

COUNTDOWN [11]



KOMMUNIKATION

Nationales Satellitenprojekt
„Heinrich Hertz“

COMMUNICATIONS

German Satellite Project
‘Heinrich Hertz’



EDITORIAL

Tag der Luft- und Raumfahrt 2009

Editorial

German Aerospace Day 2009

2



ERDFERNERKUNDUNG

ESA's Wassermision SMOS

Earth Remote Sensing

ESAs SMOS Water Mission

8



FORSCHUNG UNTER WELTRAUM-BEDINGUNGEN

Zehn Jahre DLR-Parabelflug

Research under Space Conditions

Decennial Anniversary of
DLR Parabolic Flights

24

SATELLITENNAVIGATION

Galileo-Testgebiet für Straßen-
verkehr im Aufbau

Satellite Navigation

Galileo Automotive Testbed
under Construction

30

GESCHICHTE *letzte Folge*

Deutschlands Raumfahrtprogramm
zur Millenniumswende (1995–2002)

History *final issue*

Germany's Space Program at the
Turn of the Millennium (1995–2002)

36

RAUMFAHRT- KALENDER

Space Calendar

44

Liebe Leserinnen und Leser,

am 20. September fand in Köln-Porz der Tag der Luft- und Raumfahrt statt. Mehr als 100.000 Besucher folgten der gemeinsamen Einladung des DLR, der Europäischen Weltraumorganisation ESA, des Flughafens Köln/Bonn und der Bundeswehr. Die Schirmherrschaft hatte der Bundesminister für Wirtschaft und Technologie übernommen. Auf dem Gelände des DLR bot sich Wissenschaft und Technik „zum Anfassen“. Dabei waren zwei Dinge besonders augenfällig: zum einen das Engagement der Kolleginnen und Kollegen aus den Instituten und Einrichtungen des DLR, die auch nachmittags – manche trotz heiserer Stimme – noch mit strahlenden Augen Wissenschaft anschaulich vermittelten, und zum anderen das große Interesse der Besucher aller Altersgruppen an lebendiger Forschung und an technischen Vorführungen.

Das zeigt einmal mehr: Luft- und Raumfahrt faszinieren. Es bedeutet aber auch, dass das DLR als zentrale deutsche Einrichtung für diese Forschungsfelder ein hohes Maß an gesellschaftlicher Verantwortung trägt. Die Politik setzt in der Raumfahrt seit jeher klare strategische Schwerpunkte, die sich am gesellschaftlichen Nutzen messen lassen. Diese werden mit Hilfe des Deutschen Raumfahrtprogramms umgesetzt. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der DLR Raumfahrt-Agentur sind diesem Auftrag verpflichtet.

Am Tag der Luft- und Raumfahrt ging in Köln-Porz auch die zweite diesjährige Parabelflug-Kampagne des DLR zu Ende. Parabelflüge dienen dem Zweck, Forschung in kurzen Phasen Schwerelosigkeit – ungefähr 22 Sekunden pro Parabel – zu

ermöglichen. Seit zehn Jahren veranstalten wir nun schon diese Flüge mit einem speziell dafür umgebauten Flugzeug, dem Airbus A300 ZERO-G der französischen Firma Novespace.

Vielfältigen wissenschaftlichen Fragen wird bei Parabelflug-Experimenten nachgegangen, zum Beispiel: Wie verbessere ich Gießprozesse für Metalllegierungen? Wie kann ich genauer vorhersagen, wie Menschen in Stresssituationen reagieren werden? Entfaltet sich eine Antennenstruktur für Satelliten auch in Schwerelosigkeit zuverlässig? Wie entstehen Planeten?

An jedem Flugtag waren knapp 40 Forscher an Bord, darunter viele Jungwissenschaftlerinnen und Jungwissenschaftler, deren Experimente oft Teil ihrer Diplom- oder Doktorarbeit sind. Als ich den Parabelflug-Airbus während der Vorbereitungsphase besuchte, gewann ich den Eindruck, dass die jungen Menschen mit viel Vorfreude und Spannung am Werk waren – was sich wahrscheinlich nicht nur auf ihre Experimente, sondern auch auf ihren Mitflug bezogen haben dürfte. Unmittelbarer ist Forschung in der Schwerelosigkeit gar nicht möglich. Auch deshalb wird das erfolgreiche DLR-Parabelflug-Programm fortgeführt. Sie können mehr über die Parabelflüge im Interview mit der Projektleiterin Dr. Ulrike Friedrich auf Seite 44 erfahren.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre!

Dear readers

On September 20, this year's Aerospace Day was held in Köln-Porz. More than 100,000 visitors had followed a joint invitation by DLR, the European Space Agency ESA, Cologne/Bonn Airport and the German armed forces. The event took place under the auspices of the Federal Minister of Economics and Technology. The show displayed on the DLR premises was a 'grassroots', first-hand science and technology experience. Two things were particularly remarkable: One was the sight of keen staff members of our institutes and facilities, wholeheartedly engaged in explaining science, eyes shining – with some of the vocal chords on the point of failure – far into the afternoon. The other was the fervent interest shown by visitors of all age groups in real-life research and technical demonstrations.

This once again illustrates the fascination of the aerospace world. It also shows that DLR as Germany's national institution covering this area of research bears a high degree of social responsibility. Policymakers from the onset of space flight have marked out clear priorities in this field, all of which are based on societal benefit. These key projects are being implemented under the German Space Program. All staff members of the DLR space agency are committed to fulfil our mandate.

The Aerospace Day also marked the end of DLR's second parabolic flight campaign of this year. The parabolic flight campaign serves the purpose of enabling research to be carried out in brief periods of weightlessness, lasting about 22 seconds per parabolic arc. For ten years now we have been conducting these flights using a plane specifically equipped for the purpose, a converted Airbus A300 called ZERO-G owned by the French company Novespace.

The open issues investigated on parabolic flight experiments are manifold. They include questions such as: How can I improve the casting process for metal alloys? How to predict more precisely the way in which humans will respond to stress? Will the antenna structure of a satellite unfold reliably in zero gravity? How do planets form?

On each flight day the plane carried nearly 40 researchers. Many of these are young scientists whose on-board experiments form part of their diploma or doctoral thesis. On my visit to the parabolic flight Airbus during the run-up phase, I found the young people eagerly at work in cheerful anticipation – a feeling not only to be ascribed to their experiments but probably also to their looking forward to the flight they were about to join. There cannot possibly be a more immediate, hands-on way to do research in weightlessness – one of the reasons why DLR's successful parabolic flight program is being continued. For further details about parabolic flights please read the interview with project manager Dr. Ulrike Friedrich on page 34.

Please enjoy reading this issue!

Gerold Reichle



Mission Heinrich Hertz

Deutscher Kommunikationssatellit soll 2014 starten

Von Dr. Siegfried Voigt und Dr. Anke Pagels

Das DLR plant den Bau eines geostationären Kommunikationssatelliten: Mit „Heinrich Hertz“, benannt nach dem bedeutenden Physiker des 19. Jahrhunderts, will Deutschland sowohl auf dem Gebiet des Satellitenbusses als auch der Nutzlast nationale Kompetenzen demonstrieren. „Heinrich Hertz“ dient in erster Linie der Überprüfung von Technologien, die im nationalen Förderprogramm entwickelt wurden. Der Satellit soll 2014 gestartet werden und nach erfolgreicher Verifikation im Orbit für 15 Jahre in Betrieb sein. Das Satellitenprojekt bietet Wissenschaftsinstituten und der Industrie die Gelegenheit, eine Vielzahl von Experimenten durchzuführen. Wissenschaftler und Techniker erhalten dadurch einen deutlichen Vorsprung bei der Entwicklung neuer Kommunikationstechnologien und Dienstleistungen. Darüber hinaus trägt „Heinrich Hertz“ zur Weiterentwicklung von Raumfahrttechnologien für Kommunikationssatelliten der nächsten Generation bei.

The Heinrich Hertz Mission

German communications satellite scheduled for launch in 2014

By Dr. Siegfried Voigt and Dr. Anke Pagels

DLR is planning to build a geostationary communications satellite, called 'Heinrich Hertz' after the famous 19th-century physicist. It is intended to re-establish and demonstrate Germany's competence in the field of platform and communications. Scheduled for launch in 2014, the satellite will operate for 15 years and verify new technologies in orbit payload. The satellite project will permit scientific institutes as well as industrial companies to conduct a multitude of experiments, thus giving scientists and engineers a head start in the development of new communication technologies and services. Beyond that, 'Heinrich Hertz' will contribute to the further development of space technologies for the communications satellites of the next generation.



Heinrich Hertz, deutscher Physiker, Entdecker der elektromagnetischen Wellen. Geboren am 22. Februar 1857 in Hamburg, gestorben im Alter von 36 Jahren am 1. Januar 1894 in Bonn. (dpa picture alliance)

Heinrich Hertz, German physicist, discoverer of electromagnetic waves. Born on February 22, 1857 in Hamburg, deceased at the age of 36 on January 1, 1894 in Bonn. (dpa picture alliance)

Heinrich Rudolf Hertz, geb. 22. Februar 1857 in Hamburg, gest. 1. Januar 1894 in Bonn, erbrachte durch seine Arbeiten den experimentellen Nachweis elektromagnetischer Wellen und wurde dadurch einer der bedeutendsten Physiker des 19. Jahrhunderts.

Hertz entwickelte in Karlsruhe den ersten Oszillator und entdeckte damit die elektromagnetischen Wellen. Er konnte nachweisen, dass sich die dadurch erzeugten Wellen ebenso verhalten wie Lichtwellen. Dadurch bestätigte er die elektromagnetische Theorie von James Clerk Maxwell.

Am 11. November 1886 übertrug Hertz erstmalig elektromagnetische Wellen von einem Sender zu einem Empfänger und legte so den Grundstock für die Entwicklung von Telegraphie, Telefon und Radio.

Die Einheit der Frequenz, „Hertz“, ist nach ihm benannt und im metrischen System verankert: 1 Hz bedeutet eine Schwingung pro Sekunde.

Strategische Ziele

Innovative Technologien sind in der Raumfahrt zunächst weit von einer Routine-Nutzung entfernt. Auch umfangreiche Tests am Boden können Langzeitversuche im Weltraum nicht ersetzen. Die Ergebnisse der Experimente unter realen Bedingungen schaffen die wissenschaftlichen Grundlagen für neue Technologien. Hinzu kommt ein weiterer Aspekt: Weil die Anbieter von Satelliten-gestützten Dienstleistungen sehr zurückhaltend bei der Einführung neuer Technologien sind, ist die sogenannte In-Orbit-Verifikation für viele Raumfahrt-Produkte von grundlegender Bedeutung. Nachgewiesene Raumflugfähigkeiten tragen maßgeblich zum Erhalt und Ausbau des deutschen Know-hows auf diesem Gebiet bei.

Heinrich Rudolf Hertz, born February 22, 1857 in Hamburg; deceased January 1, 1894 in Bonn, became one of the most eminent physicists of the 19th century when he experimentally demonstrated the existence of electromagnetic waves in the course of his work.

It was in Karlsruhe that Hertz developed the first oscillator and discovered electromagnetic waves. He succeeded in demonstrating that these waves behave in the same way as light waves, thus confirming James Clerk Maxwell's electromagnetic theory.

On November 11, 1886, Hertz sent electromagnetic waves from a transmitter to a receiver for the first time, thus laying the foundations for the development of the telegraph, the telephone, and the radio.

Named after him, the unit of frequency, 'Hertz', is embedded in the metric system: 1 Hz signifies one oscillation per second.

Strategic objectives

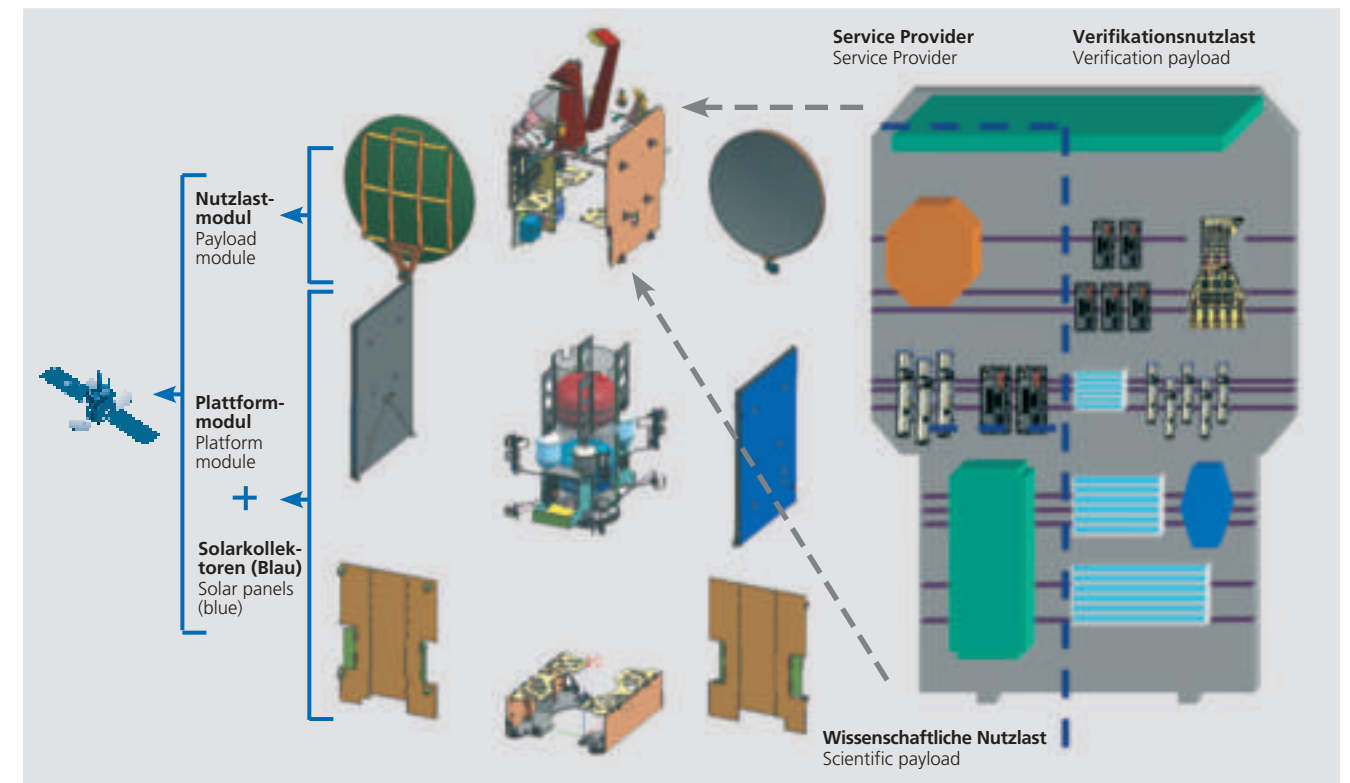
In astronautics, any innovative technology is initially far away from routine application. Even extensive checks on the ground cannot replace long-range tests in space. The results obtained from tests under realistic conditions provide a scientific and industrial basis for new technologies. And there is yet another aspect: because providers of satellite-based services are generally very reserved about introducing new technologies, in-orbit verification is crucial for many space products. Proven space-flight capabilities contribute a great deal towards maintaining and enhancing Germany's know-how in this field.

Small GEO satellit

Modularer Aufbau des SGEO (Luxor) Satelliten (OHB-System AG)

Small GEO satellite

Modular buildup of the SGEO (Luxor) satellite (OHB-System AG)



Technologieverifikation und Wissenschaft

Um belastbare Aussagen über die Qualität von neuen, innovativen Technologien zu erhalten, ist ein Betrieb unter Weltraumbedingungen als Experiment über eine längere Zeit im Orbit unerlässlich. Durch die wissenschaftlich-technische Auswertung ist es möglich, die Entwicklungen unter realen Betriebsbedingungen zu überprüfen. Während des Satellitenbetriebes von 15 Jahren wird die Hardware starken Belastungen durch Strahlung und häufige extreme Temperaturwechsel ausgesetzt. So können Schwachstellen oder Fehlfunktionen erkannt und für spätere kommerzielle Anwendungen beseitigt werden. Von erheblicher Bedeutung ist der Einsatz des Satelliten für Experimente und Anwendungen an Forschungsinstituten und Hochschulen. Hierzu zählt beispielsweise die Verfügbarkeit eines Testzenarios zum Senden und Empfangen von Daten. Damit können Endgeräte weiterentwickelt und neuartige zivile Dienstleistungen erprobt werden.

Bereits heute spielt die Kommunikation mit hohen Datenraten eine wichtige Rolle. Dieser Prozess wird sich in naher Zukunft intensivieren. Geplante Satellitensysteme für Erdbeobachtung und extraterrestrische Missionen werden eine Flut neuer Daten und Erkenntnisse erzeugen. Die Fähigkeiten dieser Systeme können durch den Gebrauch von Datenrelaisdiensten im geostationären Orbit noch vervielfacht werden. Die Position der DLR Raumfahrt-Agentur hierzu ist klar: Die Entwicklung von Kommunikationssystemen, welche die Übertragung hoher Datenraten ermöglichen, ist unumgänglich.

Erkenntnisgewinn und Anwendungspotenzial

Um den Erkenntnisgewinn zu maximieren, werden nicht einzelne Technologien getestet, sondern es werden die im nationalen Förderprogramm entwickelten innovativen Technologien funktional gruppiert und in kompletten Sende- und Empfangsteilen des Satelliten integriert. Dazu zählt insbesondere die Breitbandkommunikation im Ka-Band (20 bis 30 GigaHertz), die es überhaupt erst erlaubt, hohe Datenraten zum (mobilen) Endnutzer zu bringen.

Technology verification and science

To ensure that data about the quality of an innovative technology will stand up to scrutiny, it is indispensable that such a technology is subjected to a long-range test in orbit under space conditions. Scientific and technical evaluation permits assessing the performance of a new development under realistic operating conditions. During the 15 years of operation of 'Heinrich Hertz', its hardware will be severely stressed by exposure to radiation and temperature fluctuations that are frequently extreme. The weaknesses and malfunctions thus revealed will then be eliminated for subsequent commercial applications. Using the satellite for the experiments and applications of research institutes and universities is of considerable importance. What is essential in this context is a test scenario for data transmission and reception which serves to further develop terminals and test innovative civil services.

Communication at high data rates plays an important role today and will become even more important in the future. The satellite systems that are now being planned for Earth observation and extraterrestrial missions will generate scores of new data and insights. The capabilities of these systems can be multiplied by using data relay satellites in a geostationary orbit. In this regard, the policy of the DLR Space Agency clearly is to push ahead the development of communications systems that permit transmitting high data rates.

Cognitive gains and application potentials

To maximize the cognitive gain, there will be no testing of individual technologies. Instead, innovative technologies developed under the national funding program will be arranged in functional groups and integrated in the satellite as complete transmit and receive units. Broadband communication in the Ka-band (20 to 30 Gigahertz) is particularly important in this context because it is the only technology that permits transmitting high data rates to (mobile) end users.

Aus den geplanten Nutzlasten auf „Heinrich Hertz“ lassen sich verschiedene Einsatzmöglichkeiten für zukünftige Raumfahrtmissionen ableiten. Im Katastrophenfall beispielsweise muss von einer Zerstörung der Bodeninfrastruktur oder einer Überlastung der Netze ausgegangen werden. Kommunikation mit hohen Datenraten kann in diesem Fall nur über Satellitenverbindungen aufrechterhalten werden und so zur Unterstützung der Hilfsorganisationen für den Katastropheneinsatz sowie für humanitäre Hilfsmaßnahmen dienen.

Die Satellitenplattform

Bereits mit der Zeichnung des ARTES-11-Programms auf der ESA-Ministerratskonferenz 2005 wurde die Entwicklung einer Satellitenplattform für kleine, geostationäre Kommunikationssatelliten bei der OHB-System AG in Bremen beauftragt, um in diesem Bereich wieder eine Systemfähigkeit in Deutschland zu etablieren und sich im internationalen Wettbewerb auf Augenhöhe positionieren zu können. Die Satellitenplattform vom Typ SGEO (LUXOR) wird im Rahmen der HISPASAT-Mission (Start voraussichtlich 2012) ihre Tauglichkeit erstmals unter Beweis stellen. Mit der Heinrich Hertz-Mission wird diese Linie konsequent fortgeführt.

Die Nutzlast

Die wissenschaftlich-technische Nutzlast auf „Heinrich Hertz“ soll aus dem nationalen Förderprogramm zusammengestellt werden. Aus knapp 30 Entwicklungen werden diejenigen Technologien ausgewählt, die ihre Funktionalität im Sende- und Empfangszweig des Satelliten erfüllen. Beispiele hierfür sind:

LISA	Intersatelliten-Antenne im Ka-Band mit elektronischer Schwenkung für kleine Schwenkwinkel
MEDUSA	Multispotbeam-Antenne im Ka-Band zur Reduzierung der Komplexität auf eine Rx- und eine Multispotbeam-Antenne
VERSA	Verteilnetzwerk zur Reduzierung der Komplexität. Verwendung von Syntactic Foam (Verbundwerkstoff aus Glas-Hohlkugeln) als Trägermaterial
KERAMIS	Keramische Mikrowellenschaltkreise, Ka-Band-Downlink auf Basis der LTC-Mehrlagentechnologie (Low Temperature Cofired Ceramics)
LIQUIDA	Liquid Crystal Antenna Array, Flüssigkristall-gesteuerte Phasenschieber
TWTA	Mini-Verstärkerröhre (Ka-Band) und Netzteil (EPC). Einzelansteuerung jedes Feed-Elementes mit kleiner Leistung
MPM	V6-Microwave Power Module – Kombination zweier Verstärkungs Kanäle einschließlich nachgeschaltetem Hochfrequenz-Netzwerk zur Realisierung von bis zu 500 Watt Hochfrequenz-Leistung
FDOC	Linearisierter Ku-Band-Röhrenverstärker, integrierter Vorverstärker, Ausgangsleistung einstellbar.

Neben dem Nutzlastsegment sollen für die Mission auch die Entwicklungen für das Bodensegment berücksichtigt werden.

SANTANA	Ka-Band-Terminal mit digitaler Strahlformung. Unterstützung von Breitbandanwendungen und elektronischer Strahlschwenkung. Frequenzbereich im Uplink bei 30 Gigahertz, im Downlink bei 20 Gigahertz. Datenrate im Empfang von mehr als 10 MegaBit pro Sekunde in Kommunikation mit einem geostationären Satelliten.
MoSaKa	Entwicklung einer mobilen Satellitenkommunikation im Ka-Band für Anwendungen im Katastrophenfall.

From the payloads now planned for 'Heinrich Hertz', a variety of application options can be developed for future space missions. Thus, for example, it must be assumed in the event of a disaster that the infrastructure on the ground has been destroyed, or that networks are overloaded. Under these circumstances, high-data-rate communication can be maintained only with the aid of satellites, the objective being to support aid missions to the disaster zone as well as humanitarian relief operations.

The satellite platform

After the ARTES-11 program had been signed by the ESA Ministerial Council in 2005, OHB-System AG (Bremen/Germany) was commissioned to develop a platform for small geostationary communication satellites, the objective being to re-establish Germany's systems capability in this field and bring the country up to eye level in the international competition. Belonging to the SGEO (LUXOR) type, the satellite platform will demonstrate its capability for the first time on the HISPASAT mission, which will be launched in 2012.

The payload

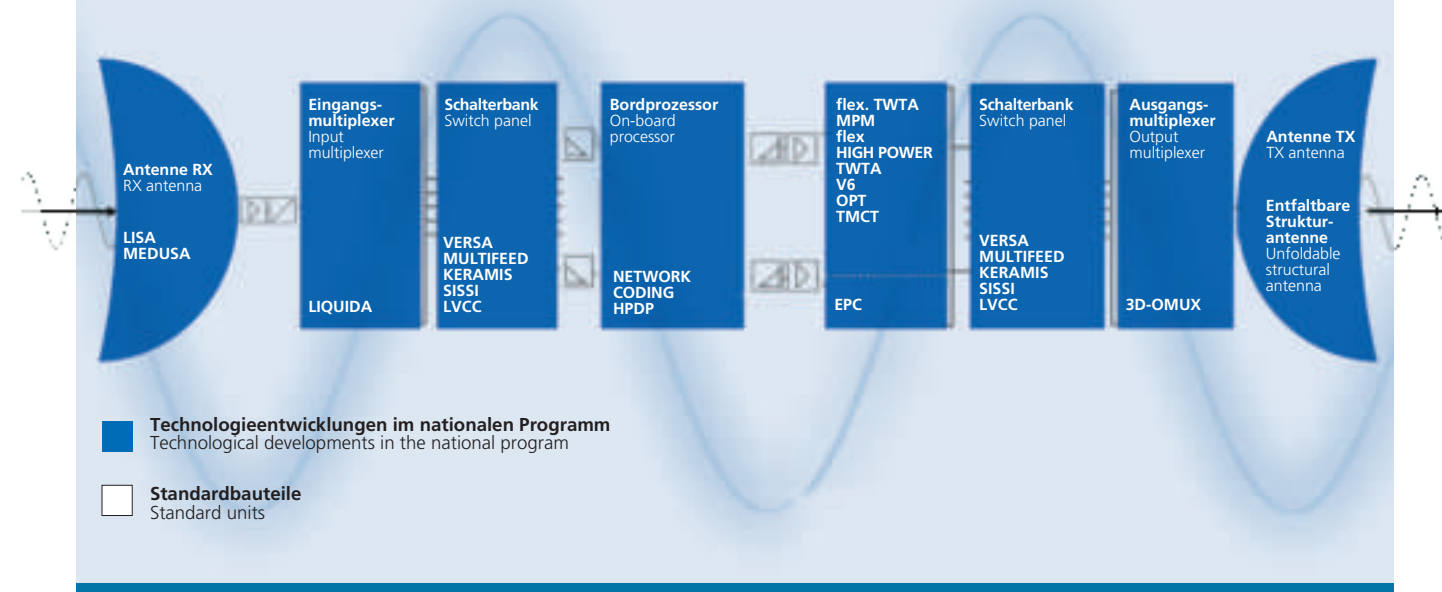
The elements that make up the scientific/technical payload of 'Heinrich Hertz' will come from the national funding program. From a total of nearly 30 projects, those technologies will be selected that conform to the functional requirements of transmit and receive on the satellite. Examples are:

LISA	Ka-band inter-satellite antenna featuring narrow-angle electronic beam forming
MEDUSA	Ka-band multispot beam antenna designed to reduce system complexity to one RX and one TX antenna
VERSA	distribution network to reduce complexity. Substrate material consists of syntactic foam (composite material of hollow glass spheres)
KERAMIS	ceramic microwave circuits, Ka-band downlink based on LTCC (low temperature cofired ceramics) multi-layer technology
LIQUIDA	liquid crystal antenna array, liquid crystal-controlled phase shifter
TWTA	miniature traveling wave tube amplifier (Ka-band) and electronic power conditioner (EPC). Low-power activation of individual feed elements
MPM	V6 microwave power module, a combination of two amplifier channels and a downstream high-frequency network to produce a high-frequency output of up to 500 Watts
FDOC	linearized Ku-band amplifier, integrated preamplifier, adjustable power output

The mission will include developments not only for the payload segment but also for the ground segment.

SANTANA	Ka-band terminal featuring digital beam forming, supports broadband applications. Uplink frequency range: 30 Gigahertz; downlink: 20 Gigahertz. Receives data rate larger than 10 Megabits per second when communicating with a geostationary satellite
MoSaKa	development of a mobile Ka-band satellite communication system for disaster-related applications

Small GEO satellit Small GEO satellite



Erste Abschätzungen ergeben, dass die SGEO-Plattform nicht vollständig mit der Verifikationsnutzlast ausgefüllt sein wird. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Service-Anbietern freie Kapazitäten zur Verfügung zu stellen. Entsprechende Missionskonzepte und Analysen zur Nutzlastunterbringung werden derzeit erarbeitet.

„Heinrich Hertz“ soll 2014 starten

Die Auftragsvergabe für die Machbarkeitsuntersuchung, die sogenannte Phase A, erfolgte im Juni 2009 über drei Aufträge an die Industrie: Die Gesamtsystemverantwortung liegt bei der OHB-System AG und deren Partner EADS Astrium; diverse Unterauftragnehmer kommen hinzu. Die Satellitenbusverantwortung liegt ebenfalls bei OHB-System, die Nutzlastverantwortung bei Tesat Spacecom. Phase A ist mit einer Laufzeit von 13 Monaten bis zum 30. Juni 2010 angesetzt. Danach soll das Missionskonzept vollständig feststehen und der Service-Anbieter für den Mitflug ausgewählt sein.

In Phase B mit einjähriger Laufzeit soll das endgültige Missionskonzept mit dem ausgewählten Service-Anbieter detailliert untersucht werden. Zu Beginn dieser Phase erfolgen die Frequenzanmeldung und Festlegung der Orbitposition. Abgeschlossen wird die Phase B mit dem sogenannten Preliminary Design Review, in dem die technische Spezifikation des Systems freigegeben wird. Mit diesen Ergebnissen wird dann die Design- und Produktionsphase (Phase C/D) gestartet, die sich über knapp drei Jahre erstrecken wird und nach erfolgreichen Prüfungen zum Start der Mission, voraussichtlich Mitte 2014, führt.

Dr. Siegfried Voigt ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Satellitenkommunikation der DLR Raumfahrt-Agentur, Fachgruppenleiter des Nationalen Programms und Projektleiter der Heinrich-Hertz-Mission.

Dr. Anke Pagels ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Satellitenkommunikation der DLR Raumfahrt-Agentur und Systemingenieurin für das Heinrich-Hertz-Satellitenprojekt.

According to tentative assessments, the SGEO platform will not be completely filled by the verification payload, so that any unused payload capacities may be made available to a commercial service provider. Related mission concepts and payload accommodation analyses are being developed at the moment.

„Heinrich Hertz“ to be launched in 2014

The kickoff meeting of the feasibility study, the so-called Phase A, took place in June of 2009, when three contracts were signed with industrial companies: overall system responsibility was given to OHB-System AG and its partner EADS Astrium together with several subcontractors. OHB-System is also responsible for the satellite platform and Tesat-Spacecom for the payload. Phase A is scheduled to run for 13 months, terminating on June 30, 2010. By that time, the mission concept should be finalized and a service provider selected whose equipment will be accommodated along on the mission.

In phase B, which will run for one year, the mission concept will be finalized in consultation with the selected service provider. At the beginning of this phase, frequencies will be registered and the orbit position defined. Phase B will end in a so-called preliminary design review (PDR) in which the technical specification of the system will be released. Once these results are available, the design and production phases (C/D) will start which will extend over almost three years. Once all tests have been successfully passed, the launch of the mission will follow, in mid-2014.

as a scientific assistant at the satellite communications department of the DLR Space Agency, Dr. Siegfried Voigt heads the national program group and serves as project manager of the Heinrich Hertz mission.

Dr. Anke Pagels works as scientific assistant at the satellite communication department of the DLR Space Agency and serves as system engineer for the Heinrich Hertz satellite project.

ESA's Wassermission SMOS

Fernerkundung von Bodenfeuchte und Ozeansalzgehalt

Von Antje Tittebrand und Dr. Christiane Lechtenböcker

Wie salzig sind die Oberflächen unserer Weltmeere und wie feucht die Kontinentalflächen? Wie beeinflusst dies den globalen Wasserkreislauf? Die Satellitenmission SMOS (Soil Moisture & Ocean Salinity) der Europäischen Weltraumagentur ESA wird Antworten auf genau diese Fragestellungen geben. Der Satellit startete am 2. November 2009 an Bord einer Rockot-Trägerrakete vom russischen Weltraumbahnhof Plesetsk.

Die Erwartungen an SMOS sind hoch: Der neue Satellit bietet laut Professor Stammer, dem Leiter des Instituts für Meereskunde und des SMOS-Projektbüros am Klimacampus Hamburg, erstmals die Möglichkeit, extrem wichtige Umweltvariablen per Fernerkundung zu messen und damit globale Datensätze über große Zeiträume zu erstellen.

Bisher mussten Bodenfeuchte und Ozeansalzgehalt an wenigen Stellen aus Wasser- oder Bodenproben gewonnen werden. Dank neuer Erfassungstechnologien wird SMOS bald in der Lage sein, diese Parameter erstmalig aus dem All global zu messen. Die SMOS-Mission wird die Serie der ESA-„Earth Explorer“-Satelliten ergänzen, die auf einzelne Teilaspekte des Erdsystems spezialisiert sind. Dabei werden völlig neue Messverfahren und Technologien erprobt, welche die starke Position der europäischen Weltraumforschung unterstreichen.

Obwohl der Boden nur einen kleinen prozentualen Anteil des globalen Wasserbudgets enthält, spielt Bodenfeuchte eine entscheidende Rolle im globalen Wasserkreislauf, in der terrestrischen Vegetation und in der Wetter- und Klimavorhersage. Für ein besseres Verständnis des Wasserkreislaufes – und somit für eine genauere Vorhersage von Wasservorräten, Klima, Wetter oder auch extremer Ereignisse – werden daher dringend flächendeckende Daten benötigt.

Aufgrund ihrer großen Speicherkapazität besitzen die Ozeane eine Sonderrolle als primärer Klimaregulator unserer Erde. Die globale Ozean-Zirkulation transportiert Wärme vom Äquator in die nördlicher gelegenen Breiten. Zum Beispiel beschert der Golfstrom Europa ein wärmeres Klima als Nordamerika, das auf ähnlichen Breitengraden liegt. Solche Zirkulationsprozesse werden vom Salzgehalt des Meeres mitbestimmt. Dennoch gibt es für den Ozean-Oberflächensalzgehalt kaum historische Daten.

Durch kontinuierliche SMOS-Messungen wird es nun erstmals möglich sein, zu einer globalen Beobachtung des Salzgehaltes an der Meeresoberfläche zu gelangen. Darüber hinaus wird in den polaren Meeren die Erfassung des oberflächennahen Salzgehaltes und dessen Änderungen mithilfe, Abschmelzprozesse der Eisflächen (Kryosphäre) aufzuzeigen. Aufgrund der schnellen Reaktion dieser Eisflächen auf sich ändernde klimatische Bedingungen stellt ihre kontinuierliche Beobachtung ein wichtiges Vorhersagewerkzeug für Klimaänderungen dar.

ESA's SMOS water mission

Examining soil moisture and ocean salinity by remote sensing

By Antje Tittebrand and Dr. Christiane Lechtenböcker

How salty are the surfaces of our oceans, and how moist those of our continents? In what way does this influence the global water cycle? The SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) satellite mission launched by the European Space Agency (ESA) will supply the answers to these questions. The satellite's take off on a Rockot launch vehicle from the Russian cosmodrome Plesetsk took place on November 2, 2009.

There are great expectations being placed in SMOS: According to Professor Stammer, director of the Institute for Oceanography and the SMOS Project Office at the Hamburg Climate Campus, the new satellite will offer the first-ever opportunity to measure extremely important environmental variables by remote sensing and generate global data records covering prolonged periods of time.

To this day, water and soil samples have to be taken to obtain information about soil moisture and ocean salinity. Thanks to new survey technologies, SMOS will be the first satellite capable of measuring these parameters from space on a global scale. The SMOS mission will complement ESA's series of Earth explorer satellites, each of them a specialist in individual aspects of the terrestrial system. The innovative measuring methods and technologies that are being tested in each case highlight the eminence of Europe's space research.

Although the soil only contains a small percentage of the global water budget, its degree of moisture plays a crucial role for the global water cycle, terrestrial vegetation, and weather and climate forecasts. Thus, data that cover entire regions are urgently needed to improve our understanding of the water cycle and, by the same token, our ability to predict more precisely our water reserves, our climate, our weather, or even extreme events.

Because of their immense storage capacity, the oceans play an outstanding role in regulating the climate of our Earth. The global circulation of the oceans transports heat from the equator to more northern latitudes. Thus, the relatively warm climate that Europe enjoys compared to North America, which is situated at approximately the same latitude, is a gift of the gulf stream. These circulation processes partly depend on the salt content of the oceans, and yet historical data about their surface salinity are few and far between.

From now on, continuous SMOS measurements will give us our first global picture of the salt content of the oceans at the surface. Moreover, in the polar seas, measuring the status and development of surface salinity will assist in identifying melting processes in icy surfaces (cryosphere). As such surfaces respond swiftly to changes in climatic conditions, continuously observing them constitutes an important tool in predicting climate changes.



Künstlerische Darstellung von SMOS im Weltraum (ESA)

Artist's impression of SMOS in space (ESA)

Bodenfeuchte spielt eine entscheidende Rolle im globalen Wasserkreislauf.

Soil moisture plays a crucial role in the global water cycle.

Neues Messprinzip erstmalig im Weltraum

Das SMOS-Messprinzip lässt sich wie folgt skizzieren: Jeder physikalische Körper besitzt aufgrund seiner Temperatur und seiner elektrischen Eigenschaften eine bestimmte natürliche elektromagnetische Strahlung. Diese „Emissivität“ wird maßgeblich vom Salzgehalt des Ozeans und Wassergehalt des Bodens beeinflusst – den Messgrößen, die das Ziel der Mission bilden.

Am deutlichsten ist dieser Einfluss im Mikrowellenbereich um 1,4 Gigahertz (L-Band) zu erkennen. Die von der Erdoberfläche emittierte Strahlung, die SMOS empfängt, ist aber nicht nur eine Funktion von Bodenfeuchte und Salzgehalt. Um beide Größen zu ermitteln, müssen zunächst andere Effekte, die das Signal beeinflussen (zum Beispiel geophysikalische Effekte wie Oberflächenrauigkeit durch Wind oder Schaum, aber auch atmosphärische Größen wie der Druck in Meeresspiegelhöhe, Feuchteprofile oder auch der Sauerstoffgehalt), berücksichtigt werden.

Grundsätzlich beruhen die Messungen auf dem Prinzip der Interferometrie, welche die Phasendifferenz zwischen den einfallenden elektromagnetischen Wellen von zwei oder mehr Empfängern misst. Beim Flug entlang seiner Bahn wird von SMOS alle 1,2 Sekunden ein zweidimensionales Bild aufgenommen, wobei jedes Pixel unter allen möglichen Blickwinkeln beobachtet wird. Aus einer Höhe von 763 Kilometern wird die Antenne insgesamt ein Gebiet von circa 3.000 Kilometern Durchmesser „sehen“. Aufgrund von Randeffekten werden jedoch nur die Messdaten eines ungefähr 1.000 Kilometer großen Feldes verwendet. Dieses stellt durch die Dreiarmsgeometrie (Y-Form) des Sensors ein Hexagon dar.

Änderungen im Zehntelgrammbereich

Die Mission verfolgt zwei wesentliche Ziele: Erstens sollen die Monatswerte des Ozeanoberflächen-Salzgehaltes mit einer Genauigkeit von mindestens 0,1 psu (Practical Salinity Units) gemessen werden. Änderungen ab +/- 0,1 Gramm gelöstem Salz in einem Liter Wasser werden erfasst. Diese Genauigkeit wird bei einer räumlichen Auflösung von 200 mal 200 Quadratkilometern angestrebt.

First space trip for a new measuring principle

The SMOS measuring principle may be outlined as follows: any physical body naturally emits electromagnetic radiation at a wavelength that depends on its temperature and electrical properties. This „emissivity“ is largely influenced by the salt content of the ocean and the water content of the soil – exactly the quantities which the mission aims to measure.

This influence shows up most clearly in the microwave range around 1.4 Gigahertz (L-band). However, the radiation that is emitted by the surface of the Earth and received by SMOS is not only a function of soil moisture and salinity. To determine the two quantities, other factors that influence the signal need to be taken into account, including, for example, geophysical effects such as surface roughness caused by wind or froth, or atmospheric parameters like sea-level pressure, humidity profiles, or oxygen content.

The basic principle underlying SMOS measurements is interferometry, i.e. measuring the phase difference between electromagnetic waves picked up by two or more receivers. As it flies along its path, SMOS will take a two-dimensional picture every 1.2 seconds, with each pixel being observed from all possible angles. From an altitude of 763 kilometers, the antenna will „look at“ an area measuring c. 3,000 kilometers in diameter. To eliminate edge effects, however, only the data from an area measuring about 1,000 kilometers will be used. This area is hexagonal because the sensor's geometry is y-shaped.

Changes within a decigram scale

Essentially, the mission will pursue two goals: first, it aims at producing monthly measurements of ocean surface salinity with a precision of at least 0.1psu (practical salinity unit), meaning that changes of +/- 0.1 grams or more in the weight of salt dissolved in a liter of water will be registered. It is intended to combine this precision with a spatial resolution of 200 by 200 kilometers.

Wasserdampf-Transport Vapour Transport

Niederschlag Precipitation

Überlandabfluss Runoff

Grundwasser Groundwater

Verdunstung Evaporation

Kondensation Condensation

Verdunstung Evaporation

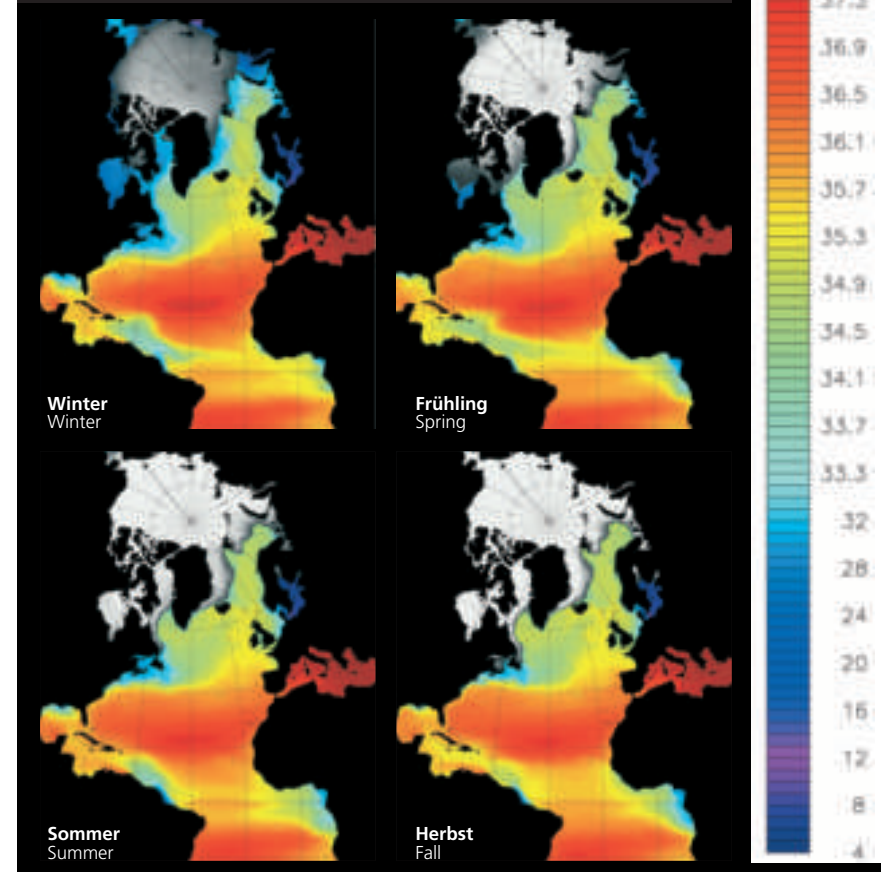
Niederschlag Precipitation

Transpiration Transpiration

Schematische Darstellung
des Wasserkreislaufes
(ESA)

Hydrologic cycle diagram
(ESA)

Saisonaler Salzgehalt des Atlantik Seasonal salt content of the Atlantic ocean



Simulierte saisonale Salzgehalt-Karten, beginnend mit Winter. Die Skala ist nichtlinear gemäß Frischwassersignal, Abfluss von Flüssen und Eisschmelze, besonders gut im Sommer sichtbar. Farbskala Einheit: practical salinity units (psu)

(Institut für Meereskunde an der Universität Hamburg, N. Serra)

Simulated seasonal salt content maps, starting in winter. It is a non-linear scale according to fresh water signal, discharge of rivers and melting of ice, visible especially in summer. Color scale unit: practical salinity units (psu)

(Institute of Oceanography at Hamburg University, N. Serra)

Zweitens wird die Bodenfeuchte mit einer Präzision von vier Volumenprozent alle drei Tage mit einer räumlichen Auflösung von 35 bis 60 Kilometern gemessen. Die zunächst auf drei Jahre angelegte Mission macht es möglich, Zeitreihen zu erstellen, aus der sich die natürliche Variabilität der Bodenfeuchte und des Salzgehaltes ableiten lassen. SMOS-Daten werden mit meteorologischen und ozeanographischen Modellen verknüpft, um so eindeutigeren Vorhersagen des Wetters und der Ozeanzirkulation zu liefern. Diese und nachfolgende Missionen werden außerdem helfen, eine erhöhte Süßwasserzufuhr in die Polarmeere durch ein Abschmelzen der Kryosphäre zu erkennen.

Entwicklung, Start und Missionsablauf

Im Rahmen ihres Earth-Explorer-Programms unternimmt die ESA große Anstrengungen zur Senkung der jeweiligen Missionskosten. Aus diesem Grund wurde bei SMOS auf eine herkömmliche Mikrowellenantenne verzichtet. Diese hätte, um die notwendige räumliche Auflösung zu erreichen, eine Länge von über 15 Metern aufweisen müssen. Stattdessen verwendet man eine sogenannte synthetische Apertur: Dabei wird eine herkömmliche Antenne durch das Zusammenspiel von 69 kleinen Antennen (Durchmesser jeweils circa 16 Millimeter) simuliert, die auf dem Satellitenkörper und den drei ausklappbaren Armen des Sensors verteilt sind. Nach zehn Jahren Forschungs- und Entwicklungsarbeit an dem SMOS-Instrument MIRAS (Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis) ist diese Technologie nun erstmals einsatzbereit. Mit komplett entfalteten Armen erreicht der Satellit eine Spannweite von acht Metern.

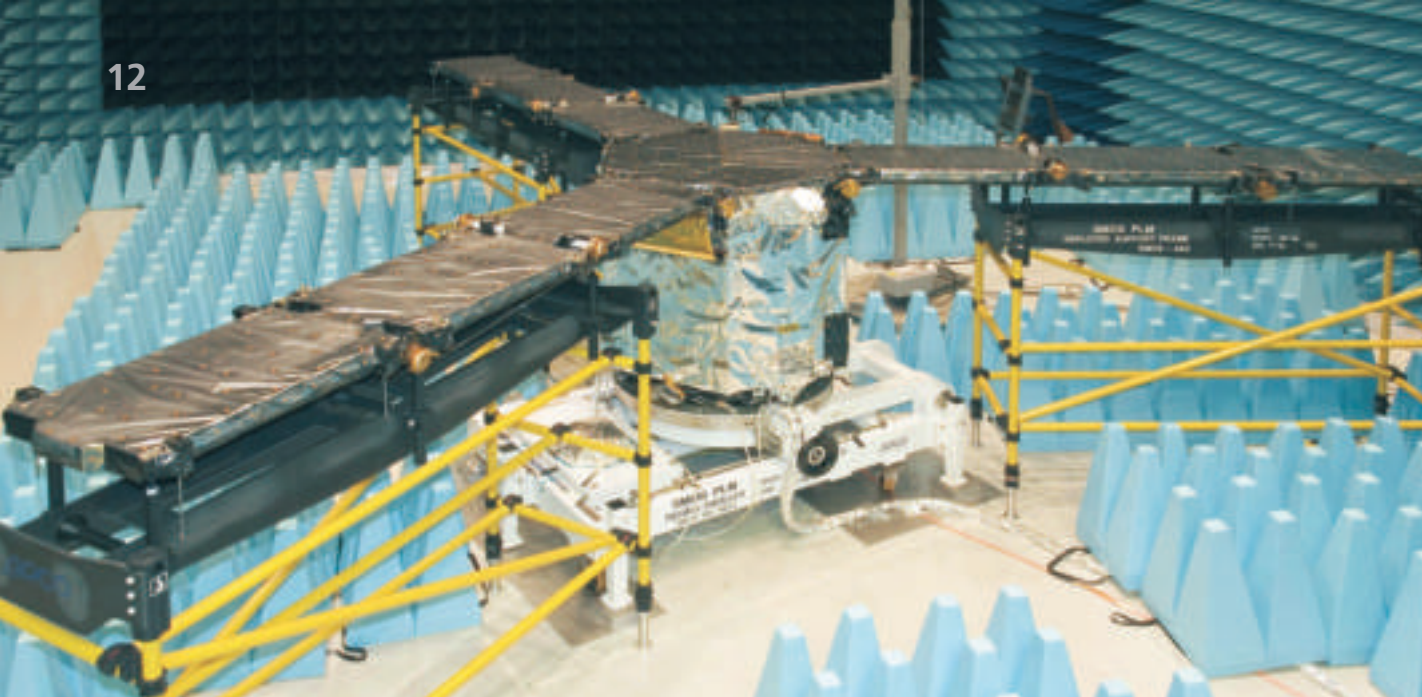
Sowohl Entwicklung und Bau des Satelliten als auch Start und Missionsdurchführung sind eine europäische Kooperation. Mit Design und Konstruktion von SMOS waren mehr als 20 europäische Unternehmen beschäftigt, darunter auch mehrere deutsche Firmen wie Kayser-Threde, EADS Astrium (Ottobrunn) und TESAT. Die Füh-

Second, SMOS will measure soil moisture with a precision of four percent by volume and a spatial resolution of 35 to 60 kilometers at three-day intervals. Tentatively scheduled to extend over three years, the mission will permit generating time series from which natural variabilities in soil moisture and ocean salinity can be derived. SMOS data will be combined with meteorological and oceanographical models to permit more definite forecasts of the weather and the circulation of the oceans. Moreover, this as well as subsequent missions will help to identify any increase in the influx of fresh water into the polar seas that may be caused by cryosphere melting.

Development, launch, and implementation of the mission

Within the framework of its Earth Explorer programme, ESA is making a great effort to keep mission costs low. For this reason, the SMOS satellite was not equipped with a conventional microwave antenna, which would have had to be more than 15 meters long to reach the requisite level of spatial resolution. What was used instead is a so-called synthetic aperture system in which a conventional antenna is simulated by 69 smaller antennas, c. 16 millimeters in diameter each, which are distributed over the body of the satellite and the three retractable arms of the sensor. After ten years of research and development work on the MIRAS (Microwave Imaging Radiometer using Aperture Synthesis) SMOS instrument, the technology is now ready for use. With the arms completely deployed, the satellite will have a span of eight meters.

The development and construction of the satellite as well as the launch and implementation of the mission are a European cooperation. More than 20 European enterprises were employed in the design and construction of SMOS, including several German companies such as Kayser-Threde, EADS Astrium (Ottobrunn), and



Oben: SMOS während des Akustiktests, rechts: das entfaltete MIRAS-Instrument in schematischer Darstellung (ESA)

At the Top: SMOS during acoustic tests, on the right: the unfolded MIRAS instrument (Short Microwave Imaging Radiometer with Aperture Synthesis) in a diagram (ESA)



Die Entwicklung des Sensors lag bei EADS CASA Espacio (Spanien) für die Entwicklung des Sensors und Thales Alenia Space Industries (Frankreich) für den Satelliten.

Startdienstleistung und Bodensegment

Eurockot, die in Bremen ansässige Betreibergesellschaft der Träger-rakete Rockot, ist ein deutsch-russisches Gemeinschaftsunternehmen von EADS und dem Moskauer Khrunichev Space Center. Die Rakete wird in Plesetsk, gut 800 Kilometer von Moskau entfernt, gestartet. Das Kontrollzentrum, das für die Steuerung und Kontrolle des Satelliten zuständig ist, befindet sich in Toulouse. Sie wird vom Centre National d'Études Spatiales in Frankreich (CNES) betrieben; sie kommuniziert mit dem Satelliten über die ESA-Bodenstation im schwedischen Kiruna. Das Betriebszentrum ist das European Space Astronomy Centre (ESAC) in Villafranca bei Madrid. Diese ESA-Institution ist zuständig für den Transfer der generierten Daten. Hier werden die Vorgaben für den Empfang festgelegt und die Verarbeitung der Rohdaten zu SMOS-Produkten durchgeführt.

Die Gesamtkosten des SMOS-Satelliten belaufen sich auf 210 Millionen Euro, wobei die französische und spanische Raumfahrt-agentur zusätzliche finanzielle Beiträge leisten. Deutschland ist mit 24 Prozent größter Beitragszahler des ESA-Programms Living Planet (Lebender Planet), zu dem auch SMOS gehört.

Nach dem Start des Satelliten werden die Instrumente während einer sechsmonatigen Testphase verschiedenen Eichungen unterzogen. Diese sogenannte Commissioning-Phase wird auch genutzt, um Vergleiche zwischen Satellitendaten und Beobachtungen vor Ort am Boden zu realisieren. Vergleichsdaten zur Validierung der SMOS-Salzgehalte werden durch frei in der Strömung treibende, selbstregistrierende Messgeräte (Drifter) und insbesondere durch Argo-Floats geboten, die autonom Temperatur und Salzgehalt im Ozean messen. Letztere stellen eine spezielle Art von Driftern dar, die in 1.000 Metern Wassertiefe „schwimmen“. In regelmäßigen Abständen taucht jeder Drifter auf 2.000 Meter ab und kommt dann wieder an die Wasseroberfläche. Zu

TESAT. The development of the sensor was led by EADS CASA Espacio (Spain), while that of the satellite was directed by Thales Alenia Space Industries (France).

Launch Service and Ground Segment

Eurockot, the company that operates the Rockot launcher from Bremen, is a German-Russian joint venture between EADS and the Khrunichev Space Center in Moscow. The rocket will be launched from Plesetsk, some 800 kilometers away from Moscow. The control center that will be in charge of controlling and monitoring the satellite is located in Toulouse. Operated by the French Centre National d'Études Spatiales (CNES), it will communicate with the satellite via ESA's ground station at Kiruna, Sweden. The satellite's operation will be controlled by the European Space Astronomy Centre (ESAC) at Villafranca near Madrid. This institution will be in charge of transferring the data generated, developing the specifications for their reception, and processing raw data into SMOS products.

The total cost of the SMOS satellite will come to 210 million euros, with additional financial contributions coming from the French and Spanish space agencies. With a share of 24 percent, Germany is the biggest contributor to the ESA's Living Planet program, of which SMOS is a part.

Once the satellite has been launched, its instruments will be calibrated during a six-month test period. This so-called commissioning phase will also be used to benchmark the satellite's data against observations on the ground. Data for validating the salinities measured by SMOS will be self-registering measuring instruments called drifters because they drift freely with the current, as well as by Argo floats which autonomously measure the temperature and salinity of the oceans. Actually, the latter are a special drifter variant which 'floats' in the water at a depth of 1,000 meters. At regular intervals, each drifter dives down to 2,000 meters and returns to the surface. By now, the network

diesem Netzwerk gehören mittlerweile 3.000 Messgeräte, die Daten in Echtzeit liefern. Eine enge Zusammenarbeit mit dem NASA-Aquarius-Team (US-Satellit zur Messung des Salzgehaltes, voraussichtlicher Start 2010) wird weitere wichtige Beiträge zur Validierung aus dem Welt-raum liefern.

Deutsche Wissenschaftler sind an all diesen Arbeiten maßgeblich beteiligt und werden darüber hinaus durch neue Beobachtungen in der Arktis einen Großteil zur Verbesserung der Eisfernerkundung – einem enorm an Bedeutung gewinnenden Forschungszweig – liefern können.

comprises 3,000 instruments furnishing data in real time. Close cooperation with NASA's Aquarius team (a US salinity measuring satellite that will probably be launched in 2010) will also significantly contribute to the validation from space.

German scientists play a major role in all these activities. Moreover, by providing new observations of the Arctic, they will crucially add to the improvement of sea-ice remote sensing, a branch of research whose importance is growing by leaps and bounds.

SMOS Technische Daten	
Geplante Missionsdauer	drei Jahre
Orbit	erdnahe, sonnensynchrone, zirkulare Sonnenaufgang- bzw. Sonnenuntergang-Umlaufbahn, Äquatorüberflug: 6 UTC (Universal Time Coordinated, koordinierte Weltzeit)
Höhe	763 Kilometer
Neigung	98,4 Grad
Wiederholrate	23 Tage, Drei-Tages-Subzyklus
Gewicht	gesamt: 683 Kilogramm, Plattform: 317 Kilogramm (einschließlich 28 Kilogramm Hydrazin-Treibstoff), Nutzlast 366 Kilogramm
Nutzlast	2-D interferometrisches L-Band-Radiometer (1,4 Gigahertz); 69 Empfänger auf einem Y-förmigen, ausschwenkbaren Antennenarray
Räumliche Auflösung	Bodenfeuchte: 35 bis 60 Kilometer, Salzgehalt: 200 x 200 Quadratkilometer
Missionskontrolle	Toulouse (Frankreich) via Kiruna (Schweden)
Bodenstation, Datenprozessierung/ Archivierung	Bodenstation zur Datenprozessierung (DPGS) in Villafranca (Spanien). Lokales Archiv/Nutzer-Service via ESA/ESRIN (Italien)
Rakete	Rockot (umgebaute SS-19), Start von Plesetsk (Russland)

Weitere Informationen zu SMOS

Zur Vorbereitung für die Nutzer und als Informationszentrale der SMOS Mission wurde am Institut für Meereskunde der Universität Hamburg ein Projektbüro eingerichtet, welches über das DLR vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördert wird. Das Büro ist gleichzeitig die Schnittstelle zwischen den deutschen Nutzern, der ESA und dem DLR, und dient als Ansprechpartner für die Medien. Ziel ist es außerdem, nationale Institutionen für die Einrichtung von Förderprogrammen zu gewinnen.
www.smos.zmaw.de

Antje Tittebrand ist verantwortlich für die Öffentlichkeitsarbeit des deutschen SMOS-Projektbüros am Institut für Meereskunde der Universität Hamburg.

Dr. Christiane Lechtenböcker ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Erdbeobachtung der DLR Raumfahrt-Agentur.

SMOS technical data	
Scheduled mission duration	Three years
Orbit	Near-Earth, sun-synchronous, circular dawn-dusk and/or dusk-dawn orbit, equator crossing: 6 UTC (Universal Time Coordinated)
Altitude	763 kilometers
Inclination	98.4 degrees
Repeat rate	23 days, 3-day subcycle
Weight	Total: 683 kilograms, platform: 317 kilograms (including 28 kilograms of hydrazine fuel), payload: 366 kilograms
Payload	2-D interferometric L-band radiometer (1.4 gigahertz); 69 receivers on a Y-shaped folding antenna array
Spatial resolution	Soil moisture: 35 to 60 kilometers, salinity: 200 x 200 kilometers
Mission control	Toulouse (France) via Kiruna (Sweden)
Ground station, data processing/ archiving	Ground station for data processing (DPGS) at Villafranca (Spain); local archive/user service via ESA/ESRIN (Italy)
Rocket	Rockot (converted SS-19), launch from Plesetsk (Russia)

More information about SMOS

Funded by the Federal Ministry of Economics and Technology via DLR, a project office has been set up for the SMOS mission at the Institute of Oceanography of Hamburg University to provide advance information to users and the public. The office also serves as an interface between German users, ESA, and DLR and as an information center for the media. Lastly, it aims to persuade national institutions to set up funding programs.
www.smos.zmaw.de

Antje Tittebrand is the public relations manager of the German SMOS project office at the Institute for Oceanography of Hamburg University.

Dr. Christiane Lechtenböcker is a scientific assistant at the Earth observation department of the DLR Space Agency.

BepiColombo bei Ankunft am Merkur, künstlerische Darstellung (ESA)

BepiColombo, arriving at Mercury, artist's impression (ESA)



Mission zum Merkur

Mission to Mercury

BepiColombo soll 2014 starten

BepiColombo to be launched in 2014

Von Alois Himmes und Dr. Dietmar Lilienthal

Von Alois Himmes und Dr. Dietmar Lilienthal

Die europäisch-japanische Mission Bepi-Colombo zur Erforschung des Planeten Merkur ist ein Eckpfeiler des „Horizont 2000+/Cosmic Vision“-Programms der Europäischen Raumfahrtorganisation (ESA). Sie wird unter Gesamtleitung der ESA als Gemeinschaftsprojekt mit der Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) und zahlreichen internationalen Institutionen und Universitäten durchgeführt. Für den Bau des europäischen Orbiters und die Gesamtintegration der Sonde hat die ESA die Firma Astrium GmbH in Friedrichshafen ausgewählt. Die Details des Vertrages werden derzeit verhandelt.

Die nach dem italienischen Mathematiker und Ingenieur Giuseppe „Bepi“ Colombo (1920-1984) benannte Mission soll mit der detaillierten Erforschung des sonnennächsten Planeten Merkur neue Erkenntnisse über die Entstehung des gesamten Sonnensystems, insbesondere aber der terrestrischen Planeten – und damit auch der Erde – erbringen. BepiColombo ist eine extrem ambitionierte Mission, da der Merkur für die Sonde aufgrund des langwierigen Abbremsvorganges im Vergleich zur Venus oder zum Mars nur schwierig erreichbar

The joint European-Japanese mission Bepi-Colombo which is to explore the planet Mercury forms one of the cornerstones of the 'Horizon 2000+/Cosmic Vision' program of the European Space Agency (ESA). Directed by ESA, it will be run as a joint project involving the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) as well as numerous international institutions and universities. Astrium GmbH at Friedrichshafen/Germany was selected by ESA as prime contractor for construction and integration of the probe. Contract details are currently being negotiated.

Named after the Italian mathematician and engineer Giuseppe 'Bepi' Colombo (1920-1984), the mission will explore Mercury, the planet nearest to the Sun, in substantial detail, and it is expected that it will provide new insights into the origins of the solar system in general and the terrestrial planets – including the Earth – in particular. BepiColombo is an extremely ambitious mission as Mercury is much more difficult to reach than Venus or Mars because of the the probe's protracted deceleration process.

ist. Zudem stellt die im Vergleich zu unserer Erde zehnmal höhere Sonneneinstrahlung enorme Anforderungen an Wärmehaushalt und Instrumente von Sonden in der Merkur-Umlaufbahn.

Merkur ist der kleinste Planet des Sonnensystems und mit einem Durchmesser von 4.878 Kilometern nur wenig größer als der Erdmond. Bei einer mittleren Sonnenentfernung von nur 57,9 Millionen Kilometern beträgt seine Umlaufzeit um unser Zentralgestirn 87,97 Tage, seine Rotationsperiode 58,65 Tage. Die Kombination dieser Drehbewegungen führt dazu, dass der Wechsel zwischen Tag und Nacht ganze 176 Tage dauert. Aufgrund dieser langen Tage herrschen auf der Sonnenseite des Planeten Temperaturen von etwa 430 und auf der Nachtseite von -180 Grad Celsius.

Ab 2020 werden zwei Satelliten – der europäische Mercury Planetary Orbiter (MPO) und der japanische Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) – den Merkur auf unterschiedlichen Umlaufbahnen erkunden. Die europäische Sonde wird auf einer niedrigen polaren Umlaufbahn die Oberfläche kartografieren und die innere Zusammensetzung des Planeten erforschen. Die japanische Sonde wird Merkurs Magnetfeld und dessen Wechselwirkung mit dem Sonnenwind untersuchen.

Hightech aus Deutschland mit an Bord

Deutsche Forschungseinrichtungen beteiligen sich am MPO mit folgenden Instrumenten: der Sendeeinheit des Laser-Altimeters zur Entfernungsmessung unter Leitung von Prof. Spohn (DLR-Institut für Planetenforschung, Berlin), einem Spektrometer zur Messung von Wärmestrahlung, dem sogenannten Mercury Radiometer und Thermal Infrared Spectrometer unter Leitung von Prof. Hiesinger (Universität Münster) und dem Mercury Magnetometer unter Leitung von Prof. Glaßmeier (TU Braunschweig). Darüber hinaus stellt das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) einen Beitrag zu dem Teilcheninstrument Planetary Ions Camera unter Leitung von Dr. Woch bereit. Bei dem japanischen Orbiter partizipiert Deutschland an einem weiteren Instrument, dem Mass Spectrum Analyzer unter Leitung von Dr. Krupp (MPS) sowie einem zusätzlichen Magnetometer der TU Braunschweig. Neben der Eigenfinanzierung durch die wissenschaftlichen Institute fördert die DLR Raumfahrt-Agentur mit Geldern des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) maßgeblich die deutschen Beiträge.

Sechs Jahre unterwegs

BepiColombo soll 2014 mit einer Ariane 5 vom ESA-Weltraumbahnhof Kourou aus starten. Während seiner sechsjährigen Reise zum Merkur wird das Raumfahrzeug verschiedene Missionsphasen durchlaufen. Nach dem Start in eine Übergangsbahn im Erdorbit wird BepiColombo auf seine interplanetare Reise geschickt. Dabei nutzt die Sonde die Gravitationskraft von Erde, Venus und Merkur, um durch sogenannte Swingby-Manöver den „Absturz“ ins Innere des Sonnensystems abzubremesen. Zusätzlich wird die Sonde durch das solar-elektrische Antriebssystem auf dem Mercury Transfer Modul (MTM) verlangsamt: Dieses treibt den Satelliten auf den monatelangen Phasen zwischen den Swingby-Manövern mit geringem, aber kontinuierlichem Schub an. Etwa zwei Monate vor Eintritt in die Merkurumlaufbahn wird das MTM abgetrennt. Die polaren Umlaufbahnen um den Merkur werden mit dem chemischen Antriebssystem des Mercury Planetary Orbiter erreicht. Während dieser eine Merkurnahe polare Umlaufbahn ansteuert, wird der Mercury Magnetospheric Orbiter in einem langgestreckten Orbit freigesetzt. Beide Umlaufbahnen sind aufeinander abgestimmt und optimiert für die jeweilige Aufgabe.

Bisher hat es nur zwei Missionen zum Planeten Merkur gegeben, beide unter NASA-Verantwortung: die Raumsonde Mariner 10, die bereits 1974/75 bei insgesamt drei Vorbeiflügen erste überraschende und bis heute nicht vollständig ausgewertete Ergebnisse lieferte, sowie die im August 2004 gestartete Merkursonde Messenger. 2008 und 2009 flog Messenger insgesamt dreimal in niedriger Höhe planmäßig an Merkur vorbei. Er konnte bereits eine Vielzahl von Bildern bisher unbeachteter Regionen, zum Beispiel des größten Einschlagkraters „Caloris Planitia“, sowie neue Details zum Verhalten des Magnetfeldes von Merkur zur Erde funken. 2011 wird Messenger in eine Umlaufbahn um den Merkur einschwenken.

Moreover, the solar radiation that probes must sustain in an orbit around Mercury is ten times stronger than on Earth, an enormous challenge to the heat balance of the satellite and its science instruments.

Mercury is the smallest planet in the solar system. With a diameter of 4,878 kilometers, it is only a little larger than our Moon. Circling the Sun at a mean distance of no more than 57.9 million kilometers, it takes 87.97 days to complete an orbit, rotating once in 58.65 days. Because of this peculiar combination of rotation movements, it takes all of 176 days to complete a cycle of day and night during which surface temperatures on the day and night side of the planet reach about 430 and -180 degrees Celsius, respectively.

From 2020 onwards, two satellites – the European Mercury Planetary Orbiter (MPO) and the Japanese Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO) – will be exploring Mercury from different orbits. Traveling in a low polar orbit, the European probe will map the planet's surface and explore its inner composition. The Japanese probe, in turn, will investigate Mercury's magnetic field and its interaction with the solar wind.

On board: High tech from Germany

German research institutions will contribute the following instruments to the MPO: The transmitter unit of the laser altimeter for measuring distances (directed by Prof. Spohn of the DLR Institute of Planetary Research, Berlin), a spectrometer for measuring heat radiation called Mercury Radiometer and the Thermal Infrared Spectrometer (directed by Prof. Hiesinger of Münster University) and the Mercury Magnetometer (directed by Prof. Glaßmeier of TU Braunschweig). Furthermore, the Max Planck Institute for Solar System Research (MPS) will make a contribution the Planetary Ions Camera particle instrument under the direction of Dr. Woch. For the Japanese orbiter, Germany will be participating in another instrument, the Mass Spectrum Analyzer, under the direction of Dr. Krupp (MPS). Lastly, the probe will be equipped with a magnetometer provided by TU Braunschweig. In addition to the funds raised by the scientific institutes themselves, the DLR Space Agency will provide essential funding from the budget of the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi).

Six years of interplanetary cruise

According to schedule, BepiColombo will be launched on an Ariane 5 from ESA's spaceport at Kourou. During its six-year journey to Mercury the vehicle will pass through several mission phases. After being launched, BepiColombo will be sent on its interplanetary journey to Mercury. During that journey, the probe will use the gravitational pull of the Earth, Venus and Mercury to slow down the 'fall' into the sun system's interior by performing a number of so-called swing-by maneuvers. In addition, the probe will be slowed down using the Mercury Transfer Module MTM's solar-electric propulsion system: this will, on a low level but continuously, thrust the satellite during the month-long periods between the swing-by maneuvers. The transfer module will separate from the probes about two months before entering the Mercury orbit. With assistance of the Mercury Planetary Orbiter's chemical propulsion system, MPO and Mercury Magnetospheric Orbiter will enter their polar orbits. While MPO will reach out for a relatively low orbit, MMO will be released into a highly elliptical orbit. Both orbits have been harmonized and optimized for their specific tasks.

So far, there have only been two missions to Mercury, both directed by NASA: The Mariner 10 space probe which flew by the planet three times as early as 1974/1975, producing surprising results that have not been completely evaluated to this day, and the Messenger probe that was launched in August 2004. Having had its swing-bys at Mercury in 2008 and 2009, it will enter its final orbit around the planet in 2011. Meanwhile, the first images radioed back to Earth by Messenger showed hitherto unobserved regions of Mercury's largest crater, 'Caloris Planitia'. In addition, Messenger provided new details about the behavior of Mercury's magnetic field.

Wissenschaftliche Fragen von BepiColombo:

Ist der Kern Merkurs flüssig oder fest?

Merkur sollte wegen seiner geringen Größe seit seiner Entstehung bereits soweit abgekühlt sein, dass sein Metallkern – wahrscheinlich aus Eisen und Nickel – nicht mehr flüssig ist. Seine schwankende Rotation deutet aber auf ein zumindest teilweise geschmolzenes Inneres. Merkurs Kern macht 70 Prozent seiner Gesamtmasse aus. Sein Magnetfeld ist um den Faktor 100 schwächer als das der Erde, obwohl es theoretisch über 30 Prozent größer sein müsste. Forscher des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung konnten kürzlich erklären, dass die äußeren Schichten des Eisenkerns das Magnetfeld abdämmen, so dass nur ein Bruchteil des Dynamofeldes durch den ruhenden Teil des Eisenkerns nach außen dringen kann.

Ist Merkur heute tektonisch aktiv?

Aus den Beobachtungen von Mariner 10 und Messenger hat man bisher keine Hinweise auf Plattentektonik, Vulkanismus oder andere endogene Prozesse gefunden. Die Instrumentierung von BepiColombo wird es ermöglichen, diese Fragen im Detail zu klären.

Welche ungewöhnlichen Materialien enthalten die permanent in Dunkelheit liegenden Krater an den Polen des Planeten?

Radaruntersuchungen der Polregionen des Merkur haben ergeben, dass in den Schattenbereichen der polnahen Krater Zonen erhöhter Reflektivität und Depolarisation existieren. Die erhöhte Helligkeit könnte von Eis stammen, das von Meteoriten über Jahrmilliarden in den Kratern angesammelt wurde. Allerdings lassen sich als Ursache auch Metallsulfide nicht ausschließen, so dass

Scientific questions for BepiColombo:

Is Mercury's core liquid or solid?

Being so small, Mercury should have cooled off enough by now so that its metallic core – probably consisting of iron and nickel – is no longer liquid. On the other hand, eccentricities in its rotation indicate an interior that is at least partly molten. Mercury's core accounts for 70 percent of its total mass. In theory, its magnetic field should be 30 percent stronger than that of Earth, but it is actually weaker by a factor of 100. Scientists at the Max Planck Institute for Solar System Research could recently explain that the magnetic field is confined by the outer layer of the iron core. A fraction of the dynamo field can penetrate through the quiescent part of the iron core to the surface.

Is there any tectonic activity on Mercury today?

None of the observations made by Mariner 10 and Messenger so far have yielded any indication of plate tectonics, volcanism or other endogenous processes. BepiColombo's instruments will help in finding detailed answers to these questions.

What unusual materials are present in the permanently dark craters at the poles of the planet?

Radar scans of Mercury's polar regions showed that areas of enhanced reflectivity and depolarization exist in the dark areas of the craters close to the poles. Such increases in brightness might be caused by ice that was deposited in the craters by meteorites over billions of years. On the other hand, it cannot be ruled out that metal sulphides might be the cause, so that

Mission BepiColombo	
Start	2014
Träger	Ariane 5
Ankunft am Merkur	2020
Missionsdauer	1 Jahr
Masse	4.260 Kilogramm (davon 1.200 im Orbit)
Hinflug	heliocentrische Überführungsbahn mit Flyby-Manövern an Erde, Venus und Merkur
Orbits um Merkur	MPO: polare Bahn, 400 x 1.500 Kilometer, Periode 2,3 Stunden, MMO: polare Bahn, 400 x 12.000 Kilometer, Periode 9,2 Stunden
Forschungsziele	Ursprung und Entwicklung eines Planeten nahe an seinem Muttergestirn <ul style="list-style-type: none"> planetare Eigenschaften: Form, Inneres, Krater, Struktur, Geologie, Zusammensetzung Restatmosphäre des Merkurs (Exosphäre): Zusammensetzung und Dynamik Magnetfeld des Merkur (Magnetosphäre): Struktur, Dynamik und Ursprung Test der einsteinschen allgemeinen Relativitätstheorie
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> Aufwendungen der ESA: circa 970 Millionen EUR Anteil der DLR Raumfahrt-Agentur hiervon: circa 150 Millionen EUR Zusätzlicher deutscher Beitrag für Entwicklung der Instrumente: ca. 80 Millionen EUR Anteil der DLR Raumfahrt-Agentur hiervon: 40 Millionen EUR. Gesamtkosten der Mission (inclusive Instrumententwicklung in anderen europäischen Ländern und japanischem Beitrag): 1,6 Milliarde EUR.

Mission BepiColombo	
Start	2014
Launcher	Ariane 5
Arrival at Mercury	2020
Mission duration	1 year
Launch Mass	4,260 kilograms (1,200 of which in orbit)
Cruise Phase	Heliocentric transfer trajectory with flybys past the Earth, Venus and Mercury
Orbits around Mercury	MPO: Polar orbit, 400 x 1,500 kilometers, period 2.3 hours, MMO: Polar orbit, 400 x 12,000 kilometers, period 9.2 hours
Research Objectives	Origin and development of a planet close to its parent star <ul style="list-style-type: none"> Planetary properties: Shape, interior, craters, structure, geology, composition Residual atmosphere of Mercury (exosphere): Composition and dynamics Magnetic field of Mercury (magnetosphere): Structure, dynamics, and origin Testing Einstein's General Theory of Relativity
Cost	<ul style="list-style-type: none"> ESA expenses: approximately 700 million EUR DLR Space Agency's share hereof: approximately 200 million EUR Additional German contribution for instrument development: 70 million EUR DLR Space Agency's share hereof: about 50 million EUR Mission overall cost (including development of instruments in other European countries and Japanese contribution): 1,6 billion EUR.

detaillierte Untersuchungen erforderlich sind, um die Existenz von Eis auf dem Merkur zu belegen oder auszuschließen.

Wie setzt sich Merkurs Exosphäre genau zusammen?

Merkur besitzt eine Atmosphäre von sehr geringer Dichte, deren Bestandteile sowohl von Ausgasungen als auch vom Sonnenwind losgelösten Teilchen der Planetenoberfläche stammen. Diese „Exosphäre“ genannte Atmosphäre wird ganz erheblich vom Magnetfeld des Merkur und dem anströmenden Sonnenwind strukturiert.

BepiColombo wird die wissenschaftlichen Ergebnisse von Messenger durch seine umfangreichere und leistungsfähigere Nutzlast von insgesamt 16 Messinstrumenten und insbesondere durch seine beiden auf jeweils optimierten Bahnen umlaufenden Orbiter maßgeblich erweitern. Die mit neuester Technologie ausgestatteten Sensoren werden die Merkuroberfläche mit höherer räumlicher Auflösung global erfassen und eine umfassende, homogene Datenbasis über die Topografie und Mineralogie der Oberfläche und über die innere Struktur und chemische Zusammensetzung des Planeten liefern. Die Planetenforscher werden das durch einen internen Dynamo-Effekt erzeugte Magnetfeld mit hoher Genauigkeit erforschen. Durch die zeitgleichen Beobachtungen der beiden Sonden können die Wissenschaftler zudem detaillierte Erkenntnisse über die Wechselwirkung des Planeten mit seiner Umgebung gewinnen, wodurch sie die Vorgänge in der inneren Region unseres Sonnensystems besser verstehen werden.

Alois Himmes und Dr. Dietmar Lilienthal sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik des DLR.

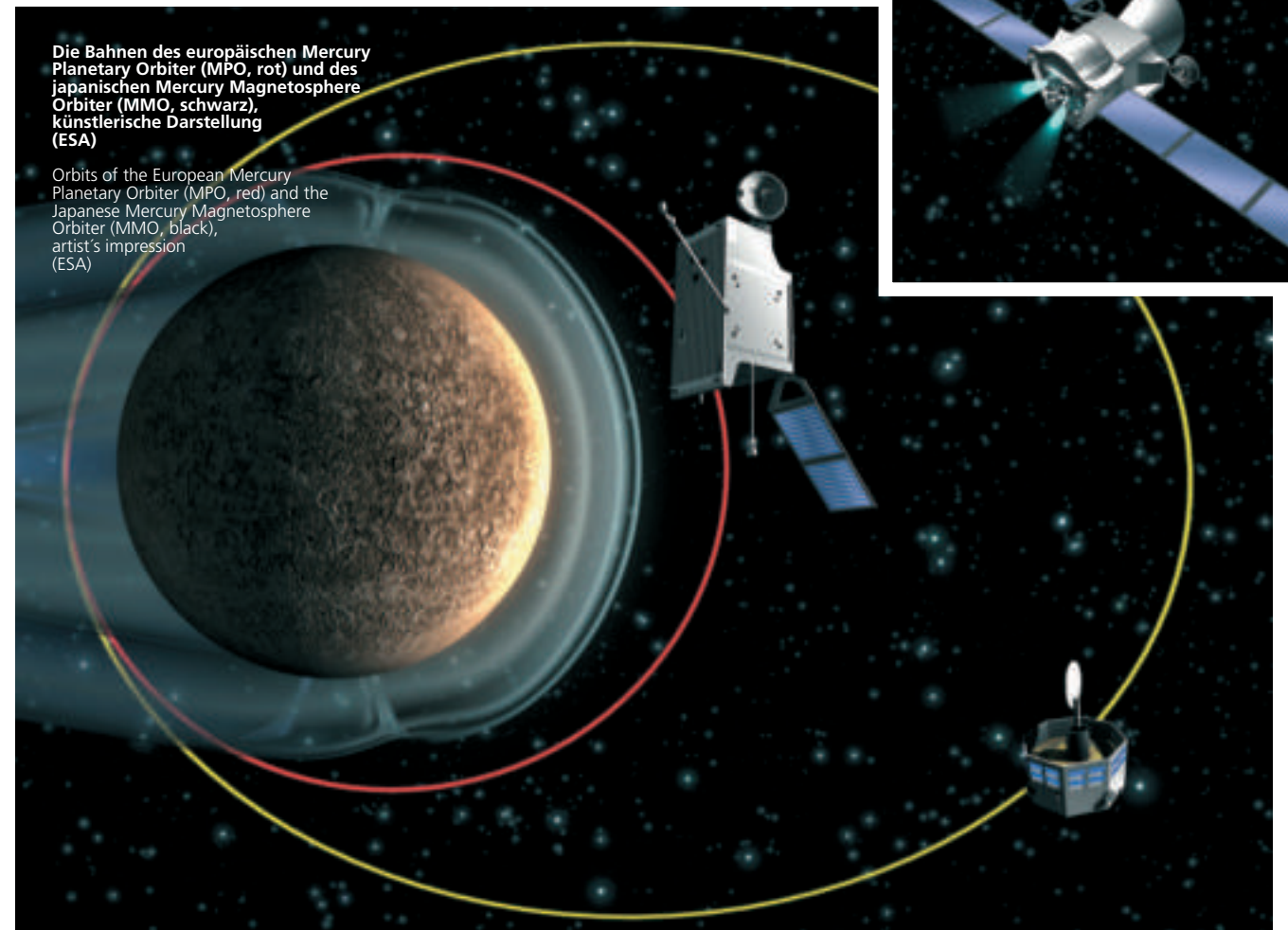
detailed studies will be needed to prove or disprove the presence of ice on Mercury.

What is the precise composition of Mercury's exosphere?

Mercury has an atmosphere of low density that is composed of gas and particles emission from the planet's surface, which had been dissociated by solar wind. This kind of atmosphere called 'exosphere' is to a great extent formed by Mercury's magnetic field and the approaching solar wind.

With its enhanced payload and its two satellites circulating on optimized orbits in particular, BepiColombo will substantially improve the scientific results of Messenger. Equipped with 16 instruments of leading-edge technologies, their sensors will generate a global high-resolution survey of Mercury's surface, creating a comprehensive and homogeneous database of its topography and mineralogy as well as of the planet's inner structure and chemical composition. Planetary researchers will be able to precisely study Mercury's inner magnetic field, generated by an internal dynamo effect. In addition, the simultaneous observations of the two probes will provide detailed findings about the interaction between the planet and its environment, thus enabling researchers to improve their understanding of the processes in the inner region of our solar system.

Alois Himmes and Dr. Dietmar Lilienthal are scientific assistants at Department for Extraterrestrics of the DLR Space Agency.



Eiszeit auf dem Mars

Erkenntnisse der Mission Phoenix

Von Michael Müller

Am 20. Juni 2008 stieß der robotische Arm des US-Marslandemoduls „Phoenix“ in Polnähe in wenigen Zentimetern Tiefe auf eine weiße Materieschicht. Diese wurde in einem der Öfen an Bord der Sonde geschmolzen und anschließend analysiert. Ergebnis: Es handelte sich um Grundwasser in gefrorener Form – keine Sensation an sich, sondern eine Bestätigung der Annahme, die Wissenschaftler schon länger formuliert hatten. Im Juli dieses Jahres haben die federführend an der Mission beteiligten Wissenschaftler der Universität Arizona ihren Bericht vorgelegt. Neue Erkenntnisse: Es gibt Eiswolken in der Atmosphäre, Schneefall und Kalkspuren im Boden. Der Mars weist einen nahezu geschlossenen Wasserzyklus auf. Unter dem Strich steht weiterhin die These im Raum: Auf dem Mars herrschte vor Milliarden Jahren ein feuchtes, warmes und damit lebensfreundliches Klima. In ferner Zukunft könnte es wieder so sein. Weiterhin beflügelt der Mars gleichermaßen den wissenschaftlichen Erkenntnisdrang und die Phantasie.

Ice Age on Mars

Findings of the Phoenix Mission

By Michael Müller

On June 20, 2008, the robotic arm of the US Mars lander 'Phoenix' encountered a layer of white material at a depth of a few centimeters at a site close to the pole. The sample was melted down in one of the furnaces on board the probe, and analyzed afterwards. The result: it was frozen underground water – not a sensation in itself, for it merely confirmed an assumption which scientists had formulated some time ago. In July of this year, the coordinating scientists of the University of Arizona presented their report. New discoveries: there are clouds of ice in the atmosphere, and there is snowfall on and traces of calcium carbonate (or lime) in the ground. Basically, there is still nothing to disprove the theory that billions of years ago, the climate prevailing on Mars was humid and warm and, consequently, capable of supporting life. The same situation might return in the far distant future. At all events, Mars keeps stimulating our imagination as well as the cognitive urge of our scientists.

Phoenix aus dem Reinraum

Seit der NASA-Orbitermission „Mars Odyssey“ existieren Bilder von Eisfeldern an den Polen des erdnächsten Planeten. Zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit letzter Gewissheit zu bestätigen waren Eisvorkommen dicht unterhalb der Mars-Oberfläche. Deshalb sollte der „Mars Polar Lander“ 1999 in hohen nördlichen Breiten nach Eis graben. Die Landeeinheit war als Station konzipiert, da man von weiträumigen unterirdischen Eisfeldern in dieser Region ausging. Zusätzlich in das Projekt integriert waren zwei Mikro-Sonden, die beim ungebremsten Aufschlag auf die Oberfläche ungefähr 60 Zentimeter in den Boden eindringen und Proben nehmen sollten. Jedoch konnte nach der Landung zu keiner der Einheiten Kontakt hergestellt werden. Später wurde ein Problem an der Schnittstelle von Landesensoren und der Bord-Software als Fehlerquelle identifiziert.

Phoenix rising from the Cleanroom

It was NASA's orbiter mission, 'Mars Odyssey', which delivered pictures showing sheets of ice at the poles of the planet that is nearest to Earth. However, the presence of ice deposits close below the surface could not be confirmed with ultimate certainty at that time. This is why the 'Mars Polar Lander' was dispatched in 1999 to dig for ice in the high northern latitudes. The lander itself was designed as a transmit station because it was assumed that extensive subterranean ice fields existed in the region. As additional equipment, two micro-probes were integrated in the lander, which were to penetrate into the soil as they struck the surface at full speed, and take samples at a depth of about 60 centimeters. However, it proved impossible to make contact with any probe after landing. Later on, a problem with the interface between the sensors and the on-board software was identified as the cause of the crash.

Bereit zum Graben: Phoenix nach der Landung auf dem Mars, künstlerische Darstellung (NASA)

Ready to dig: Phoenix after landing on Mars, artist's impression (NASA)

Im Rahmen ihres „Scout“-Programms hatte die NASA eine zweite, weitgehend baugleiche Sonde konstruiert, die ursprünglich 2001 unter dem Namen „Mars Surveyor Lander“ starten sollte, nach dem Polar Lander-Fehlschlag jedoch zunächst im Reinraum eingelagert wurde. 2003 fiel die Entscheidung, dass „Phoenix“ – wie man die Sonde nun in Anspielung auf den Vogel aus der altgriechischen Mythologie, der aus seiner eigenen Asche wiederaufersteht, getauft hatte – 2007 seine Reise antreten soll.

Robotic Arm Camera aus Deutschland

Schon für die Mission Mars Surveyor Lander hatte das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) im niedersächsischen Katlenburg-Lindau mit Förderung durch das DLR eine Kamera für den robotischen Arm der Landefähre konstruiert. Diese wurde zusammen mit der Sonde eingelagert und schließlich bei der Mission Phoenix verwendet. Auch entwickelte das MPS den Detektor einschließlich der Ausleseelektronik für das optische Mikroskop von MECA, eines Instrumentes zur Untersuchung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Marsbodens.

Bei der Robotic Arm Camera (RAC) handelt es sich um die erste Kamera im Weltraum, die ihren Focus mittels Motorantrieb verändern kann. Aufnahmen von Unendlich bis zur Makroposition im Abbildungsmaßstab 1:1 sind möglich. Jeder Bildpunkt hat eine Auflösung von bis zu 23 Mikrometern. Zur Bilderfassung nutzt die Kamera zwei Beleuchtungsquellen, die aus roten, grünen und blauen Leuchtdioden bestehen. Proben können so von oben und unten in drei Wellenlängenbereichen beleuchtet werden. Durch Veränderung des Fokus kann der Inhalt der Grabeschaukel dreidimensional dargestellt werden. Die Detektoren besitzen 512 mal 256 beleuchtete Bildpunkte und ebenso viele für die Speicherung der Signale während des Auslesens. Dennoch ist die Kamera sehr kompakt und leicht.

Internationale Beteiligung an Phoenix

USA
<ul style="list-style-type: none"> University of Arizona, Tucson: wissenschaftliche Leitung, Thermal Evolved Gas Analyzer (TEGA) NASA Jet Propulsion Laboratory, Pasadena/Kalifornien: Missionskontrolle; Robotic Arm (RA), Beteiligung an Robotic Arm Camera (RAC) Lockheed Martin Space Systems, Denver/Colorado: Phoenix-Landemodul, Flugsystemkontrolle Malin Space Science Systems, San Diego/California: Mars Descent Imager (MARDI) University of Texas, Dallas: Beteiligung an Massenspektrometer
Dänemark
<ul style="list-style-type: none"> Universitäten Aarhus und Kopenhagen: Beteiligung an Wetterstation MET
Deutschland
<ul style="list-style-type: none"> Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung: Robotic Arm Camera (RAC)
Finnland
<ul style="list-style-type: none"> Finnisches Meteorologisches Institut: Beteiligung an Wetterstation MET
Großbritannien
<ul style="list-style-type: none"> Imperial College: Beteiligung an Microscopy Station
Kanada
<ul style="list-style-type: none"> Nationale Raumfahrt-Agentur CSA: Meteorological Suite (MET)
Schweiz
<ul style="list-style-type: none"> Universität Neuchatel: Beteiligung an Environmental Compatibility Assessment (MECA) und an der Microscopy Station

Bilderbuchlandung nicht selbstverständlich

Phoenix startete am 4. August 2007 mit einer Delta-II-Trägerrakete von Cape Canaveral. Nach einer Flugzeit von fast einem Jahr, zwei Bahnkorrekturen und einem vorübergehenden Computerausfall infolge des Impaktes kosmischer Strahlung näherte sich die Sonde im Mai 2008 dem Roten Planeten. Die Landeprozedur erfolgte autonom. Am 26. Mai wurde die Raketen-Oberstufe abgetrennt, danach der Hitzeschild ausgefahren. Nun begannen die sieben kritischsten Minuten der Mission: der Abstieg durch die dünne

Under its 'Scout' program, NASA built another probe of largely identical construction which was originally supposed to be launched in 2001 under the name of 'Mars Surveyor Lander' but was safely stored in a cleanroom after the Polar Lander setback. In 2003, it was decided that the probe – renamed 'Phoenix' in allusion to the bird in ancient Greek mythology which rises from its own ashes – was to set out on its journey in 2007.

Robotic Arm Camera from Germany

The camera mounted on the robotic arm of the earlier Mars Surveyor Lander had been funded by DLR and designed by the Max Planck Institute for Solar System Research (MPS) of Katlenburg-Lindau in Lower Saxony. The camera was stored together with the probe and ultimately used on the Phoenix mission. The MPS also developed the detector and readout electronics for the optical microscope of MECA, an instrument that examines physical and chemical properties of the Martian soil.

The Robotic Arm Camera (RAC) is the first camera used on a space mission that is capable of focussing with the aid of a motor. It can vary its focus between infinity and 1:1 macro. Each pixel has a resolution of up to 23 micrometers. For imaging, the camera uses two light sources that consist of red, green, and blue light-emitting diodes, so that samples can be illuminated at three different wavelengths from above and below. By changing the camera's focus, the contents of the shovel can be pictured in three dimensions. The detectors feature 512 times 256 illuminated pixels and the same number again for storing signals during readout. Even so, the camera is very light and compact.

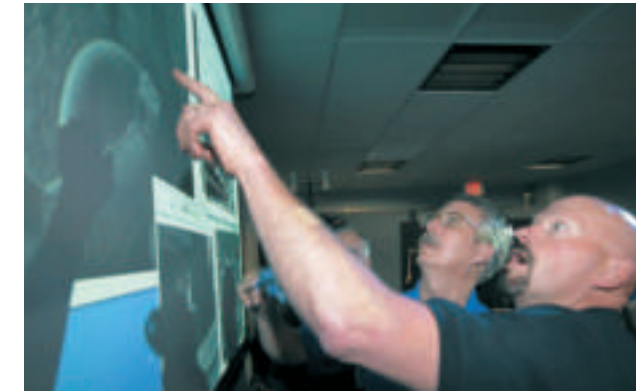
International Participation in Phoenix

USA
<ul style="list-style-type: none"> University of Arizona, Tucson: scientific coordination, Thermal Evolved Gas Analyzer (TEGA) NASA Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California: mission control; robotic arm (RA), contributions to the Robotic Arm Camera (RAC) Lockheed Martin Space Systems, Denver, Colorado: Phoenix lander module, flight system control Malin Space Science Systems, San Diego, California: Mars Descent Imager (MARDI) University of Texas, Dallas: contributions to the mass spectrometer
Denmark
<ul style="list-style-type: none"> Universities of Aarhus and Copenhagen: contributions to the MET weather station
Germany
<ul style="list-style-type: none"> Max Planck Institute for Solar System Research: Robotic Arm Camera (RAC)
Finland
<ul style="list-style-type: none"> National Meteorological Institute: contributions to the MET weather station
Great Britain
<ul style="list-style-type: none"> Imperial College: contributions to the microscopy station
Canada
<ul style="list-style-type: none"> National Space Agency (CSA): meteorological suite (MET)
Switzerland
<ul style="list-style-type: none"> University of Neuchatel: contributions to the Environmental Compatibility Assessment (MECA) and the microscopy station

Perfect Touchdowns don't come easy

Phoenix was launched from Cape Canaveral on a Delta II rocket on August 4, 2007. After a cruise of almost one year's duration, two flight path corrections, and a temporary computer failure caused by cosmic radiation, the probe began to approach the Red Planet in May 2008. The landing sequence was carried out under autonomous control. On May 26, the probe separated from the upper stage of the rocket and ran out its heat shield. The 7-minute phase that followed was the most critical of the entire mission:

Mars-Atmosphäre mit einer Geschwindigkeit von zunächst gut 20.000 Kilometern pro Stunde. Hier konnte der mitgeführte Fallschirm alleine nicht die notwendige Bremswirkung erzielen. Zusätzlich mussten hydrazinbetriebene Bremstriebwerke eingesetzt werden. Dieses Mal gelang ein Bilderbuch-Touchdown. Mit einer Geschwindigkeit von nur noch zwei Metern pro Sekunde schlug die auf der Erde 350 Kilogramm schwere Landeeinheit um 01:38 Uhr (MEZ) im „Green Valley“ bei 68 Grad nördlicher Breite und 234 Grad östlicher Länge auf den steinigen Boden, wobei das Landegerüst den Vorgang abfederte. So nah an der Polarregion war noch nie eine Marssonde zu Boden gegangen.



Begeisterung im Kontrollraum:
Die Phoenix-Schaufel fördert Eis zutage (NASA)

Control room filled with enthusiasm:
the robotic arm of Phoenix is unearthing ice out of the soil (NASA)

276 Millionen Kilometer betrug zu dieser Zeit die Distanz zwischen Erde und Mars. Die ersten Signale der gelandeten Raumfähre erreichten das Missionskontrollzentrum daher erst mit einiger Verzögerung um 01:53 Uhr. Die damals um den Planeten kreisenden Sonden Mars Reconnaissance Orbiter und Mars Odyssey (beide NASA) wurden als Relaisstationen genutzt. Erste Aufgabe: Sicherstellung der Energieversorgung. Zwei kreisrunde Solarpaneele wurden zu diesem Zweck eine knappe halbe Stunde nach der Landung entfaltet. Anschließend wurde die auf einem zwei Meter hohen Mast montierte, schwenkbare 3D-Kamera, der Stereo Imager, in Betrieb genommen. Um 3:53 Uhr sendete Phoenix erste Bilder zur Erde. Einen Tag später begann man – nachdem Kommunikationsprobleme mit einem der Relaisatelliten überwunden worden waren – mit der schrittweisen Inbetriebnahme des Roboterarmes sowie dessen Bohrer und Schaufel.

Folge den chemischen Spuren

In den Wochen nach der Landung verdichteten sich die Anzeichen auf Wassereis-Vorkommen im Boden. Die Phoenix-Schaufel hatte die steinige Oberfläche angekratzt, war bald auf eine weiße Materieschicht gestoßen und hatte diese fotografiert. Theoretisch hätte es sich allerdings auch um eine Salz- oder Gesteinsschicht handeln können. Doch am 1. August 2008, gegen Ende der ursprünglich geplanten Missionsdauer von drei Monaten, konnte das Team um Chefwissenschaftler Professor Peter Smith von der University of Arizona seinen Erfolg verkünden: Bei dem langsamen Erhitzen mehrerer Bodenproben im Phoenix-Ofen (TEGA) war Wasserdampf entstanden, der Beweis war somit erbracht.

Die eigentliche Überraschung folgte wenig später: Analysen im Mini-Chemielabor von Phoenix (MECA) ergaben Spuren von Perchloraten, wie sie auf der Erde in Wüstengebieten vorkommen. Perchlorate sind Salze, die Sauerstoff abgeben, wenn man sie erhitzt. Mikroorganismen können sich von Perchloraten ernähren. Des Weiteren befand sich Calciumcarbonat (kohlenaurer Kalk) unter den Stoffen, die das Phoenix-Labor aus dem leicht alkalischen Untergrund förderte. Laut dem Report, den die Weltraum-Wissenschaftler aus Arizona jüngst in der Zeitschrift „Science“ veröffentlichten, deuten die Kalkspuren im Boden auf eine in der Vergangenheit bestehende Wechselwirkung zwischen kalkhaltigem Gestein, atmosphärischem Kohlendioxid und oberflächlich vorhandenen Wasserpartikeln hin. Jedoch sagt der Bericht nichts darüber

the descent through the thin Martian atmosphere at a velocity that initially exceeded 20,000 kilometers per hour. Under these circumstances, the probe's parachute was incapable of providing the requisite deceleration on its own, making necessary the use of hydrazine-powered braking rockets. This time, the touchdown was perfect. Having slowed down to no more than two meters per second, the lander, which weighs 350 kilograms on Earth, touched down on stony ground in the Green Valley at 68 degrees northern latitude and 234 degrees eastern longitude at 1:38 a.m., with the landing gear cushioning the impact. Never before had a probe landed so close to a polar region on Mars.



Die in Deutschland entwickelte Robotic Arm Camera
(Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung)

The Robotic Arm Camera, developed in Germany
(Max Planck Institute for Solar System Research)

At that time, the distance between Earth and Mars amounted to 276 million kilometers. The first signals emitted by the module after landing were delayed correspondingly, reaching the mission control center at 1:53 a.m. The two NASA probes that were orbiting the planet at the time, 'Mars Reconnaissance Orbiter' and 'Mars Odyssey', were used as relay stations. The lander's first task was to secure its energy supply. For this purpose, it deployed two circular solar panels a scant half hour after landing. Next, it commissioned its panning 3-D camera, the Stereo Imager, on its 2-meter-high pole. At 3:53 a.m., Phoenix transmitted its first images to Earth. One day later, after communications problems with one of the relay satellites had been resolved, the robotic arm was gradually commissioned together with its drill and shovel.

Follow the Chemical Traces

During the weeks that followed the landing, evidence indicating deposits of water ice in the soil grew constantly. Soon after scratching the rock-strewn surface, Phoenix's shovel encountered a layer of white material, which it photographed. Theoretically, of course, the layer might have consisted of salt or rock. Yet on October 1, 2008 close to the end of the mission's scheduled duration of three months, the team around Principal Investigator Professor Peter Smith of the University of Arizona, reported success: when several soil samples had been slowly heated in the Phoenix furnace (TEGA), water vapor had escaped, proving the presence of water.

The real surprise followed a little later: analyses conducted in the miniature chemical laboratory on Phoenix (MECA) had shown traces of perchlorates similar to those found in the deserts of Earth. Perchlorates are salts that release oxygen when they are heated. There are micro-organisms that feed on perchlorates. Furthermore, the substances found by the Phoenix Laboratory in the slightly alkaline soil included calcium carbonate. According to the report recently published in the journal 'Science' by the space scientists from Arizona, the traces of calcium carbonate detected in the soil indicate that at some time in the past, lime-bearing rock must have interacted with atmospheric carbon dioxide and surface water particles. However, the report does not say whether there might be

aus, ob unter der Oberfläche, vor starker UV-Strahlung geschützt, einfache organische Lebensformen auf Kohlenstoffbasis im Eis ihrer Reaktivierung harren. Es besteht die Möglichkeit, dass das Perchlorat diese Lebensformen während des Erhitzungsprozesses im Ofen zersetzt und damit ihren Nachweis unmöglich gemacht hat. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich tatsächlich organisches Material unter den Proben befand, ist jedoch nicht allzu hoch.

„Folge dem Wasser“ war jahrzehntlang die Strategie der Marskundler, um Spuren von (früher existierendem) Leben auf dem Roten Planeten nachzuweisen. Angesichts der jüngst durch Phoenix erbrachten Erkenntnisse befindet sich diese Marschroute im Umbruch: „Folge den chemischen Spuren“ heißt es nun, nicht nur bei der NASA. Eine weitere neue Erkenntnis: Eis kommt auf dem Mars nicht nur oberflächlich an den Polen und als gefrorenes Grundwasser in niedrigen Breiten vor – es fällt auch in kristalliner Form vom Himmel. Hierfür lieferte die kanadische Wetterstation (MET) auf Phoenix am 3. September 2008 den Beweis. Allerdings erreichen die Flocken nicht den Boden, sondern verdampfen in einer Höhe von zwei bis drei Kilometern wieder und tragen zur Wolkenbildung bei.

Anfang November 2008 schickte Phoenix seine letzten Daten zur Erde. Danach reichte die tägliche Sonneneinstrahlung nicht mehr zum Auffüllen der Energiereserven. Phoenix fiel nach 149 Arbeitstagen in den „Winterschlaf“. Vor Missionsbeginn hatte es noch Überlegungen gegeben, die Sonde 2009 „wiederzubeleben“, wenn die Tage auf dem Mars wieder länger werden. Dieser Plan wurde jedoch verworfen. Am 10. November 2008 gab Principal Investigator Professor Peter Smith das Ende der Mission Phoenix bekannt.

Überblick: Landungen auf dem Mars

Name des Raumfahrzeuges	Datum der Landung	Stationär oder Rover	Raumfahrtorganisation /durchführender Staat	Primäres Missionsziel	Landung geglückt	Aktiv bis
Mars 2	November 1971	stationär	UdSSR	Temperaturmessung (auch unterhalb der Oberfläche), Nachweis von bestimmten Gasen in der Atmosphäre	nein	–
Mars 3	Dezember 1971	stationär	UdSSR	wie Mars 2	ja (nach 20 Sek. Abbruch Funkkontakt)	–
Viking 1 (heute: Thomas A. Much Memorial Station)	20. Juli 1976	stationär	NASA/USA	Biologische Experimente	ja	November 1982
Viking 2 (heute: Gerald Soffen Memorial Station)	4. September 1976	stationär	NASA/USA	wie Viking 1	ja	April 1980
Mars Pathfinder (Landeinheit heißt heute Carl Sagan Memorial Station)	4 Juli 1997	erster Marsrover (Sojourner)	NASA/USA	Chemische Analyse von Gestein, Sammlung von Wetterdaten	ja	27. September 1997
Mars Polar Lander	3. Dezember 1999	stationär (einschließlich zwei separater Penetrator-Sonden)	NASA/USA	Entnahme und Analyse von Bodenproben in Polnähe, Sammlung von Wetterdaten	nein	–
Beagle 2 (gehört zur Orbiter-Mission Mars Express)	25. Dezember 2003	stationär	ESA (Mars Express Orbiter) bzw. Großbritannien (Beagle 2)	Entnahme und Analyse von Bodenproben	nein	–
Mars Exploration Rover	4. Januar (Spirit) bzw. 25. Jan. (Opportunity) 2004	A (Spirit) und B (Opportunity); nur Rover; keine Bodenstation	NASA/USA	Spirit: geologische Erkundung des Gusev-Kraters und Suche nach Wasserspuren; Opportunity: Erkundung der Ebene Meridiani Planum, wie Spirit	ja	noch aktiv bis voraussichtlich Ende 2009
Phoenix (ursprünglich Mars-Surveyor Lander)	25. Mai 2008	stationär	NASA/USA	wie Mars Polar Lander	ja	2. November 2008
Phobos-Grunt	frühestens April 2011	stationär; zusätzlich Rückkehrkapsel	Roscosmos/Russland und Volksrepublik China	erster Versuch einer Probenrückführung vom Marsmond Phobos zur Erde (maximal 400 Gramm)		
Curiosity (ursprünglich Mars Science Laboratory)	frühestens Juli 2011	erster Rover mit nuklearer Energieversorgung (Radioisotopengenerator)	NASA/USA	Entnahme und Analyse von Bodenproben		
ExoMars	frühestens Herbst 2011	Rover	ESA	Entnahme und Analyse von Bodenproben		
Mars Sample Return	möglicherweise ab 2020	Rover und Rückkehrvorrichtung	ESA und NASA/USA	Probenrückführung zur Erde (500 Gramm)		

simple forms of organic carbon-based life waiting to be revived in the ice below the surface, where they are protected from UV radiation. It is conceivable that these life forms were disintegrated by the perchlorate while it was being heated in the furnace, so that their presence could not be demonstrated. However, it is not very likely that the samples did indeed contain organic material.

For decades, 'follow the water' was the slogan of those scientists who were trying to prove by traces that life exists – or had existed – on the Red Planet. Because of the insights recently furnished by Phoenix, this slogan has changed to 'follow the chemical traces', for NASA as well as others. Another fresh insight is this: on Mars, ice is present not only on the surface around the poles and in the form of frozen underground water in the lower latitudes, it also falls from the sky in the form of crystals. This was proven by the Canadian weather station (MET) on Phoenix on September 3, 2008. To be sure, the snowflakes do not reach the ground but evaporate at altitudes of two to three kilometers, thus contributing to the formation of clouds.

Early in November 2008, Phoenix transmitted its last data to Earth. After that, the amount of solar radiation it received during the day was no longer enough for it to replenish its energy reserves. After 149 working days, Phoenix began to 'hibernate'. Before the mission was launched there was some talk about 'reviving' the probe in 2009 as soon as the days on Mars began to grow longer. However, the plan was abandoned. On November 10, 2008, the Principal Investigator Peter Smith announced the end of the Phoenix mission.

Nächster Schritt: Proben zur Erde

„Spirit“ und „Opportunity“, die beiden US-Rover, welche im Januar 2004 den Mars erreichten, sind weiterhin auf der Oberfläche des Roten Planeten unterwegs. Während sich Spirit derzeit allerdings im Gusev-Krater auf der Südhalbkugel festgefahren hat, hält sich Spirit in der Meridiani Planum-Ebene in Äquatornähe auf. Zur aktiven Zeit von Phoenix waren somit erstmals drei Expeditionen gleichzeitig auf dem Mars eingesetzt. Zusätzlich kartiert der europäische Orbiter „Mars-Express“ weiterhin die Oberfläche aus einer elliptischen Umlaufbahn zwischen 300 und 11.000 Kilometern. Die Wissenschaft hat sich ehrgeizige Ziele gesetzt: In absehbarer Zeit will man Materieproben zur Erde zurückführen und eingehender analysieren, als dies „in situ“, also direkt vor Ort, möglich ist. Die von Russland geführte Mission „Phobos-Grunt“ zum Marsmond Phobos wird voraussichtlich 2011 starten. Ab ungefähr 2020 wird möglicherweise das europäische „Mars Sample Return“-Projekt starten. Sofern sich auf politischer Ebene bei den führenden Raumfahrt-Nationen der Wille herauskristallisiert, Menschen zum Mars zu schicken, könnte dies aus technischer Sicht in ungefähr zwanzig bis dreißig Jahren realisierbar sein. Bis dahin müssen nicht zuletzt grundlegende humanphysiologische und psychologische Fragen geklärt werden. Vorbereitungen hierzu laufen bereits: Im Rahmen des Experimentes „Mars500“ (siehe hierzu auch Artikel in der COUNTDOWN 10) werden sich voraussichtlich im März 2010 sechs Menschen in Echtzeit auf einen virtuellen Marsflug begeben.

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

Next Step: Returning Samples to Earth

'Spirit' and 'Opportunity', two US Rovers that reached Mars in January 2004, are still travelling around on the surface of the Red Planet. Whereas Spirit got stuck in the Gusev crater on the southern hemisphere, Opportunity is sojourning in the plain of Meridiani Planum close to the equator. Thus, while Phoenix was operating, three different expeditions were simultaneously active on Mars for the first time ever. In addition, the European 'Mars Express Orbiter' is still mapping the surface from an elliptical orbit ranging between 300 and 11,000 kilometers. Scientists have set their sights high indeed: within the foreseeable future, they intend to have material samples brought back to Earth to be analyzed with an accuracy that cannot be achieved on the spot. Conducted by Russia, the 'Grunt' mission to the Martian moon Phobos will probably be launched in 2011. The European 'Mars Sample Return Project' will probably be launched some time after 2020. Provided that the leading space nations can summon the requisite political willpower, it may be technically possible to send people to Mars in about 20 to 30 years. Until then, however, certain fundamental issues in human physiology and psychology will have to be investigated. Relevant preparations are already being made: under the 'Mars500' experiment (see the article in COUNTDOWN 10), six people will start out on a virtual flight to Mars in real time, presumably in March 2010.

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

Overview of Landings on Mars

Vehicle Name	Landing Date	Stationary/Rover	Space Agency/ State	Primary Mission Objective	Landing successful	Active until
Mars 2	November 1971	stationary	USSR	Temperature measurements (also below the surface), identification of certain gases in the atmosphere	no	–
Mars 3	December 1971	stationary	USSR	see Mars 2	yes (radio contact broke after 20 sec.)	–
Viking 1 (today: Thomas A. Much Memorial Station)	July 20, 1976	stationary	NASA/USA	Biological experiments	yes	November 1982
Viking 2 (today: Gerald Soffen Memorial Station)	September 4, 1976	stationary	NASA/USA	see Viking 1	yes	April 1980
Mars Pathfinder (present lander name: Carl Sagan Memorial Station)	July 4, 1997	first Mars rover (Sojourner)	NASA/USA	Chemical analyses of rocks, collection of weather data	yes	September 27, 1997
Mars Polar Lander	December 3, 1999	stationary (including two separate penetrator probes)	NASA/USA	Extraction and analysis of soil samples close to the pole, collection of weather data	no	–
Beagle 2 (part of Orbiter mission Mars Express)	December 25, 2003	stationary	ESA (Mars Express Orbiter) and Great Britain (Beagle 2)	Extraction and analysis of soil samples	no	–
Mars Exploration Rover	January 4 (Spirit) and January 25 (Opportunity), 2004	A (Spirit) and B (Opportunity); rovers only; no ground station	NASA/USA	Spirit: geological exploration of Gusev Crater and searching for traces of water; Opportunity: exploring the Meridiani Planum plain, see Spirit	yes	will probably remain active until the end of 2009
Phoenix (originally: Mars Surveyor Lander)	May 25, 2008	stationary	NASA/USA	see Mars Polar Lander	yes	November 2, 2008
Phobos-Grunt	No earlier than April 2011	stationary; additional return capsule	Roscosmos/Russia and PR China	first attempt at returning samples from the Martian moon Phobos to Earth (400 grams max.)		
Curiosity (originally: Mars Science Laboratory)	No earlier than July 2011	first rover powered by nuclear energy (radio-isotope generator)	NASA/USA	Extraction and analysis of soil samples		
ExoMars	Not earlier than fall of 2011	Rover	ESA	Extraction and analysis of soil samples		
Mars Sample Return	Possibly after 2020	rover plus return equipment	ESA and NASA/USA	Returning samples to Earth (500 grams)		



Das unvergleichliche Erlebnis Schwerelosigkeit

DLR veranstaltet seit zehn Jahren Parabelflüge

Von Diana Gonzalez

Im Gespräch mit Dr. Ulrike Friedrich, in der DLR-Raumfahrt-Agentur als Projektleiterin zuständig für die DLR-Parabelflüge mit dem Airbus A300 ZERO-G

The Incomparable Experience of Weightlessness

DLR has been organizing parabolic flights for ten years

By Diana Gonzalez

Interview with Dr. Ulrike Friedrich, the project manager in charge of parabolic flights on the Airbus A300 ZERO-G at the DLR Space Agency

Frau Dr. Friedrich, wie kommen Sie als Biologin eigentlich zum Parabelflug? Das ist doch eher ein Training für Astronauten, sollte man meinen.

Friedrich: Ja, das ist sicher keine ganz gewöhnliche Karriere. Ich bin vor 25 Jahren als Biologin zur heutigen Raumfahrt-Agentur gekommen und habe seitdem dafür gesorgt, dass deutsche Wissenschaftler im Fachbereich Biologie Zugang zum Weltraum, also zum Forschen in Schwerelosigkeit, erhalten. 1999 entschied das DLR, eigene Parabelflug-Serien für deutsche Wissenschaftler anzubieten, und ich wurde Leiterin dieses Projektes. Bei Parabelflügen mit Flugzeugen kann man bis zu 30 Mal hintereinander Schwerelosigkeit für jeweils 22 Sekunden erleben und dabei selbst experimentieren. Früher wurden

Dr. Friedrich, how did you, a biologist, end up managing parabolic flights? After all, this is part of an astronaut's training, or so I'd think.

Friedrich: For sure, my career has been a bit out of the ordinary. I joined the present-day Space Agency as a biologist 25 years ago, and since that time I have been seeing to it that German scientists from the field of biology were given access to space, or rather to research in weightlessness. In 1999, DLR decided to organize its own parabolic flight campaigns for German scientists, and I was appointed project manager. On a parabolic flight, you can experience up to 30 successive periods of weightlessness lasting 22 seconds each in which you can conduct your own experiments.



WAZ FotoPool

Parabellflüge genutzt, um Astronauten an die Schwerelosigkeit zu gewöhnen. Sie übten dort beispielsweise, wie man Raumzüge an- und auszieht oder Geräte bedient. Schon ab den 1950er Jahren haben auch deutsche Wissenschaftler, die Brüder Haber, in den USA gezeigt, dass sich Parabellflüge für wissenschaftliche Experimente eignen. 1999 entschied das DLR, eigene Parabellflug-Serien für deutsche Wissenschaftler anzubieten. Und heute werden Parabellflüge vorwiegend veranstaltet, damit Forscher ihre wissenschaftlichen Fragen bearbeiten oder umfangreiche Experimente z.B. für die Raumstation vorbereiten können.

Sie sind also nun seit zehn Jahren Projektleiterin der DLR-Parabellflüge. Was fasziniert noch immer an dieser Aufgabe?

Friedrich: Die Experimente, die bei uns mitfliegen, sind immer wieder anders: Neue wissenschaftliche Probleme werden bearbeitet oder technologische Tests durchgeführt. Man ist immer – zusammen mit den Wissenschaftlern – an der Grenze dessen, was man weiß. Und zum Zweiten: Es sind viele junge Menschen in internationalen zusammengesetzten Teams dabei – es macht einfach Spaß, mit so vielen Menschen umzugehen und immer wieder Neues zu erfahren.

Wozu braucht man eigentlich die Flugzeug-Parabellflüge?

Friedrich: Flugzeugparabellflüge bieten Schwerelosigkeit für wissenschaftliche Experimente. Es gibt auf der Erde ansonsten nur sogenannte Falltürme. Das sind über hundert Meter hohe Röhren, in denen man Gegenstände fallen lassen kann. Man kann auch Raketen ins Weltall schießen, die eine parabelförmige Kurve absolvieren und nach einigen Minuten wieder zurückkommen. Auch dort herrscht Schwerelosigkeit, sechs bis zwölf Minuten lang. Man kann auch Satelliten oder die Internationale Raumstation für längerfristige Schwerelosigkeitsforschung nutzen. Aber wenn ein Experiment nur kurze Schwerelosigkeitsphasen braucht, wenn also 22 Sekunden ausreichen, dann kann man an Flugzeugparabellflügen teilnehmen. Das ist die einzige Möglichkeit, dass Forscher selbst in Schwerelosigkeit ihr eigenes Experiment durchführen können.

Während der bisherigen 14 Kampagnen wurden mehr als 200 Experimente in Schwerelosigkeit durchgeführt. Gibt es schon handfeste Ergebnisse?

Earlier on, parabolic flights were used to accustom astronauts to zero gravity. They practiced, for example, putting on and taking off space suits and operating equipment. As early as the 1950s, German scientists, the Haber brothers, demonstrated in the USA that parabolic flights may be used for scientific experiments. Today, campaigns are mainly run for researchers to work on scientific issues or prepare large-scale experiments that will be completed later on the space station, for example.

So you have been managing DLR's parabolic flights for ten years. Why is this task still fascinating?

Friedrich: The nature of the experiments that fly on our plane keeps changing: there are new scientific problems to be investigated and new technologies to be tested. You always move along the edge of the unknown, together with the scientists involved. And then, international teams include many young people, and it is simply fun to deal with so many individuals and add to your knowledge all the time.

What do we need parabolic flights for?

Friedrich: Parabolic flights on aircraft provide weightlessness for scientific experiments. On Earth itself, the only alternative is a so-called drop tower, a tube more than 100 meters in height within which objects can be dropped. Another option is to shoot rockets into space which travel on a parabolic flight path and return after a few minutes. On these rockets, zero gravity prevails for between six and twelve minutes. Satellites or the International Space Station may also be used for more prolonged research projects, but if an experiment requires only brief periods of weightlessness not exceeding 22 seconds you may opt for participating in a parabolic flight. This is the only way in which researchers can conduct their own experiments in weightlessness by their own.

During the 14 campaigns completed so far, more than 200 experiments have been conducted in zero gravity. Any tangible results?

Friedrich: Die beteiligten Wissenschaftler haben in den letzten zehn Jahren sehr viele neue Erkenntnisse gewonnen, die sie in Fachzeitschriften und auf Kongressen veröffentlicht haben. Das sind meistens Ergebnisse aus der Grundlagenforschung. Aber zum Beispiel in der Medizin hat man anhand eines Experimentes gelernt, wie die Lunge beim Atmen durchlüftet wird und wie groß der Einfluss der Schwerkraft auf diese Durchlüftung ist. Dazu hat man ein völlig neues Analyseverfahren benutzt, so dass man diese Messungen jetzt nicht-invasiv, also von außen, durchführen kann. Die Ergebnisse sind wichtig, um Intensivpatienten optimal betten zu können. Um in der Forschung weiterzukommen und auch, um bessere medizinische Therapiemöglichkeiten zu schaffen, muss man die Grundlagen aufklären. Und hier helfen unter anderem auch die Experimente in Schwerelosigkeit.

Noch ein Beispiel aus der Materialforschung: Wir haben beim DLR ein Gerät entwickelt, mit dem man Metalllegierungen schmelzen und wieder erstarren lassen kann. Der Metalltropfen bleibt dabei in der Schwebelage und berührt keine Gefäßwand. Dadurch gibt es die einzigartige Möglichkeit, ganz genau zu beobachten, wie sich diese Substanzen verhalten. Mit dieser Kenntnis füttert man Computer. So können Gieß- und Erstarrungsprozesse von Metalllegierungen besser simuliert werden. Das ist wichtig für industrielle Gießprozesse, zum Beispiel für die Motorblöcke von Autos. An solchen Experimenten ist auch die deutsche Industrie beteiligt.

Und welches Experiment war aus ihrer Sicht das Originellste?

Friedrich: Wir haben auch mal einen Künstler und eine Künstlerin an Bord gehabt. Sie haben die Schwerelosigkeit genutzt, um Phänomene zu untersuchen, die entstehen, wenn Wasser, Schneeflocken oder auch Murmeln in Schwerelosigkeit frei schweben. Das fand ich auf jeden Fall sehr originell und sehr interessant zu beobachten.

Während eines Parabellflugmanövers zieht der Pilot die Maschine aus der Waagerechten steil nach oben. Bei einem Winkel von etwa 47 Grad wird die doppelte Schwerkraft, die beim Steigflug herrscht, plötzlich aufgehoben. Was ist das für ein Gefühl, wenn die Schwerelosigkeit einsetzt?

Friedrich: Dieses Gefühl ist einfach unbeschreiblich. Es ist mit nichts zu vergleichen. Eben war ich noch doppelt so schwer wie auf der Erde, und nun schwebte ich, wie überhaupt nichts mehr, kann mich dreidimensional im Raum bewegen, habe keinen Druck auf meinem Körper, kann völlig frei schweben. Das ist ein Gefühl der unendlichen Leichtigkeit. Jeder ist ganz entzückt, überrascht, und man sieht eigentlich auf jedem Gesicht von Personen, die zum ersten Mal fliegen, ein Lächeln, ein Lachen und oft auch – je nach Temperament – einen freudigen Ausruf und ein Jauchzen.

Wie kommt es eigentlich zur Schwerelosigkeit im Flieger?

Friedrich: Physikalisch gesehen ist ein Objekt schwerelos, wenn es nicht mehr von äußeren Kräften beeinflusst ist. Und das ist so im freien Fall. Wenn man einen Gegenstand wirft, so bringt man ihn in den freien Fall. Ideal ist das natürlich nur im Vakuum möglich, denn dort entfällt die Luftreibung. Wenn wir mit einem sehr starken Flugzeug, also mit kräftigen Turbinen, die Bahn eines sogenannten schiefen Wurfs nachfliegen, ist auch das Flugzeug in einer bestimmten Phase dieses Manövers – der sogenannten Parabel – schwerelos. Und das gilt auch für alles, was in diesem Flugzeug drin ist.

Friedrich: During the last ten years, participating scientists have made many discoveries which they published in journals and on congresses. Most of these results relate to basic research. But then, a medical experiment showed how the lungs are ventilated by breathing, and how great the influence of gravity on ventilation is. The analytical method used in this case was completely new in that it involved non-invasive or, in other words, external measurements. These results are important for optimizing the position of intensive-care patients in bed. To get on in research and develop better medical therapies you need to be clear in your mind about the fundamentals, and this is where experiments in weightlessness come in.

Another example, from materials research this time: DLR researchers have developed a device within which metal alloys can be melted and allowed to solidify again. Throughout the experiment the drop of metal remains in levitation without touching the walls of the crucible. This affords a unique opportunity for observing the behavior of such substances with a high degree of precision. The data thus gained are fed into computers in order to improve the mathematical simulation of the pouring and solidification processes of metal alloys. This is important for the industrial production of castings such as car engine blocks, for example. Experiments of this kind do attract investments from the German industry.

And which experiment was the most inventive, do you think?

Friedrich: On one flight, we were joined by a male and a female artist who used the periods of weightlessness to study the phenomena that occur when water, snowflakes, or marbles float freely in the air. That was very inventive and interesting to watch.

„Parabellflüge sind die einzige Möglichkeit, dass Forscher selbst in Schwerelosigkeit ihr eigenes Experiment durchführen können.“

‘Parabolic flights are the only way in which researchers can conduct their own experiments in weightlessness.’

During a parabolic flight maneuver, the pilot pulls the aircraft hard up from the horizontal. At an angle of about 47 degrees, the weight that oppressed you during the ascent suddenly vanishes. What does this change from double gravity to weightlessness feel like?

Friedrich: The feeling is simply indescribable. There is nothing you can compare it to. Having felt

twice as heavy as on Earth a moment ago, you are floating, weighing nothing at all, moving in all three dimensions in space. There is no pressure on your body, and you can drift around freely. It is a feeling of infinite lightness. Everyone is delighted, surprised; more or less every first-timer can be seen smiling or laughing, and you often hear exclamations or shouts of joy, depending on people's temperament.

What brings about weightlessness in the aircraft?

Friedrich: In physical terms, any object that is not influenced by external forces is weightless. This is what happens in free fall. Whenever you throw an object you put it into free fall. Needless to say, ideal conditions can be attained only in a vacuum where there is no air drag. When an aircraft equipped with very powerful turbines follows what is called a ballistic trajectory, the aircraft itself will become weightless in a certain phase of this maneuver called the parabola. And the same holds true for everything that is inside.

10 Jahre DLR-Parabelflüge – eine Statistik

- 14 Kampagnen, 1 bis 2 Kampagnen pro Jahr, 4 mal in Köln
- 241 Experimente, 13 bis 22 Experimente pro Kampagne
- 57 Flugtage
- 36 Tonnen Geräte
- 2189 Mitflieger, pro Flugtag fliegen circa 36 Wissenschaftler mit 35 bis 40 Minuten Schwerelosigkeit pro Kampagne
- 1540 Parabeln = 9 3/4 Stunden Schwerelosigkeit + 17 Stunden Hyperschwerkraft
- 72 Journalisten
- 25 Schüler aus 13 Schulen
- 2 Künstler/innen

Wigald Boning, Ranga Yogeshwar, Karsten Schwanke – die Liste Ihrer prominenten Mitflieger ist lang. Wie haben denn die unerschrockenen Reporter die Schwerelosigkeit verkraftet?

Friedrich: Ich habe ganz große Hochachtung vor den Journalisten. Sie mussten ja nicht nur selber mit dem Erlebnis klarkommen, das erste Mal die Schwerelosigkeit am eigenen Körper zu spüren, sondern sie mussten ja auch noch richtig arbeiten. Sie haben entweder ein eigenes Experiment durchgeführt oder sie haben ein Interview an Bord mit Wissenschaftlern gedreht. Und alles hat immer wunderbar geklappt.

Parabelflüge sind berüchtigt für ihre unerwünschten körperlichen Nebenwirkungen. Etwa ein bis zwei Passagiere pro Flug müssen zur Papiertüte greifen. Ergeht es da erfahrenen Parabelflug-Teilnehmern anders als Neulingen?

Friedrich: In der Tat. Es kann einem Erstflieger schon passieren, dass diese ungewohnten Manöver ihm auf den Magen schlagen, auch wenn jedem die Möglichkeit gegeben ist, ein Medikament gegen Reiseübelkeit zu nehmen. Die Irritation des Gleichgewichtssinns im Vergleich zum Sehsinn des Menschen ist erheblich. Manche bekommen eine sogenannte Kinetose (Reisekrankheit, Anm. d. Red.) und müssen dann eine Spucktüte verwenden. Das passiert aber meistens nur beim ersten Flug, weil der Körper sehr schnell lernt, sich auf eine neue Umgebung einzustellen und sich mit veränderten äußeren Bedingungen zu arrangieren. Schon beim zweiten Flug kann er in der Regel so reagieren, dass es überhaupt keine Probleme mehr gibt.

Es gibt also so etwas wie einen Gewöhnungseffekt?

Friedrich: Ganz genau. Die Menschen gewöhnen sich an die Parabeln, sie lernen, wie sie sich richtig verhalten und was sie möglichst nicht tun. Und dann geht es ihnen auch gut.

Der Anteil der industriellen Forschung auf Parabelflügen ist derzeit gering. Woran liegt das und wie kann man das Interesse der Wirtschaft steigern?

Friedrich: Es stimmt, im Augenblick haben wir vorwiegend wissenschaftliche Experimente aus Universitäten und anderen Forschungsinstitutionen, wie der Max-Planck- und der Fraunhofer-Gesellschaft. Die industrielle Forschung ist in der Regel sehr interessiert an kurzfristig durchführbarer und kalkulierbarer Forschung. Wir müssen noch mehr bekannt machen, dass gerade die Parabelflüge mit ihren 22 Sekunden Schwerelosigkeit für viele Fragen durchaus eine geeignete Experimentiermöglichkeit sind – bei Vorbereitungs- und Durchführungszeiten von weniger als einem Jahr. Auch kostenmäßig lässt sich die Teilnahme am Parabelflug gut kalkulieren. Ich glaube schon, dass es viele Fragen auch aus der deutschen Industrie geben könnte, zu deren Lösung die Forschung in Schwerelosigkeit beitragen kann.

Der Weltraumtourismus ist derzeit im Kommen. Es werden Kurztrips ins All für jedermann angeboten, und Architekten planen bereits ein Weltraumhotel. Wie sehen Sie die Zukunft der kommerziellen Parabelflüge?

10 years of DLR parabolic flights: statistical data

- 14 campaigns, 1 to 2 campaigns per year, 4 at Cologne
- 241 experiments, 13 to 22 experiments per campaign
- 57 flight days
- 36 tons of equipment
- 2,189 passengers, c. 36 passengers per flight day
- 35 to 40 minutes of weightlessness per campaign
- 1,540 parabolas = 9 3/4 hours of weightlessness plus 17 hours of hypergravity
- 72 journalists
- 25 pupils from 13 schools
- 2 artists

Wigald Boning, Ranga Yogeshwar, Karsten Schwanke – die Liste Ihrer prominenten Passagiere ist lang. How did the intrepid reporters cope with weightlessness?

Friedrich: I feel very great respect for the journalists. After all, they not only had to cope with the experience of the weight being lifted from their bodies, they also had to work hard. They either ran their own experiments or filmed interviews with the scientists on board. And everything worked out just fine, every time.

Parabolic flights are notorious for undesirable side-effects. About one or two passengers per flight are forced to reach for their air sickness bags. Do experienced parabolic flight passengers fare better than novices?

Friedrich: Yes, indeed. It may easily happen that a first-timer's stomach is upset by unaccustomed maneuvers such as this, although everyone is offered the option of taking medication against travel sickness beforehand. The irritation caused by the discrepancy between the sense of equilibrium and the optical sense is considerable. Some do get kinetosis (travel sickness; editor's note) and have to use their sickness bags. However, this normally happens only during the first flight because the human body is very quick at learning how to adjust to a new environment and accommodate changes in ambient conditions. From the second flight onwards, people's bodies normally respond so well that there are no problems any more.



Anspruchsvolles Manöver: je ein Pilot für Seiten- und Höhentrimmung sowie ein Flugingenieur für den Schub. (WAZ FotoPool)

Challenging maneuver: Two pilots take care of vertical and altitude trim, respectively, one flight engineer looks after the thrust. (WAZ FotoPool)

Friedrich: Es gibt ja bereits die Möglichkeit, dass neben den ausschließlich wissenschaftlichen Flügen, die von den großen Raumfahrtagenturen der Welt angeboten werden, auch normale Bürger an kommerziellen Flügen in den USA oder in Russland teilnehmen können. Allerdings sind diese Flüge noch sehr teuer, weil man allein schon aus Sicherheitsgründen einen sehr hohen Aufwand betreiben muss. Ich denke dennoch, dass „Parabelflüge für Jedermann“ in Zukunft etwas erschwinglicher werden. Ich wünsche vielen Menschen, dass Sie das unvergleichliche Erlebnis Schwerelosigkeit einmal selbst erfahren können.

Diana Gonzalez ist Online-Redakteurin in der DLR-Raumfahrt-Agentur.

So there is something like acquired tolerance?

Friedrich: Quite right. People get accustomed to parabolas, they learn how to behave properly and they learn what not to do. After that, they are alright.

The proportion of industrial research on parabolic flights is low at present. What is the reason, and how could the economy be induced to show greater interest?

Friedrich: You are right; at the moment, our experiments are preponderantly scientific investigations run by universities and other research institutes, such as the Max Planck and the Fraunhofer societies. As a general rule, the industry is greatly interested in short-term projects that can be reliably priced. What we need to do is spread the news that parabolic flights with their 22 seconds of weightlessness are quite suitable for investigating a multitude of issues, with less than a year required for both preparation and implementation. Moreover, the cost of participating in a parabolic flight can be calculated fairly precisely. I do believe that Germany's industry has many questions, which research in weightlessness may help to answer.

Space tourism is on the rise at present. Short trips into space are being offered to the general public, and architects are already drawing up plans for a space hotel. What is your vision of the future of commercial parabolic flights?

Friedrich: In addition to the exclusively scientific flights that are being organized by the major space agencies of the world, people like you and me already have the option of going on commercial flights that are being offered in the USA and Russia. However, these flights are still very expensive because the demands of safety call for great investments. Nevertheless, I believe that 'parabolic flights for all' will become somewhat more affordable in the future. I would like to see many people given the opportunity to make the incomparable experience of weightlessness in person.

Diana Gonzalez is an online editor at the DLR Space Agency.

Dr. Ulrike Friedrich, beim DLR verantwortlich für die Parabelflüge, mit dem französischen Astronauten und Novespace-Direktor Jean-Francois Clervoy

Dr. Ulrike Friedrich, parabolic flight project manager at DLR, with the French astronaut and director of Novespace, Jean-Francois Clervoy



Von Untertage ins Weltall

Statt Kohle wird jetzt Galileo
finanziell gefördert

Von Alexander Katriniok, Martin Baier und Frank Hesseler

Die Bedeutung von Satellitennavigationssystemen nimmt im automobilen Umfeld stark zu. So werden Positionierungsdienste nicht nur zur Navigation, sondern auch für ein effektives Flottenmanagement oder das automatische Abrechnungsverfahren des deutschen Mautsystems eingesetzt. Aufgrund der nicht garantierten Verlässlichkeit ihrer Ortung und fehlender Integritätsinformationen ließen sich bisher jedoch keine sicherheitskritischen Anwendungen realisieren. Mit der für 2013 geplanten Inbetriebnahme des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo ergeben sich aufgrund einer weltweit verlässlichen Ortungsinformation, einer geplanten gesetzlich garantierten Verfügbarkeit sowie durch Informationen zur Signalintegrität neue Anwendungsgebiete. Im Bereich der Fahrerassistenzsysteme lassen sich so zum Beispiel Funktionen realisieren, die den Fahrer vor Gefahren warnen.

Im Rahmen des Projektes „Galileo above“ (Anwendungszentrum für bodengebundenen Verkehr) unter Leitung der RWTH Aachen werden derzeit zwei Testzentren aufgebaut, die es potenziellen Nutzern schon vor Inbetriebnahme von Galileo ermöglichen, innovative Galileo-basierte Anwendungen zu testen. Bei den beiden Testzentren handelt es sich um das railGATE für Anwendungen im Schienenfahrzeugbereich (siehe Artikel hierzu in COUNTDOWN-Ausgabe 10), welches auf dem Gelände des Test- und Validation Center der Siemens AG in Wegberg-Wildenrath aufgebaut wird, und das automotiveGATE für automobilen Anwendungen, das in Aldenhoven errichtet wird. Das Vorhaben wird durch die DLR Raumfahrt-Agentur mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie gefördert.

From Underground to Outer Space

Former state coal subsidies
re-allocated to fund Galileo

By Alexander Katriniok, Martin Baier, and Frank Hesseler

Satellite navigation is becoming ever more important in the automotive environment. Positioning services are used not only for navigation but also to support efficient fleet management and automatic road toll charging. However, the reliability issues and the lack of integrity information of localisation data obtained from existing systems have made it impossible so far to use the technology for any safety-critical applications. The European satellite navigation system Galileo, scheduled to go live in 2013, is now opening up new options. Novel applications based on its reliable positioning data that will be available worldwide, along with full signal integrity information, are becoming a possibility. In the area of driver assistance, functions can now be developed that warn drivers of imminent hazards.

Within the framework of 'Galileo above' (application center for ground based transportation) two test environments are being set up under the supervision of RWTH Aachen University which will enable potential future users of Galileo signals to perform trial runs of innovative applications a long time ahead of Galileo's actual entry into service. The two facilities are railGATE for applications in the area of rail transport (cf. COUNTDOWN Edition 10), which is under construction on the premises of the Siemens testing and validation center in Wegberg-Wildenrath, and automotiveGATE for car applications which is being built in Aldenhoven. The project is sponsored by the DLR Space Agency with funds from the Federal Ministry of Economics and Technology.

Positionierungsdienste werden nicht nur zur Navigation, sondern auch für das Flottenmanagement oder das Abrechnungsverfahren des deutschen Mautsystems eingesetzt.

Positioning services are used not only for navigation but also to support fleet management or the settlement procedure of the German toll system.

Das Aldenhoven Testing Center (ATC)

Das ATC wird auf dem ehemaligen Zechengelände „Emil Mayrisch“ in Aldenhoven-Siersdorf mit Mitteln der RWTH Aachen und Unterstützung des Kreis Düren errichtet. Der erste Bauabschnitt, der voraussichtlich im Oktober 2009 fertig gestellt sein wird, umfasst als zentrales Element eine kreisförmige asphaltierte Fahrdynamikfläche mit 210 Metern Durchmesser. An die Fläche ist eine Beschleunigungsspur angeschlossen, um auch höhere Geschwindigkeitsbereiche abdecken zu können. Über eine Rückholspur können zusätzlich kontinuierliche Fahrten, zum Beispiel für das Aufheizen der Bremsen, realisiert werden. Bereits mit Fertigstellung des ersten Bauabschnitts können fahrdynamische Testfahrten für LKW und PKW durchgeführt und Fahrerassistenzsysteme jeglicher Art durch reproduzierbares Nachstellen verschiedenster Szenarien auf der Dynamikfläche entwickelt und getestet werden.

Der geplante zweite Bauabschnitt umfasst eine Umfahrung, einen Handlingkurs, eine Schlechtwegstrecke, einen Steigungshügel sowie eine Bremsstrecke und komplettiert dadurch die im ATC darstellbaren Testszenarien. Zusätzlich werden Werkstätten und Büros direkt an der Teststrecke angesiedelt sein, so dass technische und organisatorische Prozesse direkt vor Ort durchgeführt werden können. Aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten haben bereits mehrere Automobilhersteller ihr Nutzungsinteresse bekundet. Darüber hinaus ist das ATC nicht auf die Entwicklung automobiler Anwendungen beschränkt, sondern kann auch weiteren Industriezweigen als Entwicklungsstandort dienen. Beispiele sind das Baustellenmanagement oder das autonome Arbeiten von Land- und Baumaschinen mit Hilfe von Galileo.

The Aldenhoven Testing Center (ATC)

The ATC is being built on the former 'Emil-Mayrisch' mining premises in Aldenhoven-Siersdorf, funded by RWTH Aachen University and supported by the Düren district administration. Part one of the construction is expected to be complete in October 2009. Its central element is an asphalt-paved circular skid pad measuring 210 meters in diameter. It has an acceleration lane to allow testing at higher speed ranges. Via a return track, vehicles can be brought back onto the pad and tested in continuous cycles to assess the heating-up of brakes and similar characteristics. As soon as the first part of the site is complete, the facility will be available for performing dynamic testing of trucks and passenger cars, and for developing and testing driver assistance systems of all kinds, reproducibly simulating any combination of scenarios on the skid pad.

To complete the range of ATC test scenarios, the planned second part of the construction project will include a high-speed oval course, a handling track, a rough road section, an incline and a brake testing area. There will also be maintenance workshops and offices immediately next to the track, ensuring that any technical and administrative work can be done in situ. Several car manufacturers have already evinced their interest to take advantage of the facility and its wide range of applications. What is more, the ATC is not limited to the development of automotive applications but can serve other industries as a development center as well. To mention but a few, Galileo may also open up opportunities in the field of construction site management, or in the operation of automated agricultural or construction machinery.

Fit für Galileo

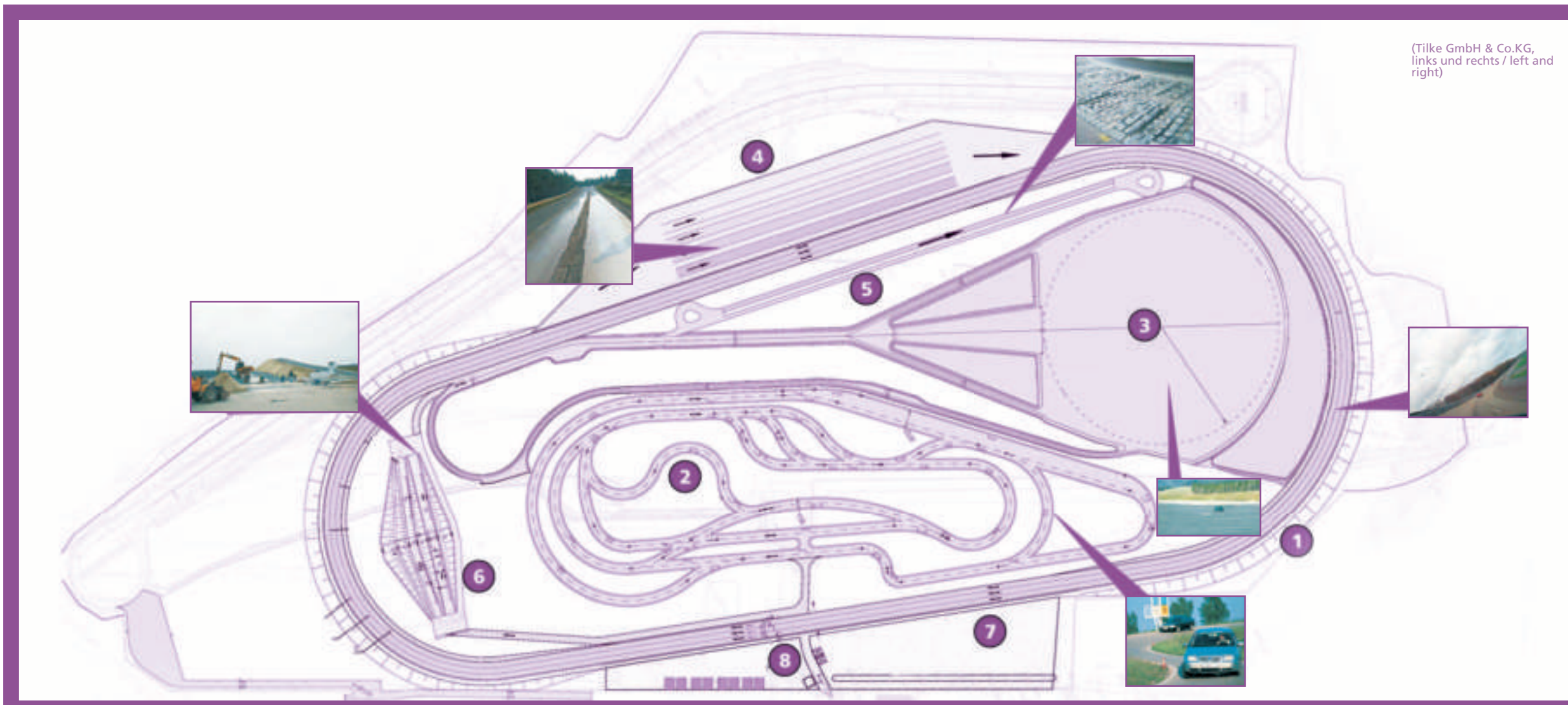
Das automotiveGATE wird auf dem Gelände des ATC nach Fertigstellung des ersten Bauabschnitts errichtet und dieses mit Galileo-Signalen versorgen. Über spezielle Sendeanlagen, sogenannte Pseudolites, können bereits vor Inbetriebnahme des Galileo-Navigationssystems entsprechende Signale in einem begrenzten Gebiet zur Verfügung gestellt werden. Untersuchungen und Simulationen haben gezeigt, dass das ATC durch sechs Pseudolites hinreichend ausgeleuchtet werden kann. Um eine optimale Empfangssituation zu gewährleisten, werden die Pseudolites auf circa 50 Meter hohen Sendemasten installiert. Dies kann in Aldenhoven vorwiegend durch die Nutzung benachbarter Hochspannungsmasten erfolgen. Die Steuerung der Anlage erfolgt über das Monitor- und Kontrollsegment, das sich im Verwaltungsgebäude befindet. Die Genauigkeit der Positionsbestimmung und die Signalqualität der Pseudolites kann über einen Referenzempfänger ermittelt werden. Dies ermöglicht die Genauigkeit der Positionsbestimmung im Testfeld zu variieren und so Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit Galileo-basierter Anwendungen zu testen.

Des Weiteren ist eine Vernetzung der Kontrollzentren von automotiveGATE und railGATE vorgesehen, so dass die Anlage auch aus der Ferne gesteuert werden kann. Der Zeitplan sieht den Beginn der Bauarbeiten für Anfang 2010 vor. Dies ermöglicht es, die Exaktheit von circa 0,5 bis 1 Meter wird die des Galileo-Systems im freien Feld übertreffen. Die Galileo-Ortung kann auf diese Weise frühzeitig erprobt, das Potenzial lokaler Elemente ermittelt und Anwendungen für zukünftige Navigationssysteme mit größerer Genauigkeit entwickelt werden. Ferner kann die Verwendung lokaler Elemente in Verbindung mit realen Satellitennavigationssystemen erprobt werden. Als Einsatzgebiete kommen zum Beispiel sicherheitskritische Anwendungen an Straßenkreuzungen

Fit for Galileo

The automotiveGATE is to be constructed on the ATC premises and will supply the facility with Galileo signals once the first part of the construction work is complete. Special transmitter systems, called pseudolites, will produce positioning signals in a limited local area even before Galileo becomes fully operational. Studies and simulations have shown that six pseudolites will provide sufficient signal coverage for the whole ATC area. The pseudolites will be mounted on 50-meter transmitter masts for optimum reception. In the specific Aldenhoven situation, most of them can even be installed on existing power line towers in the immediate neighborhood. The system will be controlled by a monitoring and control segment located in the administration building. A reference receiver will be used to monitor the accuracy and signal quality of the pseudolites. This allows experimenting with varying positioning accuracy levels in the test field to study the impact of this variation on the reliability performance of Galileo-based applications.

A further plan is to create a network linking between automotiveGATE and railGATE control centers, thus opening up the possibility of remote-controlling the system from any point. Under the current timetable, construction is scheduled to begin early 2010. The planned accuracy level of between 0.5 and 1.0 meters of this installation will exceed that of the Galileo system in free-field applications. Besides testing Galileo's positioning performance early on, other benefits provided by this setup are its capability to explore the potential use of local elements, and to allow developing applications for even more accurate future navigation systems. Local elements can be tested in conjunction with existing



Aldenhoven Testing Center

- 1 **Ovalbahn**
Oval track
- 2 **Handlingkurs**
Handling track
- 3 **Dynamikfläche**
Dynamic surface
- 4 **Bremsstrecke**
Braking track
- 5 **Schlechtwegstrecke**
Rough-road track
- 6 **Steigungshügel**
Inclination hill
- 7 **Betriebsfläche**
Plant area
- 8 **Betriebsgebäude**
Plant building

Grundstücksgrenze Property line

in Frage. Hier können lokale Elemente eine größere Genauigkeit liefern als das eigentliche Satellitennavigationssystem. Auch die Reproduzierbarkeit der Galileo-Ortung an einer festen Position im Testfeld bietet deutliche Vorteile. So kann beispielsweise bei der Fehlersuche während der Entwicklung einer Galileo-basierten Anwendung eine fehlerhafte Positionsbestimmung ausgeschlossen werden.

Initialprojekte im Umfeld von Galileo

Um bereits während des Testfeld-Aufbaus Erfahrungen und wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen sowie die Funktionsfähigkeit des automotiveGATE sicherzustellen, wird begleitend ein Initialprojekt durchgeführt. Unfallforschungen zeigen, dass mehr als 50 Prozent aller Unfälle aus Zusammenstößen zwischen Fahrzeugen resultieren. Mit dem Ziel, die Anzahl derartiger Unfälle und deren Folgen zu reduzieren, wird in diesem Initialprojekt ein Kollisionsvermeidungs-System (Collision Avoidance Systems, CAS) entwickelt, das auf Kollisionskurs befindliche Fahrzeuge erkennt und autonom interveniert, wenn der Fahrer nicht rechtzeitig und angemessen reagiert. Dabei sollen sowohl unbewegte als auch bewegte Fahrzeuge berücksichtigt werden.

Hierfür werden zwei Testfahrzeuge mit je einem Receiver zur Galileo-Ortung ausgestattet, die durch bordautonome Sensorik, wie beispielsweise einen Radar-Sensor, gestützt wird. Die Übermittlung relevanter Fahrzustandsdaten zwischen den Fahrzeugen erfolgt dabei über „Car-to-Car“-Kommunikation. Die Realisierung der Kollisionsvermeidungs-Funktion erfordert eine hohe Ortungsgenauigkeit und wird durch den Einsatz der Galileo-Ortung erst möglich.

Weitere Projekte im automotiveGATE

Parallel zum Aufbau der Testzentren fördert das Land Nordrhein-Westfalen weitere Anwendungsprojekte. Hieran beteiligt sind im Automobilbereich die Delphi Delco Electronics Europe GmbH, das Ford Forschungszentrum Aachen GmbH, das Institut für Kraftfahrzeuge und das Institut für Regelungstechnik (beide RWTH Aachen). Es werden drei Anwendungsprojekte durchgeführt, die der Evaluation eines breiten Spektrums an Assistenzsystemen dienen.

Im ersten Anwendungsprojekt wird ein Kurvengeschwindigkeits-Warnsystem (Curve Speed Warning, CSW) entwickelt, das den Fahrer bei überhöhter Geschwindigkeit vor einer Kurve durch Anzeige einer Geschwindigkeitsempfehlung warnt. Die Unfallforschung zeigt, dass Unfälle in Kurven meist durch zu hohe Geschwindigkeiten entstehen. Durch den Einsatz präziser Galileo-Ortung in Verbindung mit digitalem Kartenmaterial kann ein vorausschauendes Assistenzsystem entwickelt werden, das derartige Gefahrensituationen in Kurven entschärft.

Das zweite Anwendungsprojekt hat die Entwicklung eines Galileo-basierten adaptiven Frontscheinwerfers (Adaptive Front Lighting, AFL) zum Ziel. Moderne Lichtsysteme werden zwar fortwährend verbessert, erfordern jedoch meist eine manuelle Anpassung des Beleuchtungsstatus durch den Fahrer. Im Gegensatz dazu soll das auf Galileo basierende AFL-System durch Kenntnis des Straßenverlaufs Form, Höhe, Intensität und den Bereich des Leuchtfeldes automatisch der aktuellen Verkehrssituation anpassen können. Dazu wird unter Verwendung der ermittelten Fahrzeugposition und einer digitalen Karte der optimale Beleuchtungsstatus ermittelt. Wird bei Autobahnfahrten ein breites, weites Leuchtfeld gewünscht, so ist bei Kurvenfahrten ein automatisch in Fahrtrichtung ausgerichteter Lichtkegel vorzuziehen. Für die Realisierung des AFL-Systems ist eine hochpräzise Ortungsinformation unabdingbar, die mit Galileo-Signalen im Testfeld hergestellt werden kann.

Im dritten Anwendungsprojekt erfolgt die Entwicklung eines Galileo-basierten Abstandsregeltempomaten (Adaptive Cruise Control, ACC), eine Erweiterung der Geschwindigkeitsregelanlage um eine Abstandsregelung. Dieses System wurde zunächst lediglich aus Komfortgründen eingesetzt. Untersuchungen haben ergeben, dass der Einsatz von ACC durch Einhaltung eines sicheren Folgeabstands die Verkehrssicherheit steigern kann. Im Rahmen dieses Projekts wird unter Verwendung einer präzisen Galileo-Ortung in Verbindung mit digitalen Karten und „Car-

satellite navigation systems. Safety-critical applications at street junctions could be looked at as one option, with local elements providing signals of a higher accuracy than the overall satellite navigation system. The reproducibility of the Galileo signal in a fixed-position test-field scenario clearly has other benefits, too. It facilitates causal analysis when developing a Galileo-based application as it permits ruling out incorrect positioning as a cause of failure.

Initial projects in the Galileo environment

In order to gain scientific knowledge even while the test field is still under construction, and in order to ensure the correct performance of the automotiveGATE, it was decided to run an initial project in parallel with the first construction phase. Accident studies have shown that more than 50 percent of all accidents are vehicle-to-vehicle collisions. In an effort to reduce the number of these accidents and mitigate their consequences, this initial project is about developing a collision avoidance system (CAS) designed to detect an oncoming vehicle heading for a collision. The system is to intervene autonomously if the driver fails to react in a timely and appropriate manner. It is designed to recognize both moving and standing vehicles.

The test setup consists of two test vehicles, each fitted with a Galileo receiver to pick up its position data, supported by a set of on-board sensors like a radar sensor. The relevant status signals are transmitted between vehicles by means of a car-to-car communication system. The collision avoidance function requires position data of an accuracy that only Galileo can provide.

Other automotiveGATE projects

In addition to funding these test facilities, the North-Rhine Westphalian state government has made funding available for a number of further application projects. The participating automotive research institutes are Delphi Delco Electronics Europe GmbH, the Ford Research Center in Aachen, as well as the Institutes of Automotive Engineering and Automatic Control (both at RWTH Aachen University). There are three research projects currently in progress to evaluate a wide range of driver assistance systems.

The first application project is to develop a curve speed warning (CSW) system that alerts drivers of excessive speed and gives a speed recommendation prior to entering a curve. Accident studies have shown that most accidents in curves are caused by speeding. Accurate Galileo positioning, combined with digital maps and a predictive assistance system, will permit developing a technology that is able to take the edge off hazardous cornering maneuvers.

The second application project aims at the development of a Galileo-based adaptive front lighting system (AFL). While modern lighting technology is continuously being improved, most systems still require the driver to operate light controls manually. A Galileo-based system, thanks to its knowledge of the road ahead, is able to automatically adjust the shape, height, intensity and range of the illuminated area to the current traffic situation. Using the vehicle's position data and a digital map, the system automatically selects the best lighting mode. While a wide, long illuminated area is desirable on a motorway, the light beam should preferably be set at an angle pointing into the direction of motion when driving around bends. To realize the AFL system, it is absolutely essential to have highly accurate position data. These can be delivered by test-field Galileo signals.

The third application project is about developing a Galileo-based adaptive cruise control system (ACC). This is a system, which, besides controlling a vehicle's speed, also controls its distance to the vehicle ahead. Studies have shown that the use of ACC can result in an overall safety gain by ensuring a proper distance from vehicles ahead at all times. An enhanced ACC system is being developed under this project which uses high-precision Galileo localisation data in combination with digital maps and car-to-car communication technology. Its purpose is to take into account



Galileo bietet ab 2013 hochpräzise Navigation auch im Stadtverkehr (ESA)

From 2013 onwards, Galileo will be offering high precision navigation also in urban traffic (ESA)

to-Car“-Kommunikation ein erweitertes ACC-System aufgebaut. Dieses soll neben den Fahrzustandsdaten des direkt vorausfahrenden Fahrzeugs – wie Position, Geschwindigkeit und Beschleunigungsforderung – auch die Fahrzustände der weiter vorausfahrenden Fahrzeuge berücksichtigen. Durch den Einsatz solcher Systeme lassen sich beispielsweise Auffahrunfälle an Stau-Enden vermeiden, indem das Fahrzeug am Ende des Staus seine Position über „Car-to-Car“-Kommunikation an den nachfolgenden Verkehr sendet. Ebenso kann durch Kenntnis der Fahrzustände des umgebenden Verkehrs ein vorausschauender und damit stauvermeidender Fahrbetrieb erreicht werden.

Galileo-Testfelder für jede Verkehrsart

Die Errichtung von Galileo-Testfeldern begann mit GATE in Berchtesgaden. Für die Verkehrsträger Schifffahrt und Luftverkehr wurde der Aufbau der spezialisierten Testzentren SEA GATE und aviationGATE in die Wege geleitet. Mit Galileo above werden die Testmöglichkeiten für das kommende europäische Satellitennavigationssystem um je ein Testzentrum für den Straßen- und den Schienenverkehr komplettiert. Somit stehen in Deutschland für alle wichtigen Verkehrsträger Testzentren zur Verfügung. Da das automotiveGATE und ATC nicht firmengebunden sind, können sie von der gesamten Automobilindustrie und auch von anderen Industriezweigen genutzt werden. Der Beginn des Testbetriebes ist Ende 2010 unter Leitung der RWTH Aachen geplant. Nachfolgend wird die Anlage einer Betreibergesellschaft übergeben, der zum einen die technische Betreuung und Wartung obliegen wird. Zum anderen soll durch diese der Aufbau eines Kompetenzzentrums zur Verwertung der gewonnenen Erkenntnisse durch Hochschulen und Industrie durchgeführt werden.

Der Aufbau des automotiveGATE wird auf der projektbegleitenden Homepage www.automotiveGATE.de dokumentiert. Ebenso kann der Fortschritt des Bau- und Projektvorhabens des ATC auf www.atc.rwth-aachen.de verfolgt werden.

Alexander Katriniok ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen im Bereich Galileo für Kraftfahrzeuge.

Martin Baier ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Leiter der Gruppe Rail und Projektleiter für Galileo above am Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen.

Frank Hesseler ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Leiter der Gruppe Automotive am Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen.

not only the status data of the vehicle immediately ahead – its position, speed and required acceleration – but those of vehicles travelling further ahead as well. Systems of this kind might be helpful in avoiding end-of-queue rear collisions by transmitting vehicle position data from the vehicle located at the end of a queue to the traffic following behind. Also, the knowledge of the driving status of the surrounding traffic can help bringing about a predictive, continuous flow of traffic with less congestion.

A Galileo test field for every mode of transportation

The history of Galileo test fields began with the installation of GATE in Berchtesgaden. For shipping and aviation, specialized testing facilities SEA GATE and aviationGATE are in preparation. 'Galileo above' completes the range of test centers for the coming European satellite navigation system, by adding one facility each for road and rail transportation, so that Germany will shortly have test centres for all important modes of transportation. Given that automotiveGATE and ATC are not tied to a particular firm, the entire automotive industry and even other sectors are free to use them. A trial phase is scheduled to begin in late 2010 and will be overseen by RWTH Aachen University. After testing, the facility will be turned over to an operating company which will, for one, be responsible for its regular technical supervision and maintenance. It will moreover be put in charge of building a competence center where the knowledge gained can be exploited both by the universities and by the industry.

The progress of automotiveGATE will be documented on the project's homepage, www.automotiveGATE.de. You can also visit www.atc.rwth-aachen.de to see how the ATC building project is progressing.

Alexander Katriniok is a scientific assistant of the Galileo Vehicle Applications Team at the Institute of Automatic Control of RWTH Aachen University.

Martin Baier works as a scientific assistant, heads the Rail Team and is the project manager of 'Galileo above' at the Institute of Automatic Control of RWTH Aachen University.

Frank Hesseler works as a scientific assistant and team leader of the Automotive Group at the Institute of Automatic Control of RWTH Aachen University.

Geschichte der deutschen Raumfahrt

Teil 10: Deutschlands Raumfahrtprogramm zur Millenniumswende (1995–2002)

von Dr. Niklas Reinke



Der deutsche Astronaut Reinhold Ewald an Bord der russischen Raumstation Mir (dpa picture alliance)

The German astronaut Reinhold Ewald aboard the Russian space station Mir (dpa picture alliance)

Mit der Raumfahrt werden technologische Höchstleistungen seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts assoziiert: Sputnik, der Mensch auf dem Mond, interplanetare Missionen, die Internationale Raumstation. Deutsche Ingenieure und Wissenschaftler trugen maßgeblich zu diesen Erfolgen bei. Wie sich Raumfahrt in Deutschland und im internationalen Umfeld entwickelt hat, schildert die Artikelserie „Geschichte der deutschen Raumfahrt“. In deren letzten Teil geht es um das nationale Raumfahrtprogramm zu Beginn des neuen Jahrtausends.

Mit der Einstellung des Hyperschallprogramms „Sänger“ im Jahr 1995 ist die raumfahrtpolitische Diskussion, insbesondere um den bemannten Raumflug, voll entbrannt. Sind die 1980er Jahre die Zeit raumfahrtpolitischer Höhenflüge gewesen, so mahnen die 1990er Jahre zur Rück- und Umbesinnung. Während man sich über die künftigen Wege neue Gedanken macht, bleiben die Prämissen für ein fortgesetztes Engagement im Bereich der Weltraumforschung und -technik bestehen – auch nach dem Regierungswechsel 1998: Raumfahrt liefert neue Erkenntnisse, erschließt neue Technikanwendungen, ermöglicht neuartige Dienstleistungen, fördert die internationale Zusammenarbeit und verbessert schließlich die Möglichkeiten der Abrüstungs- und Friedenspolitik über Europa hinaus. Auch in Zukunft soll sie sowohl auf nationaler und europäischer als auch internationaler Ebene gefördert werden.

Schwerpunkte des nationalen Weltraumprogramms bleiben die extraterrestrische Grundlagenforschung mit Fokus auf Astronomie und Astrophysik, solar-terrestrische Beziehungen – nun auch unter Einbeziehung der Erforschung von Planeten, Kometen und des interplanetaren Raums – sowie die Forschung unter den besonderen Bedingungen des Weltraums. In letzterem Bereich werden in den 1990er

German Astronautics – A History

Part 10: Germany's space program at the turn of the millennium (1995–2002)

By Dr. Niklas Reinke

Since the second half of the 20th century, astronautics has been associated with eminent technological achievements: Sputnik, humans on the Moon, interplanetary missions, the International Space Station. German engineers and scientists contributed greatly towards all these successes. The development of astronautics in Germany and its international environment is described in this series of articles entitled 'German Astronautics – a History'. The last part deals with the national space program at the beginning of the new millennium.

When the 'Sänger' hypersonic program was abandoned in 1995, the debate about space policy in general and crewed space flight in particular reached its boiling point. Whereas space policy in the 1980s was marked by flights of fancy, the motto of the 1990s was 'back to the roots and think again'. While plans for the future were being given a second look, the reasons for continuing Germany's engagement in space research and technology remained the same, even after the change of government in 1998: astronautics furnishes new discoveries, opens up new technological applications, facilitates innovative services, promotes international cooperation, and generates opportunities for a policy of disarmament and peace to spread beyond the borders of Europe. Consequently, it deserves to be promoted at the national, European, and international level in the future.

Basic extraterrestrial research with a focus on astronomy and astrophysics, solar-terrestrial relations – now including the exploration of planets, comets, and interplanetary space – and research under the particular conditions in space remained at the center of the national space program. In the 1990s, the activities in the last-named field were the most powerful endeavors ever undertaken

Jahren die bis dahin intensivsten Anstrengungen unternommen. Neben der Zusammenarbeit mit den USA werden auch die neuen Möglichkeiten der deutsch-russischen Kooperation für bemannte und unbemannte Missionen ausgeschöpft, so die Nutzung der Raumstation MIR in Vorbereitung auf die Internationale Raumstation ISS. Etwa 30 Prozent der Raumfahrtgelder fließen hierbei in bemannte Missionen.

Neu hingegen ist die Priorität der Erforschung und operationellen Beobachtung der Umwelt. Möglich wird dies durch den ersten ESA-Erdbeobachtungssatelliten, ERS-1 (Start: 17. Juli 1991), an dem sich die Bundesrepublik führend beteiligt. Das Fehlen einer eigenen Kompetenz auf diesem auch kommerziell immer interessanter werdenden Gebiet hat sich in den 1980er Jahren deutlich bemerkbar gemacht. Doch nun findet man mit ERS-1, seinen Nachfolgern ERS-2 (20. April 1995) und Envisat (1. März 2002) sowie dem bald in Planung stehenden ersten europäischen Wettersatelliten auf polarer Umlaufbahn, Metop (19. Oktober 2006), den Einstieg in die weltraumgestützte Untersuchung komplexer umweltrelevanter Zusammenhänge. Deutschland rüstet sich damit bestens für die zu Beginn des neuen Millenniums entbrennende Analyse des so genannten Globalen Wandels.

Der lange etablierte Bereich der Satellitenkommunikation erfährt durch die Beschlüsse zum europäischen Satellitennavigationssystem Galileo erhebliche Erweiterung. Es soll die Verkehrssicherheit und -lenkung, die Auslastung der Verkehrswege- und Verkehrsmittelkapazitäten sowie das Flottenmanagement zu einer neuen Qualität führen. Die eigentliche Satellitenkommunikation selbst aber, ein kommerziell hoch bedeutender Sektor, bleibt in den 1990er Jahren ein Stiefkind der deutschen Raumfahrt.

Kommerzialisierung der Raumfahrt

Die Kommerzialisierung der Raumfahrt wird aufgrund schwindender staatlicher Liquidität bei gleichzeitiger technologischer Ausgereiftheit das Credo deutscher Raumfahrtkonzeptionen sämtlicher politischer Parteien. Der Staat aber muss hierfür geeignete Rahmenbedingungen schaffen. Dass sich gerade in Deutschland die Raumfahrtindustrie mit der Vermarktung von Produkten und Leistungen schwer tut, liegt verwurzelt in dem politischen Beschluss der 1970er Jahre, sich anders als Frankreich nicht auf den Trägerbereich, sondern auf die Forschung zu spezialisieren. Der Auftritt neuer Konkurrenten auf dem globalen Raumfahrtmarkt wie Russland, China und Indien, die oftmals einen ruinösen Wettbewerb in Form von Dumping-Preisen für Satelliten oder Startdienstleistungen betreiben, verschärft die Situation in den 1990er Jahren zudem.



until then. Next to collaborating with the USA, Germany tapped into the new opportunities offered by cooperating with Russia on crewed and robotic missions, including using the MIR space station to prepare for the International Space Station (ISS). About 30 percent of the funds earmarked for astronautics were absorbed by crewed missions.

A novel priority was the exploration and operational observation of the environment facilitated by ESA's first Earth-observation satellite, ERS-1 (launch: July 17, 1991), to which the Federal Republic made a major contribution. In the 1980s, it had become increasingly clear that Germany had no competence of its own in this sector although its commercial appeal was growing by the day. Now, however, ERS-1 and its successors, ERS-2 (April 20, 1995), Envisat (March 1, 2002), and Europe's first circumpolar weather satellite, Metop (October 19, 2006) opened the door to the investigation of complex environmental mechanisms from space. Thus, Germany was very well equipped for the analysis of what came to be called global change, which began together with the new millennium.

The decisions relating to the European satellite navigation system, Galileo, considerably widened the scope of the long-established sector of satellite communication. The objective was to impart a new quality to traffic safety and guidance, capacity utilization of transport means and infrastructures, and fleet management. Yet satellite communication, a sector of great commercial importance, remained the uncared-for part of German astronautics throughout the 1990s.

The commercialization of astronautics

Dwindling government funds combined with technological maturity were the reasons why commercializing astronautics became the creed of all German space-flight concepts, regardless of their proponents' political background. However, the task of creating suitable ground rules remained in the hands of the state. The fact that the German space industry was having a particularly hard time in marketing products and services is rooted in a political decision taken in the 1970s to concentrate on research, unlike France, which decided to focus on launchers. In the 1990s, the situation grew even more difficult when new competitors like Russia, China, and India entered the global space-flight market, frequently offering satellite or launch services at ruinous dumping prices.

Sind die 1980er Jahre die Zeit raumfahrtpolitischer Höhenflüge gewesen, so mahnen die 1990er Jahre zur Rück- und Umbesinnung.

Whereas space policy in the 1980s was marked by flights of fancy, the motto of the 1990s was 'back to the roots and think again'.

Die 2001 kontrolliert zum Absturz gebrachte Raumstation Mir (russisch für: „Frieden“/„Welt“) (dpa picture alliance)

Space Station Mir (Russian word for 'peace'/'world'), brought back down to Earth in a controlled ditch in 2001 (dpa picture alliance)

Zur Bündelung der Kompetenzen wird ein stärkerer Verbund von Industrie, Hochschulen, Forschungseinrichtungen und staatlichen Stellen angestrebt. Hierfür beschließt das Bundeskabinett im Juli 1996 wichtige Maßnahmen, nämlich die Neuausrichtung der deutschen Forschungslandschaft in Richtung schlanker Strukturen, mehr Eigenverantwortung, Effizienz und Exzellenz sowie stärkerer Interdisziplinarität. In diesem Kontext erfolgt 1997 auch die Zusammenführung von DARA (Deutscher Agentur für Welt- raumangelegenheiten) und DLR. Durch die Förderung von Leitprojekten sollen Kapazitäten auf gemeinsame Ziele ausgerichtet sowie der Technologietransfer zum Nicht-Raumfahrtsektor der Wirtschaft verbessert werden, um die in der Raumfahrt gewonnenen Erkenntnisse effektiver zu industrialisieren.

Diese Bemühungen um den Technologiestandort Deutschland werden unter der rot-grünen Bundesregierung fortgeführt. Im Januar 1999 wird diesbezüglich ein trilaterales Memorandum zwischen DLR, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) und dem damaligen Hauptakteur der deutschen Raumfahrtindustrie, DASA (heute EADS), zur intensiveren Abstimmung der jeweiligen Forschungsaktivitäten geschlossen. Die erfolgreiche Umsetzung dieses Abkommens gestaltet sich aufgrund des zögerlichen Kooperationswillens der Industrie, gemeinsame langfristige Zielvorstellungen und Arbeitsprogramme zu entwickeln, allerdings schwierig.

Raumfahrtpolitik in Geld- und Konzeptionsnöten

Die Sorge aller in den 1990er Jahren für die Raumfahrt zuständigen Minister – Riesenhuber, Wissmann, Krüger, Rüttgers und Bulmahn – liegt, stärker noch als zuvor, in der Finanzierung. Die Ressortchefs geraten hierüber regelmäßig in Streit mit ihrer eigenen Fraktion und dem Finanzminister, von der parlamentarischen Opposition ganz zu schweigen. Das Budget, das für alle bis zum Beginn des aufziehenden Millenniums projektierten Vorhaben benötigt wird, hatte das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) 1990 noch auf etwa 12,5 Milliarden Euro in heutiger Währung kalkuliert, was bereits eine Reduktion der 1987 berechneten Mittel um 2,5 Milliarden Euro darstellt. Um die eingegangenen Verpflichtungen dennoch erfüllen zu können, sollen die Vorhaben zur Weiterentwicklung der künftigen Raumtransportsys-

To pool all available skills, a stronger alliance between industrial enterprises, universities, research institutes, and government authorities was envisaged. The alliance between industrial enterprises, universities, research institutes, and government authorities. In July 1996, the Federal Cabinet decided to take a number of important steps designed to reorient Germany's research landscape towards structural streamlining, more self-responsibility, efficiency, and excellence, and more interdisciplinary action. In the same context, DARA, the German Space Agency, and DLR merged in 1997. The intention was to promote master projects so as to direct capacities towards common goals and improve the transfer of technologies to the non-space sectors of the economy, thus reinforcing the industrial application of discoveries made in astronautics.

steme und orbitalen Infrastrukturen verschlankt, zeitlich gestreckt oder in eine erweiterte Kooperation eingebunden sowie Reduktionen im Telekommunikations- und Schwerelosigkeitsprogramm (Verzicht auf die D3-Mission) vorgenommen werden.

Weitere Kosteneinsparungen können nur unter Verzicht eines europäischen Großprojektes erreicht werden, wofür aus deutscher Sicht nur Hermes in Betracht kommt. Eine diesbezüglich einseitig von Deutschland getroffene Entscheidung aber hätte gravierende außenpolitische Komplikationen zur Folge, die im Zuge der Deutschen Einheit Anfang der 1990er Jahre keinesfalls erwünscht sind: Die europäischen Großprojekte, Symbole für die gemeinschaftliche Nutzung von Hochtechnologie, sind ohne Beteiligung der Bundesrepublik zum Scheitern verurteilt, und mit ihnen vielleicht sogar auch die Europäische Weltraumorganisation selbst. Das vereinigte Deutschland, das spürt man auch in der Raumfahrt, besitzt als größte industrielle Demokratie Europas nun gewachsene außenpolitische Verantwortung. Der Einigungsprozess sowie steigende deutsche Beiträge für den wirtschaftlichen Aufbau Osteuropas und internationale Friedenssicherungsmissionen lassen aber selbst den reduzierten Finanzplan als unrealistisch erscheinen. Erreicht werden schließlich trotz vielfachen Mahnens von Seiten der Wissenschaft und Wirtschaft, durch Mittelreduzierung den Technologiestandort Deutschland nicht noch stärker zu gefährden, Gesamtausgaben von nur knapp 8,5 Milliarden Euro.

In seiner konstituierenden – und einzigen – Sitzung beauftragte

The Schröder government continued these endeavors to promote Germany as a technology base. In January 1999, a tripartite memorandum on intensifying the harmonization of research activities was signed by DLR, the German Research Foundation (DFG), and DASA (today: EADS), then the key player in Germany's space industry. However, the agreement proved difficult to implement because of the industry's reluctance to cooperate on the joint development of target concepts and work programs.

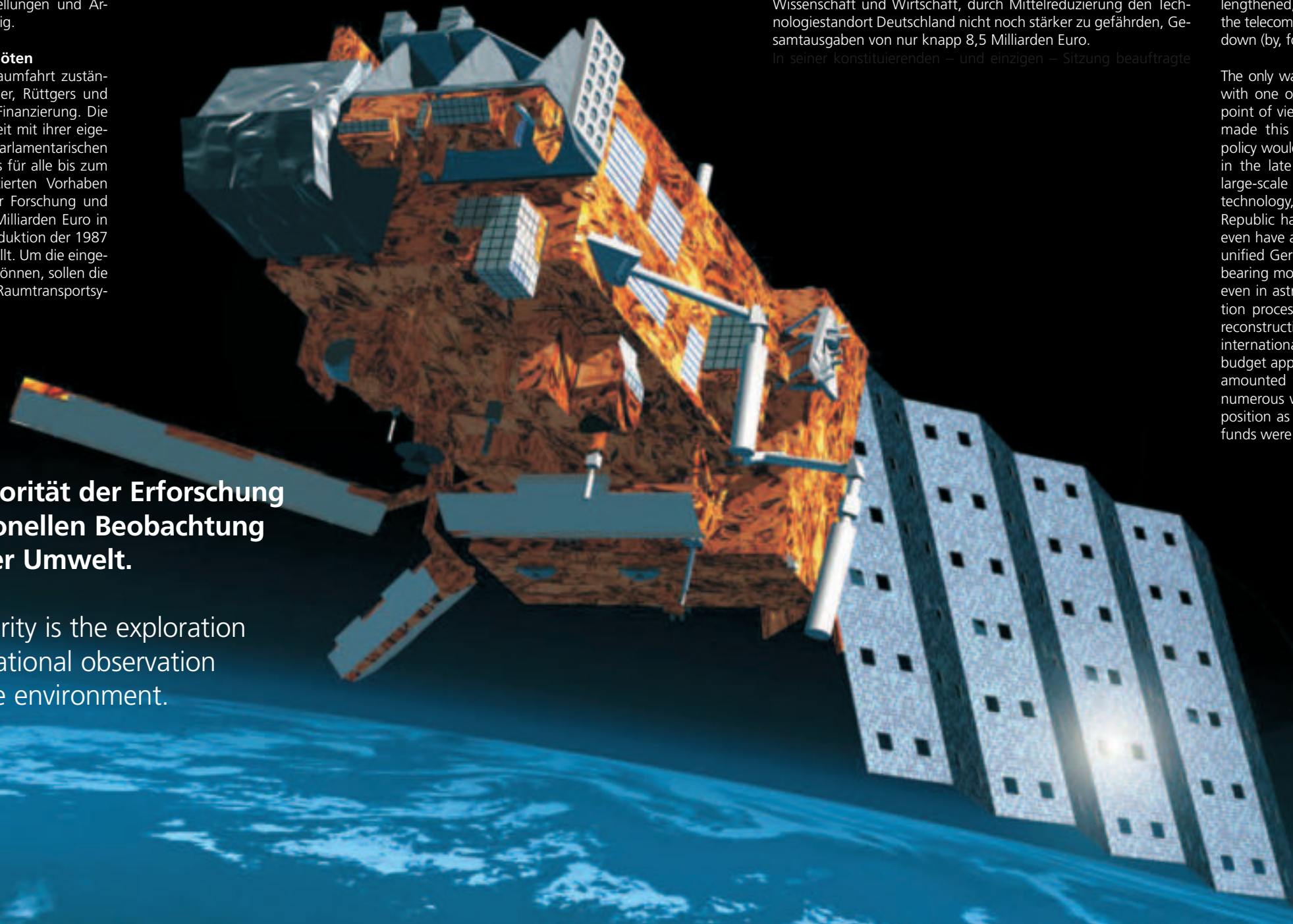
Space policy encumbered by lack of money and concepts

More than ever before, the ministers who were responsible for astronautics in the 1990s – Riesenhuber, Wissmann, Krüger, Rüttgers, and Bulmahn – were plagued by monetary troubles. The matter caused regular disputes between them and their own parliamentary parties and finance ministers, to say nothing of the parliamentary opposition. In 1990, the Federal Ministry of Research and Technology (BMFT) calculated that the budget required to implement all projects scheduled before the beginning of the coming millennium was about 12.5 billion euros in today's currency, 2.5 billion euros less than the sum forecast in 1987. To ensure that past obligations could be met in spite of everything, projects to develop future space transfer systems and orbital infrastructures were to be streamlined, lengthened, or handed over to enlarged cooperation ventures, and the telecommunication and microgravity programs were to be toned down (by, for example, abandoning the D3 mission).

The only way of cutting costs further would have been to dispense with one of Europe's large-scale projects, and from the German point of view, the only such option was Hermes. If Germany had made this decision unilaterally, the consequences in foreign policy would have been grave, and as reunification was progressing in the late 1990s this would have been undesirable: Europe's large-scale projects, symbols of the common utilization of high technology, would have been doomed to failure if the Federal Republic had withdrawn from any of them, a failure that might even have affected the European Space Agency. The fact that the unified Germany, now Europe's largest industrial democracy, was bearing more responsibility in foreign policy was making itself felt even in astronautics. At the same time, the cost of the reunification process and Germany's growing contributions towards the reconstruction of the Eastern European economies as well as to international peacekeeping missions made even the truncated budget appear unrealistic. At the end of the day, the budget total amounted to no more than a meager 8.5 billion euros despite numerous warnings by scientists and economists that Germany's position as a technology base would be threatened even more if funds were cut further.

Neu ist die Priorität der Erforschung und operationellen Beobachtung der Umwelt.

A novel priority is the exploration and operational observation of the environment.



Europäischer Wettersatellit der MetOp-Reihe (ESA)

European meteorological satellite of the MetOp series (ESA).

In seiner konstituierenden – und einzigen – Sitzung beauftragte der Kabinettsausschuss Raumfahrt am 27. Juni 1990 die DARA mit der Ausarbeitung eines neuen Gesamtkonzeptes, – dem „5. Weltraumprogramm“. Die am 16. August 1991 von der Agentur vorgelegten programmatischen Vorschläge wägen Alternativen bei unterschiedlicher Finanzgrundlage ab und sind, entgegen des Trends, auf ein langfristiges Verhältnis der nationalen und europäischen Anteile von 40:60 ausgerichtet. Unsicherheiten im europäischen Programm bezüglich der Realisierungschancen von Hermes, Ansätze der Fachminister Wissmann und Krüger, den Raumfahrt zugunsten anderer Forschungsbereiche radikal zu kürzen, stetig sinkende deutsche Haushaltsmittel (ab 1994) und neue europäische Programmatscheidungen (1995) verhindern jedoch die Einführung eines neuen, längerfristigen Programms.

Diese Unzulänglichkeit stößt auch Dr. Jürgen Rüttgers auf, von 1994 bis 1998 als „Zukunftsminister“ Chef des neu strukturierten Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF; ab 1998 Bundesministerium für Bildung und Forschung). Bereits Anfang der 1990er Jahre hat der frühere Verfechter hoher Raumfahrttausgaben für eine stärkere Kommerzialisierung der Raumfahrt geworben, seit 1994 setzt er gemeinsam mit der DARA immer mehr auf unbemannte Forschungsmissionen. Dies soll helfen, die praktische Nutzung der Raumfahrt durch kleinere, für spezielle Aufgaben zugeschnittene Satelliten preiswerter zu gestalten. Das aus fünf Mitgliedern bestehende deutsche Astronautenteam wird hingegen mangels Aufgaben aufgelöst.

Anfang 1997 zieht Rüttgers eine kritische Bilanz der bisherigen Raumfahrtpolitik, aber auch des Handelns der deutschen Raumfahrtindustrie, die sich in erster Linie als Entwickler innovativer Prototypen und Einzelsysteme versteht. Das investitionsintensive, aber im Allgemeinen um den Faktor 20 umsatzstärkere Geschäft mit den Folgeprodukten aus der Raumfahrt ist hingegen nicht offensiv genug realisiert worden. Der Bund der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) kontert diesen Vorwurf mit der Feststellung, dass die deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie bereits 30 Prozent ihres Umsatzes mit kommerziellen Produkten erwirtschaftet und mit ihrem Privatkundenanteil vor den USA und Japan liege.

In seinem von der Bundesregierung am 16. Juli 1997 verabschiedeten „Konzept Raumfahrt“ kündigt der Minister an, Vorhaben künftig verstärkt dort fördern zu wollen, wo eine beginnende kommerzielle oder öffentliche Nutzung flankiert werden könne. Der strategische Schwerpunkt soll sich tendenziell weg von der Raumfahrttechnik hin zur Anwendung im Geiste der seit den 1990er Jahren kursierenden Schlagwörter „Public-Private-Partnership“ (gemeinsame Unternehmungen von Privatwirtschaft und öffentlicher Hand) und „Design-to-budget“ (striktes Einhalten der Finanzierungspläne) bewegen.

Um dem künftigen Engagement endlich einen formalen Rahmen geben zu können, werden zahlreiche Anstrengungen mit Hilfe stets kühner mathematischer Akrobatik, aber mäßigem Erfolg unternommen, weshalb ein frustrierter Insider die 1990er Jahre bissig als „konzeptlose Phase“ der Raumfahrt umschreibt. Als 1997 der Parlamentarische Staatssekretär Norbert Lammert (CDU) aufgrund einer Umstrukturierungsmaßnahme des Bundeskanzlers samt seiner Funktion als Koordinator für die Luft- und Raumfahrt vom Wirtschafts- ins Verkehrsressort wechselt, sich der Wirtschaftsminister trotzdem noch immer für die Raumfahrtindustrie zuständig sieht, liegt diese Vermutung tatsächlich nahe.

On June 27, 1990, the cabinet's space committee held its constituent – and only – meeting at which it entrusted DARA with the development of a new master concept, the 'Fifth Space Program'. Weighing different funding alternatives in the balance, the program proposals presented by the agency on August 16, 1991 ran counter to the prevailing trend inasmuch as they were based on a long-term ratio of 40:60 between the national and the European share in funding. As it turned out, the launch of a new long-range program was prevented by uncertainties regarding the chances of Hermes being implemented under the European program, proposals by ministers Wissmann and Krüger to slash the space budget in favor of other fields of research, the decline in German budget funds which began in 1994, and new decisions about the European programme (1995).

One person who disliked this inadequacy was Dr. Jürgen Rüttgers who, as 'minister for the future' from 1994 to 1998, headed the restructured Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology that was renamed Federal Ministry of Education and Research (BMBF) in 1998. A former advocate of high spending on astronautics, he began promoting commercialization in the early 1990s, and from 1994 onwards, he increasingly pinned his hopes on unmanned research missions, as DARA did. The objective was to build relatively small satellites tailored to specific functions so as to render the practical utilization of astronautics more affordable. Germany's five-member team of astronauts, on the other hand, was suspended for lack of purpose.

Early in 1997, Rüttgers critically analyzed the record of Germany's space policy and the actions of the German space industry which, so he said, regarded the development of innovative prototypes and stand-alone systems as its main function. By contrast, the business in space technology spin-offs which, although investment-intensive, normally generated sales that were 20 times as high had not been tackled aggressively enough. The Confederation of German Aerospace Industries (BDLI) met this charge by stating that the aerospace sector was generating 30 percent of its sales with commercial products, and that its proportion of private customers was greater than in the USA and Japan.

In his 'space concept', which was adopted by the Federal Government on July 16, 1997, the minister announced his intention of stepping up funding for all those projects which showed promise of commercial or public benefit. In general terms, the strategic focus was to move from space technology to practical application in the spirit of two buzzwords that began circulating in the 1990s, 'public-private partnership' and 'design to budget'. To provide, at long last, a formal framework for Germany's future commitment, numerous endeavors were made with indifferent success, although they all involved daring mathematical acrobatics. For this reason, a frustrated insider once described the 1990s as a 'clueless phase' in space policy. This biting comment was endorsed when, in a structural transformation initiated by the Federal Chancellor in 1997, parliamentary under-secretary Norbert Lammert (CDU) was moved together with his function as aerospace coordinator from the economics to the transportation department, while the minister of economics still thought of himself as being in charge of the space industry.

„Vision, die inspiriert, und Realität, die konkreten Nutzen stiftet – Raumfahrt ist beides zugleich.“

Deutsches Raumfahrtprogramm, 16. Mai 2001

'A vision that inspires and a reality that yields concrete benefits – astronautics is both.'

German Space Program, May 16, 2001



Von links nach rechts: Staatssekretär a.D. Norbert Lammert, Bundesminister a.D. Paul Krüger und Bundesminister a.D. Matthias Wissmann (dpa picture alliance)

From left to right: retired State Secretary Norbert Lammert, retired Federal Minister Paul Krüger, retired Federal Minister Matthias Wissmann (dpa picture alliance).

Raumfahrtpolitik der rot-grünen Koalition

Der Entwurf eines neuen Raumfahrtprogramms wird erst durch eine strategische Neuausrichtung möglich. Diese wird nach dem Regierungswechsel 1998 von der rot-grünen Bundesregierung betrieben, erweitert um ihr politisches Leitmotiv der ökonomischen, ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit mit dem Ziel der langfristigen Verbesserung des Gemeinschaftskapitals.

Auch wenn Forschungsministerin Edelgard Bulmahn es nur schwer mit ihren früheren parlamentarischen Forderungen vereinbaren kann, bleibt die Teilnahme an der Errichtung und Nutzung der ISS, der 1996 auch die SPD zugestimmt hat, das zentrale und bislang teuerste Aktionsfeld der deutschen Raumfahrt. „Die Entscheidung, die verfügbaren Mittel zu einem großen Teil in die bemannte Raumfahrt zu stecken, war falsch“, urteilt sie in ihrer Antrittsrede vor dem Deutschen Bundestag konsequenterweise, fährt jedoch fort: „Sie lässt sich nicht rückgängig machen. Die völkerrechtlichen Verpflichtungen zum Bau und Betrieb der Internationalen Raumstation müssen wir erfüllen. Bei der Nutzung wird es nun vor allem darum gehen, die Raumstation mit ihren Forschungsmöglichkeiten vordringlich für die Lösung irdischer Probleme einzusetzen.“

Dieses Ziel entspricht eindeutig auch dem der Vorgängerregierung Kohl. Dass es aber durchaus möglich ist, ISS-Abkommen einseitig zu kündigen, macht die französische Seite durch ihre wesentlich rigorosere Verhandlungsführung gegenüber den USA deutlich. Und auch diese erweisen sich keinesfalls als mustergültige Vertragspartner. Die Regierung Schröder, deren außenpolitische Stoßrichtung erst entwickelt werden muss, will sich zu Beginn ihrer ersten Legislaturperiode jedoch nicht gleich gegen die USA und viele ihrer europäischen Partner stellen. Als ESA-Ministerratsvorsitzende aber beweist Bulmahn in ihren Gesprächen mit den USA Anfang 2002 diesbezüglich dringend benötigten Schneid.

Im Zentrum des Interesses der Bundesregierung steht sowohl die wirtschaftlich sinnvolle Weiterentwicklung der Ariane-5, als auch der Ausbau der satellitengestützten Erdbeobachtung. Weiterhin soll das Nischendasein der Raumfahrtrobotik beendet werden. Zur Finanzierung dieser Vorhaben wird der Etat für nationale und europäische Projekte erstmals seit 1994 wieder angehoben, aber auch Umschichtungen und zeitliche Streckungen vorgenommen.

The space policy of the Schröder government

Drafting a new space program became possible only after a strategic realignment. Driven by the SPD/Green Party coalition after the change of government in 1998, the program was amended by the coalition's guiding political principle of economic, ecological, and social sustainability with the long-term objective of improving the community capital.

Participation in the construction and utilization of the ISS, to which the SPD had assented in 1996, remained the pivotal and – so far – most expensive field of action in German astronautics, although the minister of research, Edelgard Bulmahn, may have found this difficult to reconcile with her former demands in parliament. 'The decision to sink a large proportion of the available funds into human space flight was wrong', she staunchly maintained in her first speech as minister in the German Bundestag, although she went on to say, 'It is impossible to rescind now. We must fulfil our international-law obligations relating to the construction and operation of the International Space Station. As far as its utilization is concerned, we should aim to ensure that the research opportunities offered by the station are mainly used to solve terrestrial problems.'

This objective is clearly the same as that of the previous Kohl government. The French showed that it is anything but impossible to renounce ISS agreements unilaterally, acting much more rigorous in its negotiations with the USA which, on its part, did not prove an exemplary partner either. However, the Schröder government, which still had to work out a course in foreign policy at that time, had no wish to pick a quarrel with the USA and many of its European partners at the beginning of its very first legislative period. However, Bulmahn did prove her mettle when she negotiated with the USA as chair of the ESA ministerial council early in 2002.

The Federal Government was mainly interested in developing Ariane 5 economically, and extending satellite-based Earth observation. Another objective was to bring space robotics out of its niche. To finance these plans, the budget for national and European projects was raised for the first time since 1994, although some projects were reshuffled or stretched over longer periods. The government planned to spend around four billion euros on astronautics



Nach Unterzeichnung des Koalitionsvertrages 1998: Bundeskanzler a.D. Gerhard Schröder (links, SPD) und Außenminister a.D. Josef Fischer (rechts, Bündnis 90/Die Grünen) (dpa picture alliance)

After signing their coalition agreement in 1998: retired Federal Chancellor Gerhard Schröder (on the left, social democratic party) and retired Foreign Minister Josef Fischer (on the right, Alliance 90/Green Party) (dpa picture alliance)

Bis einschließlich 2004 plant die Bundesregierung rund vier Milliarden Euro für die Raumfahrt auszugeben, 3,5 Milliarden Euro allein aus dem Haushalt des BMBF. Damit stellt die Raumfahrtförderung mit einem Anteil von 16 Prozent des BMBF-Forschungshaushaltes und 30 Prozent der BMBF-Projektmittel nach wie vor den weitaus größten Forschungstitel dar.

Auf diesen strategischen, programmatischen und finanziellen Grundlagen ist es nunmehr möglich, ein neues deutsches Raumfahrtprogramm nach den Kriterien „wissenschaftliche Exzellenz“ und „Nutzen für den Menschen“ aufzulegen. Dieses verspricht bei konsequenter Durchführung Transparenz und Planungssicherheit für eigenverantwortliches Handeln von Industrie und Wissenschaft. Am 16. Mai 2001 wird das Papier vom Bundeskabinett verabschiedet. Es erhält den schlichten Titel „Deutsches Raumfahrtprogramm“ – ohne Nummer. Deutschland besitzt nun ein neues Raumfahrtprogramm, das die genannten Forschungsschwerpunkte vernünftig in Bezug zueinander stellt. Da die Ausgaben für europäische Programme weiterhin über 67 Prozent des gesamten deutschen Raumfahrtbudgets betragen, wäre eine widerspruchsfreiere Konzipierung der europäischen Vorhaben unter Herausstellung nationaler Interessen bei zukünftigen deutschen Raumfahrtprogrammen jedoch wünschenswert.

Visionen sind in der deutschen Raumfahrt stets eine Seltenheit gewesen. Sind sie in Planung und Konzeption auch durchaus vorhanden, so werden sie kaum als solche öffentlich hervorgehoben. Es darf daher als bemerkenswert bezeichnet werden, dass ausgerechnet eine Bundesregierung aus Sozialdemokraten und Grünen, die in den vorausgegangenen zwei Jahrzehnten diesem Thema ausgesprochene Nüchternheit entgegengebracht hatten, ihr eigenes

up to and including 2004, of which 3.5 billion euros were to come from the BMBF budget. Holding a share of 16 percent in the BMBF research budget and 30 percent in the BMBF project funds, astronautics remained the largest item by far in the research budget.

On these strategic, programmatic, and financial foundations a new German space program could be drafted under the criteria of scientific excellence and human benefit. If implemented consistently, it promised to provide transparency and security for industry and science, permitting both to plan their actions responsibly. Passed by the Federal Cabinet on May 16, 2001, the paper was given the unsensational title of German Space Program but was not numbered. Germany now had a new space program which positioned each research focus in a meaningful relation to the others. As spending on European programs still ran to more than 67 percent of the entire German space budget, it appeared desirable for future German space programs to be less contradictory in formulating concepts for European projects with due consideration of national interests.

Visions have always been rare in German astronautics. Although they do appear in plans and concepts, they are hardly ever aired publicly. This being so, it was remarkable indeed that a government composed of social democrats and ecologists, both of which had dealt with the subject with a great deal of reserve in the previous two decades, should put a brief discourse on ‘vision and perspectives’ at the head of its own space program:

‘A vision that inspires and a reality that yields concrete benefits – astronautics is both. It enriches life in many fields of human activity – in society, the economy, and science. [...] Germany’s space



Gerhard Schröder im Bonner Kanzleramt mit dem ehemaligen US-Astronaut John Glenn (dpa picture alliance)

Gerhard Schröder with retired US astronaut John Glenn in the chancellery in Bonn (dpa picture alliance)

Raumfahrtprogramm mit einem Abriss über „Vision und Perspektiven“ einleitet:

„Vision, die inspiriert, und Realität, die konkreten Nutzen stiftet, Raumfahrt ist beides zugleich. Sie bereichert das Leben auf vielen Feldern menschlichen Handelns – in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft. [...] Ziel der deutschen Raumfahrtspolitik ist es, eine bedeutsame und lohnende Investition in die Zukunft unseres Gemeinwesens zu tätigen, welche dazu beiträgt, die natürlichen Lebensgrundlagen für die heutige und künftige Generation zu sichern und die Lebensqualität der Menschen zu steigern.“

Dass Regierungsverantwortung die Dinge oftmals in einem neuen Licht erscheinen lässt, dafür ist die neue, diametral gewandelte Einstellung zur bemannten Raumfahrt, bar jeglicher früheren Fundamentalkritik, bezeichnendes Beispiel: „Vom Wirken des Menschen im Weltraum geht auch nach fast vierzig Jahren immer noch eine besondere Faszination aus. Diese Dimension der Raumfahrt, die Entdeckergeist und forschende Neugier weckt, ist hervorragend geeignet, breites Interesse an Hochtechnologie und Wissensdurst in jungen Menschen zu fördern.“

Bei einem Besuch des Weltraum-Veteranen John Glenn in Bonn im Jahr 2002 träumt selbst Bundeskanzler Gerhard Schröder (SPD), wohl zum Unbehagen seiner Forschungsministerin, öffentlich von einem Trip ins All, völlig losgelöst von der Erde.

Dr. Niklas Reinke ist Historiker und Politologe.

policy aims to make a meaningful and rewarding investment in the future of our polity in order to safeguard a natural basis of existence for today’s and future generations and enhance the quality of human life.’

When parties assume responsibility in government, they often see things in a different light. A good case in point is the diametrically changed attitude of the two parties towards manned space flight, without a trace of their previous fundamental criticism: ‘Man’s actions in space have retained their original fascination for nearly four decades. Awakening the spirit of discovery and the curiosity of research, this dimension of astronautics ideally promotes widespread interest in high technology and a thirst for knowledge among young people.’

When the space veteran John Glenn visited Bonn in 2002, even the Federal Chancellor, Gerhard Schröder (SPD), publicly dreamed of a trip into space, floating miles above the Earth and probably greatly discomfiting his minister of research.

Dr. Niklas Reinke is a historian and politicalologist.

Raumfahrtskalender

Termin Ereignis

2009

Herbst	Start des Teleskops Spektr R von Baikonur mit dem Space Debris Detektor des Fraunhofer-Instituts für Kurzzeitdynamik (Ernst-Mach-Institut) in Freiburg
9. Dezember	Start Ariane 5 GS von Kourou (Französisch Guyana) mit Helios 2B
21. Dezember	Start Sojus 21S von Baikonur (Kasachstan) (Versorgung Internationale Raumstation ISS)

2010

1. Quartal	1. Testflug des DLR/NASA Stratosphären-Observatoriums SOFIA mit offener Teleskoptür
1. Halbjahr	Start Erdbeobachtungssatellit TanDEM-X mit Dnepr von Baikonur
Februar	Start Forschungsrakete MAXUS 8 (ESA) von Esrange, Kiruna (Schweden) mit zwei Experimenten deutscher Wissenschaftler
3. Februar	Start des NASA Solar Dynamics Observatory von Cape Canaveral, Florida (USA)
3. Februar	Start Progress 36P von Baikonur (Versorgung ISS)
4. Februar	Start STS 130, Space Shuttle Endeavour, von Cape Canaveral mit ISS Node 3 und dem italienischen „Cupola“-Beobachtungsturm
25. Februar	Start des Erdbeobachtungs-Satelliten CryoSat-2 von Baikonur
18. März	Start STS 131, Space Shuttle Discovery, von Cape Canaveral
2. April	Start Sojus 22S von Baikonur (Versorgung ISS)
28. April	Start Progress 37P von Baikonur (Versorgung ISS)
14. Mai	Start STS 132, Space Shuttle Atlantis, von Cape Canaveral
29. Mai	Start Sojus 23S von Baikonur (Versorgung ISS)
8.–13. Juni	ILA 2010, Internationale Luft- und Raumfahrt Ausstellung in Berlin
30. Juni	Start Progress 38P von Baikonur (Versorgung ISS)
10. Juli	Vorbeiflug der Raumsonde Rosetta am Asteroiden Lutetia
18.–25. Juli	COSPAR 2010 (Kongress des Committee on Space Research), Bremen
27. Juli	Start Progress 39P von Baikonur (Versorgung ISS)
29. Juli	Start STS-134, Space Shuttle Endeavour, von Cape Canaveral mit dem Alpha Magnetic Spectrometer (AMS), Beteiligung RWTH Aachen und Universität Karlsruhe
31. August	Start Progress 40P von Baikonur (Versorgung ISS)
Herbst	Start Sojus von Kourou mit zwei Galileo IOV-Satelliten
Herbst	61. International Astronautical Congress in Prag (Tschechien)
Herbst	1. Wissenschaftsflug des Stratosphären-Observatoriums SOFIA mit US-Instrument FORCAST
16. September	Start STS-133, Space Shuttle Discovery, von Cape Canaveral
30. September	Start Sojus 24S von Baikonur (Versorgung ISS)
27. Oktober	Start Progress 41P von Baikonur (Versorgung ISS)
30. November	Start des automatischen ISS-Versorgungsvehikels der ESA, ATV-2 „Johannes Kepler“, mit Ariane 5 von Kourou
30. November	Start Sojus 25S von Baikonur (Versorgung ISS)
Dezember	Start von zwei ECOMA-Höhenforschungsraketen von Andenes (Norwegen)

Space Calendar

Date Event

2009

Fall	Launch of the Spektr R telescope from Baikonur (Kazakhstan) carrying the Space Debris Detektor developed by the Fraunhofer Institute for Short Time Dynamics, Freiburg (Germany)
December 9	Launch of Ariane 5 GS from Kourou (French Guyana) carrying Helios 2B
December 21	Launch of Soyus 21S from Baikonur (ISS International Space Station logistics)

2010

1st quarter	First test flight of SOFIA, the DLR/NASA stratosphere observatory, with open telescope hatch
1st half-year	Launch of the German Earth remote sensing satellite TanDEM-X on Dnepr from Baikonur
February	Launch of the MAXUS 8 sounding rocket (ESA campaign) from Esrange, Kiruna (Sweden), carrying two experiments operated by German scientists
February 3	Launch of the NASA Solar Dynamics Observatory from Cape Canaveral, Florida (USA)
February 3	Launch of Progress 36P from Baikonur (ISS logistics)
February 4	Launch of STS 130, Space Shuttle Endeavour, from Cape Canaveral, carrying ISS Node 3 and the Italian 'Cupola' observation tower
February 25	Launch of the ESA Earth remote sensing satellite CryoSat-2 from Baikonur
March 18	Launch of STS 131, Space Shuttle Discovery, from Cape Canaveral
April 2	Launch of Soyus 22S from Baikonur (ISS logistics)
April 28	Launch of Progress 37P from Baikonur (ISS logistics)
May 14	Launch of STS 132, Space Shuttle Atlantis, from Cape Canaveral
May 29	Launch of Soyus 23S from Baikonur (ISS logistics)
June 8–13	ILA Berlin Air Show 2010, International Aerospace Exhibition, Berlin (Germany)
June 30	Launch of Progress 38P from Baikonur (ISS logistics)
July 10	Flyby of the Rosetta probe at Lutetia asteroid
July 18–25	COSPAR 2010 (Committee on Space Research Congress), Bremen (Germany)
July 27	Launch of Progress 39P from Baikonur (ISS logistics)
July 29	Launch of STS-134, Space Shuttle Endeavour, from Cape Canaveral carrying the Alpha Magnetic Spectrometer (AMS) with contributions from the Universities of Aachen and Karlsruhe (Germany)
August 31	Launch of Progress 40P from Baikonur (ISS logistics)
Fall	Launch of Soyus from Kourou carrying two Galileo IOV satellites
Fall	61. International Astronautical Congress, Prague (Czech Republic)
Fall	First scientific flight of the SOFIA stratosphere telescope carrying the US-instrument FORCAST
September 16	Launch of STS-133, Space Shuttle Discovery, from Cape Canaveral
September 30	Launch of Soyus 24S from Baikonur (ISS logistics)
October 27	Launch of Progress 41P from Baikonur (ISS logistics)
November 30	Launch of the European automated ISS transport vehicle ATV-2 'Johannes Kepler' on Ariane 5 from Kourou
November 30	Launch of Soyus 25S from Baikonur (ISS logistics)
Dezember	Launch of two ECOMA sounding rockets from Andenes (Norway)

COUNTDOWN [11]



28. Oktober 2009, 11:30 Ortszeit: Erster Testflug einer Ares I-Rakete von Launch Complex 39B des NASA Kennedy Space Center (KSC) in Florida/USA. Ares soll im Rahmen des „Constellation“-Programms nach Ende des Space-Shuttle-Betriebes Astronauten ins All bringen. Nach Ende des Apollo-Programmes und Außerdienststellung der Saturn-Rakete war dies der erste Start eines anderen Trägersystems als des Space Shuttle von KSC. (NASA)

October 28, 2009, 11:30 Eastern Day Time: First test flight of an Ares I launch vehicle from launch complex 39B of the NASA Kennedy Space Center (KSC) in Florida/USA. As a part of the 'Constellation' program, Ares is supposed to bring astronauts into space once the Space Shuttle fleet is put out of operation. This was the first lift-off of a launch vehicle other than the Space Shuttle from KSC after the end of the Apollo program and the retirement of the Saturn launchers. (NASA)

IMPRESSUM/IMPRINT

COUNTDOWN – AKTUELLES AUS DER DLR RAUMFAHRT-AGENTUR/TOPICS FROM DLR SPACE AGENCY · Herausgeber/Publisher: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) · Sabine Göge (ViSdP), Michael Müller (Redaktionsleitung/Chief Editor), Diana Gonzalez · Tel.: +49 228 447-385 · Fax: +49 228 447-386 · E-Mail: m.mueller@dlr.de · www.DLR.de/rd. Hausanschrift/Postal Address: Königswinterer Straße 522–524, 53227 Bonn, Germany · Druck/Print: Druckerei Thierbach, 45478 Mülheim an der Ruhr, Germany · Gestaltung/Layout: CD Werbeagentur GmbH, Burgstraße 17, 53842 Troisdorf, Germany · Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe/Reprint with approval of publisher and with reference to source only · Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier/Printed on environment-friendly, chlorine-free bleached paper · Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben/Copyright DLR for all imagery, unless otherwise noted · Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder/Articles marked by name do not necessarily reflect the opinion of the editorial staff · Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos/published quarterly, release free of charge · ISSN 1864-6123 · **Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages/Funded by the Federal Ministry of Economics and Technology based on a decision of the German Federal Parliament.**