich. Auch kann der Bedarf neuer, hochauflösender Sensoren unter anderem für die Erdbeobachtung, nicht mit dem bisher vorgesehenen Frequenzspektrum befriedigt werden. Der neue X-Band-Radarsensor des geplanten deutschen Satelliten TerraSAR-X2 – Nachfolger von TerraSAR-X – benötigt für die deutlich höhere Auflösung eine um 600 Megahertz größere Bandbreite als bisher.

Initiative der Raumfahrtagenturen

Um größere Bandbreiten zu erreichen, setzt sich das DLR in internationalen Gremien für eine nationenübergreifende Erweiterung des Frequenzbereiches ein. In San Francisco tagte vom 7. bis zum 15. Juni 2011 die Space Frequency Coordination Group (SFCG). Seit 31 Jahren besteht dieser weltweite Zusammenschluss der nationalen Raumfahrtagenturen, in dessen Rahmen einmal jährlich die Frequenzbelange für die Weltraumforschung, die Erdbeobachtung und die Meteorologie diskutiert werden. Innerhalb der SFCG stimmen die Raumfahrtagenturen regelmäßig ihre laufenden und zukünftigen Satellitenmissionen hinsichtlich der konkreten Frequenznutzungen untereinander ab. Dadurch sinkt die Wahrscheinlichkeit einer „gegenseitigen“ Störung im Betrieb erheblich.

Bei der diesjährigen SFCG brachte die deutsche Seite ein Diskussionspapier zur Erweiterung des X-Bandes für aktive Sensoren des Erdbeobachtungsdienstes ein. Es sollen Randbedingungen geschaffen werden, mit denen zukünftig Radarsensoren in Satellitensystemen eine wetterunabhängige Bildaufnahme der Erdoberfläche mit einer Auflösung von weniger als 50 Zentimeter betrieben werden können – eine bessere Auflösung als Google Earth, das nicht mit Satelliten- sondern mit Flugzeugaufnahmen arbeitet. Das DLR unterstützte zudem einen Antrag der europäischen Raumfahrtorganisation ESA für eine Studienphase. Hier sollen ein Frequenzspektrum in 7 Gigahertz im X-Band (gegebenenfalls in 23 Gigahertz im Ka-Band) in Aufwärtsrichtung (uplink) als Pendant zum bereits verfügbaren Frequenzspektrum für Datenlinks für Erdbeobachtungsdaten in 8 Gigahertz im X-Band (beziehungsweise 26 Gigahertz im Ka-Band) in Abwärtsrichtung (downlink) untersucht werden soll.

That said, the job of the frequency managers is less trivial than it sounds. The simple formula, 'the higher the frequency, the higher the data transfer rates' poses a major challenge to engineers: Mobile telephony broadband and satellite communication services are occupying increasing parts of the spectrum. To add to the problem, new high-resolution sensors used, among other things, in Earth observation, demand more frequency than they are entitled to under the present allocation regime. Owing to its vastly enhanced resolution, the new X-band radar sensor developed for the projected German satellite TerraSAR-X2, the successor-to-be of TerraSAR-X, will require an additional 600 megahertz in bandwidth.

Space agency initiative

In order to make this amount of bandwidth available, the German Space Administration is arguing the case for an international frequency band expansion. The Space Frequency Coordination Group (SFCG) held a meeting in San Francisco on June 7 to 15, 2011. For the last 31 years, this worldwide network of national space agencies has been meeting once a year to discuss the radio frequency requirements of space research, Earth observation and meteorological studies. Within SFCG, space agencies regularly coordinate their current and upcoming satellite missions with regard to their respective frequency needs. This significantly reduces the risk of mutual interference with each other's operations.

At this year's SFCG meeting, the German delegation presented a position paper proposing an extension of allocations in the X-band for the active sensors used by Earth observation services. The paper recommends creating conditions under which future radar sensors can be operated from satellite systems to make weather-independent images of the Earth's surface at a resolution of less than 50 centimetres. This resolution is, in fact, better than that of Google Earth, a service that uses aerial, not satellite images. Also, DLR endorsed a motion tabled by the European Space Agency (ESA) calling for a study period to investigate the option of making available an uplink frequency of 7 gigahertz in the X-band (and, possibly, 23 gigahertz in the Ka-band), as a supplement to the 8 gigahertz in the X-band (respective 26 gigahertz in the Ka-band) already available for downlink data traffic.

Internationale Unterstützung

Auch in den Gremien des Radiokommunikationssektors der Internationalen Telekommunikationsunion (ITU-R) wird die deutsche Seite für eine Erweiterung des Frequenzbereiches plädieren. Dort werden administrative Regeln und technische Studien erarbeitet, die international eine effiziente und störungsfreie Nutzung des Frequenzspektrums sichern sollen. Dies bedeutet, dass neue Bandbreiten für zukünftige Missionen und Projekte erschlossen werden sollen sowie weitere bereits für den Betrieb zugewiesene Frequenzbereiche zu erhalten sind. Störungsfrei heißt in einem Umfeld, in dem die Zahl der Frequenznutzer und die Auslastung bestimmter Frequenzbereiche stetig höher werden, den Störpegel anderer Funkdienste auf die eigenen Dienste so weit wie möglich zu beschränken.

Alle vier Jahre treffen sich diese Experten zur World Radiocommunication Conference (WRC), auf der die unterschiedlichsten Frequenzbelange der ITU-R Gremien erörtert und Beschlüsse gefasst werden. So wird die deutsche Seite auf der WRC-12-Konferenz, die vom 23. Januar bis 17. Februar 2012 in Genf tagt, unter dem Arbeitstitel „EESS+600 MHz“ einen Antrag bei der ITU-R einbringen. Dieser Antrag soll ermöglichen, dass administrative Regeln und technische Studien zur Erweiterung des bestehenden Frequenzspektrums um 9 Gigahertz in der

International support

To extend the allocation of frequency spectrum will also be one of Germany's proposals to the radio communications committees of the International Telecommunications Union (ITU-R). These committees prepare regulatory decisions and carry out technical studies that ensure an efficient international utilisation of frequency bands interference-free, both by opening up a new frequency spectrum for future missions and projects and by protecting frequency bands already designated for specific operations. In an environment where the number of frequency users and the exploitation of specific frequency ranges are continuously increasing, the term 'interference-free' means a state in which interference levels of adjacent radio services on one's own service are kept to a minimum.

Experts meet every four years at the World Radiocommunication Conference (WRC) to discuss and adopt resolutions on any frequency-related issues raised by the ITU-R committees. At the forthcoming WRC-12 Conference to be held in Geneva on January 23 until February 17, the German delegation will support an initiative under the working title 'EESS+600 MHz'. The purpose of this proposal is to arrange for a study period lasting until WRC-16, to allow time for preliminary regulatory and technical deliberations related to the proposed extension of the existing 9-gigahertz frequency. Based on these studies, administrations can then make a final decision on the

die Frequenzbereiche, in denen die wissenschaftlichen Dienste vertreten sind, hauptsächlich durch die Raumfahrtagenturen genutzt werden, kann auf Treffen wie der SFCG viel Vorarbeit geleistet werden.

Die Frequenzmanager des DLR haben aus diesem Grund Arbeitspapiere in die SFCG eingebracht, um bald startende Missionen wie zum Beispiel TET-1 mit den Raumfahrtagenturen NASA, JAXA, CNES, Roskosmos, et cetera zu synchronisieren. Zukünftige Missionen wie Heinrich Hertz und DEOS wurden vorgestellt, um so im Vorfeld die Abstimmung untereinander zu erleichtern. Diese Zusammenarbeit zwischen den Raumfahrtagenturen ermöglicht schnelle Lösungen. So konnte in diesem Jahr eine ad-hoc Anfrage der NASA bezüglich einer Funkübertragung für eine Außenkamera beim letzten Space Shuttle-Start von den Agenturen sofort koordiniert werden.

Consequently, DLR's frequency managers have submitted a number of working documents to the SFCG. Their purpose is to make the necessary arrangements for oncoming missions such as TET-1 with other space agencies like NASA, JAXA, CNES, Roskosmos, et cetera. Missions planned for the future, such as Heinrich Hertz and DEOS, were also announced so as to facilitate coordination at a later stage. Good cooperation between space agencies makes quick coordination solutions possible. This year, for instance, agencies were able to agree on an instant solution following an ad-hoc request by NASA concerning a radio downlink for one of the space shuttle's external cameras on its last launch.

Einige aktuelle Aufgaben des Frequenzmanagements

Some current frequency management tasks



Studienphase bis zur WRC-16-Konferenz erarbeitet werden, auf deren Grundlage die Verwaltungen in 2016 über die Erweiterung endgültig entscheiden. Als Basis dient der neue Radarsensor für TerraSAR-X2.

Frequenzen schützen – Missionen sichern

Das DLR Frequenzmanagement setzt sich aber nicht nur für mehr Bandbreite ein. Es koordiniert bei DLR-eigenen Missionen und Wissenschaftsdiensten den störungsfreien Betrieb. Im Unterschied zur Sicherung des Frequenzspektrums – beispielsweise für den zukünftigen Radarsensor zur Erdbeobachtung – schützen die Vereinbarung und Koordinierung der Frequenznutzungen den Betrieb festgelegter Frequenzen und Bandbreiten für DLR Missionen wie zum Beispiel TET-1. Solche koordinierten Frequenznutzungen genießen durch den Eintrag in das internationale Frequenzregister bei der ITU-R ein Schutzrecht gegenüber anderen Funkdiensten. Diese Koordinierung muss international angemeldet und frühzeitig mit den anderen Nutzern des betroffenen Frequenzbereiches abgestimmt werden, um mögliche Schwierigkeiten im Vorfeld auszuräumen. Da

extension of allocations in 2016. Studies are to be based upon the new TerraSAR-X2 radio sensor.

To protect frequencies is to protect missions

Pushing for greater bandwidth is not the only thing the DLR frequency management office is working on. It also coordinates missions and scientific services by preparing international agreements. Unlike securing an entire frequency spectrum, e.g., for future Earth observation sensors, the purpose of agreements is to protect the operation of specific frequencies and bandwidths reserved for DLR missions, such as TET-1. In such a case, individual parties coordinate their frequency utilisation free of mutual interference. Once an agreement is in place and formally entered into the Master International Frequency Register kept by ITU-R, it is regarded as protected against other radio services like a property right. Coordination agreements are subject to international registration and require a timely consensus with other users of the frequency range concerned in order to eliminate any potential source of irritation in advance. Given that the frequencies for scientific purposes are those mainly used by the space agencies, much of the preparatory work can be done at meetings of the SFCG.

Zukünftige Aufgaben des Frequenzmanagements

Future frequency management tasks



Internationale Telekommunikationsunion

Der Internationalen Telekommunikationsunion ITU gehören als Teil der UN 192 nationale Verwaltungen als Stimmrechtigte und 700 Organisationen als Interessensvertreter an. So wurde im Jahre 1903 auf der ersten, damals noch „International Radiotelegraph Conference“ genannten WRC in Berlin das SOS-Notsignal festgelegt. WRC-Beschlüsse werden in nationales Recht umgesetzt. Die nationalen Verwaltungen organisieren sich weltweit in fünf regionale Gruppen. So umfasst die European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (kurz CEPT) 48 europäischen Verwaltungen und stellt damit ein Viertel der Mitgliedsstaaten der ITU-R. Daneben existieren Interessensgemeinschaften für spezifische Anliegen, z. B. International Civil Aviation Organisation bzw. die SFCG, die die nationalen Verwaltungen in ihren Entscheidungen unterstützen. Das Frequenzmanagement des DLR RFM ist in den relevanten ITU-R Gremien vertreten und nimmt regelmäßig an den WRCs als Delegationsmitglied der deutschen Verwaltung - Bundeswirtschaftsministerium; Bundesnetzagentur - teil.

International Telecommunications Union

The International Telecommunications Union, ITU, is now a UN agency whose membership consists of 192 national administrations, all of which have voting rights, as well as 700 stakeholder organisations. It was in Berlin in the year 1903 at the first conference of what was then called 'International Radiotelegraph Conference', that 'SOS' was adopted as the universal radio distress signal. WRC resolutions are transposed into national legislation. Worldwide, national delegations are organised in five regional groups. One of them is the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (or, for short, CEPT). It comprises 48 European governments, thus making up a quarter of all ITU-R member states. In addition, there are a number of special interest groups such as the International Civil Aviation Organisation and SFCG, who assist national administrations with their decisions. DLR's frequency management office (DLR RFM) is represented in all relevant ITU-R bodies and regularly attends WRCs as a member of the German government's delegation along with representatives from the Ministry of Economics and Technology and the Federal Network Agency.

EEE-Bauteile

Kleine Teile – große Wirkung

Von Guido Joormann und Dr. Andreas K. Jain

Sie sind klein, maßgeschneidert und unersetzbar – EEE-Bauteile. EEE steht für elektrisch, elektronisch und elektromechanisch. Ohne diese winzigen Bestandteile könnte kein Raumfahrzeug unsere Erde verlassen, die Internationale Raumstation ISS würde nicht um die Erde kreisen und Neil Armstrong hätte den Mond nie betreten. Die Anforderungen, die an diese Bauteile gestellt werden, sind allerdings sehr hoch: Sie müssen zuverlässig sein, eine hohe Lebensdauer aufweisen, extreme Temperaturschwankungen und hohe Strahlungsdosen aushalten. 60 Prozent dieser Bauteile wird allerdings in den USA hergestellt und unterliegt den strengen Exportbestimmungen des US-Außenministeriums. Das nationale Technologieentwicklungs- und Qualifikationsprogramm für EEE-Bauteile des DLR soll deutschen Firmen helfen, Hightech-Bauteile zu entwickeln, herzustellen, zu qualifizieren und den Markt für ihre Produkte zu öffnen.

EEE Components

Small Parts – Great Effects

By Guido Joormann and Dr Andreas K. Jain

They are small, they are custom-made, and they are irreplaceable – EEE components. EEE stands for electrical, electronic and electromechanical. Without these minute parts, no spacecraft would be able to leave our Earth, the International Space Station would not be in orbit, and Neil Armstrong would never have set foot on the Moon. The requirements which these components have to meet are stringent indeed: they must be reliable, have a long life, and be capable of withstanding extreme temperature fluctuations and high radiation doses. 60 per cent of these components are made in the USA and subject to the strict export regulations of the US Department of State. DLR's national technology development and qualification programme for EEE components is designed to assist German companies in developing and manufacturing high-tech components and opening markets for their products.

Drei Millimeter breit und fünf Millimeter lang: Mehrere EEE-Bauteile sind in etwa so groß wie ein Daumennagel.

Three millimetres wide and five millimetres long: a few EEE components are as small as a thumbnail.



Autoren: **Dr. Andreas K. Jain** leitet die Abteilung Normung und EEE-Bauteile des DLR und führt im Auftrag des DLR-Raumfahrtmanagements das deutschen Technologieentwicklungs- und Qualifikationsprogramm für EEE-Bauteile durch. **Guido Joormann** arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Normung und EEE-Bauteile. Er ist mit der Durchführung, Überwachung und Aufrechterhaltung von Qualifikationen deutscher Bauteilhersteller betraut und vertritt das DLR Raumfahrtmanagement in den Arbeitsgruppen und Gremien der ESCC.

Authors: **Dr Andreas K. Jain** heads DLR's Standardisation and EEE Parts Division. Acting on behalf of the DLR Space Administration, he is responsible for the German Technology Development and Qualification Programme for EEE Parts. **Guido Joormann** works as a scientific assistant at the Standardisation and EEE Parts Division. He is responsible for the implementation, supervision and maintenance of the qualification of German EEE component manufacturers and represents the DLR Space Administration in the working groups and boards of the ESCC.

Während ihres gesamten Einsatzes sind die winzigen EEE-Bauteile extremen Situationen ausgesetzt: starken Vibrationen während des Starts, erhöhter Strahlung und massiven Temperaturschwankungen im Orbit. Da im Weltall Reparaturen kaum durchführbar sind, ist eine hohe Zuverlässigkeit und Lebensdauer gefordert. Raumfahrt stellt aus diesen Gründen besondere Anforderungen an die Qualität von EEE-Bauteilen. Ihre Historie muss über die gesamte Lieferkette im Herstellungsprozess lückenlos zurückverfolgbar sein, um im Fehlerfall mögliche Ursachen ermitteln und in Zukunft gleichartige Pannen vermeiden zu können. Fehler werden in einem weltweiten Alarmsystem aufgeführt. Teuere Systemausfälle sollen so der Vergangenheit angehören.

Kostspielige Kleinteile

Fehlervermeidung vergrößert den Aufwand einer Qualifikation von EEE-Bauteilen und nimmt großen Einfluss auf die Gesamtkosten eines Raumfahrtsystems: Bis zu 30 Prozent der Hardwarekosten kann deren Anteil betragen. Für den Satelliten Meteosat Second Generation 4 (MSG 4) liegt er sogar bei 37 Prozent. Laut einer Marktanalyse des Herstellers TESAT müssten beim Bau des MSG 4-Satelliten von einem Gesamtvolumen von 135 Millionen Euro rund 24,2 Millionen Euro für Bauteile ausgegeben werden. In den Satelliten Herschel-Planck stecken EEE-Produkte im Wert von insgesamt 35 Millionen Euro. Für die ExoMars-Mission geht die Prognose von 20 Millionen Euro aus. Auch in den europäischen Raumtransportern ATV sind viele kleine Bauteile verbaut: Alleine 38.551 Transistoren wurden für die ersten vier Flugmodelle beschafft, was anzahlmäßig 1,77 Prozent aller Bauteile ausmacht und mit mehr als zwei Millionen Euro 7,3 Prozent der gesamten Bauteilkosten entspricht. In den Raumtransportern sind spezielle Transistoren verbaut, die bis zu 300 US-Dollar pro Stück kosten. Alleine für den Transporter ATV-1 lieferte TESAT im Zeitraum 2000 bis 2006 EEE-Bauteile im Wert von insgesamt 9,3 Millionen Euro. Im Galileo-Programm müssten laut der Marktanalyse 87 Millionen Euro für 28 Navigationssatelliten (3,1 Millionen Euro pro Satellit) ausgegeben werden. Der Start einer Ariane 5 fällt mit einem EEE-Bauteilvolumen von 1,5 Millionen Euro dagegen verhältnismäßig günstig aus. Dies liegt laut der Analyse daran, dass bei Ariane 5 keine Solarzellen und kein Thermalsystem verwendet werden und aufgrund der kurzen Betriebslaufzeit ein anderes Qualitätsniveau mit geringeren Anforderungen zugrunde liegt.

During their entire active life, these minute EEE components are exposed to extreme conditions: intense vibrations during take-off; increased radiation levels and massive temperature fluctuations in orbit. As it is hardly possible to repair anything in space, high reliability and a long service life are of the essence. This is why the use of EEE components is subject to particular requirements. Their production history must be traceable without a single break along the entire supply chain so that the potential causes of any defect can be identified and similar breakdowns avoided in the future. Such defects are documented in a global alarm system so that costly system failures may soon become a thing of the past.

Small but expensive

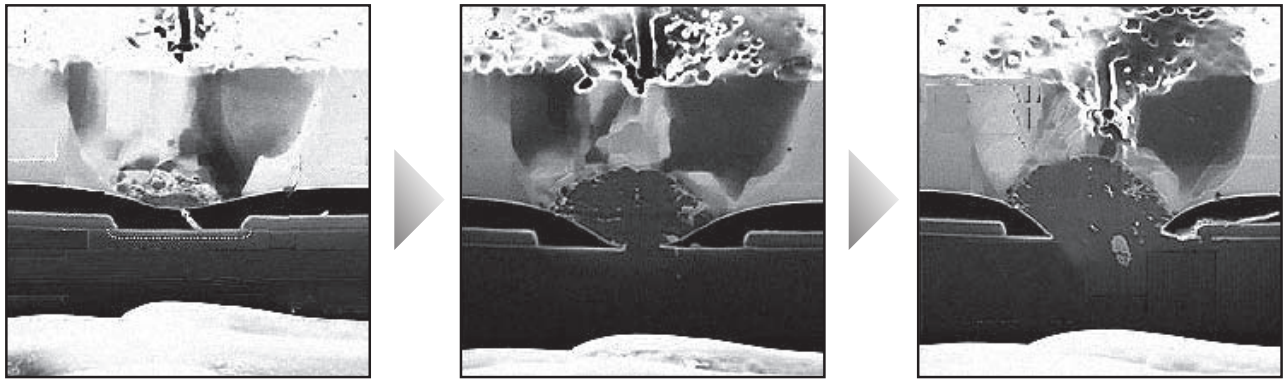
Defect avoidance increases the expense of qualifying EEE components, and therefore greatly influences the cost of space systems. In fact, it may account for up to 30 per cent of the hardware cost. In the Meteosat Second Generation 4 (MSG4) satellite its share is as high as 37 per cent. In a market analysis, the manufacturer TESAT estimated the total expense of building the MSG 4 satellite at 135 million euros, with components accounting for approx 24.2 million. The Herschel-Planck satellites contain EEE products worth 35 million euros in total. For the ExoMars Mission, 20 million euros are forecast. The European ATVs (Automated Transfer Vehicles) similarly contain a large number of small components: no fewer than 38,551 transistors were procured for the first four flying ATVs, accounting for 1.77 per cent of the total number of components and, at more than 2 million euros, for 7.3 per cent of the sum spent on components. Some of the transistors integrated in the ATVs are special variants that cost up to 300 US dollars apiece. For ATV-1 alone, TESAT supplied EEE components worth a total of 9.3 million euros in the period from 2000 to 2006. According to the aforementioned market analysis, 87 million euros will have to be spent on the 28 navigation satellites of the Galileo programme (3.1 million euros per satellite). By comparison, the 1.5 million euro bill for the EEE components involved in an Ariane 5 launch is relatively modest. The reason for this, the analysis says, is that Ariane 5 features neither solar cells nor a thermal system, and that the components are made to less stringent quality standards and requirements because of their brief overall transmission time.

Nur wenige europäische Betriebe sind in der Lage, die spezifischen, raumfahrttauglichen Bauteile im Rahmen der strengen Qualitätsanforderungen zu produzieren. Das führt zu einem Herstellermonopol, das die Liefersituation dominiert: Circa 60 Prozent der ITAR-relevanten Bauteile (International Trade in Arms Regulation) produzieren US-amerikanische Firmen. Ein Großteil der Produkte unterliegt den dortigen ITAR-Exportbeschränkungen. Dadurch entstehen für die europäische Raumfahrtindustrie große Hemmnisse in Sachen fristgerechte Verfügbarkeit und Performance.

Europa ergreift die Initiative

Die europäischen Raumfahrtagenturen, die Anwender von Bauteilen aus der europäischen Raumfahrtindustrie sowie die EEE-Hersteller haben dieses Problem erkannt und 2002 die European Space Components Coordination (ESCC) gegründet. Ziel dieses Verbandes ist die gemeinsame Standardisierung von Anforderungen an EEE-Raumfahrtbauteile, die Evaluation neuer Technologien sowie die Harmonisierung von allgemeinen Qualifikationsprogrammen. Die allgemeine Qualifikation bietet im Gegensatz zur projektspezifischen Qualifikation Kostenvorteile, da sie verschiedene Anforderungen einer Vielzahl von Projekten berücksichtigt. Dadurch entsteht zwar zunächst ein erhöhter Aufwand, der sich aber durch eine gute Verfügbarkeit, größere Stückzahlen und eine höhere Zuverlässigkeit bezahlt macht. So sinken die Beschaffungskosten in den einzelnen Projekten. Aus diesem Grund werden nationale und europäische Programme zur Bauteilequalifikation erstellt und aufeinander abgestimmt. Die gemeinsamen Maßnahmen umfassen alle relevanten Bauteilgruppen (Widerstände und Thermistoren, Sicherungen, Spulen, Kondensatoren, Kabel, Steckverbinder, Relais und Schalter, Quarze und SAW-Komponenten, passive Bauteile, diskrete Halbleiter, integrierte Schaltungen und optoelektronische Bauteile) und beschreiben die Anforderungen für die Qualifikation, die Beschaffung und Freigabe von EEE-Bauteilen.

Die europäischen Raumfahrtagenturen stimmen außerdem die verschiedenen nationalen Technologieentwicklungs- und Qualifikationsprogramme aufeinander ab. Parallelentwicklungen und Konkurrenzsituationen lassen sich so vermeiden und alle Ressourcen optimal nutzen. In der sogenannten European Preferred Parts List (EPPL) werden diese Bauteile gelistet und stehen den Entwicklern zur Auswahl von geeigneten Bauteilen für Ihr Schaltungsdesign zur Verfügung.



CoolMos-Technologie, die nicht strahlungsgehärtet ist, übersteht kosmische Strahlung nicht. Die Bildserie zeigt ein SEE Fehler von nicht strahlungsresistenter Infineon CoolMos-Technologie.

CoolMos technology which is non radiation hardened will not endure cosmic radiation. The pictures show an SEE failure of Infineon non radiation hardened CoolMos technology. (Infineon)

Only few European companies are capable of producing specific spaceworthy components under strict quality requirements. Consequently, the supply situation comes close to a manufacturing monopoly: approx. 60 per cent of all components are made by American companies, which means that a large proportion of these products are subject to export restrictions imposed by the International Trade in Arms Regulation (ITAR), leaving the European space industry confronted with great obstacles in terms of performance and availability on schedule.

Europe seizes the initiative

Having recognised this problem, the European space agencies, component users from the European space industry, and EEE manufacturers joined together in 2002 to establish an association called ESCC, or European Space Components Coordination. Its aim is to standardise requirements applying to EEE space components, evaluate new technologies, and harmonise general qualification programmes. Compared to project-specific qualification, general qualification is more cost-effective because it addresses requirements from a multitude of projects. The additional effort involved is offset by good availability, larger production volumes, and greater reliability, all of which helps to reduce the cost of procurement for individual projects. This is why national and European component qualification programmes are being developed and harmonised. Common regulations cover all relevant component categories (resistors, thermistors, fuses, coils, capacitors, cables, plug-and-socket connectors, relays, switches, quartz crystals, SAW and passive components, discrete semiconductors, integrated circuits, and optoelectronic components) and lay down the requirements applying to the qualification, procurement, and release of EEE components.

In addition, the European space agencies are harmonising their respective national technology development and qualification programmes. In this way, parallel developments and competition may be avoided, and all resources may be exploited optimally. The so-called European Preferred Parts List (EPPL) provides developers with a tool for selecting suitable components.

Laufende Vorhaben des DLR	
Eine vollständige Liste inklusive der abgeschlossenen Vorhaben und Kurzbeschreibungen ist der DLR-Webseite zu entnehmen	
• Evaluation und Qualifikation von Quarzen und Oszillatoren	2004 - 2011
• Evaluation und Qualifikation von HF-Steckverbindern	2005 - 2011
• Evaluation und Qualifikation eines Assembly- und Testhauses	2006 - 2011
• Entwicklung eines GaN-1000V-Schalttransistors	2007 - 2011
• Evaluation und Qualifikation eines MMIC-Lokaloszillators	2007 - 2011
• Evaluation und Qualifikation von Dioden und HF-Transistoren	2008 - 2011
• Evaluation des UMS-PPH15x-Prozesses	2008 - 2011
• Evaluation und Qualifikation der Infineon PowerMOSFETs	2009 - 2011
• Tauglichkeitsuntersuchung einer kommerziellen ASIC-Technologie bezüglich der Einsetzbarkeit für Raumfahrtanwendungen mit anschließendem ESCC Capability Approval	2011 - 2013
• Evaluation und Qualifikation von HF-Zirkulatoren / Isolatoren	2011 - 2013
• Prozess-Zertifizierung einer vorhandenen LTCC-Technologie zur Fertigung hochintegrierter, hybrider Mikrowellenmodule (RF-SiP) für die Raumfahrtanwendung	2011 - 2014
• Evaluation des SG13-Prozesses	2011 - 2014
• Entwicklung, Evaluation und Qualifikation von SiC Hochvolt-Dioden	2011 - NN

2004 wurde die European Components Initiative (ECI) der ESA ins Leben gerufen, um die Abhängigkeit von den USA bei der Bauteilebeschaffung zu verringern, die Wettbewerbsposition der europäischen Industrie zu verbessern und ungenutzte Potenziale in der Beschaffung im europäischen Raum zu erschließen. Bisher wurden mehr als 40 Millionen Euro für dieses Programm aufgewendet, wobei der überwiegende Teil von den nationalen Raumfahrtagenturen in Form verschiedener Technologieentwicklungs- und Qualifikationsvorhaben beigesteuert wurde. Durch diese Aktivitäten konnte eine Trendwende in der Bauteilliefersituation erreicht werden: Der US-Importanteil von EEE-Raumfahrtbauteilen ging in den letzten fünf Jahren von 70 auf 60 Prozent zurück.

Nationale Aktivitäten

Das DLR will diesen Trend fortsetzen und führt mit der deutschen Raumfahrtindustrie regelmäßige Anwenderkonferenzen durch, um den nationalen Bedarf an EEE-Raumfahrtbauteilen festzustellen. Auf dieser Basis wird innerhalb eines Fünfjahreszeitraums ein nationales Technologieentwicklungs- und Qualifikationsprogramm erstellt, das laufend aktualisiert sowie mit den europäischen Programmen abgestimmt wird.

Wenn ein deutscher Hersteller verfügbar ist, wird eine Bauteileentwicklung und/oder -qualifikation durch das DLR eingeleitet und durch Audits und Betreuung begleitet und unterstützt. Bei Bestehen der umfangreichen sowie anspruchsvollen Evaluations- und Qualifikationstests wird durch das DLR das ESCC-Zertifikat erteilt, das regelmäßig erneuert werden muss. Qualifizierte Bauteile werden dann in die Qualified Parts List (QPL) aufgenommen. Das DLR erstellt im europäischen Verband Spezifikationen und nimmt eine Vorreiterrolle ein, um neue Markttrends aufzugreifen.

Doch die Zusammenarbeit beschränkt sich nicht auf Europa: Kooperationen mit Raumfahrtagenturen wie zum Beispiel Japan und China sollen die Verfügbarkeit von EEE-Bauteilen weiter erhöhen und nationalen Bauteileherstellern neue Absatzmärkte erschließen.

Aktuelle EEE-Vorhaben des DLR

Um mehr Effektivität und die engere Zusammenarbeit mit der deutschen Raumfahrtindustrie zu erreichen, hat sich das DLR für eine Kooperation mit der Firma TESAT entschieden. Die Aufgabenteilung sieht vor, dass TESAT vor allem für die technische Betreuung der Qualifikationen und die Kontakte zu Herstellern und Anwendern verantwortlich ist, während das DLR die exekutive Funktion im ESCC und den Kontakt zur europäischen Raumfahrtorganisation ESA wahrnimmt.

Current DLR projects	
A complete list including brief descriptions and completed projects may be found on the DLR website	
• Evaluation and Qualification of Quartz Crystals and Oscillators	2004 - 2011
• Evaluation and Qualification of HF Connectors	2005 - 2011
• Evaluation and Qualification of an Assembly- and Test House	2006 - 2011
• Development of a GaN 1000V Switching Transistor	2007 - 2011
• Evaluation and Qualification of an MMIC Local Oscillator	2007 - 2011
• Evaluation and Qualification of Diodes and HF Transistors	2008 - 2011
• Evaluation of the UMS PPH15x Process	2008 - 2011
• Evaluation and Qualification of RadHard Infineon PowerMOSFETs	2009 - 2011
• Suitability Examination of a Commercial ASIC Technology regarding the Usability for Space Application including a subsequent ESCC Capability Approval	2011 - 2013
• Evaluation and Qualification of HF Circulators/Isolators	2011 - 2013
• Process certification of an existing LTCC Technology to manufacture high-integrated, Hybrid Microwave Modules (RF-SiP) for Space Application	2011 - 2014
• Evaluation of the SG13 Process	2011 - 2014
• Development, Evaluation and Qualification of SiC High Voltage Diodes	2011 - NN

In 2004, ESA set up its European Components Initiative (ECI) in order to reduce the dependency from the US market in component procurement, improve the competitiveness of the European industry, and develop hitherto unused procurement potentials in the European region. So far, more than 40 billion euros have been spent on this programme, with national space agencies contributing the lion's share through various technology development and qualification projects. These activities have turned the tide in the component supply situation: in the last five years, the share of US imports in the sale of EEE space components declined from 70 to 60 per cent.

National activities

Intending to foster this trend, DLR regularly organises user conferences together with the German space industry in order to determine the national demand for EEE space components. On that basis, a national technology development and qualification programme will be developed over the next five years which is constantly updated and harmonised with European programmes.

Where a German manufacturer is available, DLR will initiate a component development and/or qualification process and support it by providing advice and performing audits. Once a component has passed the extensive and demanding evaluation and qualification tests, a certificate will be issued which must be renewed regularly. Components once qualified will be included in the Qualified Parts List (QPL). Within the European network, DLR participates in developing specifications and plays a pioneering role in exploring new market trends.

However, cooperation is not limited to Europe alone. By collaborating with the Japanese and Chinese space agencies, for example, it is intended to improve the availability of EEE components and open up new markets for national component manufacturers.

DLR's current EEE projects

To achieve greater efficiency and closer collaboration with the German space industry, DLR has decided to cooperate with a company called TESAT. Among the duties assigned, TESAT will be mainly responsible for the technical implementation of qualifications and for contacts with manufacturers and users, while DLR will be in charge of executive functions under the ESCC as well as contacts with the European Space Agency (ESA).

50 Jahre bemannte Raumfahrt –
50 Jahre UNCOPUOS

50 years of crewed space flight –
50 years of UNCOPUOS
(UN)

50 the anniversary of the
United Nations Committee on
the Peaceful Uses of Outer Space

50 the anniversary of
Human Space Flight



UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS

UNCOPUOS

50 Jahre Einsatz für friedliche Raumfahrt

Von Dr. Annette Froehlich

Mit seinem Flug in der russischen Raumkapsel Wostok 1 hatte der Kosmonaut Yuri Gagarin vor 50 Jahren – genauer gesagt am 12. April – die Welt umrundet. Die Geburtsstunde der bemannten Raumfahrt war angebrochen. Ebenfalls vor 50 Jahren nahm der Ausschuss der Vereinten Nationen für die friedliche Nutzung des Weltalls – kurz UNCOPUOS (United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space) – seine Arbeit auf. Beide Ereignisse haben die Vereinten Nationen vom 1. bis zum 10. Juni 2011 in Wien mit einem Festakt gefeiert.

UNCOPUOS

50 Years of Commitment in Peaceful Space Exploration

By Dr Annette Froehlich

It was 50 years ago – on April 12, to be more precise – that cosmonaut Yuri Gagarin circled around the planet Earth in the Soviet space capsule Vostok 1, marking the birth of human space flight. It was 50 years ago, too, that the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS) was established. The United Nations celebrated both events at the commemorative opening ceremony of a UNCOPUOS conference held in Vienna from June 1 to 10, 2011.



Autor: **Dr. Annette Froehlich** ist Ansprechpartnerin im DLR für Vereinte Nationen und internationale beziehungsweise multinationale Organisationen und vertritt das DLR bei UN-Gremien als Repräsentantin der deutschen Delegation. Author: **Dr. Annette Froehlich** is responsible for maintaining contact between DLR and the United Nations as well as other international or multinational organisations. She represents DLR in the UN committees as a member of the German delegation.

Weltraumforschung und -technologie soll der gesamten Menschheit dienen – dieser Maxime folgt UNCOPUOS und übertrug dieses Leitprinzip in die „Declaration on the Fiftieth Anniversary of Human Space Flight and the Fiftieth Anniversary of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space“. Die Annahme dieser Deklaration durch die Mitgliedsstaaten bildete den Mittelpunkt des Festaktes in Wien.

Weitere Highlights waren eine Videobotschaft von UN-Generalsekretär Ban Ki-Moon und eine Live-Schaltung zur Internationalen Raumstation (ISS). Anschließend tagte eine Fachkonferenz zur Erkundung des Weltraums. ESA-Generaldirektor Jean-Jacques Dordain vertrat hier die europäischen Weltraumnationen. Den Mittagsempfang richtete der Ständige Vertreter der Bundesrepublik Deutschland bei den Vereinten Nationen in Wien, Botschafter Rüdiger Lüdeking, gemeinsam mit dem DLR aus. „Deutschland hat diese Entwicklung durch strategische Partnerschaften im In- und Ausland gefördert. Wir setzen sowohl auf eine starke Industrie als auch auf intensive Forschung. Erfolgsfaktor Nummer eins ist und bleibt der Mensch mit seinen Fähigkeiten, seiner Kreativität und seinem Enthusiasmus. Dies gilt es zu stärken“, betonte Dr. Gerd Gruppe, Vorstand des DLR zuständig für das Raumfahrtmanagement. Um die Faszination Raumfahrt einem breiten Publikum zugänglich zu machen, eröffnete der erste Weltraumspaziergänger Alexey Leonov eine Ausstellung zum Thema „50 Jahre bemannte Raumfahrt“. Auf dem deutschen Stand in der Ausstellungshalle wurden die Erdbeobachtungsmission TanDEM-X und die geplante Deutsche Orbitale Servicing Mission (DEOS) zur Reparatur oder Entsorgung defekter Satelliten vorgestellt.



UN Generalsekretär Ban Ki-moon richtete am Eröffnungstag eine Botschaft an die COPUOS-Teilnehmer.

UN Secretary General Ban Ki-moon offered a special message to the COPUOS participants at the opening day.
(UN)

Als Sputnik die Welt umkreiste...

Kurz nach dem erfolgreichen Start des Sputnik-Satelliten im Jahr 1958 wurde das UNCOPUOS-Komitee von der Generalsversammlung der Vereinten Nationen als ad hoc Committee on the Peaceful Uses of Outer Space mit damals 18 Mitgliedsstaaten eingerichtet. Im darauffolgenden Jahr wurde UNCOPUOS bereits als ständiges Komitee eingesetzt, das dann 1961 seine Tätigkeit aufnahm. Mit 70 Mitgliedern ist UNCOPUOS einer der größten Ausschüsse innerhalb der UN. Neben den Mitgliedsstaaten haben eine Vielzahl an internationalen Organisationen Beobachterstatus.

Space science and technology should serve all humankind. This is the maxim that UNCOPUOS has been following, and which it made the key message of its 'Declaration on the Fiftieth Anniversary of Human Space Flight and the Fiftieth Anniversary of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space'. The adoption of this Declaration by member states formed the main agenda item of the Vienna opening event.

Further highlights included a video message from UN Secretary General Ban Ki-Moon and a special link-up with the International Space Station (ISS). Afterwards, delegates entered expert consultations on the exploration of outer space, at which the European space nations were represented by ESA director Jean-Jacques Dordain. The lunch reception was hosted jointly by the permanent representative of the Federal Republic of Germany at the United Nations in Vienna, ambassador Rüdiger Lüdeking, and DLR. In his speech, Dr Gerd Gruppe, member of the DLR Executive Board and Head of Space Administration, emphasised that 'Germany has supported this development through strategic partnerships at home and abroad. We rely on the power of our industry and the intensity of our research. As ever, people, their skills, their creativity, and their enthusiasm are the number one factor of success, a factor which must be strengthened.' To introduce a wider public to the fascination of space travel, Alexei Leonov, the first man to take a spacewalk, opened an exhibition entitled '50 Years of Human Space Flight'. The German stand in the exhibition hall presented the TanDEM-X Earth observation mission and the planned German orbital servicing mission (DEOS) aimed at repairing or disposing of defective satellites.



Am Eröffnungstag wurde eine Live-Schaltung zur aktuellen Crew der Internationalen Raumstation ISS eingerichtet.

At the opening day, a live connection to the current crew of the International Space Station ISS was realised.
(UN)

When Sputnik circled around the world...

UNCOPUOS was established by the United Nations General Assembly as an ad-hoc committee on the peaceful uses of outer space with a membership of 18 nations, shortly after the successful launch of the Sputnik satellite in 1958. The very next year, UNCOPUOS became a standing committee, beginning its work in 1961. With a membership of 70 states, UNCOPUOS is one of the biggest committees within the UN. Next to its member states, the committee includes observers from a multitude of international organisations.



1



2

1 DLR Vorstandsmitglied Dr. Gerd Gruppe (links) traf während der COPUOS-Veranstaltung mit dem Direktor der europäischen Weltraumorganisation ESA, Jean-Jacques Dordain, zusammen.

At the COPUOS meeting, DLR Executive Board Member Dr Gerd Gruppe met with ESA's Director General, Jean-Jacques Dordain. (ESA)

2 Der Ständige Vertreter der Bundesrepublik Deutschland bei den Vereinten Nationen in Wien, Botschafter Rüdiger Lüdeking (links), im Gespräch mit dem ersten Weltraumspaziergänger, Alexey Leonov, vor dem DLR-Stand

Germany's ambassador to the United Nations in Vienna, Rüdiger Lüdeking, in a conversation with the first spacewalker, Aleksei Leonov, in front of the DLR exhibition stand.

Das UN-Weltraumkomitee mit dem politisch ausgerichteten Hauptausschuss sowie dem wissenschaftlich-technischen und dem Rechtsunterausschuss als ständige Einrichtungen tritt dreimal pro Jahr zu seiner Sitzungsperiode zusammen. Im Rechtsunterausschuss wurden verschiedene internationale Übereinkommen erarbeitet:

- der Weltraumvertrag von 1967, dem mittlerweile 100 Staaten angehören und der die Grundsätze der Weltraumaktivitäten von Staaten regelt,
- das Weltraumrettungsübereinkommen (1968) zur Gewährung von Hilfe an in Not geratene Raumfahrer und zur Rückgabe von in den Weltraum gestarteten Objekten,
- das Weltraumhaftungsübereinkommen (1972) zur Sicherstellung angemessenen Schadensersatzes nach Schäden, die durch Weltraumobjekte verursacht wurden,
- das Weltraumregistrierungsübereinkommen (1975) zur Erleichterung der Identifizierung von in den Weltraum gestarteten Objekten
- der Mondvertrag (1979) mit speziellen Regelungen über die Nutzung des Mondes und der eventuellen Ausbeutung seiner Bodenschätze, den jedoch bislang nur 13 Staaten ratifiziert haben.

Der wissenschaftlich-technische Unterausschuss befasst sich unter anderem mit nuklearen Antriebsressourcen, erdnahen Objekten oder seit dem letzten Jahr mit der nachhaltigen Nutzung des Weltalls. Auch das Vermeiden von Weltraumschrott ist Thema dieses Unterausschusses: Die „Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space“ wurden in einer Resolution (62/217) von der UN Generalversammlung als Richtlinien auf freiwilliger Basis bestätigt und vom DLR Raumfahrtmanagement durch Projektanforderungen der Qualitätssicherung umgesetzt.

Alle Gremien arbeiten konsensorientiert, was sich unmittelbar auf ihre Geschwindigkeit und ihre Flexibilität im Beschlussprozess auswirkt. Das Konsensprinzip garantiert, dass die Mehrheit der Entwicklungsländer unter den UNCOPUOS-Mitgliedsstaaten die Minderheit der Staaten, die bislang im Weltraum aktiv sind, nicht überstimmen kann, führt aber auch zu langwierigen Verhandlungen, wenn der politische Druck zur Einigung gering ist.

UNCOPUOS, which is in essence a political body, and its two standing subcommittees on scientific/technical and legal matters meet in session three times a year. The Legal Subcommittee has drafted a variety of international conventions:

- The 1967 Treaty on Principles Governing the Space Activities of States, which has meanwhile been joined by 100 states
- The Space Rescue Agreement of 1968, which provides for assistance for astronauts in distress and the return of objects launched into space
- The Space Liability Convention of 1972, which ensures adequate compensation for any damage caused by space objects
- The Space Registration Convention of 1975, which facilitates the identification of objects launched into space
- The Moon Agreement of 1979, which specifically regulates the use of the Moon and any future exploitation of its minerals; it has, however, only been ratified by 13 states so far.

The Scientific and Technical Subcommittee has, among other things, been studying nuclear propulsion resources, near-Earth objects and – since last year – the sustainability of space activities. Another concern it addresses is space debris: the Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space were confirmed as voluntary guidelines by the UN General Assembly in resolution 62/217 and duly implemented by DLR Space Administration in a number of project-related quality assurance requirements.

All these bodies work on the basis of consensus, which obviously affects their speed and flexibility in decision-making. The consensus principle ensures that the states currently active in space, which form a minority, cannot be outvoted by the majority of developing countries among the UNCOPUOS member states. At the same time, however, it often results in protracted negotiations where there is little political pressure to reach an agreement.

Förderung von Schwellen- und Entwicklungsländern

Eng mit UNCOPUOS arbeitet das in Wien angesiedelte Büro der Vereinten Nationen für Weltraumfragen – kurz UNOOSA (United Nations Office for Outer Space Affairs) zusammen. Es führt Register über alle in das Weltall gestarteten Objekte und unterstützt insbesondere Schwellen- und Entwicklungsländern bei der Anwendung von Raumfahrttechnologie. 2010 wurde von UNOOSA die Human Space Technology Initiative (HSTI) gestartet, um internationale Kooperationen im Bereich der bemannten Raumfahrt zu fördern.

Die Bedeutung von Raumfahrtanwendungen für die Verbesserung der weltweiten Lebensbedingungen haben die Vereinten Nationen schon sehr früh erkannt. Mindestens 25 UN Organisationen und die Weltbank wenden Raumfahrttechnologie routinemäßig an. Dabei tauschen sich diese UN Einrichtungen wie UNESCO, FAO, WHO, UNHCR im Rahmen des „Inter Agency Meeting on Outer Space Activities“ zur besseren Koordinierung ihrer raumfahrtgestützten Programme aus.

Plattform für junge Raumfahrtenthusiasten

Nachwuchs ist auch für die Vereinten Nationen ein zentrales Thema. Im Nachgang zum 3. Weltkongress zur Erforschung und friedlichen Nutzung des Weltraums – der UNISPACE III Konferenz – wurde im Juli 1999 der Space Generation Advisory Council gegründet. Weltweit sollen junge Leute für die Raumfahrt begeistert sowie ihnen eine Plattform für ihre Aktivitäten und Ideen geboten werden. Die SGAC umfasst tausende von Mitglieder in mehr als 90 Staaten und veranstaltet jährlich einen Space Generation Congress (SGC) sowie jährliche Projekte wie Yuri's Night.

Auch die International Charter on Space and Major Disasters wurde nach UNISPACE III von ESA und CNES im Jahre 2000 gegründet. Das DLR ist ihr im Jahr 2010 beigetreten und erklärte sich damit als elfte Weltraumagentur bereit, Kompetenzen und Ressourcen insbesondere im Bereich der Erdbeobachtung zur Bewältigung von Naturkatastrophen und großen Unfällen beizusteuern. Im Rahmen von UNISPACE III empfahl außerdem das Action Team on Global Navigation Satellite Systems (GNSS) die Gründung vom International Committee on GNSS (ICG), das die Nutzung von GNSS-Infrastrukturen weltweit bekannter machen soll.

In Deutschland ist das UN-Weltraumbüro durch das Programm Space Based Information for Disaster Management and Emergency Response (UNSPIDER) in Bonn vertreten, an der das DLR maßgeblichen Anteil hat. SPIDER sorgt dafür, dass alle Nationen Zugang zu weltraumbasierter Information für Katastrophenvorbereitung und -management erhalten und diese Information weiter ausbauen. Das Programm basiert auf einem Beschluss der 61. Generalversammlung der Vereinten Nationen in New York.

Promotion of emerging and developing countries

Domiciled in Vienna, the United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOSA) cooperates closely with UNCOPUOS. Besides keeping registers of all objects launched into space, it supports emerging and developing countries in the application of space technologies. In 2010, UNOSA launched the Human Space Technology Initiative (HSTI) to encourage international cooperation in the field of human space flight.

Very early on, the United Nations recognised how important space applications are for improving living conditions worldwide. At least 25 UN organisations as well as the World Bank routinely use space technologies. All these UN agencies, including UNESCO, the FAO, the WHO, and the UNHCR, regularly exchange views in inter-agency meetings on outer space activities to improve the coordination of their space-based programmes.

A platform for young space enthusiasts

Promoting the next generation is a key concern of the United Nations. The Space Generation Advisory Council was founded in July 1999 in the follow-up to the Third World Congress on the Exploration and Peaceful Utilisation of Space – also known as the UNISPACE III conference. The objective was to inspire young people with enthusiasm for space exploration and provide them with a platform for their activities and ideas. SGAC has several thousand members in more than 90 states and hosts a Space Generation Congress (SGC) and projects like Yuri's Night every year.

The International Charter on Space and Major Disasters was established by ESA and CNES in 2000, following UNISPACE III. When it joined in 2010, DLR was the eleventh space agency which undertook to contribute its skills and resources, particularly in Earth observation, to help respond to natural disasters and major accidents. In the wake of UNISPACE III, the Action Team on Global Navigation Satellite Systems (GNSS) recommended founding the International Committee on GNSS (ICG) to popularise the use of GNSS infrastructures worldwide.

In Germany, the UN Space Office is represented by the Space-Based Information for Disaster Management and Emergency Response programme (UNSPIDER) in which DLR plays a major part. SPIDER is based in Bonn and works to ensure that all nations are in a position to access, as well as contribute to, space-based information for disaster prevention and management. The programme was set up on the basis of a resolution of the 61st United Nations General Assembly in New York.

Eine Kamera an Bord des deutschen Shuttle Pallet Satellite (SPAS) machte 1983 die erste Aufnahme eines Space Shuttle im All überhaupt.

In 1983, the first-ever picture of a Space Shuttle was taken by a camera aboard the Shuttle Pallet Satellite (SPAS) (NASA)

Deutsche Raumfahrt-Missionen

Teil 5: SPAS, der weltweit erste wiederverwendbare Forschungssatellit

Von Dr. Niklas Reinke

Deutschland war beim Aufbruch ins All von Anfang an dabei und ist heute eine der großen Raumfahrt-nation. Hierfür investiert die Bundesregierung jährlich 1,2 Milliarden Euro. Deutsche Wissenschaftler und Ingenieure bringen ihre Kompetenzen in allen Bereichen der Raumfahrt ein: Deutschland ist 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. Und deutsche Ingenieure entwickeln und konstruieren modernste Trägersysteme und Weltraum-Infrastrukturen. National, europäisch und international war Deutschland bislang an über 200 Weltraum-Missionen beteiligt. Mit rund 500 Tagen im All belegt Deutschland zudem den vierten Platz in der astronautischen Raumfahrt. Diese Artikelserie stellt wegweisende historische Missionen der deutschen Raumfahrtgeschichte vor.

German Space Missions

Part 5: SPAS, the World's First Reusable Research Satellite

By Dr Niklas Reinke

In the course of the last 50 years, Germany has come to be recognised as a space nation. Its competence extends to all 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.



Autor: **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.

Author: **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.

Nach dem Ende des Apollo-Programms plante die amerikanische Weltraumbehörde NASA ihren nächsten großen Schritt, das Space Shuttle. Es sollte der erste Meilenstein für eine dauerhafte Präsenz von Menschen im Weltraum sein. Deutschland übernahm die Federführung für den größten europäischen Beitrag zu diesem neuen Programm und konstruierte das Raumlabor Spacelab. Auf 16 Flügen ermöglichte es in den 1980er und 1990er Jahren den erfolgreichen Einstieg in die wissenschaftliche Forschung von Astronauten im Weltraum. Mit ihrer Beteiligung am Space Shuttle Programm gelang es Deutschland und Europa, kontinuierlich eigene Astronauten in den Weltraum zu schicken, ohne einen eigenständigen bemannten Träger entwickelt zu haben. Dies war ein Geniestreich insbesondere der deutschen Raumfahrtpolitik.

Das Space Shuttle war jedoch nicht nur für die Forschung von Astronauten im All konzipiert worden, sondern auch dafür, Satelliten oder Forschungsplattformen in den Erdborbit zu transportieren, auszusetzen, zu warten und zurück zur Erde zu bringen. Das wiederholt einsetzbare Space Shuttle kombinierte die astronautische Raumfahrt mit dem bis dahin unbemannt mit Einweg-Raketen vorgenommenen Start von Satelliten. Was als kostengünstige Innovation konzipiert worden war, erwies sich jedoch als deutlich zu teuer und führte zur Einstellung des Shuttle Programms. Auch für die unmittelbare Weltraumforschung im Rahmen des Space Shuttle Programms leistete Deutschland einen neuen Ansatz. Von der Öffentlichkeit weitgehend unemerkt, entwickelte die deutsche Raumfahrtindustrie seit 1978 den Shuttle Pallet Satellite (SPAS). Er wurde vom Bundesministerium für Forschung und Technologie finanziert und von der Firma Messerschmidt-Bölkow-Blohm (MBB; heute EADS) realisiert.

SPAS basierte auf einer wiederverwendbaren Struktur, die in der Ladebucht des Space Shuttles integriert wurde. Auf ihr konnten unterschiedliche Experimentiervorrichtungen angebracht werden, womit er der Vorgänger der späteren europäischen Raumplattform Eureka wurde. Von der Ladebucht setzte der kanadischen Roboterarms des Shuttles SPAS aus und fing den Satelliten am Ende seiner Mission wieder ein, um ihn zurück zur Erde zu bringen.

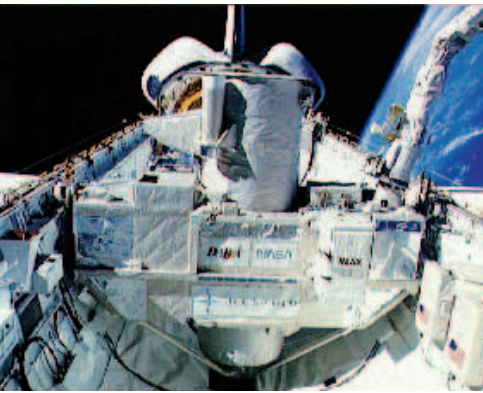
Das Konzept passte ideal in die Philosophie des neuen Shuttle Programms: Die Wiederverwendbarkeit sollte Kosten und Ressourcen sparen und Weltraummüll vermeiden. Die ersten Konfiguration SPAS-01 startete am 18. Juni 1983 an Bord der Challenger (STS-7). Bei ihrem Jungfernflug trug sie zehn Experimente zur Materialforschung und für den damals von den USA untersuchten Raketenabwehrschirm SDI. Von historischer Bedeutung ist zudem, dass SPAS-01 während seiner Mission die erste Aufnahme des Space Shuttles im Weltraum machte. Als weltweit erster wiederverwendeter und neu ausgerüsteter Satellit reiste SPAS-01 ein weiteres Mal bei der Shuttle-Mission

After the end of the Apollo programme, the American space agency, NASA, was already planning its next great undertaking – the Space Shuttle. It was to be the first milestone heralding a permanent presence of human beings in space. Germany coordinated Europe's most significant contribution to this programme and designed the space-borne laboratory Spacelab. On 16 flights in the 1980s and '90s, it served as a successful forerunner mission to initiate the era of scientific research by astronauts in outer space. Participation in the Space Shuttle programme gave the Federal Republic and Europe the opportunity to send a succession of their own astronauts into space without needing to develop a launcher of their own. This proved as a stroke of genius, owed especially to Germany's space policy.

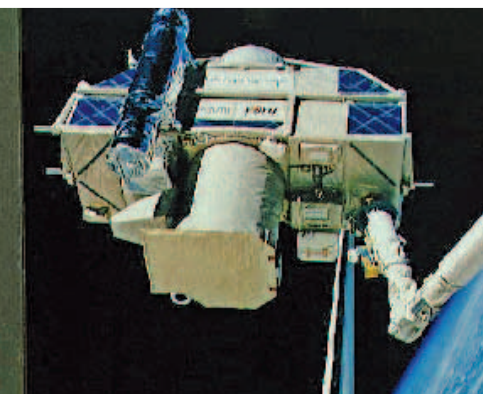
However, the Space Shuttle was designed not only to enable astronauts to do research in space but also to carry satellites or research platforms into orbit, release them, service them, and bring them back to Earth. The Space Shuttle was the first vehicle to combine human spaceflight with the transport of satellites, a job that had until then been performed by uncrewed rockets. This innovation, however, proved markedly too expensive in the long run. It was also under the Space Shuttle programme that Germany provided an innovative approach to space-based research itself. In 1978, largely unnoticed by the general public, Germany's space industry began developing the Shuttle Pallet Satellite (SPAS). It was funded by the Federal Ministry of Research and Technology (BMFT), and built by Messerschmidt-Bölkow-Blohm (MBB; today: EADS).

SPAS was based on a reusable structure that could be stowed in the cargo bay of a Space Shuttle loaded with a variety of experimental devices, which makes this reusable satellite the precursor of the European space platform, EURECA. SPAS was hauled from the cargo bay by the shuttle's Canadian-built robotic arm, released, and caught again at the end of its mission to be returned to Earth. The concept ideally agreed with the re-use philosophy of the new shuttle programme, which was to save costs and resources and at the same time avoid leaving behind more space debris.

The first configuration, SPAS-01, was launched into orbit by Challenger on June 18, 1983 (STS-7). On its maiden flight, it carried ten experiments related to materials research and to the SDI rocket defence shield studied by the USA at the time. Another item of historic importance is that on its mission, SPAS-01 took the first photograph showing the shuttle floating in space. The first satellite ever to be reused and re-equipped, SPAS-01 went into space again during shuttle mission STS-10 in February 1984. However, it had to remain clamped down in the cargo bay due to electronic problems disrupting the function of the robotic arm.



Zum Aussetzen bereit liegt ORFEUS/SPAS in der Nutzlastbox des Space Shuttle Discovery,...
Ready to release the ORFEUS/SPAS is carried in the payload box of the Space Shuttle Discovery,... (NASA)



...wird vom Remote Manipulator System (RMS) – dem Arm des Space Shuttle – ergriffen,...
...is caught by the Remote Manipulator System (RMS) arm of the Space Shuttle,... (NASA)



im Weltraum ausgelöst wurden, wie beispielsweise durch das Feuern der Bahn- und Lageregelungstriebwerke. Die erneut von MBB hergerichtete Plattform war hierfür mit einem Teleskop der Firma Kayser-Threde bestückt. Ziel der Mission war es, im Rahmen des SDI-Programms die Möglichkeiten der Entdeckung und Identifizierung von Raketenstarts auf der Erde zu untersuchen. Darüber hinaus flossen die Erfahrungen beim Bau des Infrarot-sensors aber auch in das wissenschaftliche Infrarot-Observatorium ISO der ESA ein.

STS-10 im Februar 1984, wobei er aufgrund von elektronischen Problemen des Roboterarms in der Ladebuchter verankert bleiben musste.

Während beider Missionen flog auf SPAS der ebenfalls von MBB entwickelte „Modular Optoelectronic Multispectral Stereo-Scanner“ (MOMS), die erste Version einer später für die D-2 Mission, das Priroda-Modul der russischen Weltraumstation MIR und dann erneut für das EarthMap-Programm verbesserten Weltraumkamera. Elektronisch tastete MOMS-01 mit vier Rodenstock-Objektiven die Erdoberfläche aus 250 Kilometer Höhe ab. Seine Auflösung betrug in etwa 20 Meter. MOMS setzte den Erfolg der deutschen feinmechanischen und optischen Industrie fort, mit deren Kameras und Objektiven die meisten Farbbilder und Filme aus dem Weltraum gemacht wurden: Die schwedische Hasselblad, die schon bei den Apollo-Flügen verwendet wurde, benutzte Objektive von Zeiss und die Aero-Technika 45 der Linhof-Kamerawerke in München gelangte auf Shuttle-Flügen ebenso zum Einsatz wie die Filmkamera Arriflex'35 des Münchener Betriebs Arnold & Richter, die große Luftbild-Kamera RMK 23/30 der Firma Zeiss und die Kleinbildkamera des Unternehmens Robot aus Düsseldorf.

Bei den folgenden Flügen der deutschen Palette handelte es sich 1991 zunächst um SPAS II. Auf STS-39 untersuchte es Phänomene, die durch das Space Shuttle selbst

During both missions, SPAS carried another MBB development, the Modular Opto-Electronic Multi-Spectral Stereo Scanner (MOMS). It was the first version of a space camera that was improved later on for the D-2 mission, the Priroda module of the Russian space station, MIR, and then again for the Earth-Map programme. MOMS-01 used four lenses made by Rodenstock to scan the Earth's surface electronically from an altitude of 250 kilometres. Its resolution was about 20 metres. MOMS continued the success story of Germany's precision-engineering and optical industries whose cameras and lenses were used to produce most of the colour pictures and films shot in space: the Swedish Hasselblad camera that was used by the Apollo crews was equipped with lenses made by Zeiss. Shuttle crews worked with the Aero-Technika 45 camera made by Linhof of Munich, the Arriflex'35 film camera made by Arnold & Richter of Munich, the RMK 23/30 aerial survey camera made by Zeiss, and the 35-mm camera made by Robot of Düsseldorf.

There were several more shuttle flights involving the German pallet, starting with the 1991 mission which carried SPAS II. Its job on STS-39 was to investigate phenomena that are triggered in space by the shuttle itself by, for instance, firing its flight-path and attitude control jets. For this purpose, this time MBB had equipped the platform with a telescope made by Kayser-Threde. The objective of the mission was to study ways of discovering and identifying rocket launches on Earth as part of the SDI programme. In addition, the experience gathered in building the infrared sensor was subsequently employed in the design of ESA's scientific infrared observatory, ISO.

For subsequent missions, Dornier modified the platform into what became known as Astro-SPAS. In 1993 and 1996, it flew on shuttle missions STS-51 and STS-80, carrying an Orbital and Returnable Far and Extreme Ultraviolet Spectrometer (ORFEUS) built by Kayser-Threde. Among others, the universities of Bonn and Tübingen were involved in the scientific part of these missions. SPAS supplied researchers with information about interstellar gas clouds in the vicinity of stars and about the life cycle of the stars themselves. An additional instrument called Interstellar Medium Absorption Profile Spectrograph (IMAPS) specialised in studying interstellar gas clouds in detail. During the two missions, about 400 locations in space were targeted and observed.

For another two missions, Astro-SPAS was equipped with a Cryogenic Infrared Spectrometer and Telescope for the Atmosphere (CRISTA). This infrared measuring device offered a hitherto unparalleled spatial resolution of 2.5 kilometres in the vertical and 200 by 600 kilometres in the horizontal. Another part of the payload was the Middle Atmosphere High Resolution Spectrograph Investigation (MAHRSI) experiment, an instrument for measuring radicals in the atmosphere. The objective of the 1994 (STS-66) and 1997 (STS-85) missions was to investigate dynamic phenomena in the middle atmosphere at an altitude of 20 to 80 kilometres, a range which had been inaccessible to satellite instruments until then. Among other things, CRISTA-SPAS revealed important information about the structure of the ozone layer which was mapped in its entirety for the first time during the mission of 1994.

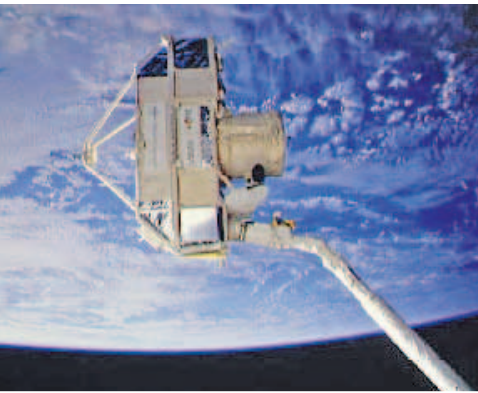
Für die späteren Einsätze wurde die Plattform von Dornier zum System Astro-SPAS modifiziert. 1993 und 1996 flog es mit dem von Kayser-Threde gebauten Orbitalen und Rückführbaren Fern- und Extrem-Ultraviolett Spektrometer (ORFEUS) auf den Shuttle-Missionen STS-51 und STS-80. Wissenschaftlich waren hier unter anderem die Universitäten Bonn und Tübingen beteiligt. SPAS lieferte den Forschern Informationen über interstellare Gaswolken in der Umgebung von Sternen und über den Lebenszyklus der Sterne selbst. Das Zusatzinstrument IMAPS (Interstellar Medium Absorptions Profil Spektrograph) war hierfür auf die detaillierte Untersuchung interstellarer Gaswolken spezialisiert. Während der beiden Missionen wurden etwa 400 Ziele im Weltraum angepeilt und beobachtet.

Für zwei weitere Einsätze wurde Astro-SPAS mit dem Cryogenen Infrarot-Spektrometer und Teleskop für die Atmosphäre (CRISTA) versehen. Dieses Infrarot-Messgerät erreichte eine bis dahin unerreichte räumlicher Auflösung von 2,5 Kilometern in vertikaler Richtung und 200 mal 600 Kilometer horizontal. Weiterhin flog das Experiment MAHRSI (Middle Atmosphere High Resolution Spectrograph Investigation), ein Instrument zur Messung von Radikalen in der Atmosphäre. Ziel der 1994 (STS-66) und 1997 (STS-85) geflogenen Missionen war die Untersuchung der dynamischen Phänomene der für Satellitenmessungen bis dahin nicht zugänglichen mittleren Erdatmosphäre in 20 bis 80 Kilometern Höhe. Mit CRISTA-SPAS konnten die beteiligten Wissenschaftler unter anderem wertvolle Erkenntnisse über die Struktur der Ozonschicht gewinnen, die ihm Rahmen der 1994 geflogenen Mission erstmals zur Gänze kartographiert worden war.

Es ist kaum verständlich, dass sich die von deutscher Seite maßgeblich entwickelte Paletten-Technologie bis heute kaum durchgesetzt hat, obgleich damals auch großes Interesse von Seiten der USA bezeugt worden war. Wiederverwendbare, mit Automation und Robotik arbeitende Forschungsplattformen im Erdorbit haben jedoch gutes Potenzial für die Ära nach der Internationalen Raumstation, da sie hoch flexibel, verhältnismäßig einfach zu betreiben und damit kosteneffizient eingesetzt werden können.

Kerndaten SPAS

Beschluss	1978 (SPAS-01)
Mission SPAS-01	18. bis 22 Juni 1983
Mission SPAS 1A	3. bis 9. Februar 1984
Mission SPAS-II	28. April bis 4. Mai 1991
Mission ORFEUS-SPAS	12. bis 19. September 1993
Mission CRISTA-SPAS	3. bis 12. November 1994
Mission ORFEUS-SPAS II	19. November bis 4. Dezember 1996
Mission CRISTA-SPAS II	7. bis 16. August 1997
Startbasis	Cape Canaveral
Träger	Space Shuttle
Masse SPAS-01	3.230 Kilogramm
Masse SPAS II	1.832 Kilogramm
Masse ORFEUS-SPAS/CRISTA-SPAS	circa 3.500 Kilogramm
Experimente SPAS-01	10
Experimente SPAS-II	unbekannt
Experimente ORFEUS-SPAS/CRISTA-SPAS	3
Kosten	circa 90 Millionen D-Mark pro Mission (deutscher Anteil)



...und im Weltraum ausgesetzt. Während der Mission wurde der Satellit wieder eingefangen und kehrte wieder zur Erde zurück.

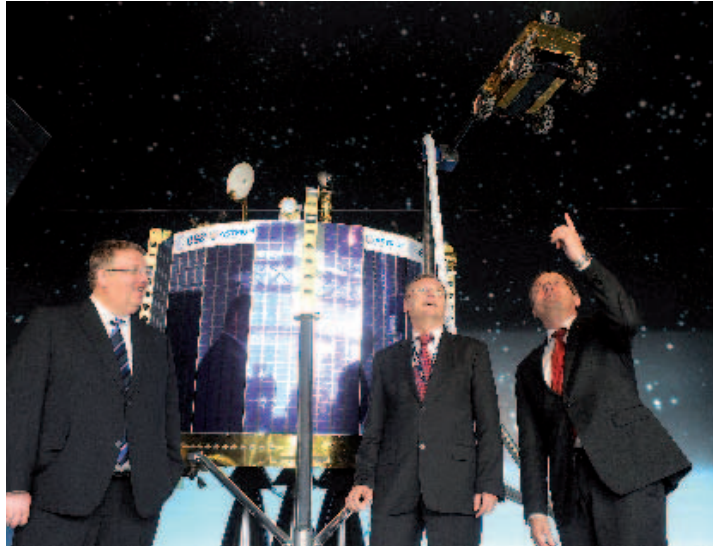
...and released in space. During this mission, the satellite has been caught and returned to Earth. (NASA)



SPAS key notes

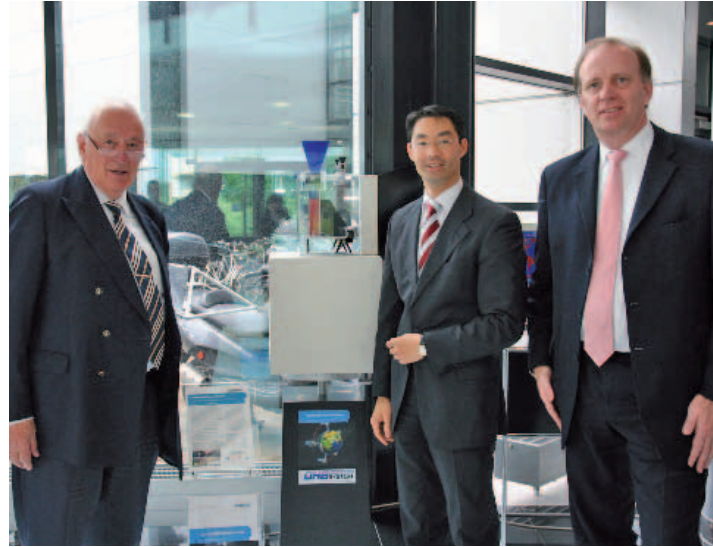
Ratification	1978 (SPAS-01)
SPAS-01 mission	June 18 to 22, 1983
SPAS-1A mission	February 3 to 9, 1984
SPAS-II mission	April 28 to May 4, 1991
ORFEUS-SPAS mission	September 12 to 19, 1993
CRISTA-SPAS mission	November 3 to 12, 1994
ORFEUS-SPAS mission	November 19 to December 4, 1996
CRISTA-SPAS II mission	August 7 to 16, 1997
Launching base	Cape Canaveral
Launcher	Space Shuttle
SPAS-01 mass	3,230 kilogrammes
SPAS II mass	1,832 kilogrammes
ORFEUS-SPAS/CRISTA-SPAS mass	approx. 3,500 kilogrammes
SPAS-01 experiments	10
SPAS-II experiments	no data
ORFEUS-SPAS/CRISTA-SPAS experiments	3
Cost	approx. 90 million D-Mark per mission (German share)

Business Launch



EADS Astrium's Senior Vice President Orbital Systems and Exploration, Dr. Michael Menking, State Secretary at the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), Jochen Homann and DLR Vorstandsvorsitzender Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner inspizieren das Lunar Lander Modell. (von links nach rechts)

EADS Astrium's Senior Vice President Orbital Systems and Exploration, Dr Michael Menking, State Secretary at the Federal Ministry of Economics and Technology, Jochen Homann, and the chairman of the DLR Executive Board, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, watch the Lunar Lander Modell. (left to right) (Ingo Wagner/EADS)



Bundeswirtschaftsminister Dr. Philipp Rösler (Bildmitte) zwischen dem Aufsichtsratsvorsitzenden der OHB-Systems AG, Prof. Manfred Fuchs (links), und dem Vorstandsvorsitzenden, Marco Fuchs, bei seinem Besuch auf dem Werksgelände in Bremen

Federal Minister of Economics and Technology, Dr Philipp Rösler (centre of the picture) between the Chairman of the Supervisory Board of the OHB-Systems AG, Prof. Manfred Fuchs (left), and the CEO, Marco Fuchs, at his visit of the factory premises in Bremen (OHB)



DLR Vorstandsmitglied, Dr. Gerd Gruppe (rechts), im Gespräch mit EADS Astrium's Senior Vice President Orbital Systeme und Exploration, Dr. Michael Menking

DLR member of the Executive Board, Dr Gerd Gruppe (right), in conversation with EADS Astrium's Senior Vice President Orbital Systems and Exploration, Dr Michael Menking (EADS)



Am 17. August 2011 besuchte der russische Ministerpräsident Wladimir Putin (rechts) den Moskauer Aerosalon MAKS. Der DLR Vorstandsvorsitzende Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner zeigte ihm den deutschen Messestand.

On August 17, 2011, the Russian Prime Minister Wladimir Putin (right) visited the Moscow Airshow MAKS. The Chairman of the DLR Executive Board, Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner, presented him the German exhibition booth.



Das DLR veranstaltete am 16. Juni 2011 ein Fest für die Mitarbeiter und Partner – das sogenannte Porzer Picknick.

On June 16, 2011, the DLR organised a celebration for the employees and partners – the so-called Porzer Picknick.

Raumfahrtkalender

TerminEreignis

2011

Jahresverlauf	Start einer Sojus mit dem deutschem Kleinsatellit TET-1 (OOV-Programm) von Baikonur (Kasachstan)
Anfang September	Start einer Ariane 5ECA mit den Satelliten Arabsat-5C und SES 2 von Kourou (Französisch-Guyana)
5.-19. September	18. DLR-Parabelflug in Bordeaux (Frankreich) und Köln mit zwei Demonstration Flights
8. September	Start der beiden NASA-Mondorbiter GRAIL mit Delta-2 von Cape Canaveral (Florida/USA)
22. September	Start Sojus 28S von Baikonur (Versorgung ISS)
23.-30. September	Start der Studenten-Ballon-Kampagne BEXUS 12/13 von Esrange (Kiruna, Nordschweden)
4.-7. Oktober	Internationaler Astronautischer Kongress (IAC) 2011 in Kapstadt (Südafrika)
20. Oktober	Erster Start einer Sojus 2-1b Fregat von Kourou mit zwei Galileo-IOV-Satelliten
26. Oktober	Start Progress 45P von Baikonur (Versorgung ISS)
30. Oktober	Start der Experimentanlage SIMBOX auf Shenzhou-8 vom Raumfahrtzentrum Jiuquan (China)
November/Dezember	Start der russischen Raumsonde Phobos-Grunt auf einer Zenit/Fregat-Rakete von Baikonur zum Marsmond Phobos mit einem Mössbauer-Spektrometer der Universität Mainz
3. November	Start der Forschungsrakete TEXUS 48 (DLR/ESA) von Esrange mit drei Experimenten, davon eines aus Deutschland
4. November	MARS-500-Abschluss, IBMP Moskau (Russland)
25. November	Start der NASA-Mission Mars Science Laboratory (MSL) von Cape Canaveral mit deutschem Strahlungsmesser RAD der Uni Kiel und des DLR Köln
30. November	Start Falcon 9 (Demo 2/3) von Cape Canaveral
30. November	Start Sojus 29S von Baikonur (Versorgung ISS)
Dezember	Start des ISS-Moduls "MLM Nauka" mit Proton von Baikonur
Dezember	Start einer Sojus 2-1a Fregat von Kourou mit dem französischen Erderkundungssatelliten Pleiades-HR 1
Dezember	Erstflug Taurus II von Wallops Island (Virgina/USA)
Ende 2011/Anfang 2012	Erststart der Trägerrakete Vega von Kourou

2012

Jahresanfang	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, erster ISS-Versorgungsflug
1. Quartal	Start des Raumfahrzeugs Shefex von Andoya Rocket Range (Norwegen)
1. Quartal	Start einer Sojus 2-1b Fregat von Kourou mit zwei Galileo IOV-Satelliten
Mitte Januar bis Mitte Februar	Erste Startkampagne WADIS (IAP) von Andoya Rocket Range mit einer Nike-Improved-Orion Höhenforschungsrakete und zwölf kleinen Loki-Datasonden
25. Januar	Start Progress 46P von Baikonur (Versorgung ISS)
Februar	Start Taurus II (COTS-Demo 1) von Wallops Island
6.-17. Februar	19. DLR-Parabelflug in Bordeaux
27. Februar – 12. März	Start der Studenten-Raketen-Kampagne REXUS 11/12 von Esrange
Frühjahr	Start der Expert-Kapsel mit einer Wolna-Rakete von einem U-Boot im Pazifik
2. Quartal	Start des Wettersatelliten METOP-B mit Sojus von Baikonur
7. März	Start des europäischen Raumtransporters ATV-3 "Edoardo Amaldi" mit Ariane 5 von Kourou
28. März	Start Sojus 30S von Baikonur (Versorgung ISS)
Mai	Start Raumtransporter HTV-3 "Kounotori-3" vom japanischen Raumfahrtzentrum Tanegashima
Sommer	Start des Wettersatteliten MSG-3 (METEOSAT-10) mit Ariane von Kourou
August	Start der 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

Space Calendar

DateEvent

2011

Course of the year	Launch of Soyuz from Baikonur (Kazakhstan); carrying the small German TET-1 satellite (OOV programme)
Early in September	Launch of Ariane 5ECA from Kourou (French-Guiana); carrying the Arabsat 5 and SES 2 satellites
September 5-19	18 th DLR Parabolic Flight Campaign in Bordeaux (France) and Cologne (Germany) with two demonstration flights
September 8	Launch of Delta-2 from Cape Canaveral (Florida/USA); carrying both NASA Moon orbiters GRAIL
September 22	Launch of Soyuz 28S from Baikonur (ISS logistics)
September 23-30	Student balloon campaign BEXUS 12/13 from Esrange (Kiruna/North of Sweden)
October 4-7	International Astronautical Congress (IAC) 2011 in Kapstadt (South Africa)
October 20	First launch of Soyuz 2-1b Fregat from Kourou; carrying two Galileo-IOV satellites
October 26	Launch of Progress 45P from Baikonur (ISS logistics)
October 30	Launch of Shenzhou-8 from spaceport Jiuquan (China); carrying the experimental probe SIMBOX
November/December	Launch of the Russian Phobos-Grunt probe with a Zenit/Fregat rocket from Baikonur; carrying the Mössbauer spectrometer of Mainz University
November 3	Launch of the sounding rocket TEXUS 48 (DLR/ESA) from Esrange; carrying three experiments, one from Germany
November 4	Completion of the MARS-500 project, IBMP Moscow
November 25	Launch of the NASA mission Mars Science Laboratory (MSL) from Cape Canaveral; carrying the German dosimeter RAD of Kiel University and DLR Cologne
November 30	Launch of Falcon 9 (Demo 2/3) from Cape Canaveral
November 30	Launch of Soyuz 29S from Baikonur (ISS logistics)
December	Launch of Proton from Baikonur; carrying the ISS module 'MLM Nauka'
December	Launch of Soyuz 2-1a Fregat from Kourou; carrying the French Pleiades-HR 1 Earth observatory probe
December	First launch of Taurus II from Wallops Island (Virgina/USA)
End of 2011/Early 2012	First Launch of a Vega rocket from Kourou

2012

Early in 2012	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral; first ISS logistic flight
1 st quarter	Launch of the space vehicle Shefex from Andoya Rocket Range (Norway)
1 st quarter	Launch of Soyuz 2-1b Fregat from Kourou; carrying two Galileo IOV satellites
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 25	Launch of Progress 46P from Baikonur (ISS logistics)
February	Launch of Taurus II (COTS demo 1) from Wallops Island
February 6-17	19 th DLR Parabolic Flight Campaign in Bordeaux
February 27-March 12	Student rocket campaign REXUS 11/12 from Esrange
Spring	Launch of Expert capsule with a Wolna rocket from a submarine in the Pacific area
2 nd quarter	Launch of Soyuz from Baikonur; carrying the METOP-B weather satellite
March 7	Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying the European Automated Transport Vehicle ATV-3 'Edoardo Amaldi'
March 28	Launch of Soyuz 30S from Baikonur (ISS logistics)
May	Launch of the space transport vehicle HTV-3 'Kounotori-3' form the Japanese spaceport Tanegashima
Summer	Launch of Ariane 5ECA from Kourou; carrying the weather satellite MSG 3 (METEOSAT-10)
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 th DLR Parabolic Flight Campaign in Bordeaux

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 (Raumfahrtkalender)

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
www.DLR.de/rd

Druck: KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH
53117 Bonn-Buschdorf

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

Titelbild: NASA

ISSN 2190-7072

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

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

DLR at a glance

DLR is Germany's national research centre for aeronautics and space. Its extensive research and development work in Aero-
nautics, 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 pro-
gramme 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
www.DLR.de/rd

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

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

Cover picture: NASA

ISSN 2190-7072

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

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag