

# COUNTDOWN [5]



**INTERNATIONALE RAUMSTATION**  
Europäisches Labormodul  
COLUMBUS gestartet

**INTERNATIONAL SPACE STATION**  
European COLUMBUS  
Laboratory Launched

| 3

## EDITORIAL

Aufbruch in neue Forschungswelten

Editorial

Heading for New Research Worlds | 2

## NAVIGATION

Giove B – Letzte Tests

Navigation

Giove B – Final Check | 34



## INTERNATIONALE RAUMSTATION

ATV Jules Verne kurz vor dem Start

International Space Station

ATV shortly before Launch | 12

## GESCHICHTE

Die deutsche Raumfahrt 1955-1969

History

German Astronautics 1955-1969 | 38



## ERDFERNERKUNDUNG

Das neue Satellitendaten-  
sicherheitsgesetz

Earth Remote Sensing

The new Satellite Data Security Act | 24

## RAUMFAHRT- KALENDER

Space Calendar | 46

## Aufbruch in neue Forschungswelten

14 Nationen betreiben derzeit ein gemeinsames Großforschungslabor im Weltall, die Internationale Raumstation ISS. Es ist das größte wissenschaftlich-technische Projekt in der Geschichte der Menschheit. Es beweist, dass eine friedliche internationale Nutzung des Weltraums zum Vorteil aller Partner möglich und sinnvoll ist. Daran haben auch die zeitlichen Verzögerungen und technischen Probleme beim Aufbau der ISS nichts geändert. Im Gegenteil: Das ambitionierte Projekt wird mit großem Engagement fortgeführt. Seit dem „Erstbezug“ am 2. November 2000 forschen Astronauten auf der ISS, darunter auch an exzellenten Experimenten aus Deutschland. ISS-Partner sind die USA, Russland, zehn Mitgliedstaaten der ESA, Kanada und Japan.



Dr. Ludwig Baumgarten ist Mitglied des DLR-Vorstandes und zuständig für die Raumfahrt-Agentur in Bonn

Dr. Ludwig Baumgarten is a member of the DLR Executive Board and responsible for the Space Agency in Bonn

Die DLR Raumfahrt-Agentur managt in ihrem Programm „Forschung unter Weltraumbedingungen“ die wissenschaftliche Nutzung der ISS für Deutschland. Wir fördern hierbei Biologen, Mediziner, Physiker und Materialwissenschaftler aus Universitäten, Max-Planck-Instituten und anderen Forschungseinrichtungen. Zudem werden im Auftrag des DLR speziell für den Einsatz im Weltraum notwendige Geräte von der Raumfahrtindustrie entwickelt. Hieraus ergeben sich nicht selten innovative Technologien auch für die Anwendung auf der Erde. So trugen Ergebnisse aus Weltraumexperimenten dazu bei, Gussverfahren im Automobil- und Flugzeugbau zu verbessern und neue medizinische Geräte zu entwickeln.

Am 7. Februar 2008 ist COLUMBUS mit dem Space Shuttle Atlantis gestartet. In den darauf folgenden Tagen wurde das europäische Raumlabor an der Internationalen Raumstation montiert. Dies war der

Abschluss von jahrelanger Vorbereitung und harter Arbeit. Mit dem in Deutschland gebauten Labor-Modul bezieht Europa nun dauerhaft die ISS. In der auf zehn Jahre ausgelegten Lebensspanne wird COLUMBUS Geschichte schreiben als erstes europäisches Raumlabor für die Langzeitforschung unter Weltraumbedingungen. Der deutsche Astronaut Hans Schlegel war Crew-Mitglied auf der Mission, die das Raumlabor an der ISS anbrachte und in Betrieb nahmen. Sein französischer Kollege Léopold Eyharts ist noch immer an Bord der ISS und hat die wissenschaftliche Forschung im ESA-Labor aufgenommen. Dies ist ein beachtliches Beispiel für die gelebte deutsch-französische Freundschaft und die Aktualität des Elysée-Vertrags von 1963.

## Heading for New Research Worlds

For more than five years, 14 nations have been jointly operating a large research laboratory in space – the International Space Station ISS. It is the greatest science and engineering project in the history of mankind, a living evidence that the peaceful international utilization of space to the advantage of all partners is both possible and sensible. This is true in spite of the delays and technical problems that beset the construction of the ISS, for despite all this, the project is being pursued with great commitment. Ever since the first occupants “moved in” on November 2, 2000, astronauts have been conducting research on the ISS, including excellent experiments from Germany. The ISS partners include the USA, Russia, ten ESA member states, Canada, and Japan.

Through its Research under Space Conditions program, the DLR Space Agency manages the scientific use of the ISS for Germany. Under our program, we promote biologists, physicians, physicists and materials researchers working at universities, Max Planck Institutes and other research institutions. In addition, we regularly contract the space industry to develop equipment specifically designed for use in space. Not infrequently, the resultant innovative technologies are found suitable for use on Earth. Thus, results of experiments conducted in space helped to improve production processes for aircraft and automobile castings and to develop innovative medical devices.

On February 7, 2008, Columbus was launched and became an integral part of the International Space Station, bringing years of organization and hard work to fruition. With a projected lifetime of ten years, it will go down in history as the first European space laboratory dedicated to long-term research under space conditions. The German astronaut Hans Schlegel was a crew member on the COLUMBUS assembly and commissioning mission. His French colleague Léopold Eyharts still will stay on board the ISS and initiated the scientific research within the ESA laboratory. Indeed, this is a remarkable example for the French-German-friendship and the 1963 Elysée Treaty being alive.

Ludwig Baumgarten



Die Besatzung von STS-122 (v.r.n.l.) / The STS-122 Crew (from left to right):  
Commander Steve Frick,  
Pilot Alan Poindexter,  
Mission Specialist Rex Walheim,  
Mission Specialist Hans Schlegel  
(Deutschland/Germany),  
Mission Specialist Leland Melvin,  
Mission Specialist Léopold Eyharts (Frankreich/France),  
Mission Specialist Stan Love.

COLUMBUS  
Für die Erde ins All

Von Dr. Niklas Reinke und Prof. Dr. Günter Ruyters

COLUMBUS  
For Earth into Space

By Dr. Niklas Reinke and Prof. Dr. Günter Ruyters

Am 7. Februar 2008 war es endlich so weit: Die Mission STS-122 startete vom amerikanischen Weltraumbahnhof Cape Canaveral in Florida und brachte das europäische Weltraumlabor COLUMBUS zur Internationalen Raumstation ISS. Nun endlich kann Europa dauerhaft im Weltraum forschen; über 20 Jahre Vorbereitung waren hierfür nötig. COLUMBUS ist Europas Hauptbeitrag zur ISS und das erste europäische Weltraumlabor, das für langfristige, multidisziplinäre Forschung im All ausgelegt ist. Es ist 6,9 Meter lang und hat einen Durchmesser von 4,5 Metern. Nach der vollständigen Inbetriebnahme werden die Material- und Lebenswissenschaften sowie die Entwicklung neuer Technologien Hauptforschungsgebiete sein. Für die Zukunft wird auch die industrielle, kommerzielle Nutzung angestrebt. Das Labor wird der Hauptarbeitsplatz für europäische Astronauten. An der Außenwand von COLUMBUS bieten Plattformen Möglichkeiten für Experimente, die dem freien Weltraum ausgesetzt sind. Das europäische COLUMBUS-Kontrollzentrum innerhalb des deutschen Raumfahrtkontrollzentrums des DLR in Oberpfaffenhofen leitet den Betrieb des Forschungsmoduls.

### Viele Gründe für COLUMBUS

COLUMBUS steht für viele Aspekte der Raumfahrt. Mit dem Bau und Betrieb des europäischen Raumlabors SPACELAB, das 16-mal im Space Shuttle flog, hatte sich die Bundesrepublik in den 1980er und 1990er Jahren als führende europäische Nation in der astronautischen Raumfahrt etabliert. In konsequenter Fortentwicklung seiner Raumfahrtpolitik übernahm Deutschland auch bei COLUMBUS die Federführung und trug 41 Prozent der Entwicklungskosten. Damit ermöglichte die Bundesregierung deutschen Ingenieuren und Wissenschaftlern, ihr weltweit führendes Know-how im Rahmen des internationalen Großprojektes ISS zu erweitern.

February 7, 2008 – ready for take off! Mission STS-122 took off from the American launch site at Cape Canaveral in Florida to bring the European space laboratory COLUMBUS to the International Space Station ISS. After 20 years of preparations, Europe now can conduct research in space on a long-term perspective. COLUMBUS is Europe's key contribution to the ISS. It is the first European space laboratory designed for ongoing multidisciplinary research in space. It is 6.9 meters in length and 4.5 meters in diameter. Research conducted in it will cover materials and life sciences as well as the development of new technologies. Plans for the future provide for industrial and commercial uses as well. The laboratory will be the main workplace of the European astronauts. Platforms attached to its outer wall offer opportunities to conduct experiments in the extreme conditions of space. Operations will be directed by the European COLUMBUS Control Center at the DLR's Space Operations Center in Oberpfaffenhofen.

### Many reasons for COLUMBUS

COLUMBUS symbolizes many aspects of space flight. By building the European SPACELAB and operating it on a total of 16 space shuttle flights in the 1980s and 1990s, the Federal Republic established itself as the leading European nation in the field of astronautics. Consistently pursuing its space policy, Germany went on to coordinate the COLUMBUS project, shouldering 41 percent of the cost of development. By doing so, the Federal Government enabled Germany's engineers and scientists to consolidate their worldwide know-how leadership within the framework of the multinational ISS project.



Die Internationale Raumstation ist das größte nationenübergreifende Technologie- und Forschungsprojekt, das ausschließlich zivilen Zwecken dient. Es führt die traditionellen Raumfahrtmächte enger als jemals zuvor zusammen. In diesem Verständnis ist COLUMBUS Ausdruck der internationalen Verantwortung Europas für die friedvolle Fortentwicklung der internationalen Politik. Die ISS ist ein herausragendes Vorhaben der Völkerverständigung, ein Symbol für die Überwindung des Ost-West-Konfliktes zwischen 1945 und 1990. Deutschland war nicht nur geografischer Mittelpunkt dieses Konfliktes, sondern auch Schlüssel für dessen Ende. Die starke Beteiligung des vereinigten Deutschlands an der ISS ist ein bedeutender Beleg dieser Friedenspolitik. Darüber hinaus ist die ISS ein Nachweis für die Einbindung Russlands in die demokratische Staatengemeinschaft.

COLUMBUS bedeutet Spitzenforschung im Weltall. Über zwei Jahrzehnte hinweg hat sich Deutschland eine führende Position in der Forschung unter Weltraumbedingungen erarbeitet. Dies gilt für die Medizin und Biologie ebenso wie für die Materialwissenschaften. Mit dem Bezug von COLUMBUS erreicht diese langfristig geförderte Entwicklung eine neue Qualität. Wissenschaft im All ist nunmehr über lange Zeiträume möglich, Forschungsreisen sind einfacher zu verwirklichen als mit vielen kurzen Fluggelegenheiten. Neben wissenschaftlichen Einrichtungen interessieren sich in immer größerem Maße auch forschende Industriefirmen für Experimente auf der ISS. Die DLR Raumfahrt-Agentur nutzt die deutschen Vorhaben auf COLUMBUS daher, um Innovations- und Hochtechnologiepotenziale langfristig zu erschließen. Für die Erde ins All – dies gilt seit dem 7. Februar dieses Jahres mehr denn je. COLUMBUS ist schließlich der selbstbewusste Anspruch Europas, den dauerhaften Vorstoß der Menschheit ins All mitzuprägen.

#### High-tech made in Germany

Als Hauptauftragnehmer für COLUMBUS hat EADS Astrium in Bremen ein Konsortium von 41 Unternehmen aus 14 Ländern angeführt, das für die Entwicklung, Fertigung, Integration und Tests verantwortlich war. Der Festpreisvertrag für die Entwicklung von COLUMBUS wurde im März 1996 unterzeichnet. Von den Gesamtkosten einschließlich der Testeinrichtungen in Höhe von 880 Millionen Euro gingen Aufträge in Höhe von etwa 450 Millionen Euro an die deutsche Industrie.

Diese spielt zudem eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung und beim Bau technisch anspruchsvoller Laborausstattungsgegenstände. So hat sie beispielsweise die Systemführung bei der Entwicklung der Experimentieranlagen BIOLAB (für biologische Forschung; Astrium), EPM (European Physiology Modules für medizinische Forschung; OHB) und MSL (Materials Science Lab für materialwissenschaftliche Forschung; Astrium). Weitere deutsche



The International Space Station constitutes the largest ever transnational technology and research project that exclusively serves nonmilitary purposes. It brings the traditional space powers closer together than ever before. Seen in that light, COLUMBUS is a manifestation of Europe's international responsibility for the peaceful evolution of international politics. Eminent promoting international understanding, the ISS symbolizes the resolution of the East-West conflict that persisted from 1945 to 1990. Being the geographic center of that conflict, Germany also provided the key to its end. The unified Germany's extensive involvement in the ISS documents its peaceful political intentions. Moreover, the ISS illustrates Russia's integration in the community of democratic states.

What is more, COLUMBUS is synonymous with top-flight research in space. In the course of two decades, Germany succeeded in attaining a leading position in research under space conditions in fields that include medicine and biology as well as materials research. Once COLUMBUS is connected with the rest of the ISS, this development attains a new quality after many years of promotion. Science in space becomes feasible over extended periods, and research campaigns are easier to conduct than on brief flight opportunities. Next to scientific institutions, researching industrial companies are beginning to show more and more interest in experiments on the ISS. Accordingly, the DLR Space Agency con-



Der deutsche Astronaut Hans Schlegel beim Training in den USA

Training Day in the USA: the German Astronaut Hans Schlegel

Firmen sind als Unterauftragnehmer an der Entwicklung wesentlicher Komponenten beteiligt. Auch die Proben-Gefriereinrichtung MELFI (bis -80 Grad Celsius; maßgebliche Entwicklung durch die Firma Linde) oder die wissenschaftliche Probenhandlereinrichtung Micro Gravity Science Glovebox (MSG; Astrium) stammen im Wesentlichen aus Deutschland.

#### Die COLUMBUS-Infrastruktur

COLUMBUS ist ein Forschungslabor, in dem bis zu drei Astronauten auf 25 Kubikmetern an wissenschaftlichen Experimenten arbeiten können. Die Außenwand von COLUMBUS besteht aus mehreren Lagen Aluminium, Kevlar und Nextel, die das Labor vor Beschädigungen durch Mikrometeoriten, Weltraummüll und ebenso vor kosmischer Strahlung schützen, sowie einer starken Temperatur-Isolierung.

Im Inneren ist COLUMBUS mit 16 sogenannten Racks ausgestattet, in denen ähnlich wie bei Einbauschränken Laborausstattung, Computer und technische Systeme untergebracht sind. Sie können Versuchseinrichtungen von bis zu 700 Kilogramm Masse aufnehmen. Die Racks sind nach einem Standard gebaut, nach dem auch die amerikanischen und japanischen Module konstruiert wurden, und besitzen eine eigene Stromversorgung, Kühlsysteme sowie Video- und Datenleitungen. Bei Bedarf können sie ausgetauscht werden.

Obleich COLUMBUS das kleinste der sechs Labormodule der ISS ist, können hier vom Volumen, Datenkapazität oder Energieverbrauch her ebenso viele Experimente durchgeführt werden wie in den anderen Laboren. Per Tele-Operations können Wissenschaftler auf der Erde zum Teil direkt in den Versuchsablauf eingreifen und ihre Daten abrufen. Drei Racks dienen als Stauraum und für die Unterbringung der Infrastruktur: Stromversorgung, Datenverteilung, Wasserpumpen sowie Klima- und Feuerunterdrückungssystem. So können die Astronauten die Temperatur im Labor zwischen 16 und 30 Grad Celsius variieren. Frischluft erhält COLUMBUS aus dem Verbindungsknoten 2, an dem das europäische Labor angedockt ist. Hier wird die Luft aufbereitet und vom Kohlendioxid gereinigt. Die Solarflächen der Raumstation werden COLUMBUS mit 20 kW Strom versorgen, von denen 13,5 kW für die wissenschaftlichen Einrichtungen genutzt werden können.

An der Außenhülle befinden sich vier Halterungen, an denen Experimentieranlagen angebracht werden können. Dies bietet Forschern die Möglichkeit, ihre Versuchsanordnungen direkt dem Weltraum mit seinen besonderen Bedingungen auszusetzen: Über die auch innerhalb der Raumstation herrschende Schwerelosigkeit hinaus sind dies das Vakuum, die Weltraumstrahlung und der absolute Temperatur-Nullpunkt. Zudem ist die Beobachtung der Erde oder der Sonne von hier aus möglich.

centrates on using Germany's COLUMBUS projects to develop innovation and high-technology potentials in the long run. For Earth into Space – for the work on the International Space Station, this slogan holds true more than ever before since February 7. Lastly, COLUMBUS symbolizes Europe's self-confident claim to a lasting impact on mankind's long-term approach into space.

#### High-tech made in Germany

As principal contractor for COLUMBUS, EADS Astrium in Bremen leads a consortium of 41 companies from 14 countries which is responsible for developing, building, integrating, and testing the laboratory. A fixed-price contract on the development of COLUMBUS was signed in March 1996. The overall cost of the module amounts to 880 million Euros, test facilities included, about 450 million Euros of which went to the German industry.

Moreover, German industry has been playing a crucial role in the production of technically sophisticated items of laboratory equipment. Thus, for example, EADS and OHB act as system managers for the development of the following experimental facilities: BIOLAB (for biological research, Astrium), EPM (European physiology modules for medical research, OHB), and MSL (materials science laboratory, EADS). Other German companies are involved as subcontractors in the development of essential components. There are other devices that mostly originated in Germany, such as the MELFI sample freezer (down to -80 degrees centigrade; largely developed by Linde) and the scientific sample-handling device called Microgravity Science Glovebox (MSG, Astrium).

#### The COLUMBUS infrastructure

COLUMBUS is a research laboratory that offers 25 cubic meters of space to as many as three astronauts working on scientific experiments. Its outer wall incorporates several layers of aluminum (AE), Kevlar and Nextel to protect the laboratory from space debris and cosmic radiation as well as a thick layer of heat insulation.

The interior of COLUMBUS consists of 16 racks resembling fitted cupboards which accommodate laboratory equipment, computers and technical systems with a total mass of up to 700 kilograms. These racks were built to a standard that was similarly applied in the design of the American and Japanese modules. They have their own power supply, cooling system, and CCTV and data cables. They can be exchanged as needed.

Although COLUMBUS is the smallest of the six laboratory modules of the ISS, its volume, data capacity and energy supply permit conducting as many experiments as the other laboratories. Tele-operations technology will enable scientists on Earth to control

### Forschungsperspektiven für COLUMBUS

Bei der wissenschaftlichen Forschung auf der ISS ist Deutschland eine der wichtigsten Nationen. Dies gilt besonders für den Bereich „Forschung unter Weltraumbedingungen“ (Bio- und Materialwissenschaften), bei dem rund 40 Prozent der im europäischen Wettbewerb ausgewählten Projekte aus deutschen Forschungsinstituten stammen.

Für deutsche Wissenschaftler begann die Nutzung der ISS bereits 2001 mit Projekten zur Plasmakristall-Forschung sowie zur Messung der Weltraumstrahlung. Seitdem wurden rund fünfundzwanzig weitere Experimente oder Experimentserien begonnen und teilweise bereits abgeschlossen. Ermöglicht wurde dies durch erfolgreiche zwischenstaatliche Kooperationen mit den Raumstationspartnern USA, Russland und Kanada. Das bisherige Forschungsspektrum umfasst neben der Plasmaphysik vor allem Raumfahrtmedizin und Biotechnologie. Für die kommenden Jahre haben sich fast 100 weitere deutsche Projekte im internationalen Wettbewerb nach dem so genannten „Best Science“-Prinzip durchgesetzt und warten auf ihre Umsetzung.

Im Rahmen der übergeordneten Ziele des Programms „Forschung unter Weltraumbedingungen“ der DLR Raumfahrt-Agentur definieren diese Projekte die konkreten Forschungsziele für die nächsten Jahre:

#### Gravitationsbiologie

Seit Beginn der Evolution spielt die Schwerkraft für alle Organismen eine entscheidende Rolle. Seit vielen Jahren gehen Forscher daher der Frage nach, wie Organismen die Schwerkraft wahrnehmen und verarbeiten: Woher wissen Pflanzen, wo oben oder unten ist, warum wachsen Wurzeln und Sprosse in die richtige Richtung? Viele Natur-Geheimnisse konnten die Wissenschaftler bereits aufdecken: Sie entdeckten schwere Partikel in Wurzeln und zeigten deren Verlagerung bei Änderung der Schwerkraft. Auch die Beteiligung des Zellskeletts und verschiedener Botenstoffe wurde nachgewiesen. Auf der Ebene von Genen und Proteinen konnten sie wichtige Veränderungen feststellen. Doch die genaue Abfolge der einzelnen Schritte von der Wahrnehmung der Schwerkraft bis hin zur Reaktion der Pflanze ist noch nicht geklärt. Hier setzen COLUMBUS-Experimente beispielsweise in der Anlage BIOLAB an, die dieser Frage mit modernen molekularbiologischen Methoden nachgehen.

some experiments directly and access their data. Three racks provide storage space, while another three accommodate the infrastructure, i.e. the power supply and data communication systems, the water pumps and the climate and fire control systems. Thus, for instance, astronauts may vary the temperature inside the laboratory between 16 and 30 degrees centigrade. COLUMBUS is provided with fresh air by its connecting Node 2, where the air is reprocessed and purged of carbon dioxide. The solar panels of the space station will provide COLUMBUS with 20 kW of electric power, of which 13.5 kW of which will be available for the scientific equipment.

The outer hull has four external platforms for experiments attached to it, offering researchers a chance to directly expose their experimental rigs to space and the characteristic conditions prevailing there: Apart from microgravity, which also rules inside the Space Station, there is vacuum, interstellar radiation and absolute zero. Furthermore, these racks may be used to observe the Earth or the Sun.

#### Perspectives of research in COLUMBUS

Germany is one of the most important nations conducting scientific research on board the ISS, particularly in the field of research under space conditions (life and physical sciences) in which around 40 percent of the projects selected in a Europe-wide competition originated with German research institutes.

Research on the ISS for Germany began more than six years ago in early 2001, when German scientists investigated plasma crystals and measured space radiation in their first projects. Some of the 25 or so additional test campaigns that were launched since that time have already been completed. The reason for this lies in successful international cooperation with the ISS partner states, i.e. the USA, Russia and Canada. Next to plasma physics, the fields investigated so far include space medicine and biotechnology.

Having been successful in the international competition, around 100 German projects are now waiting to be realized during the years to come. Pursuing the goals of the DLR Space Agency's "Research under Space Conditions" program, these projects define concrete research objectives for the next few years:

#### Gravitational biology

Ever since evolution began, gravity has been playing a crucial role for all organisms. For many years, researchers have been trying to answer the question of how organisms perceive gravity and

### Strahlen- und Astrobiologie

Stärke und Zusammensetzung der Strahlung im Weltraum sind großen Schwankungen unterworfen. Von daher ist auch in Zukunft weitere Forschung notwendig, um das Strahlenrisiko besser abschätzen zu können. Aufgrund seiner langjährigen Expertise auf diesem Gebiet wird das DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin die Messungen der Weltraumstrahlung daher in den kommenden Jahren innerhalb und außerhalb der ISS fortsetzen. Fast noch wichtiger als die dosimetrische Erfassung der Stärke und Zusammensetzung der Strahlung ist die Analyse ihrer biologischen Wirksamkeit. Die Phantompuppe „Matroschka“, ein hochentwickelter Simulator des menschlichen Oberkörpers mit all seinen Organen, hat hier schon gute Ergebnisse geliefert. Die Anlage misst derzeit das Strahlenfeld im Innern der ISS und wird im Laufe des Jahres 2008 erneut nach außen gebracht. Für die Astrobiologen bricht ebenfalls ein neues Kapitel an: Mit COLUMBUS wurde die Anlage Expose-EuTEF zur ISS gebracht. Neben dosimetrischen Vergleichsmessungen werden in dieser Anlage verschiedene Organismen den extremen Umgebungsbedingungen des Weltraums ausgesetzt. Wissenschaftler untersuchen dann ihre Überlebensfähigkeit. Diese Versuche dienen der Erforschung von Entstehung, Evolution und Ausbreitung des Lebens und damit der Beantwortung der Frage, ob eventuell das Leben von anderen Himmelskörpern auf die Erde gekommen sein kann.

#### Humanphysiologie

In der Raumfahrtmedizin liegt der Schwerpunkt der deutschen ISS-Experimente in den kommenden Jahren auf der Untersuchung des Muskel- und Knochenstoffwechsels. Im Sinne der integrativen Physiologie wird dabei der ganze Mensch im Zusammenspiel seiner verschiedenen Systeme und Organe betrachtet. Die Wissenschaftler berücksichtigen die Wechselwirkungen von Knochen und Muskeln mit dem Kreislauf, Stoffwechsel, Immunsystem und der hormonellen Regulation. Hintergrund ist der Sachverhalt, dass Astronauten aufgrund der fehlenden Schwerkraft und Bewegung mit ganz ähnlichen Gesundheitsproblemen zu kämpfen haben wie alternde Menschen auf der Erde. Im Unterschied hierzu treten die Veränderungen bei Astronauten innerhalb von Tagen oder Wochen auf, so dass sich der Alterungsprozess oder auch bestimmte Krankheiten gewissermaßen im Zeitraffer studieren lassen. Ziel der ISS-Experimente ist es, die Mechanismen von Muskel- und Knochenabbau zu verstehen und geeignete Gegenmaßnahmen zu entwickeln, die nicht nur den Astronauten, sondern auch den Menschen auf der Erde zugute kommen.

respond to this stimulus, i.e. how plants can distinguish between up and down, and why roots and shoots grow in the right direction. Scientists have already disclosed many of nature's secrets. Thus, they discovered that roots contain heavy particles which shift when the direction of gravity changes. Moreover, they were able to show that the cytoskeleton and a variety of messenger substances are involved in the process as well. Yet they have been unable so far to establish the exact sequence of steps from gravity perception to plant response. This is where the BIOLAB and other experiments on COLUMBUS will begin searching for answers to that question with modern molecular biology methods.

#### Radiation and astrobiology

Both the intensity and the composition of space radiation vary greatly. This being so, further measurements are planned to improve our ability to assess the risk of radiation exposure. Applying its many years of expertise in this field, the DLR Institute of Aerospace Medicine will continue its measurements inside and outside the ISS. Analyzing the biological impact of cosmic radiation may be even more important than measuring its intensity and composition. Matroschka, a sophisticated phantom dummy that simulates the human torso with all its organs, has been giving good results in the past. At present, it is deployed inside the ISS to measure the radiation field there, but it will be moved outside again in the course of 2008.

In astrobiology, a new chapter will be opened as well: Together with COLUMBUS, the Expose-EuTEF system arrived on the ISS. Besides the comparative radiation dosimetry, the system will be used to expose a variety of organisms to the extreme environmental conditions of space and investigate their ability to survive. These studies serve to explore the origin, evolution and spread of life and, by the same token, to answer the question if life might have arrived on Earth in the dim and distant past from other celestial bodies.

#### Human physiology

In the field of space medicine, the German experiments conducted on the ISS will focus for some years on the metabolism of muscles and bones. Following the principle of integrative physiology – a holistic view of man and the interplay between his various systems and organs – scientists will study the interaction between the musculo-skeletal system on the one hand and the cardiovascular, metabolic, immune, and hormonal regulation systems on the other. The basis for this research is the fact that astronauts – due to the lack in gravity and mechanical load – are suffering from



Das Columbus-Modul in der ISS-Vorbereitungshalle am Kennedy Space Center in Florida

The ISS preparation facility at Kennedy Space Center with the Columbus module



Die Columbus-Experimentracks

The Columbus experiment racks: Biolab, Fluid Science Laboratory, European Physiology Modules, European Drawer Rack



Das Columbus-Kontrollzentrum am DLR-Standort Oberpfaffenhofen

The Columbus Control Center at the DLR site in Oberpfaffenhofen, Bavaria



Querschnitt durch das COLUMBUS-Modul. Links an der Außenwand: die strahlen- und astrobiologischen Außenexperimente SOLAR und Expose-EuTEF (künstlerische Darstellung)

The COLUMBUS module in cross section. Left on the exterior wall: The external radiation and astrobiological experiments SOLAR and Expose-EuTEF (Artist's View)

### Materialforschung

Etwa 90 Prozent der metallischen und halbleitenden Werkstoffe entstammen schmelzmetallurgischen Verfahren. Um die bestehenden Technologien zu optimieren oder neue zu entwickeln, brauchen die Forscher ein größeres Detailverständnis aller ablaufenden Vorgänge. Das Materialdesign aus der Schmelze erfordert heutzutage effiziente Computersimulationen, damit energie- und zeitaufwändige Vorversuche im großtechnischen Maßstab verringert werden können. In der Schwerelosigkeit werden Störkräfte in einer Schmelze ausgeschaltet, so etwa Auftrieb (Konvektion) und Ablagerung (Sedimentation) von Komponenten unterschiedlicher Dichte. Das sind entscheidende Vorteile, um die Wechselbeziehung zwischen Erstarrungsbedingungen, Werkstoffgefüge und resultierenden Eigenschaften aufzuklären. Ein weiteres Ziel ist es, die wärmephysikalischen Eigenschaften reaktiver Metallschmelzen durch behälterfreies Prozessieren – also in der Schwebelage – wesentlich genauer zu messen. Die geplanten Forschungsarbeiten erfolgen insbesondere an industrierelevanten Schmelzen.

### Fluidphysik

Die Physik der Flüssigkeiten und Gase betrifft viele Anwendungsbereiche, in denen die Wirkung der Schwerkraft bedeutend ist. So sind auf der ISS Grundlagenuntersuchungen zu Flüssigkeitsströmungen in einer Geometrie geplant, die in Zukunft Treibstofftransport in Satellitentanks durch Kapillarkräfte ermöglicht. Bei

similar health problems as ageing humans on Earth. Since the changes in astronauts, however, occur within a few days or weeks, the ageing process or certain diseases can be studied twice as fast. Experiments on the ISS, therefore, aim at understanding the mechanisms of e.g. muscle and bone loss and developing suitable countermeasures from which not only astronauts but also the people on Earth stand to benefit.

### Materials research

About 90 percent of all metallic and semi-conducting materials are produced by metallurgic melt processes. To optimize existing technologies or develop new ones from scratch, researchers need to know more and more about the details of all processes involved. Today, designing materials produced by melting calls for efficient computer simulation programs to circumvent industrial-scale pilot tests that are expensive in terms of both energy and time. Weightlessness eliminates spurious forces that may act on a melt, such as convection and sedimentation of components that differ in density. These are crucial advantages in studying the interaction between solidification conditions and the structure and properties of the resultant materials. Another objective will be to considerably enhance precision with which the thermophysical properties of reactive metal melts can be established by measuring them in suspension, i.e. in a containerless process. The research activities on the ISS will concentrate on melts that are relevant to the industry.

der Zündung eines Triebwerks muss zu jedem Zeitpunkt ausreichend Treibstoff an der Düse vorhanden sein. Folglich sind Experimente unter Schwerelosigkeit notwendig mit dem Ziel, die Grenzen der Strömung aufzuklären, bevor sie instabil wird. Auf der Erde verhindert der hydrostatische Flüssigkeitsdruck genaue Messungen.

Ein weiteres Projekt betrifft die Erforschung von Strömungsvorgängen in einem Kugelspalt. Dieses geophysikalische Modell simuliert Strömungsvorgänge im flüssigen äußeren Erdkern, indem die zentrale Kraftwirkung unseres Planeten durch ein künstliches Gravitationsfeld im Kugelspalt ersetzt wird. Wissenschaftler interessieren sich hierbei für die auftretenden Strömungsmuster. Nur unter Schwerelosigkeit kann man dabei die im irdischen Labor herrschende Vorzugsrichtung „oben-unten“ vermeiden. Diese Untersuchung ist als erstes Experiment im Fluid Sciences Lab von COLUMBUS geplant.

### Verbrennungsforschung

Am Beispiel der Verbrennung von Tropfen und Sprays wollen Forscher Zündmechanismen analysieren und dadurch Verfahren zur Hochdruckverbrennung flüssiger Treibstoffe verbessern. Ihr Ziel ist es, in Gasturbinen und Flugantrieben den Schadstoffausstoß bei hohem Wirkungsgrad durch möglichst magere Kraftstoffgemische zu senken. Die Schwerelosigkeit hilft, die Basismechanismen der Verbrennung ungestört zu erforschen. Bisher erfolgen

### Fluid physics

Fluid and gas physics permeates many applications on which gravity has a major impact. Basic studies on the ISS will investigate fluid flows within a geometry that will enable fuel to be transported by capillary forces in a new generation of satellite tanks. Whenever a jet is fired, an adequate supply of fuel must be available at the injection nozzle. This being so, experiments will have to be conducted in weightlessness to establish the limits at which flows become unstable. On Earth, hydrostatic fluid pressure prevents precise measurements.

Another project will address flows in a spherical gap. This geophysical model simulates flow processes in the liquid outer core of the Earth by replacing the central force of our planet with an artificial gravitational field in a spherical gap. What is interesting to scientists in this context is the flow patterns that arise. The top-down bias that is inevitable in terrestrial laboratories can be avoided only in weightlessness. This experiment is the first scheduled for the Fluid Sciences Lab of COLUMBUS.

### Combustion research

By studying the combustion of droplets and sprays, researchers intend to analyze ignition mechanisms so as to improve combustion processes for liquid fuels under high pressure. They aim to lower the pollutant emissions of gas turbines and aircraft engines by

entsprechende Experimente im Fallturm Bremen. Mit der Inbetriebnahme des US Combustion Integrated Rack auf der ISS werden sich neue Experimentier- und Kooperationsmöglichkeiten ergeben.

### Fundamentalphysik

Die Nobelpreise für Physik sind in den letzten Jahren wiederholt für Entdeckungen zu Quantenphänomenen vergeben worden. Im Fall der Bose-Einstein-Kondensation ist es gelungen, Gasatome so weit abzukühlen, dass diese ihre Individualität verlieren und als Materiewelle in Erscheinung treten. Im Labor konnte gezeigt werden, dass ein Laser mit solchen Materiewellen anstelle von Lichtwellen funktioniert. Im Fallturm Bremen wird gegenwärtig erstmalig versucht, ultrakalte Atome unter Schwerelosigkeit zu erzeugen, um die Gasatome noch weiter abzukühlen. Auf der ISS wollen Physiker längerfristig an ultrakalten Atomen forschen, um noch tiefere Einblicke in die Quantenwelt zu bekommen.

Ein wichtiges Forschungsfeld auf der ISS stützt sich auf eine Entdeckung der Plasmakristalle durch Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik im Jahr 1994. Das bereits seit über sechs Jahren laufende Forschungsprogramm auf der ISS in Kooperation mit Russland soll aufgrund der hohen wissenschaftlichen Ausbeute bis ins nächste Jahrzehnt ausgedehnt werden. Die bisherigen Daten aus den Weltraumexperimenten führten zu grundlegend neuen Erkenntnissen und Entdeckungen. Mit Partikeln angereicherte Plasmen sind keineswegs ein exotischer Forschungsgegenstand,

reducing the richness of fuel-air mixtures as far as possible without affecting efficiency. Weightlessness greatly assists in exploring the basic mechanisms of combustion without interference. So far, related experiments have been conducted on the Bremen drop tower. Once the American Combustion Integrated Rack has been commissioned on the ISS, new opportunities for experimenting and cooperating will open up.

### Fundamental physics

In recent years, the physics Nobel Prize has been repeatedly awarded for discoveries relating to quantum phenomena. Investigators of the Bose-Einstein condensation succeeded in cooling gas atoms far enough for them to lose their individuality and appear as matter waves. Laboratory tests have shown that a laser will work with such matter waves instead of light waves. At the moment, attempts are being made at the Bremen drop tower to generate ultra-frigid gas atoms in weightlessness so as to reduce their temperature even further.

On the ISS, physicists plan to study ultra-frigid atoms systematically in the long term in order to obtain an even better insight into the world of quantum. One major field of research on the ISS is based on the discovery of plasma crystals made in 1994 by scientists working at the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics. The research program on the ISS, which has been running for more than six years now in cooperation with Russia, will be extended into the next decade because of its great scientific earnings.

**„Mit Columbus ermöglicht die Bundesregierung deutschen Ingenieuren und Wissenschaftlern, ihr weltweit führendes Know-how im Rahmen des internationalen Großprojektes ISS zu erweitern.“**

*“With Columbus, the Federal Government enables Germany’s engineers and scientists to consolidate their worldwide know-how leadership within the framework of the multinational ISS project.”*

#### Die Internationale Raumstation ISS, Status: November 2007 System bei Fertigstellung

<b>Spannweite</b>	109 m
<b>Länge</b>	80 m
<b>Tiefe</b>	88 m
(mit ATV/Progress)	
<b>Höhe</b>	45 m
<b>Masse</b>	450 t
<b>Elektrische Leistung</b>	110 kW
<b>Nutzlastanteil</b>	46 kW
<b>Wohn- und Arbeitsraum</b>	1.200 m <sup>3</sup>
<b>Mikrogravitationsbedingungen</b>	10 <sup>-6</sup> g
<b>Betriebsumlaufbahn</b>	
Bahnhöhe	ca. 360 km
Bahnneigung	51,6°
Umlaufzeit	90 Minuten
<b>Nutzung (deutscher Anteil)</b>	
Humanphysiologie, Biologie	~ 45 %
Materialforschung, Fluidphysik	~ 35 %
u. Physikalische Chemie	
Technologie, Telekomm.	~ 5 %
Extraterrestrik	~ 5 %
Erderkundung	~ 5 %
Industrie	~ 5 %

#### The International Space Station ISS, status: November 2007 System on completion

<b>Span</b>	109 m
<b>Length</b>	80 m
<b>Depth</b>	88 m
(with ATV/Progress)	
<b>Height</b>	45 m
<b>Mass</b>	450 t
<b>Power generation</b>	110 kW
<b>Payload</b>	46 kW
<b>Living and working space</b>	1,200 m <sup>3</sup>
<b>Microgravity conditions</b>	10 <sup>-6</sup> g
<b>Operational orbit</b>	
Altitude	c. 360 km
Inclination	51.6°
Orbital period	90 minutes
<b>Utilization (Germany’s share)</b>	
Human physiology, biology	~ 45 %
Materials research, fluid physics,	~ 35 %
physical chemistry	
Technology, telecommunications	~ 5 %
Extraterrestrial research	~ 5 %
Earth exploration	~ 5 %
Industry	~ 5 %

sondern treten häufig in der Natur (Saturnringe, Kometenschweif) und in irdischen Plasma-Technologien (Chipherstellung, Solarzellenfertigung) auf. Ein weiterer Forschungsbereich zur Untersuchung fundamentaler Partikelwechselwirkungen wird sich auf der ISS zum Ende des Jahrzehnts erschließen. Hierbei wird das Ziel verfolgt, elementare Vorgänge bei der Planetenentstehung – die Zusammenballung von kosmischem Staub – sowie der atmosphärischen Wolkenbildung – das Wachstum von Aerosolen – zu simulieren.

### Forschungsperspektiven für die Nutzung von COLUMBUS

Für die ISS ist bereits eine Vielzahl gerade auch deutscher Projekte ausgewählt worden, die nun auf ihre Realisierung warten. An Forschungsarbeit für die Astronauten herrscht also in den nächsten Jahren kein Mangel. Für einige Experimente müssen noch die notwendigen Anlagen entwickelt und gebaut werden. Dies betrifft gerade auch zwei Schwerpunkte des deutschen materialwissenschaftlichen Programms, die Erforschung von Plasmakristallen und wärmephykalischer Eigenschaften von Legierungen mittels elektromagnetischer Schwebel. Auch für die Forschung im Bereich der Biomedizin bereiten Wissenschaftler und Ingenieure ergänzende Experimentmodule vor. Hier ist das erste Ziel, eine moderne „on-board“-Analytik zu schaffen. Mit deren Hilfe wird zum einen der aufwändige Probenrücktransport entfallen, zum anderen werden die Wissenschaftler wesentlich schneller zu ihren Ergebnissen kommen. Sowohl Biologen als auch Raumfahrtmediziner werden davon profitieren und erweiterte Forschungsperspektiven erhalten. Die Ergebnisse der ISS-Experimente in Bio- und Materialwissenschaften werden so die führende Position des Wissenschafts- und Wirtschaftsstandorts Deutschland in vielen Bereichen festigen. Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung auf der ISS werden die bisherige Erfolgsgeschichte des Programms „Forschung unter Weltraumbedingungen“ von DLR und ESA fortschreiben.

#### Folgende wissenschaftliche Racks befinden sich als Startausstattung im europäischen Weltraumlabor:

Biolab, in dem Forscher Mikroorganismen, Zellkulturen und Gewebeprobe sowie kleine Pflanzen oder Tiere untersuchen können, um die Rolle der Schwerkraft für Entwicklung und Wachstum von Organismen besser verstehen zu lernen

Fluid Science Laboratory, das Einblicke in das komplizierte Verhalten von Flüssigkeiten erlaubt und zu Verbesserungen etwa in der Energiegewinnung, der Effektivität von Treibstoffen oder bei Umweltfragen beitragen wird. Unter Schwerelosigkeit sind Effekte wie Ablagerung, Schichtung, Druck und schwerkraftabhängiger Auftrieb aufgehoben, so dass Wissenschaftler die dynamischen Effekte von Flüssigkeiten viel genauer studieren können.

European Physiology Modules, mit deren Hilfe Astronauten das Verhalten des menschlichen Körpers in Schwerelosigkeit analysieren werden (etwa Muskel- und Knochenschwund, Herz-Kreislauf-Regulation, Flüssigkeitskreisläufe, Atmung, Stoffwechsel, Immunsystem und Gehirnaktivitäten)

*Dr. Niklas Reinke arbeitet in der DLR-Unternehmenskommunikation und ist Öffentlichkeitsbeauftragter der DLR Raumfahrt-Agentur*

*Prof. Dr. Hans-Günter Ruyters leitet das Programm Biowissenschaften innerhalb der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen der DLR Raumfahrt-Agentur*

The data obtained so far from space experiments yielded new fundamental insights and discoveries. Far from being an exotic subject of research, plasmas enriched with particles appear frequently in nature (the rings of Saturn, the tails of comets) as well as in terrestrial plasma technology (manufacture of chips and solar cells). The equipment required to open up yet another field of research that deals with fundamental interactions between particles will be available on the ISS by the end of the decade. In this case, research aims at simulating elementary processes in the birth of planets – the agglomeration of cosmic dust – as well as in the formation of clouds in the atmosphere (aerosol growth).

### Research perspectives for the utilization of COLUMBUS

For the ISS, a multitude of German and other research projects has been selected that now await realization. Consequently, there will be no lack of scientific work for astronauts to do in the next few years. In some cases, the apparatus required for specific experiments still has to be developed and built. This holds particularly true for two key items of the German materials science program, namely plasma crystal research and the investigation of the thermophysical properties of alloys in electromagnetic suspension. In bioscience research, scientists and engineers are similarly engaged in preparing supplementary or additional experimental installations. Their foremost aim is to create a modern on-board analytical facility which would eliminate the need for the expensive return of samples to Earth and enable scientists to get at their results much quicker. Biologists as well as space medicine professionals will be able to benefit from this and expand their research perspectives. Thus, the results of the ISS experiments in life and materials sciences will consolidate Germany’s leading position in many fields of science and industry. Basic and application-oriented research on the ISS will add to the success story of the „Research under Space Conditions“ program of DLR and ESA.

#### The following Scientific racks will be installed in the European space laboratory at launch time:

The Biolab for researchers to study microorganisms, cell cultures, tissue specimens and small plants or animals, in order to get a better understanding on the role of gravity for the development and growth of organisms

The Fluid Science Laboratory which permits studying the complicated behaviour of fluids to implement improvements in energy generation and fuel efficiency as well as in environmental and other fields. As gravity-related effects like sedimentation, stratification, pressure and convection do not operate in the absence of gravity, scientists may study dynamic fluid effects much more closely.

The European Physiology Modules which astronauts will use to analyze the human body’s response to weightlessness (e.g. muscle and bone loss, cardiovascular regulation, fluid circulation, breathing, metabolism, immune system, cerebral activity). The European Drawer Rack for the flexible accommodation of small experiments in various disciplines.

*Dr. Niklas Reinke works for DLR Corporate Communications and is responsible for the PR unit within the DLR Space Agency*

*Prof. Dr. Hans-Günter Ruyters heads the life science program in the division for “Research under Space Conditions“ at the DLR Space Agency*

## ATV-1 „Jules Verne“

Jungfernflug des ersten europäischen Raumtransporters

Von Volker Schmid

Anfang März 2008 soll der europäische Raumtransporter ATV (Automated Transfer Vehicle) Jules Verne zum ersten Mal die Internationale Raumstation (ISS) anfliegen. Dabei wird er automatisch an die Internationale Raumstation ISS andocken – eine Premiere in der europäischen Raumfahrtgeschichte. Neben einer umfangreichen Demonstration seiner Fähigkeiten im Orbit wird es seine Hauptaufgabe sein, circa fünf Tonnen Versorgungsgüter und Treibstoff für die ISS-Besatzung zur Raumstation zu liefern.

Die ATV-Flüge sind der europäische Beitrag zur Versorgung der ISS. Das ATV wird auf einer Ariane 5 ES-Trägerrakete mit einer wiederzündbaren Oberstufe von Kourou aus gestartet. Durch die ATV-Flüge wird die Ariane 5 in das Logistikkonzept der ISS eingebracht. Nach Trennung von der Oberstufe wird das ATV die erforderlichen Rendezvous- und Andockmanöver mit der Raumstation, überwacht vom ATV-Kontrollzentrum in Toulouse, autonom durchführen. Ein ATV kann bis zu sechs Monate an der ISS angedockt bleiben.

Deutsche Firmen sind bei der ATV-Entwicklung mit circa 24 Prozent am Raumsegment beteiligt. Die Entwicklung beinhaltet den Bau des Prototyps und die Errichtung aller Bodenanlagen so wie die notwendige Ariane 5-Anpassung. Die ATV-Entwicklung läuft innerhalb der europäischen Beiträge des ISS-Entwicklungsprogramms. Der größte Teil der für Europa anteilig zu tragenden ISS-Betriebskosten wird durch Sachleistungen anstelle von Devisenzahlungen an die NASA abgegolten. EADS Astrium in Bremen ist federführend für die Produktion von mindestens vier ATV-Fahrzeugen innerhalb des ISS-Betriebsprogramms verantwortlich. Deutsche Firmen haben einen Anteil von 51 Prozent des Auftragsvolumens.

### Nutzlastkapazität von sechs Tonnen

Das ATV ist circa zehn Meter lang und hat einen Durchmesser von 4,5 Metern. Die entfalteten Solarpaneele haben eine Spannweite von 22,3 Metern. Die Gesamtmasse des startbereiten und beladenen Fahrzeugs beträgt bei Jules Verne knapp 20 Tonnen. Bei späteren ATVs kann die Nutzlastkapazität eventuell noch leicht ansteigen, wenn neue Ariane 5-Feststoffbooster mit geschweißten Segmenten zum Einsatz kommen und alle notwendigen Missionsparameter und die Reserven zum Beispiel beim Treibstoff bekannt

## ATV-1 'Jules Verne'

First European Space Transporter close to Maiden Flight

By Volker Schmid

The first flight of the European Automated Transfer Vehicle is scheduled for the beginning of March 2008. It will be the first attempt to approach and dock fully autonomously with the International Space Station (ISS). This will be a mark in European space history. The mission will demonstrate and test the multiple capabilities of the ATV and supply the ISS crew with about five tons of cargo and fuel.

The ATV missions are the European contribution to supply the ISS. The vehicles will be launched from Kourou on top of an Ariane 5 ES rocket that comprises a re-ignitable upper stage. They will integrate the European launcher into the ISS logistics concept. After the separation from the Ariane upper stage, ATV will perform all manoeuvres (AE) during approach and docking with the ISS fully autonomously, traced by the ATV control center in Toulouse. An ATV could stay attached to the Space Station up to six months.

German companies participate with about 24 percent on the development of the space segment of ATV. Furthermore the development of the ATV comprises the prototype Jules Verne, the ground segment and the installation of all necessary ground facilities as well as the adaption of the Ariane 5 launcher. The development of ATV is a part of the European contributions to the ISS development program. The main part of the so-called common system obligation cost for Europe will be fulfilled as a supply service instead of cash flow to the United States and Russia as major stakeholders of the ISS. EADS Astrium in Bremen is industrial prime for the ATV production with at least four ATV vehicles within the ISS exploitation programme. The share of German companies concerning the contract volume is about 51 percent.

### Six tons of Payload Capacity

The Vehicle is about ten meters long and 4.5 meters in diameter. The unfolded solar panels span over 22.3 meters. The gross mass of Jules Verne at launch will reach nearly 20 tons. The following ATVs could have a slightly increased payload capacity, because of the use of new Ariane solid rocket boosters with welded segments and the optimization of the ATV's fuel reserves after all mission parameters are known. The vehicle consists of a propulsion segment, an avionics segment and a pressurized cargo carrier module



Transport des ATV-Moduls zur Centre Spatial Guyanais in Kourou (ESA)

The ATV module being moved to the Centre Spatial Guyanais, the ESA Space Center in French at Guyana at Kourou (ESA)

sind. Das Fahrzeug besteht, neben einer Antiebs- und Avioniksektion, aus einem druckbeaufschlagtem Nutzlastmodul, in dem „Trockenfracht“ in sogenannten „Internationalen Standard Nutzlast Racks“ untergebracht werden kann. Die Nutzlastkapazität eines ATV beträgt ungefähr sechs Tonnen. Die Zusammenstellung der Fracht wird von Mission zu Mission variieren.

Die ATVs werden auch wissenschaftliche Ausrüstung, Ersatzteile und Experimente zur ISS transportieren. Angedockt an den russischen Stationsteil, dient es mit seinen Haupttriebwerken neben dem russischen PROGRESS-Fahrzeug auch zur Bahnanhebung der ISS. Durch den Widerstand der Restatmosphäre wird die Raumstation kontinuierlich abgebremst und verliert bis zu 700 Metern an Bahnhöhe pro Tag. Nach Beendigung der Mission nimmt das ATV die Abfälle der ISS – bis zu 6,5 Tonnen – auf. Nach dem Abdocken wird es kontrolliert in die Erdatmosphäre zurückgeführt und schließlich über dem Pazifik verglühen.

### Zum Start per Schiff nach Südamerika

Was am 31. Juli 2007 penibel verpackt im Hafen von Kourou vom Frachtschiff MS Toucan entladen wurde, war keine alltägliche Fracht. In den Containern befand sich, aus Rotterdam kommend, das komplexeste Raumfahrzeug, das bisher in Europa gebaut wurde, samt seiner Ausrüstung. Vom Hafen aus gelangten die Frachtcontainer per Sattelschlepper zum europäischen Weltraumbahnhof in Kourou. In den Hallen des Startgeländes wurden die Container entladen. Das ATV wurde in den Reinräumen zunächst wieder zusammengebaut, Funktionschecks wurden durchgeführt. Im Dezember begann die Startkampagne: ATV-1 „Jules Verne“ wurde zur Betankung und Beladung vorbereitet. Gleichzeitig wurde die Trägerrakete samt Oberstufe präpariert.

### Umfangreiches Testprogramm absolviert

Seit Mitte 2004 hatte der auf den Namen des Science-Fiction-Schriftstellers und Visionärs Jules Verne getaufte Prototyp umfangreiche Tests in den Hallen des europäischen Technologiezentrums ESTEC im niederländischen Noordwijk durchlaufen. Da man bei Weltraummissionen in der Regel keine Möglichkeit zur Reparatur vor Ort hat, müssen alle Manöver, Prozeduren und Funktionen in aufwendigen und teils langwierigen Kampagnen unter möglichst realitätsnahen Weltraumbedingungen getestet und verifiziert werden.

So wurden die extremen Umgebungsbedingungen in der Erdumlaufbahn mit dem so genannten Thermal Vakuum Test simuliert. Dabei erzeugten Xenon-Hochdrucklampen die entsprechende Solarstrahlung in einer evakuierten und tiefgekühlten Testkammer. Beim elektromagnetischen Verträglichkeitstest wurde das Zusammenspiel aller elektrischen und elektronischen Komponenten geprüft. Unerwartete Störungen, die ein elektrisches Bauteil auf andere haben könnte, lassen sich dadurch aufdecken.

with international standardized payload racks for the dry cargo. Theoretically, the ATV's payload capacity is 7.5 tons. Due to the packaging and the racks the volume could not fully utilized. Due to this loading factor six tons are remaining to be transported to the ISS.

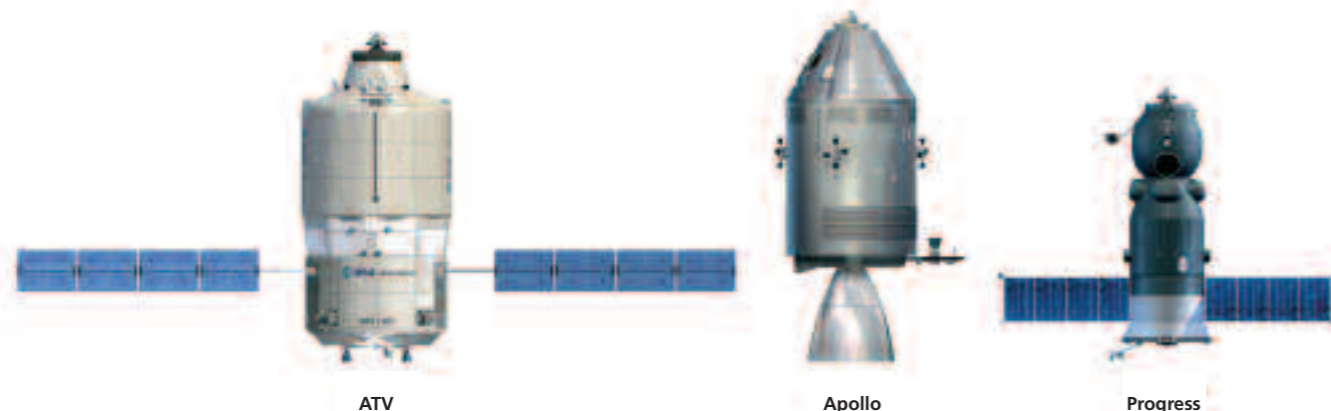
The composition of the payload will vary from mission to mission. ATVs will carry drinking water, fuel, pressurized air, food, clothes, health equipment and consumables, as well as scientific equipment, spare parts, and experiments to the ISS. Docked to the Russian service module the vehicle will also re-boost the orbital altitude of the space station with its main engines. Due to the air drag of the Earth's residual atmosphere the orbital decay of the ISS could reach about 700 meters per day. Finally the vehicle will be loaded with up to 6.5 tons of waste at the end of each ATV mission. After de-docking, a controlled decent maneuver for destructive re-entry over the South Pacific Ocean will conclude the journey of each ATV.

### Voyage to South America for Launch

Unloading the carefully packed containers from MS Toucan was more or less daily work at Kourou harbour on July 31. Nevertheless the content of the freight was not a daily type of cargo. The containers, coming from Rotterdam, were hiding the most complex space vehicle ever built in Europe, together with all the necessary equipment. The journey continued with a semi trailer from the harbour to the space port. Once at the launch site, the containers were unpacked. ATV was re-integrated in the clean room and re-tested. The launch campaign began late November with preparations for fueling (AE) and cargo integration. At the same time the Ariane 5 launcher with its re-ignitable upper stage for 'Jules Verne' was assembled and made ready to carry ATV as its payload.

### Extensive Test Campaign Accomplished

Since 2004, the prototype vehicle, named according to the French science-fiction novelist and visionary Jules Verne, underwent extensive testing at the European Technology Centre ESTEC in Noordwijk in the Netherlands. For there is no possibility for hands on repair or maintenance on the spacecraft during a mission in space, every function, procedure or manoeuvre should be safe and successful when switched on or performed the first time. To make malfunctions as unlikely as possible, extensive testing and verification campaigns of the space craft and its subsystems are necessary. The simulation and test facilities make the harsh environment of space and the extreme conditions of a space mission available on Earth. The so called thermal vacuum test took place in an evacuated and refrigerated chamber, where the ATV could set up inside, even for slight rotation. The solar radiation was brought up by an array of powerful xenon lamps. The thermal behaviour of ATV and its systems could be tested in this near real space environment.

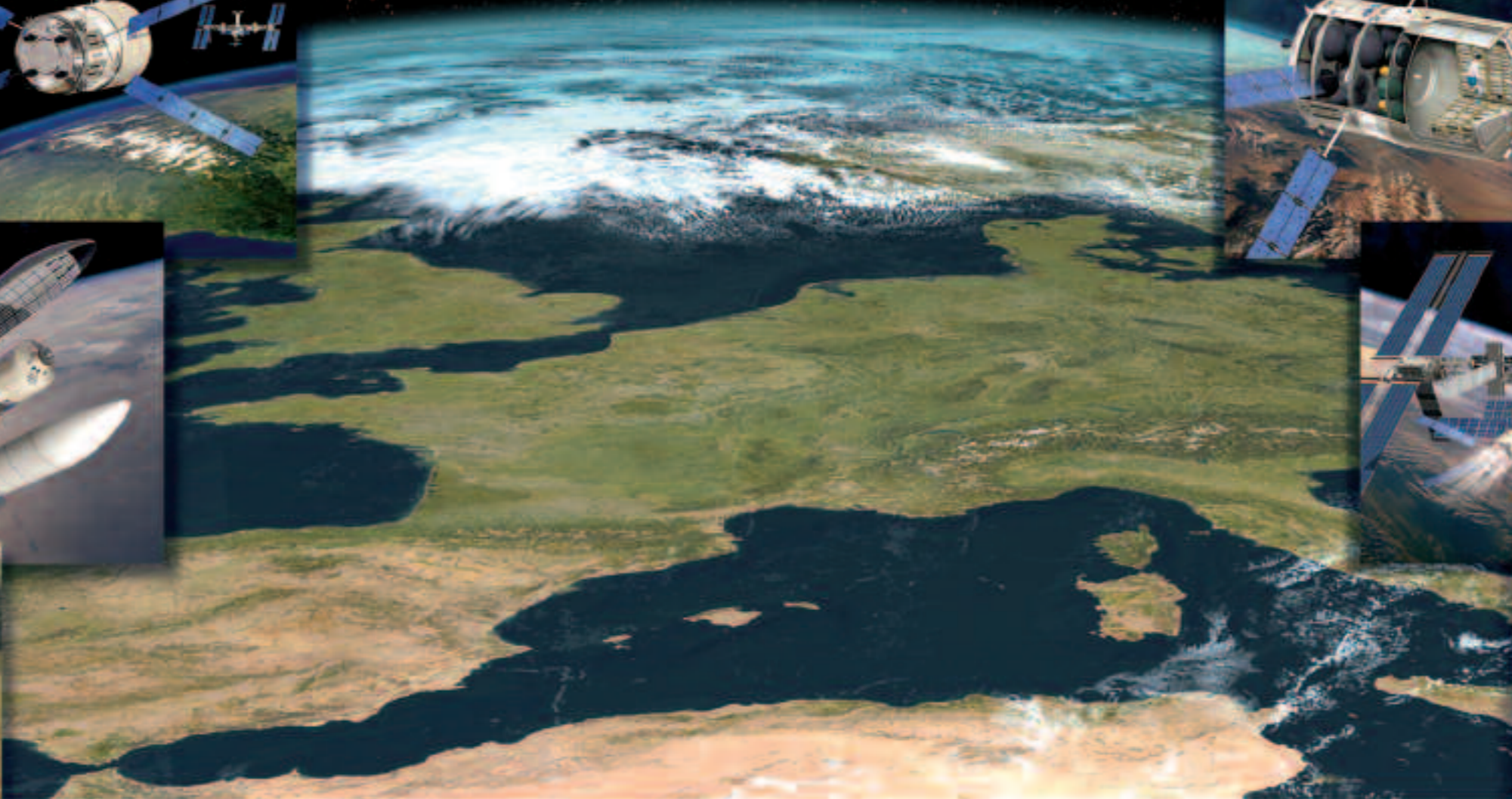
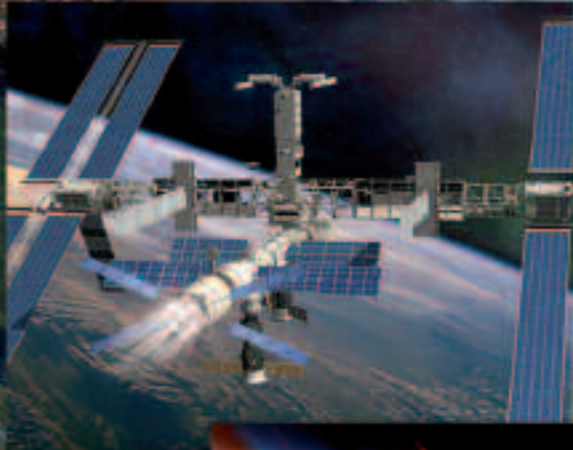
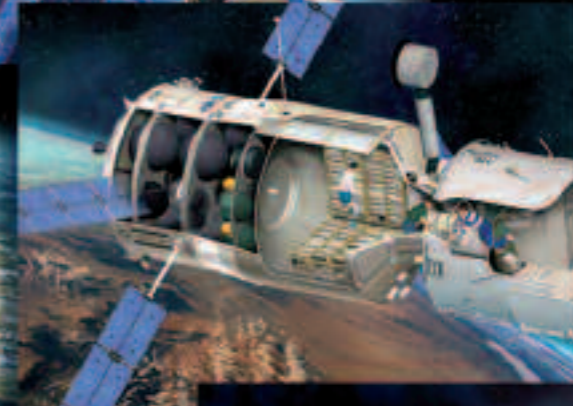


ATV im Größenvergleich mit dem Apollo Command Module und PROGRESS

Comparison of size: ATV, Apollo module and PROGRESS

Lebenszyklus eines ATV-Versorgungsmoduls

Life cycle of an ATV supply module





Ein weiterer Test war der mechanische Belastungstest auf einem entsprechenden Rütteltisch, dem so genannten Shaker. Hier wurde das ATV allen mechanischen Belastungen, die während der Start- und Aufstiegsphase auf die Raketennutzlast einwirken, ausgesetzt. Dazu gehörten neben den Vibrationen, welche die Raketentriebwerke erzeugen, auch die Abwurfvorgänge von Stufen oder Nutzlastverkleidungen, ebenso wie plötzlich auftretende Windböen oder Steuermanöver. Ähnlich hart war der Akustiktest: In einer mit Lautsprechersystemen ausgerüsteten und schallisolierten LEAF-Testkammer (Large European Acoustic Test Facility), wurde das ATV mit dem Lärm belastet, der bei Start und Aufstieg der Ariane 5 durch deren Raketentriebwerke erzeugt wird. Hierbei entstehen Schalldruckpegel von bis zu 140 dB. Das ATV-Design muss diesen Belastungen standhalten.

Am spektakulärsten waren sicherlich die Andocktests auf dem Testgelände der französischen DGA nahe Versailles. In einer langen Halle, sonst von der Marine genutzt, wurden die letzten 300 Meter des autonomen ATV-Anflugs an die ISS mehrfach erfolgreich getestet. Dabei wurden die Annäherungssensoren des ATV auf einen Roboterarm angebracht. Auf der anderen Seite wurde die Andockstelle des russischen Servicemoduls Zvezda als „Anflugziel“ für den Robotarm nachgebildet.

#### Wer fliegt noch zur ISS?

Die ISS-Besatzungen werden durch zwei Sojus- und zwei bis vier Space-Shuttle-Flüge pro Jahr ausgetauscht beziehungsweise ergänzt. Neben dem ATV fliegen noch andere Transporter zur Internationalen Raumstation. So versorgen russische PROGRESS-Kapseln viermal pro Jahr die ISS-Crew mit jeweils circa 2,5 Tonnen Fracht. ATV muss sich den Andockadapter im Wechsel mit PROGRESS und Sojus teilen. Das japanische H2-Transfer Vehicle (HTV) ist ähnlich

The electromagnetic compatibility test verified the function of the electrical systems and electronic equipment. Unexpected malfunctions or the influence of disturbing electromagnetic noise on electronics could be determined. The mechanical load test played also an essential role in the testing campaign. Mounted on a shaker, the space craft had to withstand all the simulated mechanical loads during launch and ascent. The dynamic and quasi static load profile included vibration loads from various sources, e.g. rocket engines, turbo pumps, staging and jettison shocks as well as control maneuvers and random gusts. The acoustic test could be seen in the same category. The Large European Acoustic Facility (LEAF) at ESTEC consists of a highly insulated chamber with a special loudspeaker equipment. The noise from the loudspeakers hit ATV with an acoustic pressure up to 140 dB. ATV had to resist this noise level, which is normal during the launch and ascent phase, without any damage.

Most spectacular were certainly the docking trials at a facility of DGA (Délégation Générale pour l'Armement, which is the French Armament Procurement Agency) near Versailles. Inside this building, usually occupied by the French navy, the final 300 meters of the approach and docking phase were simulated successfully several times. The optical sensors at the front end of ATV were mounted on a robotic arm. The target in 300 meters distance was the ISS docking port of the Russian service module 'Zvezda'.

#### Who Else is heading towards the ISS?

The ISS Crew is exchanged usually with two Soyuz and two to four Space Shuttle flights per year. Besides ATV, there are other supply vehicles flying to the International Space Station. Four times per year the Russian PROGRESS capsules deliver about 2.5 tons of cargo with each flight to the ISS crew. ATV needs to share the

aufgebaut wie das ATV und wird voraussichtlich 2009 zum ersten Mal fliegen. HTV soll den sogenannten Verbindungsknoten 2 anfliegen und wird mit dem Roboterarm der ISS am so genannten Nadirpunkt, dem der Erdoberfläche zugewandten Andockpunkt des Verbindungsknotens, angedockt. HTV kann zusätzlich zur internen Fracht auch Nutzlast extern mitführen. Dies sind automatische beziehungsweise passive Experimentpalette in einer Nutzlastbuchse, die auf der Gitterstruktur der ISS angebracht werden können.

#### Einsatzzeitraum zunächst bis 2013

Der Erstflug des ATV ist zurzeit für die zweite Februarhälfte 2008 vorgesehen. Bis 2013 sind derzeit noch mindestens 4 vier weitere ATV Flüge geplant, die 2009, 2011, 2012 und 2013 stattfinden sollen. Ob darüber hinaus weitere ATV Missionen folgen werden, hängt nicht zuletzt vom Erfolg der wissenschaftlichen Nutzung im Betriebsprogramm der ISS ab. Falls sich Europa entscheidet, die Forschungseinrichtungen auf der ISS, hauptsächlich im COLUMBUS Labor, länger als 2013 zu nutzen, könnten noch zwei weitere ATV Flüge durchgeführt werden. Japan plant maximal neun HTV-Missionen. Russland wird seine Logistik mit PROGRESS fortsetzen, bis ein neues Fahrzeug zur Verfügung steht.

docking point with Soyuz and PROGRESS. The Japanese H2 Transfer Vehicle (HTV) is similar to the ATV and is foreseen for its first flight in 2009. After approach at ISS-node 2, HTV will be captured with the ISS robotic arm and docked manually at the nadir position of node 2. The Japanese supply vehicle is able to carry internal pressurized payload and external cargo as well. The latter could comprise autonomous scientific palettes to be attached on the ISS truss structure.

#### In Service at least up to 2013

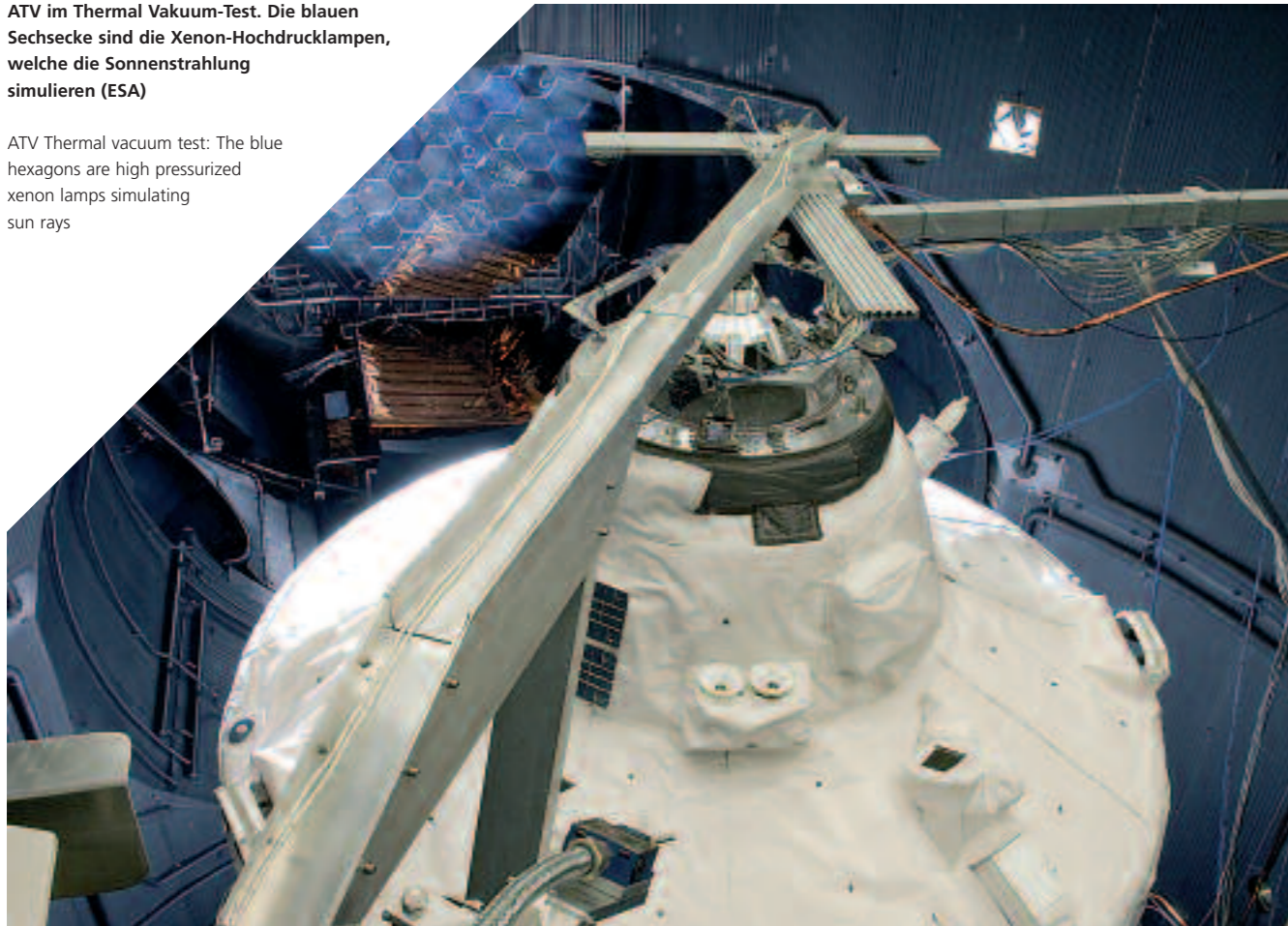
The maiden flight of ATV is planned for mid-February 2008. Until 2013, four more ATV flights are foreseen in 2009, 2011, 2012 and 2013. Any further ATV missions beyond 2013 will depend on the ISS situation and its exploitation. If Europe utilizes the ISS as a scientific platform longer as to the year 2013, two more ATV flights could be launched to supply the station. Japan has planned up to nine HTV flights, and Russia will provide logistics with PROGRESS, until a new generation of vehicles will be available.

*Volker Schmid ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Bemannte Raumfahrt, ISS und Exploration der DLR Raumfahrt-Agentur*

*Volker Schmid is a scientific staff member at the Division of Human Spaceflight, ISS and Exploration of the DLR Space Agency*

ATV im Thermal Vakuum-Test. Die blauen Sechsecke sind die Xenon-Hochdrucklampen, welche die Sonnenstrahlung simulieren (ESA)

ATV Thermal vacuum test: The blue hexagons are high pressurized xenon lamps simulating sun rays



Flugsimulationskammer in Le Mureaux: In dieser Einrichtung kann die gesamte Funktionalität des ATV am Boden getestet werden. Hier ist der Docking-Adapter des ATV zu sehen

Flight simulation chamber at Le Mureaux, France: In this facility, the complete ATV range of functions can be tested on ground



## Der „vergessene“ Schalttag aus astronomischer Sicht

Von Dr. Manfred Gaida und Dr. Heiner Lichtenberg

Das Jahr 2008 ist wieder ein Schaltjahr, das zweite in diesem Jahrtausend. Im Folgenden wird näher erläutert, was es mit dem Schaltjahr und dem Schalttag auf sich hat. Ist er von seinem Ursprung her wirklich der 29. Februar, wie die meisten annehmen?

Alle vier Jahre ist Schaltjahr – von seltenen Ausnahmen abgesehen! Das Jahr hat dann nicht wie sonst 365, sondern 366 Tage, also einen Tag mehr. Um zu verstehen, warum das so ist, warum ein sogenannter „Schalttag“ in das Jahr eingefügt wird, empfiehlt es sich, einen kurzen Ausflug zu den astronomischen Grundlagen unseres Kalenderwesens zu unternehmen.



Zum vierhundertjährigen Bestehen des Gregorianischen Kalenders gab die Post 1982 eine Sonderbriefmarke heraus (Deutsche Post AG)

On the occasion of the 400th anniversary of the Gregorian Calendar, the German Postal Service issued a special stamp in 1982 (Deutsche Post AG)

### Astronomische Grundlagen

Das Einteilen und Messen der Zeit erfolgt am besten durch eine möglichst gleichförmige, periodische Bewegung. Die gleichförmigsten Bewegungen, die man seit alters her kennt, nämlich der Lauf von Sonne, Mond und Sternen am Firmament, beruhen auf der Eigendrehung des Erdkörpers, dem Umlauf des Mondes um die Erde sowie dem jährlichen Umlauf der Erde um die Sonne. Bezogen auf den Stand der Sonne ruft die Drehung der Erde um ihre Achse den Wechsel von Tag und Nacht hervor. Tag und Nacht ergeben zusammen 24 Stunden, einen ganzen „Sonntag“. Der Umlauf des Erdtrabanten bedingt die unterschiedlichen Mondphasen, und die jährliche Umrundung der Sonne führt schließlich zum steten Wandel der Jahreszeiten. Sie entstehen dadurch, dass die Sonnenstrahlen im Laufe eines Jahres mal mehr und mal weniger steil auf die Erdoberfläche einfallen, da die Erdoberfläche nicht senkrecht zur Erdbahnebene orientiert ist, sondern mit ihr einen Winkel von 66,5 Grad einschließt.

## An Astronomer's View of the 'Forgotten' Intercalary Day

By Dr. Manfred Gaida and Dr. Heiner Lichtenberg

2008 is another leap year, the second in this millennium. In the following, we will try to explain the meaning of a leap year and its intercalary day. Has it really always been on February 29th, as most of us assume?

Apart from a very few exceptions, leap years recur at four-year intervals. Such years contain 366 instead of the usual 365 days, one extra day being added. To understand why this should be so, and why a so-called 'intercalary day' is inserted in such years, a brief look at the astronomical foundations of our calendar system is advisable.

### Astronomical Fundamentals

The best standard for subdividing and measuring time is a periodical movement that is as regular as possible. The most uniform movements known since time immemorial, namely the celestial motions of the Sun, the Moon and the stars, are based on the rotation of the Earth itself, the movement of the Moon around the Earth, and the Earth's annual orbit around the Sun. Our cycle of day and night is caused by the Earth's rotation around its axis relative to the Sun. Day and night together extend over 24 hours,



Papst Gregor XIII. setzte im Jahr 1582 die nach ihm benannte Kalenderreform in Kraft und brachte so den Kalender samt der Kirchenfeste wieder in Einklang mit den Äquinoktien, d.h. mit den Jahreszeiten (Ullstein)

In 1582, Pontifex Gregor XIII implemented the calendar reform bearing his name and aligned the calendar including the religious festive days with the vernal and autumnal equinox, that means the seasons (Ullstein)



Julius Cäsar machte mit seiner Kalenderreform dem willkürlichen Gebrauch des alten römischen Kalenders ein Ende. In Anlehnung an die Tradition sah die Julianische Kalenderreform jedes vierte Jahr einen eingeschobenen Tag nach dem Fest der Terminalien (23. Februar) vor (Ullstein)

With his calendar reform, Julius Caesar put an end to the arbitrary use of the conventional Roman calendar. According to tradition, the Julian Calendar Reform added one extra day after the Terminalia festive day (February 23) every four years (Ullstein)

Fragen wir nun, wie viele Sonnentage à 24 Stunden in eine Umrundung der Sonne hinpassen, finden wir, dass es gegenwärtig im Mittel 365,2424 Tage sind, die Umrundung also 5 Stunden, 49 Minuten und 3 Sekunden länger als ein normales Kalenderjahr dauert. Diese Zeitspanne wird astronomisch als „tropisches Jahr“ oder explizit als „vernal equinox year“ bezeichnet. Es ist die Zeit, welche die Sonne von der Erde aus gesehen benötigt, um wieder zum Frühlingspunkt, zur ersten Tagundnachtgleiche im Jahr, zurückzukehren. Der Frühlingspunkt ist einer der beiden Punkte, an denen sich Erdbahnebene und Himmelsäquator schneiden. Das tropische Jahr enthält gewissermaßen per se die Korrektur für die sehr langsame Präzession der Erdoberfläche und bestimmt daher exakt unsere Jahreszeiten. An dieses Jahr sollte deshalb das Kalenderjahr angepasst sein.

Doch das ist nicht so einfach und hat schon in früherer Zeit den Gelehrten viel Kopfzerbrechen bereitet: Denn erstens ist die Anzahl der Tage, die das tropische Jahr dauert, keine ganze Zahl, sondern es bleibt ein Rest übrig, und zweitens ist dieser Rest kein Bruchteil eines Tages mit kleinem Nenner, wie es zum Beispiel ein Viertel- oder ein halber Tag wäre. Da der Rest aber fast einen Viertelttag ausmacht, erwartet man, dass sinnvollerweise nach drei Jahren à 365 Tagen ein Jahr mit 366 Tagen folgt, um eine allmähliche Verschiebung der Jahreszeiten zu vermeiden. Den alten Ägyptern war dies allerdings egal, sie ließen den Jahresbeginn einfach durch alle Jahreszeiten laufen, bis er nach 1461 Jahren wieder an seinen zeitlichen Ausgangspunkt zurückkehrte.

Wenn wir allerdings ein solches „Wanderjahr“ vermeiden wollen, kommen wir unweigerlich zu der zweiten Frage, wie man möglichst unaufwendig die astronomischen, natürlichen Jahreszeiten mit dem Kalender im Einklang hält. Und welcher Tag soll nun in einem Schaltjahr der Schalttag sein? Unsere nahe liegende Reaktion darauf wäre: selbstverständlich der 29. Februar! Die historisch richtige Antwort lautet jedoch 24. Februar. Sie folgt aus den römischen Festgebräuchen und den Zählweisen in den Vorläuferkalendern des heute gültigen „Gregorianischen Kalenders“. Blicken wir also ein wenig in das römische Kalenderwesen hinein.

### Das römische Kalenderwesen

Der alte römische Kalender vor Julius Cäsar war in erster Linie ein Mondkalender. Zwölf Monate von Neumond zu Neumond ergaben zusammen 354 Tage, also elf Tage weniger als das Sonnenjahr. Um nicht den Anschluss an die Jahreszeiten zu verlieren, schob man alle zwei Jahre einen Schaltmonat zu 22 Tagen und alle vier Jahre einen zu 23 Tagen ein. Er hieß mensis intercalaris oder Mercedonius. Angefügt wurde er an das Jahresende, das mit dem Monat Februarius aufhörte. In normalen Jahren zu 354 Tagen hatte der Februar 27 Tage, in Schaltjahren endete er bereits am 23. Februar mit dem Fest der Terminalien. Der darauffolgende 24. Februar war dann der erste Tag des Mercedonius, die fehlenden vier Tage des Februar wurden einfach an diesen Schaltmonat angehängt.

making up a 'solar day'. The Moon's orbit around the Earth causes its phases to change, and the steady cycle of our seasons is related to the Earth's year-long journey around the Sun. The reason for this lies in the fact that the Sun's rays impinge on the surface of the Earth at an angle that is more or less steep as the year goes on, for the Earth's axis is arranged not vertically to the plane of its orbit but at an angle of 66.5 degrees. Now, if we ask how many solar days of 24 hours fit into one of these orbits around the Sun, we find that today the mean figure is 365.2424 days, so that each orbit takes 5 hours, 49 minutes and 3 seconds longer than a normal calendar year. In astronomic parlance, this time span is called a 'tropical year' or explicitly 'vernal equinox year'. The term describes the length of time which the Sun, viewed from the Earth, takes to return to the vernal point, the first equinox in the year. The vernal point is one of two points at which the plane of the Earth's orbit intersects the celestial equator. In a manner of speaking, the tropical year automatically corrects the extremely slow precession of the Earth's axis, providing an exact definition of our seasons. This being so, the calendar year should be adjusted to the tropical year.

Far from being easy, however, this problem has been giving scholars a headache for a long time: Firstly, the number of days in the tropical year is not an integer figure, there is a remainder; secondly, that remainder is not a fraction of a day with a low denominator, such as a quarter or a half. Now, as the remainder amounts to nearly one quarter of a day, you would naturally expect a year of 366 days to follow three years of 365 days each, so as to avoid a gradual shift of the seasons. The ancient Egyptians did not mind, however; they simply allowed the beginning of the year to move through all seasons until it ultimately returned to its point of origin after 1,461 years.

Now, if we wish to keep our year from wandering around, we find ourselves inevitably confronted with the second question, which is how to keep the natural astronomical cycle of the seasons in harmony with the calendar without too much effort. And what day should be the intercalary day in a leap year? Normally, we would answer this question with: February 29th, of course! However, February 24th is the historically correct answer. The reason for this lies in the festival customs of the Romans and the way in which the days were counted in the precursors of today's 'Gregorian calendar'. So let us take a closer look at the Roman calendar system.

### The Roman Calendar System

Before the time of Julius Caesar, the calendar used by the ancient Romans was essentially lunar. Counting from one new moon to the next, twelve months extended across a total of 354 days, eleven days less than the solar year. To avoid getting out of touch with the seasons, an intercalary month of 22 days was inserted at two-year intervals, and one of 23 days after every four years. Called either mensis intercalaris or Mercedonius, it was appended



Der Mathematikprofessor und Jesuit Christophorus Clavius erläuterte nachfolgend in seinem 21 Jahre später erschienenen Werk „Romani Calendarii a Gregorio XIII P.M. restituti Explicatio“ umfassend die mathematisch-astronomische Struktur des Gregorianischen Kalenders, basierend auf einem Manuskript des italienischen Medizinprofessors Aloysius Lilius (Ullstein)

Christophorus Clavius, professor of mathematics and member of the Society of Jesus, broadly explained the mathematical-astronomical structure of the Gregorian Calendar in his benchmark book „Romani Calendarii a Gregorio XIII P.M. restituti Explicatio“ 21 years later, based on a manuscript of the Italian professor of medicine Aloysius Lilius (Ullstein)

Nun kann man sich denken, dass ein solches Kalendersystem mit ganzen Schaltmonaten nicht sehr bequem war. Dazu kam noch, dass mit den Schaltmonaten politischer Missbrauch getrieben wurde. Zur damaligen Zeit oblag es dem obersten Priester, dem Pontifex Maximus, das ordnungsgemäße Einschleiben des Schaltmonats zu regeln. Oft kam es aber im Alltag vor, dass dies sehr unregelmäßig und willkürlich geschah, zum Beispiel weil die amtierenden Konsuln ihr Amt verlängern wollten oder weil man einen Amtsträger vorzeitig loswerden wollte. Eine solche unstete Handhabung des Kalenders, die vor allem für das bäuerliche und soldatische Leben der damaligen Zeit unbrauchbar war, führte zweifellos zu einer allgemeinen Verwirrung bei der Zeitrechnung, so dass man den Römern nachsagte, dass sie immer siegen, nur nicht wissen, wann. Damit machte Julius Cäsar Schluss. Als er im Jahre 46 v. Chr. Pontifex Maximus war, führte er eine dreifache Kalenderreform mit Hilfe des ägyptischen Mathematikers Sosigenes durch. Zum ersten sollte das bürgerliche Jahr mit dem 1. Januar, dem Amtsantritt der Konsuln beginnen. Zweitens sollte künftig überall im Reiche nur noch das ägyptische Sonnenjahr zu 365 Tagen gelten, und drittens sollte alle vier Jahre ein Schalttag eingefügt werden.

after Februarius, the last month of the calendar year. In a normal 354-day year, February had 27 days, while in leap years it ended on the 23rd day, when the Terminalia festival was celebrated. In these years, the next day, February 24, was the first day of Mercedonius, and the four days missing from February were simply appended to this intercalary month.

As you can imagine, a calendar system involving entire intercalary months was not very handy. What is more, the intercalary months were used for political machinations. In those days, setting the time at which the intercalary month was inserted was the prerogative of the supreme priest, the pontifex maximus. In practice, however, this was frequently done in a highly irregular and arbitrary manner when, for example, a consul wished to prolong his term of office or it was decided to get rid of an incumbent before his time. This unsteadiness in handling of the calendar, which made it useless especially for the farmers and soldiers of the time, doubtlessly caused general confusion about the proper chronology, so much that the Romans were said to win one victory after another without knowing exactly on what date.

Dieser Schalttag sollte in Anlehnung an den alten römischen Lunisolar-Kalender nach dem 23. Februar, dem Fest der Terminalien, eingeschoben werden, gewissermaßen als ein zusätzlicher Tag zwischen dem 23. und 24. Februar. An unsere heutige fort- und vorwärtslaufende Tagezählweise gewöhnt, kann man das kaum verstehen. Die Römer zählten ihre Monatstage jedoch entgegen dem natürlichen Zeitfluss rückwärts, das heißt sozusagen in einem „Countdown“ auf einen festen Termin hin, so wie wir es im Alltag mitunter auch tun („noch drei, zwei... Tage vor dem WM-Endspiel“ oder „...vor dem Columbus-Start“). Von bestimmten festen Monatstagen, den Kalenden, den Nonen und den Iden aus rechneten sie rückwärts, wobei diese festen Termine mitgezählt wurden. So war in einem Gemeinjahr zu 365 Tagen der 24. Februar der sechste Tag vor den Kalenden des März, also vor dem 1. März. In einem Schaltjahr hatte aber nun der Tag darauf, unser 25. Februar, dieselbe Bezeichnung wie der 24. Februar in einem Gemeinjahr. Um kein Missverständnis aufkommen zu lassen, musste man den in einem Schaltjahr eingeschobenen Tag „24“ anders bezeichnen; er erhielt deshalb die Bezeichnung „ante diem bissextum Kalendas Martias“, was so viel bedeutet wie „der zweimal-sechste oder doppelt gezählte sechste Tag“. Und der Tag danach, der normale römische 24. Februar, unser heutiger 25. Februar, wurde im Schaltjahr mit der Bezeichnung „ante diem sextum Kalendas Martias“ versehen. Noch heute heißt in der französischen Sprache das Schaltjahr „année bissextile“ und in der spanischen „año bisiesto“. Einen weiteren Hinweis findet man in der Liturgie der römisch-katholischen Kirche. Während in Gemeinjahre das Fest des Heiligen Matthias auf den 24. Februar fiel, wurde es in Schaltjahren am 25. Februar gefeiert. Die nachfolgenden Heiligenfeste im Februar verschoben sich dann entsprechend, der 24. Februar selber blieb festfrei.

**„Der Gregorianische Kalender ist also trotz seines Alters von nunmehr 425 Jahren als ein elegantes Werk mit Weitblick anzusehen.“**

*“The Gregorian Calendar is an elegant, farsighted product although it is by now 425 years old”*

#### Vom Julianischen zum Gregorianischen Kalender

Der „Julianische Kalender“, wie er nach Julius Cäsar benannt wurde und der auf dem Kallipischen Zyklus (4 mal 19 Jahre gleich 940 Mondmonate gleich 27.759 Tage) beruht, war mit seinen durchschnittlich  $365\frac{1}{4}$  Tagen schon sehr viel besser an das tropische Jahr angepasst als der alte römische Kalender, aber immer noch nicht genau genug. Bereits nach 128 Jahren war ein Tag zuviel, nach 1283 Jahren waren es zehn Tage. Das höchste christliche Fest, die Auferstehung Jesu, das seit dem Konzil von Nicäa (325 n.Chr.) stets auf den Sonntag nach dem ersten Vollmond im Frühling fallen sollte, wurde immer häufiger nicht nach dem ersten, sondern erst nach dem zweiten Vollmond im Frühling begangen. Denn der tatsächliche Frühlingsanfang verschob sich in Richtung Anfang März, während die kalendarische Fiktion von einer stabilen Lage des Frühlingsanfangs am 21. März ausging. Ein tatsächlich erster Vollmond im Frühling wurde immer öfter als letzter Vollmond im Winter angesehen und daher als Ostervollmond verworfen. Hinzu kam, dass die konkrete Berechnung des Osterdatums mit Hilfe des Metonischen Mondzyklus (19 Jahre gleich 235 Mondmonate) und der Epaktenrechnung (Rechenverfahren für das Mondalter und den Ostervollmond) auch einen Fehler enthielt, der im 16. Jahrhundert bereits auf drei bis vier Tage angewachsen war. Diese Umstände mögen viele Kirchenfürsten und Gläubige des Mittelalters beunruhigt haben.

Nachdem schon lange Zeit zuvor Versuche von Päpsten und Gelehrten, den Julianischen Kalender zu reformieren, fehlgeschlagen waren, ließ Papst Gregor XIII. den Missstand endgültig beseitigen. Nach einer sechsjährigen (!) Beratungszeit, in welcher der „neue“ Kalender theologisch wie astronomisch abgesichert wurde, ordnete er in einer päpstlichen Bulle vom 24. Februar 1582 an, dass auf Donnerstag, den 4. Oktober 1582, unmittelbar Freitag, der 15.

Julius Caesar put an end to all that. In 46 B.C., when he was officiating as pontifex maximus, he collaborated with the Egyptian mathematician Sosigenes on a triple calendar reform. First, the civil year would henceforth begin on January 1, the day the consuls took office. Second, the Egyptian solar year of 365 days would apply everywhere in the empire, and third, an intercalary day was to be inserted at four-year intervals.

Following the lead of the old Roman lunisolar calendar, this intercalary day was inserted after the Terminalia festival on February 23, forming an extra day between February 23 and 24. Today, we can hardly understand this, as used as we are to our method of counting the days progressively. The Romans, on the other hand, counted the days of their months backwards, ignoring the natural flow of time, as if counting down to zero before reaching a fixed day, like we are doing in everyday life (“three, two... days to go until the World Cup finale” or “the Columbus launch”). Beginning with certain fixed days in each month, the kalends, nones, and ides, they counted backwards, including each of these fixed days in their calculation. In a common year of 365 days, the 24th of

February was the sixth day before the kalends of March, i.e. before March 1. In a leap year, however, the next day, February 25 in our chronology, bore the same designation as February 24 in a common year. To avoid confusion, the intercalary day in a leap year had to have another designation than 24, so it was called ante diem bissextum kalendas martias, which translates as ‘the two-times-sixth or twice-counted sixth day’. And the day after, the 24th in the Roman and the

25th in our calendar, was designated as ante diem sextum kalendas martias in a leap year. Even today, a leap year is called année bissextile in French and año bisiesto in Spanish. The liturgy of the Roman Catholic Church provides us with further evidence. While the feast of St. Matthew fell on February 24 in a common year, it was celebrated on February 25 in a leap year. In the latter case, the subsequent feast days in February would move correspondingly, while February 24 itself was a normal day.

#### From Julian to Gregorian Calendar System

Based on the Callipic cycle (4 times 19 years equals 940 lunar months or 27,759 days) and named after Julius Caesar, the Julian calendar with its average of 365 and a quarter days did tally with the tropical year much better than the old Roman calendar, but it was still not precise enough. The first supernumerary day would appear after no more than 128 years, and after 1,283 years, there would be ten of them. The highest Christian festival, the resurrection of Jesus, which the Council of Nicaea (325 A.D.) had decided should always fall on the Sunday after the first full moon in spring, was celebrated more and more frequently after not the first but the second full moon of spring. While the beginning of spring was actually moving towards early March, the calendar maintained the fiction that spring always began on March 21. What was the first full moon of spring came to be regarded more and more often as the last full Moon of winter, so that it could no longer mark the Easter festival. What is more, the method of determining the date of Easter with the aid of the metonic moon cycle (19 years equals 235 lunar months) and the epacts (algorithm for calculating the lunar age and the full moon of Easter) similarly contained a flaw which had grown to three or four days by the 16th century. These facts may well have worried many rulers and followers of the church in the Middle Ages.

After a long period in which the attempts of popes and scholars to reform the Julian calendar had failed consistently, Pope Gregory XIII ordered that the flaw should be repaired once and for all. After

Oktober 1582, zu folgen habe. Dadurch konnte der seit dem Konzil von Nicäa aufgelaufene Fehler von zehn Tagen ausgeglichen werden. Weiterhin sollten alle durch vier ganzzahlig teilbaren Jahre Schaltjahre sein bis auf die Jahrhunderte, die nicht durch 400 teilbar sind. Die Jahre 1700, 1800 und 1900 sind also ganz regelmäßige Jahre zu 365 Tagen, während 1600, 2000 und 2400 Schaltjahre sind. Unter Berücksichtigung dieser neuen, präziseren Schaltregel dauert das bürgerliche Jahr 365,2425 Tage, das heißt 365 Tage, 5 Stunden, 49 Minuten und 12 Sekunden. Es ist also nur noch neun Sekunden länger als das tropische Jahr. Auch die Epaktenrechnung wurde reformiert, unter anderem wurden drei Tage in der Mondphasenzählung ausgelassen.

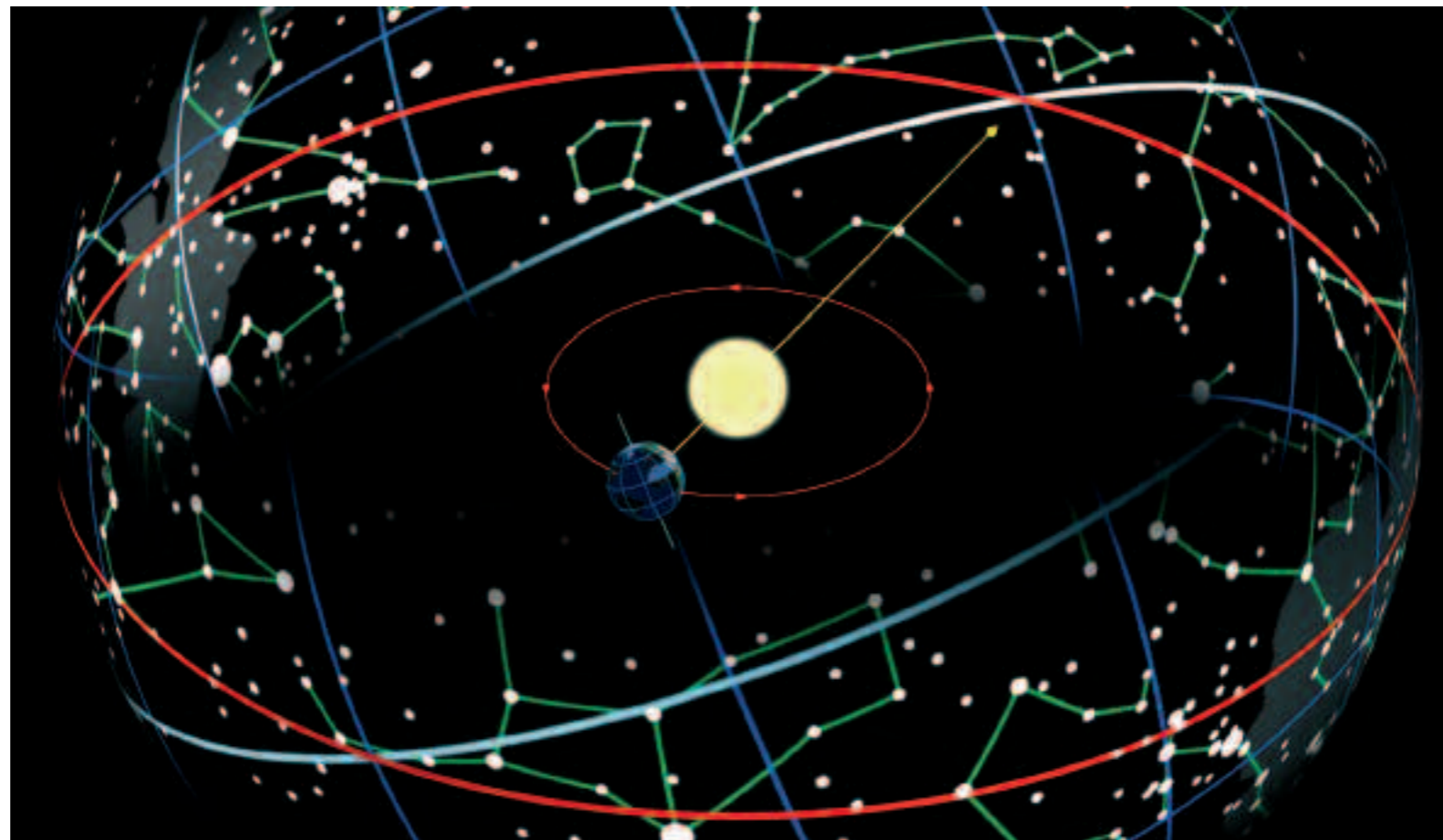
Der Gregorianische Kalender wurde nach dem Willen seiner Väter ganz bewusst als ein System gestaltet, das für zukünftig notwendig werdende Korrekturen offen ist. Unser Kalender ist also in dieser Hinsicht trotz seines Alters von nunmehr 425 Jahren als ein elegantes Werk mit Weitblick anzusehen. Es ist das einzige anpassbar zyklische, lunisolare Zeitrechnungssystem, das die Menschheit bisher entwickelt hat. Nach einem Vorschlag des Belgrader Astronomen Milutin Milanković im Jahre 1923 würde eine Regel, bei der nur diejenigen Jahrhunderte Schaltjahre wären, deren Teilung der Jahrhundertzahl durch 9 zu einem Rest von 2 oder 6 führt, zwar – bezogen auf die Milanković bekannte Jahreslänge von 365,2422 Tagen – eine noch geringere Abweichung von nur zwei Sekunden pro tropischem Jahr ergeben. Der Preis für diese „solare“ Genauigkeit wäre jedoch der Verlust der zyklischen Aspekte im lunaren Kalenderteil des Gregorianischen Kalenders gewesen.

Auf lange Sicht dürfte sich – wenn auch nur vorübergehend – das Problem des Schalttages auf natürliche Weise lösen. Da die Gezeiten die Rotation der Erde ständig abbremsen, nimmt die Tageslänge in 100.000 Jahren um 1,6 Sekunden zu. So kann man anhand der „Korallenuhr“ ablesen, dass vor 400 Millionen Jahren das Jahr 400 Tage mit jeweils nur 22 Stunden hatte. Wenn die Zunahme der Tageslänge auf nahezu eine Minute gegenüber dem heutigen Wert angewachsen ist, rotiert die Erde genau 365-mal während eines tropischen Jahres um ihre Achse. In 3,5 Millionen Jahren ist es dann soweit.

Kurioserweise hat der Gregorianische Kalender inklusive seines versteckten Mondkalenders, der nur beim Osterfest wie die Spitze eines Eisbergs sichtbar wird, rein rechnerisch eine Periodizität von noch längerer Dauer, nämlich von sage und schreibe 5,7 Millionen Jahren! Erst nach dieser „Ewigkeit“ von 70.499.183 Mondmonaten beziehungsweise 2.081.882.250 Tagen wiederholen sich alle kalendrischen Elemente wie Wochentage, Sonnen- und Monddaten sowie Osterfestparameter in haargenau derselben Reihenfolge.

#### Ausblick

Zahlreiche Reformvorschläge wurden in der Vergangenheit gemacht, den Gregorianischen Kalender, das heißt eigentlich nur seine alltagsrelevante „Sonnenleiter“ zu verbessern. Vielen ist im Kern gemeinsam, dass unter Beibehaltung der sieben-tägigen Woche ein Wochentagsname Jahr für Jahr stets auf ein und dieselben Monatstage fällt. Den überzähligen 365. Tag würde man als letzten Tag im Jahr (und in Schaltjahren zusätzlich den in der Jahresmitte) nicht mit einem Wochentagsnamen, sondern nur mit „Sylvester“ oder „Altjahrsabend“ bzw. beziehungsweise mit „Johannistag“ oder „Mittejahrstag“ bezeichnen. Ferner ließe sich jedes Quartal gleichlang gestalten, indem jeder Monat 30 Tage enthält bis auf den jeweils quartalersten, der 31 Tage dauert. Es bleibt allerdings fraglich, ob ein solcher neuer Kalender von allen Staaten gleichzeitig eingeführt würde. Immerhin hat es über drei Jahrhunderte gedauert, bis der Gregorianische Kalender weltweit akzeptiert war. Und im Vergleich mit anderen Weltproblemen ist das Problem, das Kalendersystem weltweit zu erneuern, derzeit sicherlich nur von sehr untergeordneter Bedeutung, wenn nicht sogar überflüssig, wie einer der beiden Autoren dieses Beitrags (H. Lichtenberg) gezeigt hat – nachlesbar in „Human Welfare Studies of Hokkaido Women's University 1999; 2:137-148“.



Die Darstellung zeigt die Position der Erde auf ihrer Sonnenlaufbahn (innere rote Linie) zu Frühlingsbeginn: Die Sonne steht exakt am Himmel an der Stelle, an dem sich Himmelsäquator (hellblaue Kreislinie) und die in die Nordhemisphäre aufsteigende Ekliptik (äußere rote Kreislinie) schneiden. Der gelbe Pfeil weist auf den Frühlingspunkt, der zurzeit im Sternbild Fische steht. Das Zeitintervall zwischen zwei Durchgängen der (mittleren) Sonne durch den Frühlingspunkt wird im Sinne des Gregorianischen Kalenders astronomisch als das „tropische Jahr“ bezeichnet

This figure shows the Earth's position on its sun orbit at the beginning of spring (inner red line). The sun's position in the sky is exactly the intersection point between the celestial equator (light blue circular line) and the ecliptic rising in the northern hemisphere (outer red circular line). The yellow arrow points to the vernal equinox, which is located at the Pisces constellation at present. The time interval between two vernal equinox passages of the (mean) sun is astronomically defined as "tropical year" in the Gregorian sense

six (!) years of deliberation in which the 'new' calendar was made proof against theological as well as astronomical objections, he issued a papal bull on 24 February 1582 in which he ordained that Thursday the 4th of October 1582 should be immediately followed by Friday the 15th of October 1582. This eliminated the shortfall of ten days that had accumulated since the Council of Nicaea. Furthermore, all years that can be integrally divided by four were to be leap years in the future, save for those centuries that cannot be divided by 400. Consequently, 1700, 1800 and 1900 were regular years of 365 days each, while 1600, 2000 and 2400 are leap years. Under this new, more precise intercalary rule, the civil year lasts 365.2425 days or 365 days, 5 hours, 49 minutes and 12 seconds, only nine seconds longer than the tropical year. Epact calculation was reformed as well; among other things, three days were left out in counting the phases of the Moon.

It was the will of the fathers of the Gregorian calendar that it should form a system that is open to any corrections that might be needed in the future. As far as that is concerned, therefore, our calendar is an elegant, farsighted product although it is by now 425 years old. It is the only lunisolar chronology system with an adaptable cycle that has been developed by mankind so far. According to a proposal made by the Belgrade astronomer Milutin Milanković in 1923, a rule under which only those centuries would

Abschließend sei erwähnt, dass im nächstfolgenden Schaltjahr 2012, dem dritten unseres dritten Jahrtausends, am 6. Juni wieder ein Venusdurchgang vor der Sonne stattfindet. Ein solches Naturschauspiel ist ein eindrucksvolles Beispiel dafür, wie auch bei fernen Sonnen deren Planeten vor der Sternscheibe vorbeiziehen, das Sternlicht dabei geringfügig abschwächen und dadurch detektiert werden können – so wie es derzeit der CoRoT-Satellit macht. Über die CoRoT-Mission und deren Ergebnisse wird Countdown in einer der kommenden Ausgaben eigens berichten.

*Dr. Manfred Gaida ist Astronom und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Extraterrestrik der DLR Raumfahrt-Agentur*

*Dr. Heiner Lichtenberg ist Diplom-Mathematiker und Regierungsdirektor a.D. Er war über drei Jahrzehnte in der Haushaltsabteilung des Bundesministeriums der Finanzen tätig. In etlichen Fachaufsätzen im In- und Ausland hat er die mathematische Struktur des Gregorianischen Kalenders freigelegt und unter anderem die Gaußsche Osterformel algorithmisch vereinfacht*

be leap years whose number yields a remainder of two or six when divided by nine would reduce the deviation from the tropical year to no more than two seconds, related to Milanković's tropical year of 365.2422 days. However, the price to be paid for this 'solar' precision would have been the loss of the cyclical aspects of the lunar part of the Gregorian calendar.

In the long run, nature will solve the problem of the intercalary day, albeit only temporarily. As the tides keep slowing down the rotation of the Earth, the length of the day increases by 1.6 seconds every 100,000 years. Thus, the 'coral clock' tells us that 400 million years ago the year had 400 days of no more than 22 hours each. When the length of the day has increased by almost 1 minute over today's value, the Earth will rotate around its axis precisely 365 times during a tropical year. This pinnacle will be reached in 3.5 million years.

It is curious that in purely mathematical terms, the periodicity of the Gregorian calendar with its hidden lunar calendar which only surfaces at Easter like the tip of an iceberg should be even longer – no less than 5.7 million years! Only after the lapse of this 'eternity' of 70,499,183 lunar months or 2,081,882,250 days will all the elements of the calendar, such as the days of the week, the data of the Sun and the Moon and the parameters of Easter recur in exactly the same sequence.

#### Perspectives

Numerous reform proposals were made in the past with a view to improving the Gregorian calendar or rather its 'Sun ladder', which is relevant for everyday life. Essentially, many of these proposals suggest retaining the seven-day week but arranging matters so that each day in the week falls on the same day in the month year after year. The supernumerary 365th day, the last day of the year, as well as the day in the middle of a leap year would not be given the name of a week day but be called 'new year's eve' and/or 'St. John's day' or 'mid-year day'. Furthermore, all quarters could be designed to have the same length by assigning 30 days to each month save for the first in the quarter, which would have 31 days. The question is, however, whether all states could be induced to introduce this new calendar simultaneously. After all, it took more than three centuries for the Gregorian calendar to attain worldwide acceptance. Compared to other global problems, moreover, renewing the global calendar system is surely insignificant if not superfluous at the moment. Heiner Lichtenberg, one of the authors of this article, demonstrated this in *Human Welfare Studies of Hokkaido Women's University 1999; 2:137-148*.

By way of conclusion, let us mention the fact that in 2012, the next leap year which will be the third in the third millennium, Venus will once again pass in front of the Sun on June 6. This natural spectacle impressively demonstrates how the planets of distant Suns can be detected because they slightly weaken the light of their star as they pass in front of its disk. Detecting such planets is what the satellite CoRoT is doing at the moment. Countdown will report on the CoRoT mission and its results in one of the next editions.

*Dr. Manfred Gaida is an astronomer and scientific assistant with the Department of Space Science at the DLR Space Agency*

*Dr. Heiner Lichtenberg is a retired government official. He holds a diploma in mathematics and spent more than three decades serving in the Directorate-General for the Budget of the Federal Ministry of Finance. Among other things, he uncovered the mathematical structure of the Gregorian calendar and simplified the algorithm of the Gaussian Easter formula in a number of papers published in Germany and abroad*

## Sicherheitsinteressen in der Erdfernerkundung

Nationaler Rechtsrahmen zur Verbreitung von Satellitendaten

Von Dr. Michael Gerhard

Mit dem Start von TerraSAR-X ist Deutschland der Einstieg in die kommerzielle Erdfernerkundung gelungen. TerraSAR-X ist eines der leistungsfähigsten zivilen Systeme weltweit und kann eine Bildauflösung von bis zu einem Meter und eine Vielzahl weiterer Informationen liefern. Bereits in fortgeschrittenen Projektphasen befinden sich die Systeme TanDEM-X und EnMAP. Bislang war eine Vorbehalten. Und genau das wirft Fragen nach der Gefährdung der Sicherheit für das Land und seine Bürger auf.

Deutschland ist mit der Inbetriebnahme von TerraSAR-X neben den USA und Kanada nun das dritte Land, in dem hochauflösende Satellitendaten für die zivile Nutzung bereitgestellt werden. Davon profitieren die Wissenschaft und auch institutionelle und kommerzielle Nutzer aus den verschiedensten Bereichen wie Landwirtschaft, Forst- und Holzwirtschaft, Verkehrsplanung oder Kartographie.

Die Daten können aber ebenso geeignet sein, im Einzelfall sicherheits- oder außenpolitische Interessen Deutschlands zu gefährden: so etwa Satellitenaufnahmen von Gebieten, in denen sich die Bundeswehr im Auslandseinsatz befindet, oder Gebiete, in denen sich große Flüchtlingsströme aufhalten. Wie kann gewährleistet werden, dass solche Daten nicht in falsche Hände geraten? Hierfür bedarf es eines transparenten und verlässlichen Verfahrens zur Prüfung einer solchen Gefährdung – ohne dass die wissenschaftliche oder kommerzielle Verbreitung entscheidend behindert wird. Denn der überwiegende Teil der Daten wird die sicherheits- und außenpolitischen Interessen der Bundesrepublik Deutschland offensichtlich nicht gefährden.

Aufgrund verfassungsrechtlicher Vorgaben kann ein derartiges Verfahren für zivile Erdfernerkundungssysteme nur in einem vom Parlament verabschiedeten Gesetz aufgestellt werden. Der Deutsche Bundestag hat daher auf Vorschlag der Bundesregierung das Satellitendatensicherheitsgesetz beschlossen, das Betriebsanforderungen an besonders leistungsfähige Erdfernerkundungssysteme stellt und darüber hinaus die Gefährdung der sicherheits- und außenpolitischen Interessen Deutschlands bei der Verbreitung von Daten solcher Systeme prüft. Das Gesetz ist am 1. Dezember des vergangenen Jahres in Kraft getreten.

### Wen betrifft das neue Gesetz?

Das Gesetz zielt ausschließlich auf raumgestützte Erdfernerkundungssysteme. Nicht von diesem Gesetz betroffen sind also alle anderen Raumfahrtanwendungen, einschließlich der Navigation und der flugzeuggetragenen Erdfernerkundung. Die Regelungen für den Betrieb gelten aber nicht für jedes Satellitensystem zur Erdfernerkundung. Das System muss besonders leistungsfähig

## Security Interests in Earth Remote Sensing

The national legal framework for distributing satellite data

By Dr. Michael Gerhard

The launch of TerraSAR-X marked Germany's successful entry into the commercial Earth remote sensing. One of the most efficient civilian systems worldwide, TerraSAR-X is capable of delivering images with a maximum resolution of one meter as well as other information items. In addition, the TanDEM-X and EnMAP projects have progressed to a considerable degree. Prior, such efficiency used to be the exclusive preserve of military systems. The emergence of TerraSAR-X and other future non-military systems therefore raises questions about potential threats to the security of the country and its citizens.

Operating TerraSAR-X, Germany is now the third country next to the USA and Canada where high-resolution satellite data are being made available for civilian use.

The sectors that stand to benefit from this are many and varied, including scientific as well as institutional and commercial users in agriculture, forestry and the timber industry as well as in traffic planning and cartography. Some of these data, however, may be capable of occasionally threatening Germany's security or foreign policy interests: satellite images of areas where the Federal Armed Forces are deployed on a foreign mission, for example, or of areas where large masses of refugees congregate. How to ensure that such data never get into the wrong hands? To assess threat potentials, a process is needed that is transparent and reliable and does not critically hamper the distribution of data for scientific or commercial purposes. After all, it is obvious that the vast majority of these data will not threaten Germany's security or foreign policy interests.

Our constitution demands that such a process be embodied in an act of parliament. Accordingly, the German parliament has adopted a Satellite Data Security Act introduced by the Federal Government which specifies requirements for the operation of high-grade Earth remote sensing systems as well as for assessing any potential threat to Germany's security and foreign policy interests that might be caused by distributing such data. The Act came into force on December 1 last year.

### Whom does the new Act apply to?

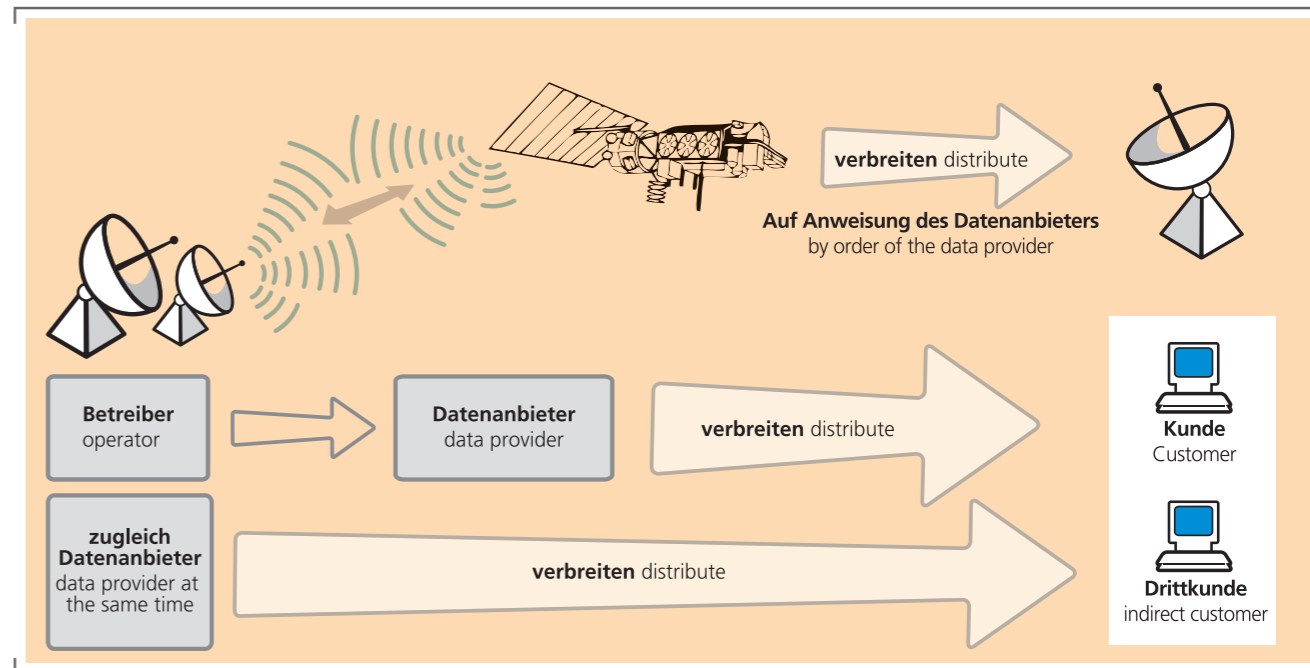
As the Act exclusively targets space-based Earth remote sensing systems, its scope does not cover any other space-based applications, such as navigation, nor airborne Earth remote sensing. However, its regulations do not apply to all Earth remote sensing satellite systems. To come under the law, a system needs to be considered especially efficient: It must have the potential of generating data with a very high information content that might potentially threaten Germany's security interests. Such informati-



Am 20. September 2007 verabschiedete der Deutsche Bundestag das Satellitendatensicherheitsgesetz (Deutscher Bundestag)

On September 20, 2007, the Bundestag (Federal German parliament) passed the Satellite Data Security Act (Deutscher Bundestag)

Datensicherheit data security



Schematische Darstellung des technischen Ablaufs der Kommandierung des Satelliten und der Übertragung der Erdfernerkundungsdaten. Nur Personen innerhalb des orange unterlegten Kastens sind nach dem Satellitendatensicherheitsgesetz verpflichtet.

Diagram showing the process of satellite command signals and Earth remote sensing data transmission. Only persons within the box highlighted in orange are bound by the Satellite Data Security Act.

sein: es muss das Potenzial besitzen, Daten mit einem sehr hohen Informationsgehalt zu erzeugen, so dass Sicherheitsinteressen der Bundesrepublik gefährdet sein können. Der Informationsgehalt bestimmt sich beispielsweise aus der geometrischen Auflösung oder besonderen spektralen Eigenschaften des Sensors. Das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) hat aufgrund des Gesetzes eine Rechtsverordnung erlassen, die entsprechende Grenzwerte festlegt. Danach muss ein solches Erdfernerkundungssystem beispielsweise in der Lage sein, eine geometrische Auflösung in einer Raumrichtung von zwei Metern oder besser zu erzeugen. Weitere Grenzwerte bestimmen sich aus einer Kombination der geometrischen Auflösung mit dem jeweiligen Spektralbereich oder der Anzahl der Spektralkanäle. Einziger Betreiber eines solchen hochwertigen Erdfernerkundungs-Systems in Deutschland ist zurzeit das DLR mit TerraSAR-X.

Das Gesetz stellt weiterhin Regelungen für diejenigen auf, die Daten von einem Betreiber eines solchen besonders leistungsfähigen Erdfernerkundungssystems zum erstmaligen Verkauf oder sonstiger erstmaliger Weitergabe zum Beispiel an Wissenschaftler bekommen. Das Gesetz gilt demnach nicht für typische Erdfernerkundungs-Dienstleister, Datenveredler, -händler oder Internetportale (wie beispielsweise Google-Earth). Nur derjenige, der Daten erstmals in Umlauf bringt, ist an das Gesetz gebunden. Das sind zurzeit das DLR und die Infoterra GmbH. Letztere hat ein pauschales vertragliches Nutzungsrecht mit dem DLR, Daten des TerraSAR-X kommerziell zu verbreiten.

### Handlungssicherheit für alle Beteiligten

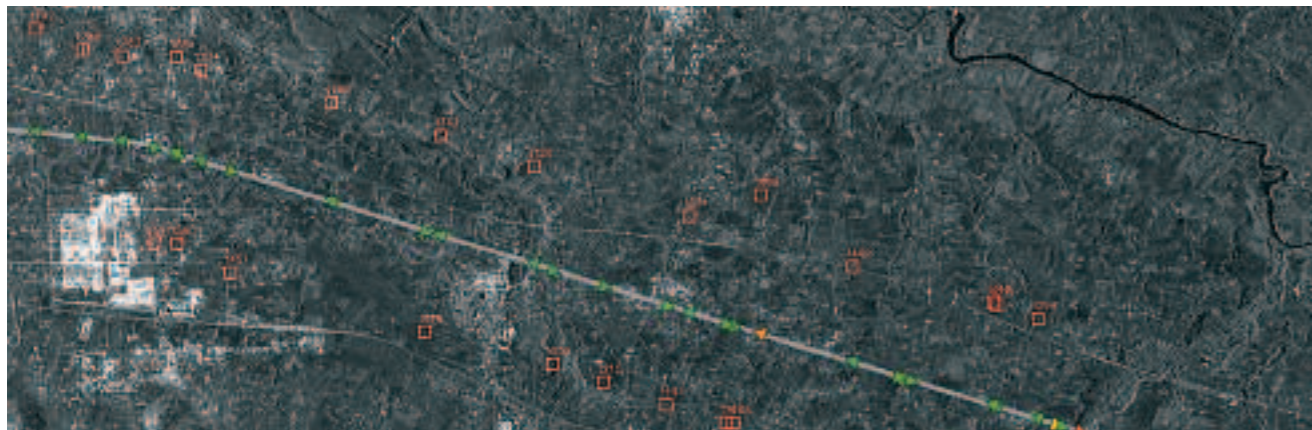
Durch das Gesetz wird Rechtssicherheit für die beteiligten Unternehmen und Einrichtungen geschaffen und die Besetzung neuer Geschäftsfelder in der Geoinformationsindustrie kalkulierbar gemacht. Hochauflösende Erdfernerkundungsdaten haben einen hohen kommerziellen Wert. In der Vergangenheit konnten Datenanbieter hiermit aber keine verlässliche Vertriebsplanung etablieren. Es ist immer mal wieder vorgekommen, dass in politischen oder militärischen Krisen der Verkauf von Datensätzen durch infor-

on content may result from, for example, the geometric resolution or certain other special sensor qualities. Based on the Act, the Federal Ministry of Economics (BMWi) has issued a regulation in which accordant margins are defined. It specifies, for example, that such an Earth remote sensing system must be capable of generating a geometric resolution of two meters or better along one spatial axis. Other standards are based on a combination of the geometric resolution and the spectral range of the sensor or, alternatively, on the number of its spectral channels. At present, the only institution to operate such a high-grade Earth remote sensing system in Germany is DLR with its TerraSAR-X.

Furthermore, the Act contains regulations for those who acquire data from the operator of a high-grade Earth remote sensing system for initial sale or distribution to scientists and others. Thus, the law does not apply to typical Earth remote sensing service providers, data post-processing operators, data dealers or internet portals (such as Google Earth, for example). Only those are bound by the law who originally disseminate data. At the moment, these include DLR and Infoterra GmbH, the holder of a blanket agreement with DLR entitling it to distribute TerraSAR-X data commercially.

### Certainty for all concerned

The Act has created legal certainty for the enterprises and institutions involved, enabling them to occupy new business fields in the geoinformation industry. High-resolution Earth remote sensing data are of great commercial value. In the past, providers were unable to make reliable plans for the sale of such data. Again and again, sales of data records were blocked by formal or informal government interference ('shutter control') in order to protect national or international security interests. This has often proved detrimental to the economic viability of a business model. The Act balances Germany's desire to protect its security interests, its foreign relations and peaceful coexistence among nations against the interest of the enterprises and institutions in avoiding insurmountable restrictions on their data marketing.



Automatische Geschwindigkeitsmessung durch TerraSAR-X mithilfe des Doppler-Effektes, hier in Italien

Automatic velocity measurement by TerraSAR-X using radar Doppler shift. Our example: Italy

mellen oder förmlichen Eingriff einer staatlichen Stelle unterbunden wurde („Shutter Control“), um nationale oder internationale Sicherheitsinteressen zu wahren. Dies ist einem wirtschaftlich tragfähigen Geschäftsmodell abträglich.

Das Gesetz schafft einen Ausgleich einerseits zwischen dem Interesse Deutschlands, die eigenen Sicherheitsinteressen, das friedliche Zusammenleben der Völker und die auswärtigen Beziehungen zu schützen und andererseits dem Interesse der betroffenen Unternehmen und Einrichtungen, keinen unüberwindbaren Beschränkungen bei der Vermarktung der Daten zu unterliegen. Dies wird durch einen unbürokratischen und transparenten Ansatz erreicht, der den Datenanbietern offen legt, wann die Möglichkeit einer Gefährdung der sicherheits- und außenpolitischen Interessen besteht. Gleichzeitig wird den Datenanbietern die eigenverantwortliche Durchführung eines Prüfungsverfahrens übertragen: Dessen Ziel ist es festzustellen, ob Daten ohne Bedenken geliefert werden können, oder ob die Anfrage dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) zur Einzelfallprüfung übergeben werden muss. So ist gewährleistet, dass nicht jede Anfrage eine behördliche Prüfung durchläuft. Das BAFA prüft nur die Anfragen, bei denen die Möglichkeit einer Sicherheitsgefährdung besteht. Hinsichtlich aller anderen Anfragen prüft es lediglich, ob der Datenanbieter das Verfahren zur Feststellung, ob diese Möglichkeit besteht, richtig angewendet hat. Dieser liberale Ansatz ist gerade im Bereich der Sicherheitsgesetze bemerkenswert und kann nur funktionieren, da das BAFA die Anwendung des Gesetzes flexibel handhabt.

#### Was schreibt das Gesetz vor?

Das Satellitendatensicherheitsgesetz verpflichtet einen Datenanbieter, vor jeder Lieferung der Erdfernerkundungsdaten eine sogenannte „Sensitivitätsprüfung“ durchzuführen. Diese umfasst den Informationsgehalt der Daten, das Zielgebiet, den Zeitpunkt der Erzeugung der Daten, den Zeitraum zwischen Erzeugung und Auslieferung der Daten, die Bodensegmente, an welche die Daten übermittelt werden und den betreffenden Kunden. Zu den Kriterien, welche Zielgebiete kritisch sind, sowie zur Durchführung dieser Prüfung bekommen die Datenanbieter klare Vorgaben vom BMWi. Diese Vorgaben ermöglichen es, die Prüfung automatisiert bei jeder Anfrage ablaufen zu lassen. Es verbleibt kein Einschätzungsspielraum beim Datenanbieter, ob die Möglichkeit einer Sicherheitsgefährdung besteht. Kommt die Prüfung zu dem Ergebnis, dass keine Gefährdung besteht, so kann die Anfrage ohne weiteres bedient werden. Der Datenanbieter muss lediglich seine Prüfung dokumentieren und zur Einsicht durch das BAFA bereithalten. Wenn die Prüfung allerdings zu einem gegenteiligen Ergebnis kommt, so kann der Datenanbieter die Anfrage ablehnen oder den Antrag zur Einzelfallprüfung an das BAFA weiterleiten.

This purpose is served by an unbureaucratic and transparent approach. This involves handing over information to data providers about the conditions under which security and foreign policy interests might be threatened. At the same time, data providers are entrusted with the responsibility of performing reviews to determine whether certain data can be supplied without reservation or whether a request must be forwarded to the Federal Office of Economics and Export Control (BAFA) for decision. In this way, not all requests are subjected to a review by the authorities, for the BAFA will only check those that may potentially involve a security threat. In any other case, the BAFA only examines whether the data provider's review has been carried out properly. Such a liberal approach is remarkable especially where security laws are concerned, and it works only because the BAFA applies the Act flexibly.

#### What does the Act regulate?

The Satellite Data Security Act obliges data providers to carry out a so-called sensitivity check before disseminating any Earth remote sensing data. The items reviewed include the information content of the data, the target area, the time of data generation, the time elapsed between data generation and delivery, the ground segment to which the data are communicated and the respective customer. The criteria for identifying critical target areas as well as for the review itself are clearly specified by the BMWi. Thanks to these specifications, requests may be reviewed in an automated process.



Dr. Michael Gerhard ist Assistent des Vorstandes der DLR Raumfahrt-Agentur

Dr. Michael Gerhard is working as an assistant to the DLR Executive Board

Vom Deutschen Raumfahrtkontrollzentrum (GSOC) in Oberpfaffenhofen aus werden Erdfernerkundungsmissionen wie TerraSAR-X oder SAR-Lupe gesteuert

The German Space Operation Center (GSOC) in Oberpfaffenhofen near Munich is guiding Earth remote sensing missions like TerraSAR-X and SAR-Lupe

Da die Daten bis zur Durchführung der Prüfung gegen den Einblick Unbefugter geschützt werden müssen, stellt das Satellitendatensicherheitsgesetz zusätzliche Anforderungen an die Satellitenbetreiber sowie an die Datenanbieter. Das BAFA muss einem Betreiber – bei TerraSAR-X dem DLR – den Betrieb eines besonders leistungsfähigen Erdfernerkundungssystems erlauben. Hierfür muss der Betreiber darlegen, dass er zuverlässig ist, ein solches System zu betreiben, dass er die Kommandierung des Satellitensystems gegen unbefugte Fremdsteuerung gesichert, die Übertragung der Erdbeobachtungsdaten gegen unbefugte Einblicke verschlüsselt und seine Betriebsräume vor unbefugtem Zutritt geschützt hat. Personen, die Zugang zu den Betriebsanlagen haben, müssen eine einfache Sicherheitsüberprüfung erfolgreich bestanden haben. Das BAFA muss ebenso einem Datenanbieter (bei TerraSAR-X dem Datenfernerkundungszentrum des DLR sowie der Infoterra GmbH) eine Zulassung erteilen. Die Anforderungen entsprechen weitgehend denen, die das BAFA an den Betreiber solcher Systeme stellt.

#### Eine Chance für die deutsche Geoinformationsindustrie

Deutschland, das eine lange Tradition in der Erdfernerkundung besitzt, hat mit dem Start des hochauflösenden Radarsatelliten TerraSAR-X eine globale Führungsrolle in der Erdfernerkundung übernommen. Gleichzeitig hat man hierzulande einen wichtigen Grundstein für die kommerzielle und wissenschaftliche Verbreitung von hochauflösenden Satellitendaten begründet und eine ausgezeichnete Ausgangsposition für die gesamte – nicht diesem Gesetz unterliegende – Geoinformationsindustrie und Datenveredelungsunternehmen geschaffen.

Der Gesetzgeber hat diesen technischen Vorsprung praxisorientiert und in innovativer Weise mit einem Rechtsrahmen versehen, der es der Industrie ermöglicht, wirtschaftlich tragfähige Geschäftsmodelle für die Verbreitung von Erdfernerkundungsdaten zu entwickeln und neue Absatzmärkte zu erschließen. Die vom Gesetz etablierten Verfahren garantieren insbesondere dem kommerziellen Datenvertrieb eine hohe Transparenz, Berechenbarkeit und Schnelligkeit. Darüber hinaus gewähren sie dem DLR und der Infoterra GmbH eine Rechtssicherheit, die im internationalen Umfeld so bislang nicht bestehen dürfte. Gleichzeitig bleiben die außen- und sicherheitspolitischen Interessen der Bundesrepublik Deutschland und der verbündeten Partner gewahrt, der Verwaltungsaufwand für behördliche Prüfungen wird gering gehalten. Eine partnerschaftliche Kooperation zwischen dem Betreiber und dem Datenanbieter einerseits sowie dem BAFA andererseits sollte ein weiterer Schritt zur Stärkung der deutschen Raumfahrt einschließlich der nachgelagerten Industrie sein.

Nothing in the assessment of the possibility of a security threat is left to the discretion of the data provider.

Whenever the conclusion of the review is that no such threat exists, a request can be processed immediately. All the data provider has to do is to document his review and retain the file for inspection by the BAFA. Whenever the result of a review is negative, the data provider may either reject the request or submit it to the BAFA for decision. As data needs to be protected from the eyes of unauthorized persons until having been thoroughly checked, the Satellite Data Security Act imposes additional requirements on satellite operators and data providers. To operate a high-grade Earth remote sensing system, the operator – i.e. DLR in the case of TerraSAR-X – needs a BAFA permission. To obtain that permit, the applicant is required to document that he is able to operate the system reliably and that the command signals to the satellite system are secured against unauthorized modification. Moreover he has to ensure, that Earth remote sensing data are encrypted before transmission to protect them from unauthorized access and that all relevant ground segment facilities as well as their equipment are protected against unauthorized access. All persons having access to such ground facilities and equipment must pass a simple security check. Data providers (the DLR Remote Sensing Data Center and Infoterra GmbH in the case of TerraSAR-X) also need a license from the BAFA. Related requirements are largely similar to those imposed by the BAFA on system operators.

#### An opportunity for Germany's geoinformation industry

With its long tradition in Earth remote sensing, Germany took the global lead in the field when it launched its high-resolution radar satellite TerraSAR-X. At the same time, the foundations were laid for the distribution of high-grade satellite data for commercial and scientific purposes, and the entire geoinformation and data post-processing industry (that is not subject to the provisions of the Act) was given an excellent start.

This technological advance is accompanied by a practical and innovative legal framework which enables the industry to develop economically viable business models for the distribution of Earth remote sensing data and open up new markets. Especially commercial data providers will benefit from the very transparent, predictable and speedy processes established under the Act. Beyond that, DLR and Infoterra GmbH now enjoy a degree of legal certainty which probably has no counterpart in the international environment. At the same time, the Act protects the foreign and security-policy interests of the Federal Republic of Germany and its allies and keeps the administrative effort required for official reviews to a minimum. The next step towards strengthening Germany's space sector and its downstream industries should be for operators and data providers on the one hand and the BAFA on the other to cooperate in a spirit of partnership.

## RapidEye kurz vor Start

Optische Erdbeobachtung der nächsten Generation

Im Gespräch mit Dr. Christiane Lechtenböcker

Von Michael Müller



In der DLR Raumfahrt-Agentur verantwortlich für RapidEye:  
Dr. Christiane Lechtenböcker

In charge of RapidEye on behalf of the DLR Space Agency:  
Dr. Christiane Lechtenböcker

Erstmals investiert ein deutsches Privatunternehmen in großem Umfang in ein Raumfahrtprojekt: Die Firma RapidEye AG aus Brandenburg will 2008 fünf Satelliten in eine Erdumlaufbahn bringen, die jeden Tag auf jeden beliebigen Punkt der Erde ausgerichtet werden können. Die Daten dürften für viele Unternehmen interessant sein, etwa zur Ernteplanung oder zur Einschätzung von Versicherungsfällen im Zusammenhang mit Naturkatastrophen. Neben der kommerziellen Nutzung ermöglicht das DLR im Rahmen dieser staatlich-privaten Zusammenarbeit den Wissenschaftlern in Deutschland die kostenlose routinemäßige Nutzung von Fernerkundungsdaten in zahlreichen Anwendungsfeldern. Mit Frau Dr. Lechtenböcker, die in der DLR Raumfahrt-Agentur erste Ansprechpartnerin für RapidEye ist, sprachen wir über die Entstehung und geplante Durchführung des Projekts.

### Frau Dr. Lechtenböcker, wie ist das Projekt „RapidEye“ entstanden und wer ist daran beteiligt?

**Lechtenböcker:** Das RapidEye-Unternehmenskonzept wurde 1996 durch die Kayser-Threde GmbH mit Unterstützung der DLR Raumfahrt-Agentur entwickelt. Als Public Private Partnership (PPP) ist RapidEye dann als Ausgründung aus der Kayser-Threde GmbH, München, hervorgegangen und besteht seit 1998. Die Finanzierung des Gesamtprojektes mit 160 Millionen Euro steht auf stabilen Füßen. Das Bundeswirtschaftsministerium ist über die DLR Raumfahrt-Agentur neben privaten Investoren mit circa 15 Millionen Euro beteiligt. Das Land Brandenburg, in dem die Firma ihren Sitz hat, investiert 37 Millionen Euro. Mit dieser Investition sollen dort langfristig bis zu 140 Arbeitsplätze entstehen.

### Gibt es im Vergleich mit TerraSAR-X Unterschiede in der Ausgestaltung der öffentlich-privaten Kofinanzierung?

**Lechtenböcker:** Im Vergleich zur ersten PPP-Beteiligung des Bundes bei dem Bau des Radarsatelliten TerraSAR-X sind hier wesentlich mehr Partner finanziell involviert, wobei der finanzielle Beitrag des DLR bei RapidEye deutlich geringer ausfällt als bei TerraSAR-X. Für beide Vorhaben wirkt sich die Beteiligung der Wirtschaft sehr positiv auf Entwicklung und Bau des Systems aus, da die Wirtschaft ein hohes Eigeninteresse an der erfolgreichen Fertigstellung hat.

## RapidEye Launch Imminent

The next generation of optical Earth observation

An interview with Dr. Christiane Lechtenböcker

By Michael Müller

This is the first ever instance of a German private enterprise investing in a space project on a large scale: RapidEye AG of Brandenburg is planning to launch five satellites into orbit in 2008 that can be focused on any given spot on Earth day after day. Their data should be of interest to many enterprises as they may be used for scheduling harvests, assessing insurance claims related to natural disasters and other purposes. Next to commercial uses, DLR plans within this public-private cooperation to make remote sensing data routinely available free of charge to German scientists for use in numerous applications. We talked about the origin of the project and the plans to implement it with Dr. Lechtenböcker, the prime contact for RapidEye at the DLR Space Agency.

### Dr. Lechtenböcker, how did the RapidEye project come into being, and who is involved in it?

**Lechtenböcker:** The RapidEye corporate concept was developed in 1996 by Kayser-Threde GmbH with the support of the DLR Space Agency. Founded as a public-private partnership (PPP) in 1998, RapidEye is a spin-off of Munich-based Kayser-Threde GmbH. The funding of the project, a total of 160 million Euros, rests on solid foundations. Next to private investors, the Federal Ministry of Economics and Technology is investing about 15 million Euros through the DLR Space Agency. The government of the state of Brandenburg, where the company is headquartered, is investing 37 million Euros, the intention being to create as many as 140 jobs in the long run.

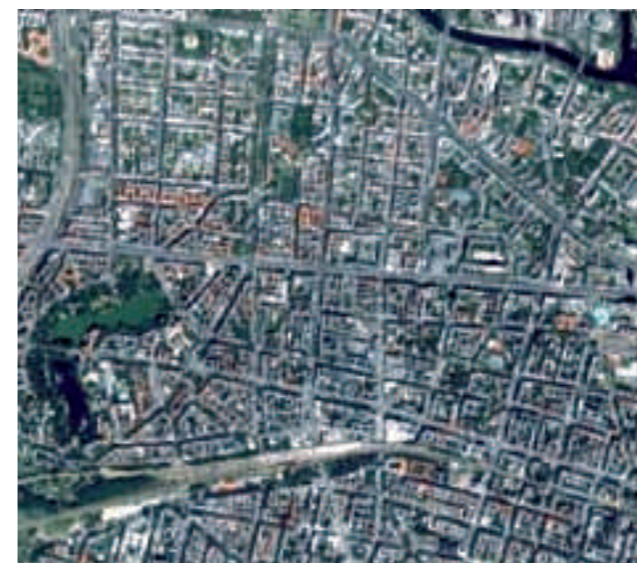
### Is there any difference in the form of public-private cofinancing compared to Terra SAR-X?

**Lechtenböcker:** Compared to the first instance in which the Federal Government was involved in a PPP, the construction of the TerraSAR-X radar satellite, the number of cofinancing partners is much greater here, and DLR's financial contribution to RapidEye is markedly smaller. In both projects, the development and construc-



Fünf Satelliten im sonnensynchronen Orbit (RapidEye AG)

Five satellites in an orbit synchronous to the sun (RapidEye AG)



Beispiel Landbedeckungsklassifikation, hier aus verarbeiteten HyMap-Daten. Links: HyMap-Bild; rechts: Klassifikationsergebnis Landnutzung/Landbedeckung (Rapid Eye AG)

Landcover classification example (here processed HyMap data). On the left: HyMap photograph, on the right: classification result land use / land cover (Rapid Eye AG)

Um den Marktzugang zu erleichtern und die Technologieentwicklung zu unterstützen, wird das System RapidEye im Rahmen des Deutschen Raumfahrtprogramms als Pilotprojekt zur Kommerzialisierung von Raumfahrttechnologie geführt. Die Agentur unterstützt dabei im Rahmen der PPP die Entwicklung des Kamerasystems.

### Welche Unterauftragnehmer sind bei RapidEye mit von der Partie?

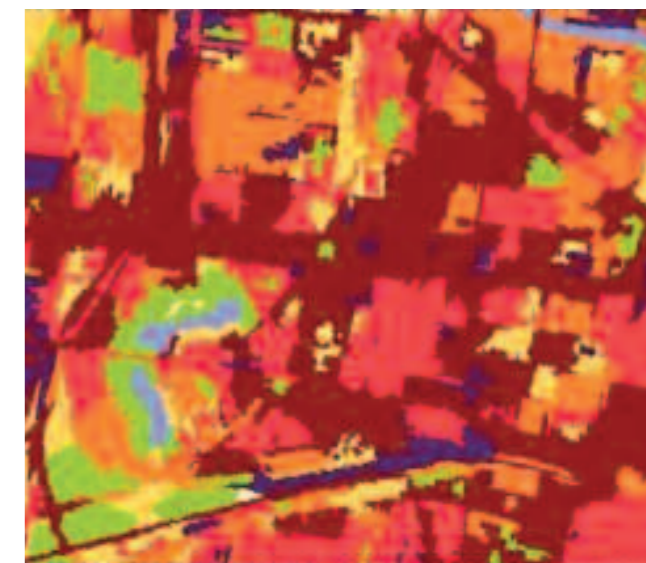
**Lechtenböcker:** Der Bau der Satelliten, Betrieb und Datenaufnahmen sowie Datenprodukte und darauf aufbauende Informationsdienste werden von der RapidEye AG gesteuert und zum Teil eigenständig durchgeführt. Auftragsarbeiten werden dabei von MacDonald Dettwiler and Associates (MDA), Kanada, als Generalunternehmer sowie Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL), Großbritannien und der Jena Optronik GmbH (Kamera) als dessen Unterauftragnehmer durchgeführt.

### Wo sehen Sie die Zielgruppen für optische Satellitendaten, wie das RapidEye-System sie bereitstellen wird?

**Lechtenböcker:** Die durch die RapidEye AG angebotenen satellitengestützten Produkte und Dienstleistungen schließen eine seit langem bestehende Nachfragerlücke vor allem seitens der Wirtschaft, aber auch der Wissenschaft. Die Kombination aus den Daten eines Systems von fünf baugleichen Satelliten ist bisher einzigartig und garantiert sehr hohe zeitliche und hohe räumliche Auflösung der Daten, die für verschiedenste Fragestellungen, vor allem aus den Bereichen Land- und Forstwirtschaft hervorragend geeignet sind.

### Wie muss man sich dieses System von fünf im niedrigen Erdorbit kreisenden Satelliten konkret vorstellen?

**Lechtenböcker:** Die RapidEye-Satelliten werden alle zusammen auf einer Trägerrakete gestartet und in einen 630 Kilometer hohen sonnensynchronen, polaren Orbit mit einer Inklination von 97,8 Grad gebracht. Für jede Erdumrundung werden 96,7 Minuten benötigt. Jeder Satellit hat ein Volumen von circa einem Kubikmeter und wiegt insgesamt ungefähr 150 Kilogramm.



■ Binnengewässer Fresh water  
■ Sand Sand  
■ Brachland Open  
■ Spärliche Vegetation Sparse vegetation  
■ Dichte Laubbaumvegetation Dense deciduous vegetation  
■ Dichte Nadelbaumvegetation Dense coniferous vegetation  
■ Dorf Village  
■ Siedlungsfläche Urban  
■ Stadtgebiet Dense urban  
■ Ballungsraum Extremely dense urban  
■ Industrieanlagen Industrial units

tion of the system benefit greatly from the involvement of the industry as it is keenly interested in securing their successful completion.

To facilitate market access and support technological developments, the RapidEye system appears in the German national space program as a pilot project for commercializing space technologies. In this context, the DLR Space Agency is supporting the development of the camera system within the PPP.

### What subcontractors are involved in RapidEye?

**Lechtenböcker:** RapidEye AG controls and partially handles the construction of the satellites, their operation and data records as well as any data products and information systems derived from them. Certain jobs will be done by MacDonald Dettwiler and Associates (MDA), Canada, as prime contractor as well as by Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL), Great Britain, and Jena Optronik GmbH (camera) as its subcontractors.

### In your opinion, what will be the target groups for optical satellite data such as those provided by the RapidEye system?

**Lechtenböcker:** The satellite-based products and services offered by RapidEye AG will meet a demand that has been existing for a long time in industry as well as in the academic world. Combining the data provided by a system of five satellites of identical construction is a unique concept which guarantees a supply of data with an extreme temporal and a high spatial resolution that may be used in a wide range of applications, mainly in agriculture and forestry.

### How would you visualize this system of five satellites moving in a near-Earth orbit?

**Lechtenböcker:** The RapidEye satellites will be carried at the same time by one rocket to an altitude of 630 km, where they will enter a sunsynchronous polar orbit inclined at 97.8 degrees. Each orbit around the Earth takes 96.7 minutes to complete. Each satellite has a volume of about one cubic meter and a total weight of approximately 150 kilograms.

## Technische Daten RapidEye im Überblick

Lebensdauer der Satelliten	7 Jahre
Umlaufbahn-Höhe	630 km
Umlaufbahn-Ebenen	1 (gleichmässige Verteilung)
Inklination	97.8° (sonnensynchron)
Äquator Überflug	Richtung: von Nord nach Süd Zeit: 11:00 (lokale Zeit)
Bodenauflösung (Nadir)	6,5 m
Pixelgröße (ortho-rektifiziert)	5 m
Breite der Bildstreifen	77 km
max. Länge der Bildstreifen	1500 km
tägliche Aufnahmekapazität	4 Mio km <sup>2</sup>

Jeder Satellit kann 77 Kilometer breite Aufnahme­streifen mit bis 1.500 Kilometern Länge pro Streifen aufzeichnen und kann bis zu 25 Grad in beide Richtungen senkrecht zur Flugbahn geschwenkt werden: Auf diese Weise können mit verschiedenen Aufnahme­winkeln großräumig Multispektral­daten mit hoher räumlicher Auflösung in täglicher Wiederholrate global abdeckend aufgezeichnet werden. Pro Tag können mehr als vier Millionen Quadratkilometer aufgezeichnet werden. Die Daten werden an der Bodenstation Svalbard/Norwegen, betrieben durch die Firma Kongsberg Satellite Services AS, empfangen. Die Satellitenkontrollstation befindet sich im Missionskontrollzentrum in Brandenburg. Die Zwei-Wege-Kommunikation zwischen den Satelliten und der Bodenstation umfasst alle operativen Kommandierungen inklusive der Aufzeichnungsaufträge durch Kunden, die an die Satelliten gesendet werden.

## Spektralkanäle der Kameras auf RapidEye-Satelliten

Name	Spektralkanal (nm)
Blau	440 – 510
Grün	520 – 590
Rot	630 – 685
Red Edge	690 – 730
Nahes Infrarot	760 – 850

## Was können die Kameras an Bord der RapidEye-Satelliten?

**Lechtenbö­rger:** Bei dem von der Jena-Optronik GmbH entwickelten und gebauten Kamerasystem handelt es sich um einen sogenannten „multispektralen Pushbroom-Imager“. Neben der üblichen Kombination an Spektralkanälen von Blau bis Nahes Infrarot gibt es hier zusätzlich einen „Red-Edge-Kanal“. Pflanzenvitalitätsparameter werden in der Regel über Reflexionsintensitäten in Grün, Rot und Nahem Infrarot abgeleitet. Der Red-Edge-Kanal verspricht hierbei zusätzlichen Informationsgewinn bezüglich Vitalität und Reifegrad – vor allem mit Blick auf Erntevorhersagen eine mögliche interessante Anwendung. Die geometrische Auflösung beträgt dabei 6,5 Meter.

## RapidEye technical data overview

Number of satellites	5
Life span of Satellites	7 years
Orbiting distance to Earth	630 km
Orbiting levels	1 (synchronous to the Sun)
Equator passage	Direction North to South Time 11:00 a.m. (local time)
Ground resolution (Nadir)	6.5 meters
Pixel size (orthorectified)	5 meters
Amplitude of picture strip	77 kilometers
Maximum length of picture strip	1.500 kilometers
Capacity per day	4 million square kilometers

Each satellite is designed to scan strips of land that are 77 kilometers wide and up to 1,500 kilometers long. In the process, it may be tilted at an angle of up to 25 degrees vertical to the direction of flight. In this way, multispectral data may be gathered from large areas at various angles and a high degree of spatial resolution in a process that is repeated daily and covers the entire globe. More than four million square kilometers can thus be scanned every day. Data will be received by a ground station in Svalbard/Norway that is operated by Kongsberg Satellite Services AS. Satellites will be controlled by the mission control center in Brandenburg. Two-way communication between the satellites and the ground station will incorporate all operative commands including imaging orders from customers that will be transmitted to the satellites.

## Spectral channels of the cameras on the RapidEye satellites

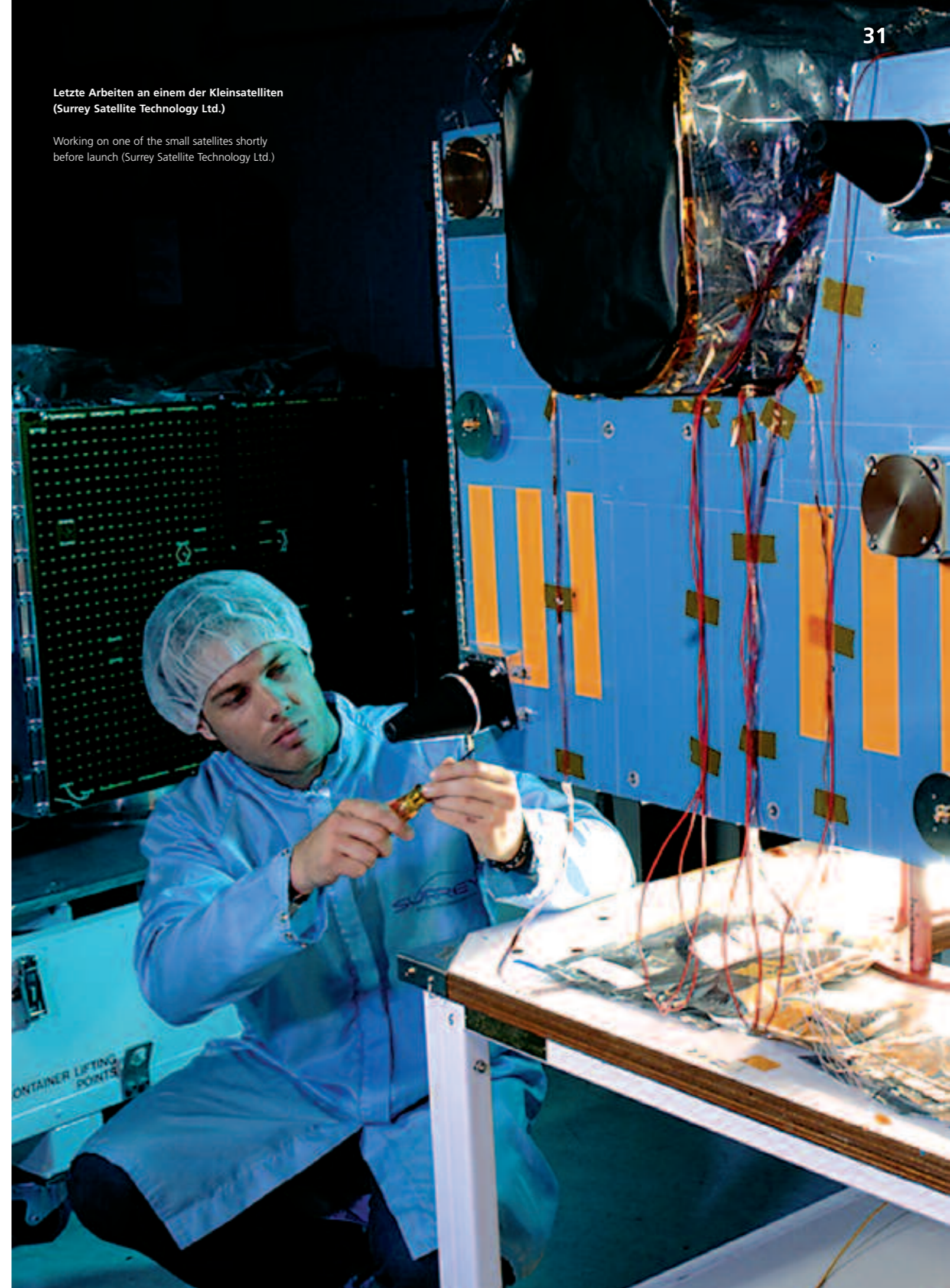
Name	Spectral channel (nm)
Blue	440-510
Green	520-590
Red	630-685
Red edge	690-730
Near infrared	760-850

## What is the potential of the cameras on board the RapidEye satellites?

**Lechtenbö­rger:** Developed and built by Jena-Optronik GmbH in Germany, the camera systems belong to a type that is called 'multispectral pushbroom imager'. Next to the usual range of spectral channels from blue to near infrared, they feature an additional red edge channel. While plant vitality parameters are normally derived from reflection intensities in green, red and near infrared, the red edge channel promises additional information about plant vitality and maturity, an application that may be of interest especially with regard to harvest forecasts. The pixel size is 6.5 meters.

## Letzte Arbeiten an einem der Kleinsatelliten (Surrey Satellite Technology Ltd.)

Working on one of the small satellites shortly before launch (Surrey Satellite Technology Ltd.)





## Was passiert mit den RapidEye-Rohdaten?

**Lechtenböcker:** Die Daten werden über eine Empfangsantenne der Firma KSAT in Svalbard, Norwegen empfangen. Das Bodensegment selbst ist bei der Firma RapidEye in Brandenburg implementiert. Es umfasst die Satellitenkontrolle sowie die Vorprozessierung und Prozessierung sowie Archivierung der Daten.

Da für unterschiedliche Anwendungen unterschiedliche Datentypen benötigt werden, sind verschiedene Datentypen, sogenannte „Levels“ abrufbar.

Vorprozessierungsstufen der Satellitendaten	
Level (Bildbearbeitungsgrad)	Beschreibung
1	<b>Sensor-Level Produkt:</b> Radiometrisch Sensor-korrigierte Daten. Höhe des Flugkörpers und Orbitdaten werden in die Korrektur mit einberechnet.
2A	<b>System Geo-korrigiertes Produkt:</b> Radiometrisch Sensor-korrigierte Daten, keine GCP-basierte räumliche Genauigkeit (GCP = ground control point).
3A	<b>Orthorektifiziertes Produkt:</b> Radiometrisch Sensor-korrigierte Daten. Diese Produkte wurden mit einem DTED Level 1 SRTM (oder besser) Höhenmodell ortho-rektifiziert.

Mit jedem Level steigt der Vorverarbeitungsgrad der Satellitendaten an, wobei der Nutzer je nach Anwendung der Daten entscheidet, welche Vorprozessierungen seitens des Anbieters notwendig sind. Dabei kann es sinnvoll sein, zum Beispiel nur radiometrisch korrigierte Daten zu bestellen und die geometrische Korrektur selbst anwendungsspezifisch durchzuführen. Bestehen keine besonderen Vorgaben für eine geometrische Korrektur, so sind Level 2A-Produkte sinnvoll. Für alle Level kann der Kunde eine Korrektur der atmosphärischen Einflüsse in Auftrag geben, um eine Verfälschung der Pixelintensitätswerte und Grauwerte durch die Atmosphärenbedingungen während der Aufnahme herausrechnen zu lassen.

## Wie ist die wissenschaftliche Nutzung der Bilder geregelt?

**Lechtenböcker:** Im Rahmen der Public Private Partnership hat die DLR Raumfahrt-Agentur unter anderem das Nutzungsrecht für Daten im Umfang von circa 30 Millionen Quadratkilometern der Erdoberfläche für die wissenschaftliche Forschung erworben. Die Datenaufnahmen können über die auf sieben Jahre angelegte Laufzeit der Mission angefordert werden. Die DLR Raumfahrt-Agentur nimmt damit die Aufgabe der Schnittstelle zur Wissenschaft wahr. Die Weitergabe der Daten an Wissenschaft und Forschung erfolgt kostenneutral. Vor kurzem wurde ein erster Projektauftrag zur kombinierten Nutzung von RapidEye- und TerraSAR-X-Daten durch die Agentur abgeschlossen. Hierbei standen die Synergieeffekte durch die kombinierte Nutzung von Radar- und optischen Daten im Vordergrund. Die Resonanz in der Wissenschaftsgemeinde war sehr gut.

## Welche kommerziellen Haupteinsatzgebiete sehen Sie?

**Lechtenböcker:** Seitens der RapidEye AG ist die kommerzielle Nutzung der Daten auf Produkte und Dienstleistungen in den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Versicherungen, Ernährungsindustrie und Katastrophenhilfe ausgerichtet. Die geplanten Produkte umfassen thematische Karten zur Bestimmung von Ernteschäden, Ernteplanung und -vorhersagen wie auch digitale Höhenmodelle und Schadenskartierungen. Darüber hinaus sollen aus

## What happens to the raw data from RapidEye?

**Lechtenböcker:** Data will be received by an antenna operated by KSAT in Svalbard/Norway. The ground segment is implemented at the RapidEye Company, located in Brandenburg. It will handle the control of the satellites, the preprocessing and processing of their data as well as data storage.

As different data types are needed for different applications, data may be provided in a number of variants called levels.

Satellite data preprocessing levels	
Image processing level	Description
1	<b>Sensor level product:</b> radiometric data correction. Altitude of space vehicle and orbiting data are taken into account
2A	<b>Systematic geocorrection:</b> radiometric data correction, no GCP-based spatial precision (GCP: ground control point)
3A	<b>Orthorectified product:</b> radiometric data correction, all products are geo referenced by using a DTED level SRTM altitude model (or better)

The degree to which satellite data are preprocessed increases from level to level. Depending on the application envisaged, the user will decide about the extent to which data will have to be preprocessed by the provider. Users may well find that it makes more sense to order only radiometrically corrected data and handle their application-specific geometric correction themselves. Whenever there are no unusual geometric correction requirements, level 2A products appear indicated. At all levels, customers may specify that images should be corrected for atmospheric influences, in which case images will be mathematically purged of any pixel intensity and grey value distortions caused by atmospheric conditions at the time when they were taken.

## What are the rules for using the images for scientific purposes?

**Lechtenböcker:** Under the public-private partnership, the DLR Space Agency holds the right of use for scientific research data that cover about 30 million square kilometers of the Earth's surface. Data records may be ordered throughout the scheduled 7-year duration of the mission. The DLR Space Agency functions as an interface between industry and science in this context. The supply of data to science and research will have no cost effect. A short while ago, the Agency closed its first call for a project involving the combined use of RapidEye and TerraSAR-X data, mainly motivated by the synergy effects made possible by the combined use of radar and optical data. The call was very well received among the scientific community.

## What major commercial applications can you see?

**Lechtenböcker:** RapidEye AG aims to use the satellite data for commercial products and services targeting agriculture, forestry, the insurance and food industries and disaster relief. The products envisaged include theme maps for crop damage identification, harvest planning and harvest forecasts as well as digital elevation models and damage maps. In addition, the data will be used to

den Daten Informationen für nationale und internationale öffentliche Einrichtungen erzeugt werden, um Aufgaben wie Veränderungs- und Umweltanalysen, Berichterstattungen, Konventionsmonitoring oder Katastrophenhilfe weltweit durchführen zu können. Im Detail bedeutet dies, dass beispielsweise landwirtschaftliche Versicherungen an Anbaukartierungen oder Schadensabschätzungen interessiert sind. Für die Agrar- und Forstwirtschaft sind Bodenkarten, Fruchtzustandskarten oder sogenannte „Stressanalysen“ wichtig für die Planung.

Der kommerzielle Datenvertrieb wird bei der Firma über eine sogenannte „eCommerce-Plattform“ organisiert; derzeit befindet sich diese noch in der Entwicklung. Begleitend dazu entwickelt das DLR das RapidEye Science Archive (RESA) für die Haltung und Verteilung der wissenschaftlichen Daten. Dieses System soll Wissenschaftler bei der Datenbestellung und Datenlieferung unterstützen und wird eng mit dem System der RapidEye AG für kommerzielle Anfragen verzahnt werden.

## Stichwort Naturkatastrophen: Können RapidEye-Daten in Zukunft einen Beitrag zu Prävention oder Nothilfe leisten?

**Lechtenböcker:** Viele Anbieter von Satellitendaten sind bereits der internationalen „Disaster Charter“ beigetreten. Sie dient dazu, im Falle von Natur- oder Menschen gemachten Katastrophen Satellitendaten für die Katastrophenhilfe bereit zu stellen. Die Mitglieder erklären sich bereit, auf „best effort“-Basis nach Eingang einer Anfrage Daten bereit zu stellen. Da sich der Start der RapidEye-Satelliten verzögert, hat es hierzu in der RapidEye AG noch keine Entscheidung gegeben. Ähnlich verhält es sich mit einer möglichen Einbindung der RapidEye-Daten in die durch ESA koordinierte Datenbereitstellung für GMES-Aufgaben (Global Monitoring for Environment and Security).

## Wann ist mit dem Start der RapidEye-Satelliten zu rechnen?

**Lechtenböcker:** Aufgrund von Verspätungen in der Bauphase verzögert sich der Starttermin der Satellitenflotte. Momentan wird der Frühsommer 2008 als Zeitfenster angegeben. Nach dem Start werden während einer gut drei Monate dauernden „Commissioning“-Phase die Satelliten und Sensoren in Funktion gesetzt, in die richtige Position gebracht, getestet und kalibriert. Nach Abschluss dieser Phase kann mit der wissenschaftlichen und kommerziellen Nutzung der Daten begonnen werden.

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

generate information for national and international public institutions to facilitate global change and environment analyses, reports, convention compliance monitoring and disaster relief. Thus, agricultural insurance companies, for example, might be interested in cultivation maps and damage assessments, while soil and crop status maps as well as so-called stress analyses are important for planning in agriculture and forestry.

At RapidEye AG, commercial data sales will be organized through a so-called eCommerce platform which is currently being developed. In parallel, DLR is developing the RapidEye Science Archive (RESA) for filing and distributing scientific data. Intended to support scientists in ordering and supplying data, this system will be closely interfaced with RapidEye AG's system for commercial enquiries.

## Talking about natural disasters: Could RapidEye be of help in disaster prevention or relief?

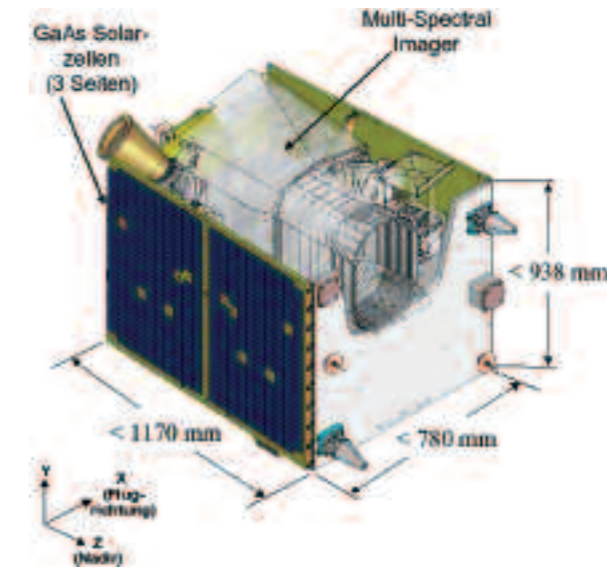
**Lechtenböcker:** Many satellite data providers have already acceded to the International Disaster Charter which serves the purpose of making satellite data available for relief efforts after natural

or manmade disasters. Members undertake to provide data on request on a best effort basis. Because the launch of the RapidEye satellites has been delayed, RapidEye AG has not yet decided about the matter. The same holds true for the integration of RapidEye in the system of providing data for GMES functions (global monitoring for environment and security) that is coordinated by ESA.

## When may we expect the launch of the RapidEye satellites?

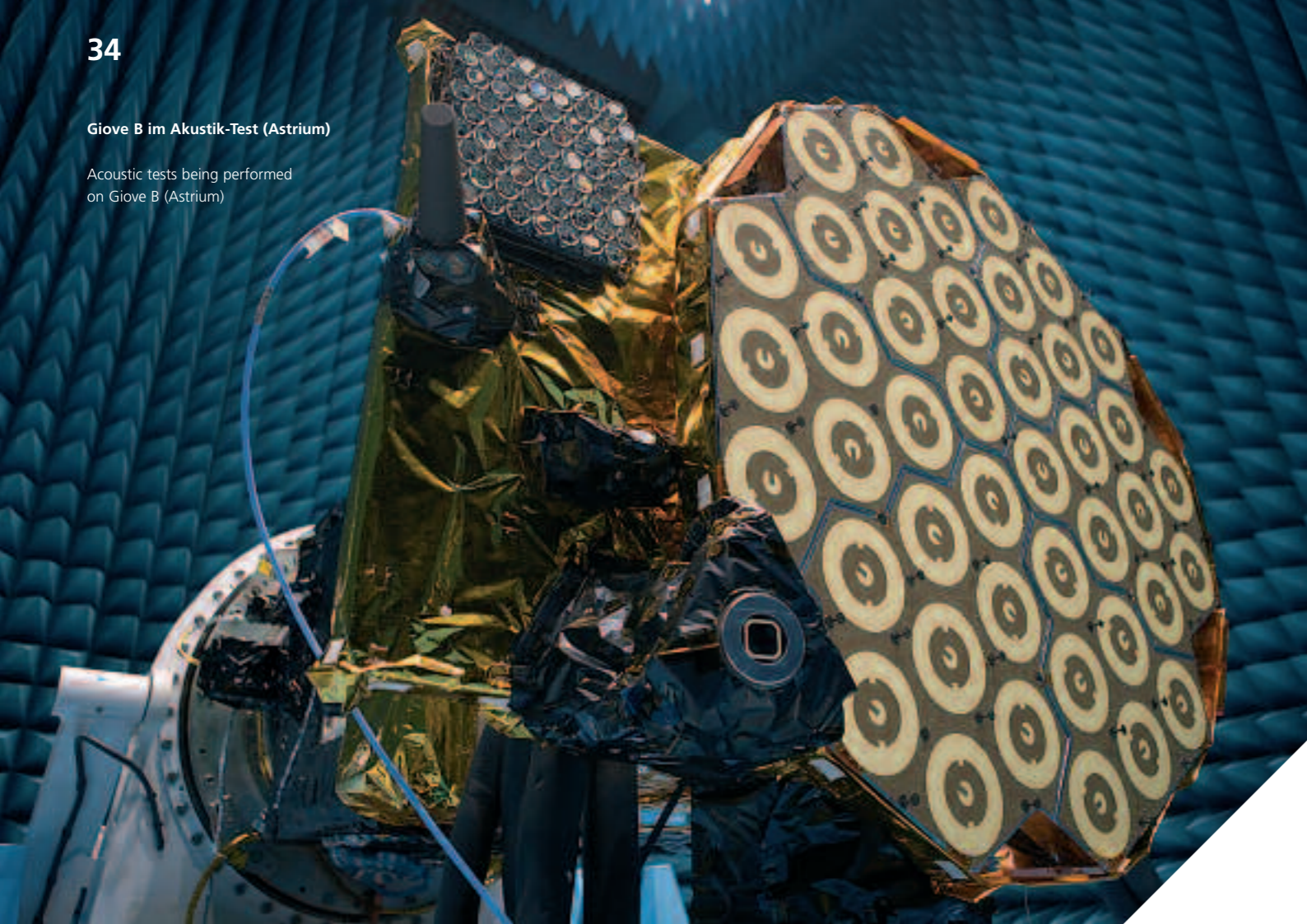
**Lechtenböcker:** The date for launching the satellite fleet has been deferred for delays within the construction phase. At the moment, the time envisaged is early summer 2008. After the launch, a commissioning phase lasting well above three months will follow during which the satellites and sensors will be activated, put in the adequate position and calibrated. Once this phase is concluded, the scientific and commercial utilization of the data can begin.

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



## Giovè B im Akustik-Test (Astrium)

Acoustic tests being performed on Giovè B (Astrium)



## GIOVE B

### Zweiter Galileo-Testsatellit startet Anfang 2008

Von René Kleeßen

Die Verkehrsminister der EU-Mitgliedstaaten haben am 30. November 2007 einstimmig die Vergaberichtlinien für die Aufbauphase von Galileo beschlossen. Eine Woche zuvor hatten die EU-Finanzminister grünes Licht für die Finanzierung aus dem EU-Haushalt gegeben. Damit steht nach der Ungewissheit der letzten Monaten fest: Der Weg für die Realisierung von Galileo ist nun endgültig frei.

Bevor Galileo voraussichtlich im Jahr 2013 in Betrieb gehen wird, hat das Projekt mehrere Phasen durchlaufen. In der Definitionsphase bis 2003 wurden die wesentlichen Grundspezifikationen des Satellitennavigationssystems studiert und definiert. In der Entwicklungsphase, in der wir uns zurzeit befinden, werden diese Definitionen in detaillierte technische Spezifikationen ausgearbeitet, bevor die Entwicklung von Bauteilen des Satelliten und der Bodeneinrichtungen begonnen werden kann. Ebenso sollen die seit der Definitionsphase in Entwicklung befindlichen kritischen Nutzlasten für den Satelliten auf ihre Tauglichkeit unter Welt-raumbedingungen geprüft werden. Zunächst wird die Prüfung der Leistungsfähigkeit auf Testsatelliten erfolgen, bevor sie endgültig auf die späteren Galileo-Satellitenplattformen integriert werden.

## GIOVE B

### Second Galileo Test Satellite Takes off in Early 2008

By René Kleeßen

On November 30, 2007, the ministers of transport of the EU member states unanimously adopted guidelines for the contract award procedure for the deployment phase of Galileo. The EU finance ministers had given the green light for funding the project from the EU budget a week earlier. After all the uncertainties of the last few months, we can now be sure that the path towards realizing Galileo is finally open.

Before the start of operations, which has been tentatively scheduled for 2013, the project will pass through several phases. In the definition phase, which ended in 2003, all major basic specifications for the satellite navigation system were studied and defined. In the current development phase, these definitions are being translated into detailed technical specifications on which the development of the components of the satellite and the facilities on the ground will be based later on. Another task is to test the critical satellite payloads developed since the end of the definition phase for their ability to work under space conditions. All these payloads will be initially validated on test satellites before being finally integrated in the future Galileo satellite platforms.

Die ESA hat in der Entwicklungsphase zwei Testsatelliten eingeplant: Sie nennen sich GIOVE für Galileo In-Orbit Validation Element. Mit diesen beiden Satelliten sind folgende allgemeine Ziele verbunden:

- Sicherung der von der Internationalen Fernmelde-Union (ITU) zugeteilten Galileo-Frequenzen
- Erprobung der kritischen technologischen Systeme auf dem Satelliten
- Ermittlung des Strahlungsumfeldes der für die Galileo-Satelliten geplanten Mittleren Erdumlaufbahn (MEO, in circa 23.000 Kilometern Höhe)
- Festlegung der neuen Merkmale des Galileo-Signals

Der erste Testsatellit GIOVE A wurde von Surrey Space Technology Limited (SSTL, UK) gebaut und im Dezember 2005 gestartet. Er sendet seitdem kontinuierlich und verlässlich sehr gute Signale, die von der ESA ausgewertet werden. Mit GIOVE A wurden damit zum ersten Mal Positionierungssignale eines von europäischen Firmen gebauten Satelliten erzeugt, abgestrahlt und empfangen. Ein erster Schritt für Galileo war erfolgreich getan. Aber seine Lebensdauer ist aufgrund der geringen Treibstoffmenge an Bord begrenzt. Ursprünglich war seine Lebensdauer nur auf lediglich ein Jahr ausgelegt. Nun fliegt er bereits zwei Jahre und wird, so wie es aussieht, noch ein weiteres Jahr bis Ende 2008 seine Dienste tun.

Da der Start der ersten Galileo-Satelliten noch bis 2010 dauern wird, und weitere neue Technologien getestet werden sollen, ist ein zusätzlicher Testsatellit notwendig.

#### GIOVE B soll im Frühjahr starten

GIOVE B wurde von einem europäischen Industriekonsortium unter Federführung der deutschen Astrium GmbH gebaut. Er hat alle Tests bestanden und befindet sich derzeit am ESA Technologie-Standort ESTEC in den Niederlanden zu letzten Vorbereitungen. Eigentlich sollte GIOVE B bereits Ende Dezember 2007 starten, jedoch hat ein technisches Problem bei der Fregat-Oberstufe der Sojus-Rakete zu einer Verzögerung geführt. Die ESA geht jetzt von einem Starttermin im April 2008 vom Weltraumbahnhof Baikonur in Kasachstan aus.

#### Wesentliche Merkmale der GIOVE B-Satellitenplattform

Startmasse	500 kg
Abmessungen	0,955 m x 0,955 m x 2,4 m
Energiebedarf	767 Watt
Lebensdauer	circa 2 Jahre
Hydrazin-Tank	28 kg Fassungsvermögen

#### Wesentliche Merkmale der GIOVE B-Satelliten Nutzlast

Atomuhren (1 Wasserstoff-Maser-Uhr und 2 Rubidium-Uhren)
Navigation Signalgenerator
L-Band Antenne
Strahlungsmonitor

In the development phase ESA provides for two test satellites called GIOVE for "Galileo In-Orbit Validation Element". The general objectives served by these two satellites are:

- Securing the frequencies allocated to Galileo by the International Telecommunication Union (ITU)
- Testing critical technological systems on-board each satellite
- Determining the radiation environment in the Medium Earth Orbit (MEO, Altitude about 23,000 kilometers) envisaged for the Galileo satellites
- Determining the new characteristics of the Galileo signal

Built by Surrey Space Technology Limited (SSTL, UK), the first test satellite GIOVE A was launched in December 2005. Since then, it has been continuously and reliably transmitting signals of outstanding quality that are being evaluated by ESA. This makes GIOVE A the first navigation satellite built by European companies generating, transmitting and receiving positioning signals, thus marking the successful completion of the first step towards Galileo. However, the lifetime of the satellite is limited because of the small quantity of fuel stored on board. Originally designed for a life of no more than one year, it has now been in orbit for two years, and the way things are looking at the moment it will go on doing its duty for another year until the end of 2008.

The second test satellite (GIOVE B), however, is needed because the first Galileo satellite will not be launched before 2010, and more new technologies will have to be validated until then.

#### GIOVE B take off in spring

GIOVE B was built by an European industrial consortium led by Germany's Astrium GmbH. Having passed all its tests, it is now undergoing final preparations at ESA's ESTEC technology facility in the Netherlands. Originally scheduled for the end of December 2007, the launch of GIOVE B was delayed by a technical problem in the Fregat upper stage of the Soyuz rocket. ESA now confidently assumes that the launch will take place in April 2008 at the Baikonur cosmodrome in Kazakhstan.

#### Essential characteristics of the B satellite platform

Launch mass	500 kg
Dimensions	0.955 m x 0.955 m x 2.4 m
Power consumption	767 W
Lifetime	approx. 2 years
Hydrazine tank capacity	28 kg

#### Essential characteristics of the GIOVE B satellite payload

Atomic clocks (1 hydrogen maser clock and 2 rubidium clocks)
Navigation signal generator
L-band antenna
Radiation monitor

Folgende neuen Technologien sind mit an Bord von GIOVE B: Zum ersten Mal überhaupt fliegt eine Wasserstoff-Maser-Atomuhr ins All, darüber hinaus gehört ein neuartiger Signalgenerator zur Nutzlast sowie eine neue L-Band Antenne und ein neuer Strahlungsmonitor, der die strahlungsintensive Weltraumumgebung in 23.000 Kilometern Höhe charakterisieren soll.

#### ESA testet neue Technologien

Ein wichtiger Bestandteil des Satelliten für eine hochgenaue Positionierung ist die Atomuhr. Die ESA hat zwei Entwicklungen in Auftrag gegeben: die Rubidium-Uhr, deren Technologie auch von den USA bei GPS eingesetzt wird und weltweit einzigartig, eine Wasserstoff-Maser-Uhr. Sie ist die modernste und genaueste Atomuhr, die je auf einem Satelliten geflogen ist. Während die Rubidium-Uhr eine Stabilität von zehn Nanosekunden (gleich  $10^{-8}$  Sekunden) pro Tag erreichen soll, will die Wasserstoff-Maser-Uhr eine Stabilität von einer Nanosekunde (gleich  $10^{-9}$  Sekunden) pro Tag erzielen. Wasserstoff-Maser-Uhren haben den Vorteil, dass sie über Jahre hinweg sehr stabil arbeiten und eine sehr große Frequenzgenauigkeit aufweisen: In Laboratorien genutzte Wasserstoff-Maser weichen erst nach mehreren Millionen Jahren um eine Sekunde ab.

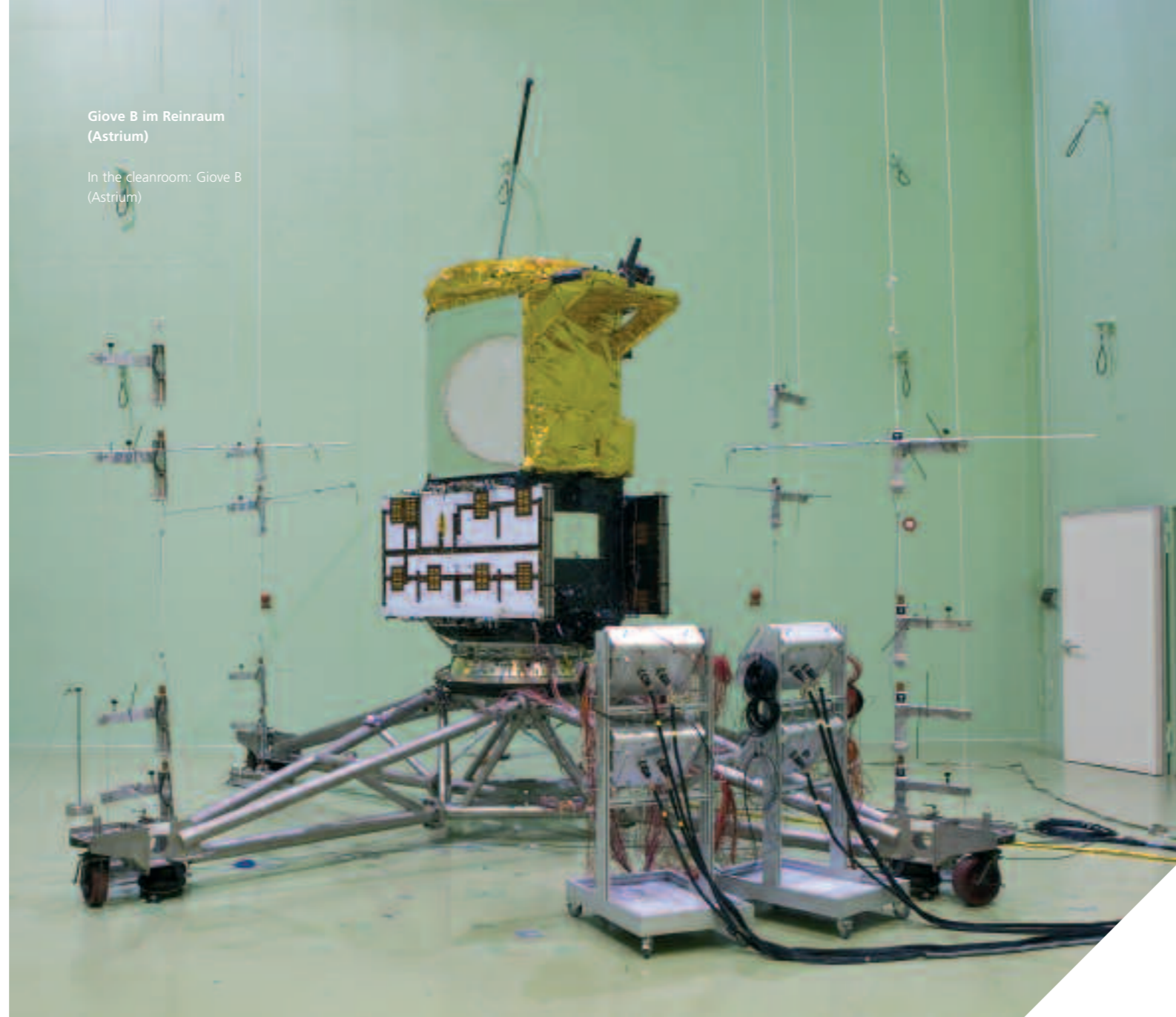
#### Wie funktioniert eine Rubidium (Rb)-Atom-Uhr?

Der Regelmechanismus funktioniert so, dass Elektronen, die sich im Grundzustand der Atome des Rubidiumgases befinden, durch die Photonen einer Rubidiumlampe in ein energetisch höheres Elektronen-Niveau angehoben werden, bis der Grundzustand entleert ist. Die Photonen durchqueren das Gas dann ungehindert; der mit einer Photozelle gemessene Strom (elektrischer Photo-Effekt) ist maximal. Gleichzeitig wird die nominelle Ausgangsfrequenz des Quarzes (typischerweise 10 MHz) auf eine höhere Frequenz transformiert, die zu einer Abregung der zuvor durch die Lampe angeregten Rubidiumatome führt. Auch diese Photonen werden durch das Gas geschickt. Durch diese abregenden Photonen wird wieder alles in den Grundzustand versetzt, und die Zahl der absorbierten Photonen der Rb-Lampe erhöht sich wieder. Damit sinkt die gemessene Stromstärke der Photozelle. Abweichungen vom Minimalwert stellen somit ein Maß für die Abweichung des Quarzes von der Sollfrequenz dar und werden als Korrektursignal für die Regelung des spannungsgesteuerten Quarzes verwendet. Die Empfindlichkeit dieser Spannungsregelung ist so hoch, dass damit ein extrem stabiles Zeitsignal geschaffen werden kann.

Die zweite wichtige Schlüsseltechnologie der GIOVE B-Nutzlast ist der Signalgenerator. Er erzeugt die für Galileo definierten Signale. Auf GIOVE B wird erstmals ein Signalgenerator mitfliegen, der die neueste Signalstruktur für den offenen Dienst von Galileo abstrahlt. Er ist so flexibel ausgelegt, dass er vom Boden aus umprogrammiert werden kann. Die Signalstruktur kann auf diese Weise auch noch nachträglich verändert werden.

#### Kontrollzentren in Italien und den Niederlanden

Für die Steuerung des Satelliten und die Auswertung seiner Navigationsdaten wurden am Boden zwei Anlagen installiert. Das Bodenkontrollzentrum für GIOVE B befindet sich in Fucino, Italien. Es wird ergänzt durch Stationen zur Satellitensteuerung und Bahnverfolgung im schwedischen Kiruna, und in Fucino selbst. Das Bodenkontrollsegment hat zwei Aufgaben: die Kontrolle des Satelliten nach dem Start bis zum Einschuss in die vorgesehene Umlaufbahn sowie die Kontrolle der Satelliten im Routinebetrieb. Während seiner Lebensdauer konzentrieren sich die Aufgaben auf die Kontrolle des Satelliten und das Funktionieren aller Systeme sowie die richtige Positionierung in seiner Umlaufbahn. Hierzu müssen regelmäßig alle Baugruppen wie zum Beispiel die Energie-



Giove B im Reinraum (Astrium)

In the cleanroom: Giove B (Astrium)

The following new technologies will be on board of GIOVE B: A hydrogen maser atomic clock, the first ever to fly into space, will be part of the payload together with an innovative signal generator, a new L-band antenna and a new radiation monitor designed to investigate the radiation-intensive space environment at an altitude of 23,000 kilometers.

#### ESA tests new technologies

An atomic clock is a key element of great importance to high-precision positioning. ESA has commissioned two developments: the rubidium clock, based on a unique technology that is also used by the USA of its GPS system, and a hydrogen maser clock. The latter is the most modern and accurate atomic clock ever flown on a satellite. Whereas the rubidium clock is designed for a stability of ten nanoseconds ( $= 10^{-8}$  seconds) per day, the hydrogen maser clock is supposed to reach a stability of one nanosecond ( $= 10^{-9}$  seconds) per day.

The advantage of hydrogen maser clocks lies in the fact that they will maintain a very high level of stability and thus frequency precision for years. Hydrogen maser clocks used in laboratories take several million years to go wrong by one second.

versorgung des Satelliten überprüft und gegebenenfalls Korrekturen vorgenommen werden, um die Leistungsfähigkeit des gesamten Navigationssystems erhalten zu können.

Die zweite Anlage, das Bodenmissionszentrum, befindet sich beim ESA-Technikzentrum ESTEC im niederländischen Noordwijk. Hier laufen alle Informationen zur Nutzlast von GIOVE B zusammen und werden analysiert. Eine wichtige Aufgabe des Bodenmissionszentrums ist die Überprüfung der Atomuhren und die Archivierung aller Daten des Testsatelliten.

Falls GIOVE B seine vorab berechnete Lebensdauer so erfolgreich bestreitet wie GIOVE A, wird der Testsatellit bis 2010 seine Arbeit leisten. Die mit GIOVE A und B gewonnenen Ergebnisse sind wichtig für die Entwicklung von Galileo und verringern das technische Risiko und tragen somit zum Erfolg des gesamten Projektes bei.

*René Kleeßen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Navigation in der DLR Raumfahrt-Agentur*

#### How does a rubidium (Rb) atomic clock work?

The control mechanism works as follows: Electrons which populate the lowest atomic energy level (ground state) of gaseous Rubidium located inside a gas cell are raised to a higher energy level by photons emitted by a rubidium discharge lamp until the ground state is depleted. Subsequently, the photons can now penetrate this energetically excited Rubidium gas without obstruction, and the electric current measured by a photodiode (electric photo effect) outside the gas cell reaches its maximum. At the same time, the nominal output frequency of the quartz (typically 10MHz) is transformed to a higher frequency. This is radiated into the gas cell and causes the rubidium atoms previously excited by the lamp to return to the ground state. Consequently, the number of lamp photons absorbed by the Rubidium gas again increases which results in a minimized current generated by the photo diode. Thus, the deviation from the minimum photo current is correlated with the deviation of the quartz from its nominal output frequency. This high sensitivity effect can be used to provide a correction signal for the voltage-controlled quartz which then generates an extremely stable time signal.

The second key technology on board of GIOVE B is the signal generator which generates the signals defined for Galileo. The signal generator on GIOVE B will be the first to transmit the most recent signal structure for Galileo's Open Service. Its design is flexible enough to permit reprogramming from the ground, so that signal structures can be modified at a later time.

#### Control centers in Italy and the Netherlands

Two facilities were installed on the ground to control GIOVE B and to evaluate its navigation data. The ground control center is located in Fucino/Italy. It is complemented by stations for controlling the satellite and tracking its orbit that are located in Kiruna/Sweden as well as in Fucino itself.

The ground control segment has two functions: to control the satellite during its launch and orbit entry phase as well as during its later routine operation. Over the lifetime of the satellite, the segment will concentrate on controlling the satellite itself, the proper functioning of all its systems and its correct orbital position. For this purpose, all modules such as, for example, the satellite's power supply system must be tested and corrective measures must be initiated as required to keep the performance of the entire navigation system up to standard.

The second facility, the mission control center, is located at the ESA technology center ESTEC in Noordwijk/Netherlands. Its task is to pool and analyze all information coming from GIOVE B's payload. One of its key functions is to check the atomic clock of the test satellite and archive all its data.

If GIOVE B performs as well as GIOVE A with regard to its calculated service lifetime, the test satellite will do its job until 2010. The knowledge gained from GIOVE A and B will be important for the development of Galileo. It will contribute to the success of the entire project by reducing the technical risks.

*René Kleeßen is a scientific assistant at the navigation department of the DLR Space Agency*

# Geschichte der deutschen Raumfahrt

## Teil 4: Institutionalisierung der bundesdeutschen Raumfahrtforschung (1955-1969)

Von Dr. Niklas Reinke

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

# German Astronautics – A History

## Teil 4: The Institutionalization of Space Research in the Federal Republic (1955-1969)

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 to all these successes. The development of astronautics in Germany and its international environment will be described in this series of articles entitled 'German Astronautics – A History'.



Die deutsch-französische Aussöhnung fördert nicht zuletzt auch den Gedanken einer gemeinsamen europäischen Raumfahrtstrategie – hier Bundeskanzler Adenauer und Frankreichs Staatspräsident De Gaulle 1963 in Bonn (Ullstein)

The French-German reconciliation also pushes forward the idea of a common European space strategy – this picture shows Federal Chancellor Adenauer and French President De Gaulle in Bonn 1963 (Ullstein)

### Neuanfang

Durch Inkrafttreten der Pariser Verträge am 5. Mai 1955 gelangt die Bundesrepublik Deutschland zu weitgehender Souveränität. Mit der Aufhebung des alliierten Besatzungsstatus ist es der deutschen Forschung nunmehr wieder offiziell möglich, sich in nationale und internationale Raumfahrtvorhaben einzubringen. Auch der Politik ist es freigestellt, derartige Aktivitäten durch staatlich geförderte Programme zu stimulieren. Die deutsche Perspektive ist allerdings nüchtern: Zehn Jahre des Pausierens haben auf diesem Gebiet kaum neue Fachkräfte hervorgebracht, während sich die alten Experten fast ausnahmslos im Ausland aufhalten. Die Forschungseinrichtungen befinden sich erst wieder in der Neugrün-

### A fresh start

When the treaties of Paris came into force on May 5, 1955, the Federal Republic of Germany largely recovered its sovereignty. The abolition of the allied occupation status enabled German researchers to engage officially in national and international space projects. Similarly, the political sphere was now free to stimulate such activities through government-funded programs. However, Germany's perspective was sobering: Ten years of inactivity had produced hardly any qualified personnel in the field, while the old experts were staying abroad almost without exception. Research institutions as well as industrial production facilities had to be created from scratch. Lastly, rocket technology was held in low

estimation, ebenso die industriellen Produktionsstätten. Schließlich ist aufgrund der Erfahrungen mit der A4 das öffentliche Ansehen der Raketentechnik gesunken, der einst so starke Glaube in den Fortschritt durch neue Technologien auf lange Zeit gebrochen. Die Bundesrepublik steht auch im Bereich der Raumfahrt vor einem Neuanfang.

Noch vor der Aufhebung des Besatzungsstatus gelingt es Eugen Sänger mit Unterstützung der Gesellschaft für Weltraumforschung (GfW), das Bundesverkehrsministerium für die Förderung dieses Forschungszweigs zu gewinnen. Zum Wintersemester 1954/55 wird an der Technischen Hochschule Stuttgart mit dem „Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe“ (FPS) die erste offizielle Einrichtung für Raketenforschung geschaffen. Unter starker Beteiligung der Industrie beschäftigt es sich schwerpunktmäßig mit der Rüstungsforschung und finanziert sich vornehmlich über Zuschüsse des Landes Baden-Württemberg sowie Aufträge aus den USA. Die Leitung übernimmt der hierfür aus Frankreich zurückgekehrte Sänger, der bereits 1943 das erste Hyperschall-Flugzeug konzipiert hat und bis zu seinem Tod 1964

esteem by the public because of the experiences with the A4, and the once powerful faith in progress through new technologies was shaken permanently. In space technology as well as everywhere else, the Federal Republic had to make a fresh start.

Even before the occupation status was lifted, Eugen Sänger succeeded with the support of the Society for Space Research (GfW) to persuade the Federal Ministry of Transportation to promote this branch of research. In the winter term of 1954/55, the Research Institute for Jet Propulsion Physics (FPS) opened at Stuttgart Technical College as the first official facility dedicated to rocket research. The Institute, in which the industry was extensively involved, concentrated on arms research, obtaining most of its funding from subsidies granted by the state of Baden-Württemberg as well as from orders from the USA. It was directed by Eugen Sänger, who had returned from France specifically for the purpose. Having developed the first ever hypersonic aircraft concept as early as 1943, Sänger was destined to remain one of the leading thinkers in German astronautics until his death in 1964. Next to the FPS, the German Society for Aeronautics (DFL) endeavored to



Unterschriften unter dem Deutsch-Französischen Freundschaftsvertrag (Elysee-Vertrag) vom 22. Januar 1963 (Ullstein)

Signatures on the German-French treaty of friendship (Elysee treaty), dated January 22, 1963 (Ullstein)

einer der Vordenker der deutschen Raumfahrt bleibt. Neben dem FPS strebt auch die 1953 neu gegründete „Deutsche Gesellschaft für Luftfahrt“ (DFL) unter ihrem Präsidenten Otto Lutz den Ausbau ihres Raumfahrtengagements an. Ende 1958 verständigten sich beide Institutionen über ein gemeinsames Vorgehen mit getrennten Aufgabenbereichen. Die DFL plant, auf ihrem ehemaligen Gelände in Trauen (Lüneburger Heide) ein Institut für Raketenforschung zu gründen, das sich primär der Treibstoff-Forschung widmen soll. Das FPS errichtet ein Versuchsgelände mit Raketenprüfständen in Lampoldshausen bei Heilbronn. Mit Trauen und Lampoldshausen verfügt die deutsche Raketenforschung über zwei moderne Einrichtungen, die sich später vorzüglich in die gemeinsamen europäischen Bemühungen zur Konstruktion einer Trägerrakete integrieren lassen.

enhance its engagement in astronautics under its president Otto Lutz. Late in 1958, the two institutions agreed on pursuing a common course in separate fields of activity. The DFL had plans to establish on its former premises in Trauen (Lüneburg Heath) an institute for rocket research that was to devote itself primarily to fuel research. The FPS, in turn, was building an experimental facility with rocket test stands in Lampoldshausen near Heilbronn. The sites at Trauen and Lampoldshausen provided Germany's rocket research with two modern facilities that would come in very handy when Europe made its first joint endeavors to design its own launcher.

Wegbereiter des deutschen Helios-Satelliten:  
Bundeskanzler Ludwig Erhard (rechts) (Ullstein)

Precursor of the German Helios satellite:  
Federal Chancellor Erhard (on the right) (Ullstein)

### Sputnik-Schock: Beginn des Weltraumwettlaufs

Bis Mitte der 1950er Jahre drehen sich fast sämtliche internationalen Anstrengungen lediglich um die militärische Nutzung der Raketentechnologie. Während des Internationalen Geophysikalischen Jahres 1957/1958, das der Erforschung der Hochatmosphäre gewidmet ist, erhalten auch die zivilen Anwendungsmöglichkeiten der Satellitentechnik ein wissenschaftliches Forum. Spätestens als am 5. Oktober 1957 um 0:28 Uhr Ortszeit der erste künstliche Erdtrabant SPUTNIK 1 von Tjura Tam (Kasachstan) seine Reise in den Orbit antritt, beflügelt dies den Raumfahrtgedanken weltweit. In den USA löst das Ereignis einen Schock aus, den Europäern wird ihr großer Rückstand auf beide Länder klarer denn je. An ein Kräftemessen bei einem Wettrennen ist überhaupt nicht zu denken; eine Tatsache, die eine zunehmende Anzahl von Wissenschaftlern dazu bringt, sich Gedanken über mögliche Perspektiven zu machen. Ihnen wird schnell bewusst, dass internationale Arbeitsteilung – nicht etwa pure Konkurrenz – das Kennzeichen der künftigen Nutzung naturwissenschaftlicher Ergebnisse sein müsse, wenn auch ein gewisser Wettbewerb den Erkenntnisdrang beleben werde.

Die Politik erkennt die Raumfahrt, wenn auch sehr langsam, als förderungswertes Forschungsgebiet an. Wegweisend hierfür ist zunächst eine im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) erarbeitete Denkschrift, die 1961 der Bundesregierung vorgelegt wird. Sie bietet erstmals eine grundlegende Analyse der nationalen und internationalen Raumfahrtbemühungen und fasst die deutschen Forschungsinteressen zusammen. Dann folgt das Memorandum der auf Anraten der DFG durch die Bundesregierung eingerichteten Deutschen Kommission für Weltraumforschung aus dem Jahr 1965. In diesem formulieren Repräsentanten der Wissenschaft, Wirtschaft und der interessierten Bundesressorts unter anderem: „Hervorragende Leistungen auf den Gebieten von Wissenschaft und



Der französische Physiker  
Pierre Victor Auger und  
sein italienischer Kollege  
Edoardo Amaldi (dpa  
picture alliance)

The French physicist Pierre  
Victor Auger and his Italian  
colleague Edoardo Amaldi  
(dpa picture alliance)



### The Sputnik shock: The start of the space race

Until the mid-1950s, almost all international endeavors revolved around using rocket technologies for military purposes. Dedicated to the exploration of the upper atmosphere, the international geophysical year of 1957/1958 provided a scientific forum for the civilian applications of satellite technology. The point in time at which astronautics truly began to inspire the world was when the first artificial Earth satellite, SPUTNIK 1, was launched at 0:28h local time on October 5, 1957 from Tyura Tam (Kazakhstan). While the event caused a shock in the USA, the Europeans saw more clearly than ever before how far they lagged behind the two other countries. Entering into a contest of strength within the space race was out of the question, a fact which moved a growing number of scientists to consider possible perspectives. They saw very quickly that instead of straightforward competition, international division of labor would have to be the hallmark of the future utilization of scientific findings, although it was true nevertheless that the cognitive urge stood to benefit from a certain degree of competition.

In politics, astronautics came to be recognized as an area of research worth promoting, albeit very slowly. Initially, the course was set by a memorandum commissioned by the German Research Foundation (DFG) that was submitted to the Federal Government in 1961. For the first time, it offered a thorough analysis of national and international endeavors in astronautics as well as a summary of Germany's research interests. Next in line was a memorandum developed in 1965 by the German Commission for Space Research, which had been set up by the Federal Government at the DFG's suggestion. Written by representatives of science, the economy, and interested government departments, the memorandum says that "In our modern world, the political weight of a country increasingly depends on outstanding achievements

Technik bestimmen in der modernen Welt zunehmend das politische Gewicht eines Landes". Es tritt also ein neuer Faktor neben die klassischen Machtindikatoren Bevölkerung, Fläche sowie wirtschaftliche und militärische Stärke. Dies geschieht auch aufgrund des außenpolitischen Prestiges, das mit der Erschließung schwer zugänglicher Räume verbundenen ist.

Bei der internationalen Zusammenarbeit auf technologischem Gebiet bewegt sich die Bundesrepublik lediglich zögernd vorwärts, die Abkapselung durch zwei Weltkriege macht sich deutlich bemerkbar. Die Initiative geht deshalb auch nicht von der deutschen Politik aus, als sich Europa ansammelt, die gesellschaftliche Herausforderung durch den technologischen Wettstreit der Supermächte positiv für sich zu nutzen. Dennoch zeigt sich die junge Republik aufgeschlossen für die internationale Kooperation in der Raumfahrt. Bundeskanzler Adenauer ist überzeugt, gemeinsame Forschungsprojekte mit Frankreich förderten die Umsetzung des Elysee-Vertrages in punkto Westintegration Deutschlands, Stärkung des europäischen Einigungsprozesses und Etablierung einer deutsch-amerikanischen Zusammenarbeit. So bedeutend hierbei die technologie-, wissenschafts- und wirtschaftspolitischen Bestrebungen sind, den Vorsprung der Weltmächte zu verringern – die außenpolitischen Ziele stehen doch im Vordergrund. Dabei liegt es nicht nur im Interesse der Bundesrepublik, an internationalen Projekten mitzuwirken, sondern auch in dem der Partner: Die Bundesrepublik entwickelt sich rasch zu einem stärker werdenden Verbündeten, dessen Ressourcen für die gemeinsamen Vorhaben von Interesse sind.

### Europäisch ins All: Gründung von ESRO und ELDO

Auf europäischer Ebene gewinnen der italienische Physiker Edoardo Amaldi und sein französischer Kollege Pierre Victor Auger europäische Wissenschaftler und Regierungsvertreter für eine gemeinsame Anstrengung in der Weltraumforschung. Die Einladung bundesdeutscher Wissenschaftler und Politiker an den ab Januar 1960 stattfindenden Konferenzen zu diesem Thema ist die erste offizielle Anstrengung der internationalen Wissenschaftsgemeinde, die deutsche Forschung in die gemeinsamen Weltraumüberlegungen einzu beziehen. 1962 werden unter maßgeblicher westdeutscher Beteiligung zwei Weltraumorganisationen gegründet, welche die Ausrichtung der bundesdeutschen Raumfahrt auf ein nationales und ein europäisches Programm – mit doppelt so hohem Budget

in the fields of science and technology". In other words, the classical indicators of power, namely population, territorial size and economic as well as military strength, had now been joined by a new factor which, among other things, was related to the prestige that could be gained abroad by opening up spheres that are difficult to access.

In the field of technology, the Federal Republic was slow to move ahead in international cooperation, an evident effect of the country's insulation in two world wars. For the same reason, it was not Germany that took the initiative when Europe set itself to taking advantage of the societal challenge presented by the technological contest between the superpowers. Nevertheless, the young republic showed itself receptive towards international cooperation in astronautics. The Federal Chancellor, Konrad Adenauer, was convinced that carrying out research projects jointly with France would encourage the implementation of the Elysée Treaty with respect to integrating Germany in the West, strengthening the process of European unification and establishing cooperation between Germany and the USA. Although the political endeavors to shorten the lead of the global powers in technology, science, and economics were certainly important, the focus clearly was on foreign-policy objectives. Yet cooperation on international projects served the interests of the Federal Republic as well as those of its partners: Germany quickly developed into an increasingly powerful partner whose resources were helpful in joint projects.

### Into space the European way: The establishment of ESRO and ELDO

On the European level, the Italian physicist Edoardo Amaldi and his French colleague Pierre Victor Auger succeeded in persuading European scientists and government officials to endorse a joint space research effort. The invitation issued to German scientists and politicians to attend the conferences on the subject that began in January 1960 marked the first effort by the international scientific community to integrate Germany's research in its joint deliberations about astronautics. With West Germany playing a critical part, two space organizations were founded in 1962 which were to exert a crucial influence on Germany's space activities inasmuch as they initiated their orientation towards a national and a European program, with the budget of the latter twice as high as that of the national German project. We are talking about the

## ESRO-Satelliten

Satellit	Mission	Start	Träger	Missionsende	Deutsche Beteiligung
<b>ESRO-2B</b> (Iris)	Kosmische Strahlung, Röntgenstrahlung der Sonne	17. Mai 1968	Scout	9. Mai 1971	-
<b>ESRO-1A</b> (Aurorae)	Polare Ionosphäre, Polarlichter	3. Oktober 1968	Scout	26. Juni 1970	-
<b>Heos-1</b>	Interplanetares Magnetfeld, Sonnenwind, Sonnenpartikel	5. Dezember 1968	Thor-Delta	18. Oktober 1975	Studien zur Magnetosphäre
<b>ESRO-1B</b> (Boreas)	Polare Ionosphäre, Polarlichter	1. Oktober 1969	Scout	23. November 1969	-
<b>Heos-2</b>	Polare Magnetosphäre, interplanetarer Raum	31. Januar 1972	Delta	2. August 1974	Studien zur Magnetosphäre, Sonnenwind u. Mikro- meteoriten
<b>TD-1</b>	UV-, Röntgen- u. Gammaastronomie	12. März 1972	Thor-Delta	4. Mai 1974	Messung der Gammastrahlung
<b>ESRO-IV</b>	Atmosphäre, Ionosphäre, Sonnenpartikel	22. November 1972	Scout	15. April 1974	Messung solarer Protonen und $\alpha$ -Teilchen, Studien zur Ionosphäre

Quelle: Niklas Reinke: Geschichte der deutschen Raumfahrtspolitik, 2004, S. 78

ausgestattet wie das nationale deutsche Vorhaben – fundamental beeinflussen sollen: die wissenschaftlich ausgerichtete „European Space Research Organisation“ (ESRO) und die auf den Bau einer gemeinsamen Trägerrakete zielende „European Launcher Development Organisation“ (ELDO). ESRO konzentriert sich erfolgreich auf Höhenforschungsraketen, den Bau von kleineren Forschungs sonden und größere Wissenschaftssatelliten. Die spezifischen Nutzlasten werden in den nationalen Programmen vorbereitet und in das gemeinsame Vorhaben integriert. Insbesondere das bis 1972 laufende Programm mit 168 Höhenforschungsraketen bringt schnelle wissenschaftliche Erfolge und eint die europäische Forschungsgemeinschaft bei nächstelangem Ausharren am nördlichen Polarkreis. Das wissenschaftliche Interesse konzentriert sich im Wesentlichen auf die Erforschung der Ionosphäre und des Phänomens der Polarlichter, die Physik der Atmosphäre sowie der Sonne, Sterne und der kurzwelligen Gammastrahlung. Am intensivsten beschäftigen sich britische und deutsche Teams, die an ungefähr zwei Dritteln der Versuche beteiligt sind, mit der Höhenforschung. Aber auch die Forschungssatelliten funktionieren tadellos, lediglich die Mission TD-1 erfüllt nicht die hohen Erwartungen.

Während die Gründung der ESRO einen erfolgreichen Zusammenschluss der europäischen Forschung zu einer Wissenschaftsorganisation mit klar strukturierter, zielorientierter Management darstellt, ist die Geschichte der ELDO eine gänzlich andere. Geboren aus ähnlichen Überlegungen, findet man schon bei ihrer Gründung 1962 gravierende politische Differenzen vor, die im Ergebnis zu einer unzureichenden Koordination führen. Das nicht enden wollende Hereinreden der Politik in die Entwicklung des europäischen Raketen systems Europa verurteilt dieses Programm schließlich zum Scheitern. Die deutsche Industrie ist bei diesem Vorhaben für die Neuentwicklung der dritten Raketenstufe Astris verantwortlich, doch auch hier zeigt sich eine unklare Programmführung. Die letzte Hülle der nie erfolgreich zum Einsatz gebrachten Europa-Rakete findet seine letzte Bestimmung bei einem guyanischen Farmer – als Hühnerstall.

European Space Research Organization (ESRO) which focused on science and the European Launcher Development Organization (ELDO) which aimed at building a European launcher.

ESRO successfully concentrated on sounding rockets as well as on the construction of relatively small research probes and somewhat larger scientific satellites. Payload components were prepared under national programs and integrated in joint projects. A program under which 168 sounding rockets were launched until 1972 was not only quick to produce scientific successes but also united the European research community as it stood many nights at the northern polar circle, waiting for things to happen. Essentially, scientists were interested in researching the ionosphere and the phenomenon of polar lights as well as the physics of the atmosphere, the Sun, the stars, and short-wave gamma radiation. Participating in approximately two out of three experiments, the British and German teams were most active in high-altitude research. At the same time, all research satellites worked without a hitch, the only mission that did not meet expectations being TD-1.

Whereas ESRO represented a successful amalgamation of Europe's research into a scientific organization with a clearly structured and target-oriented management, ELDO's history is entirely different. Born from similar considerations, its very foundation in 1962 was attended by grave political differences which ultimately led to a nationally fragmented and inadequately coordinated organizational structure that did not serve its purpose. The program under which the European rocket system Europa was to be developed was ultimately doomed by endless political meddling. Within the project, Germany's industry was responsible for developing the third stage of the rocket under the name of Astris, but the management of that program was confused as well. Never successfully launched, the shell of the last Europa rocket ultimately found its way into the yard of a farmer in Guyana, who used it as a chicken coop.

## ESRO-satellites

Satellite	Mission	Start	Launcher	End of mission	German Participation
<b>ESRO-2B</b> (Iris)	Cosmic radiation, solar x-ray emissions	May 17, 1968	Scout	9 May 1971	-
<b>ESRO-1A</b> (Aurorae)	Polar ionosphere, polar lights	October 3, 1968	Scout	26 June 1970	-
<b>Heos-1</b>	Interplanetary magnetic field, solar wind, solar particles	December 5, 1968	Thor-Delta	18 October 1975	Magnetosphere studies
<b>ESRO-1B</b> (Boreas)	Polar ionosphere, polar lights	October 1, 1969	Scout	23 November 1969	-
<b>Heos-2</b>	Polar magnetosphere, interplanetary space	January 31, 1972	Delta	2 August 1974	Magnetosphere, solar wind and micrometeorite studies
<b>TD-1</b>	UV, x-ray and gamma astronomy	March 12, 1972	Thor-Delta	4 May 1974	Gamma radiation measurements
<b>ESRO-IV</b>	Atmosphere, ionosphere, solar particles	November 22, 1972	Scout	15 April 1974	Solar proton and $\alpha$ -particle measurements, ionosphere studies

Source: Niklas Reinke: Geschichte der deutschen Raumfahrtspolitik, 2004, p. 78

**Azur: Deutschlands erster Satellit**

Ende der 1960er Jahre hat die deutsche Raumfahrtforschung ihren Weg zunächst gefunden. Die Ergebnisse der intensiven Höhenforschung und die Experimente der frühen Forschungssatelliten mit deutscher Beteiligung sind erste Achtungserfolge für die deutsche Wissenschaft und Industrie. Sie lassen deren internationales Renommee wachsen und legen eine gute Basis für künftige Gemeinschaftsarbeiten. Auch beginnen sich erste Schwerpunkte des deutschen Weltraumengagements abzuzeichnen, so etwa in der Atmosphären- und Magnetosphärenforschung, der Forschung zur solar-terrestrischen Beziehung, der Astrophysik sowie dem Satellitenbau.

Mit dem Start des ersten deutschen Forschungssatelliten Azur am 8. November 1969 um 2.52 Uhr MEZ gesellt sich die Bundesrepublik Deutschland zu den Staaten, die bereits über Satelliten verfügten: Sowjetunion, USA, Großbritannien, Italien, Frankreich, Kanada, Japan und Australien. Azur wiegt 72 Kilogramm und wird mit einer Scout-Rakete vom amerikanischen Vandenberg (Kalifornien) gestartet. Den Satellitenbetrieb übernimmt am 15. November das eigens in Oberpfaffenhofen errichtete Deutsche Raumfahrt-Kontrollzentrum der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR). 25 Jahre nach Beendigung des Peenemünde-Projektes zeigt Deutschland mit einem eigenen Objekt Präsenz im Weltall – dieses Mal zu rein friedlichen, wissenschaftlichen Zwecken. Der Forschungs-

**Azur: Germany's first satellite**

Germany's astronomical research had found its feet by the end of the 1960s. Intense high-altitude research and the experiments on early research satellites in which Germany was involved had yielded results that earned the country's science and industry a great deal of respect, enhancing their international reputation and laying a sound foundation for future cooperative ventures. At the same time, Germany's engagement in astronautics began to show signs of concentrating on certain subjects including, for example, atmospheric and magnetosphere research, the exploration of the relationship between the Sun and the Earth, astrophysics and satellite construction.

With the launch of its first research satellite Azur at 2:52h CET on November 8, 1969, the Federal Republic of Germany joined those states which already had their own satellites: the Soviet Union, the USA, Great Britain, Italy, France, Canada, Japan and Australia. Weighing 72 kilograms, Azur was launched on a Scout rocket from Vandenberg in California. From November 15 onwards, the operation of the satellite was handled by the German Space Operations Center that had been established specifically for the purpose by the German Aerospace Research Organisation called "Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt" (DFVLR) at that time. 25 years after the termination of the Peenemünde project, Germany was represented in space by an object of its own which this time served a purely peaceful purpose.

**„25 Jahre nach Beendigung des Peenemünde-Projektes zeigt Deutschland mit einem eigenen Objekt Präsenz im Weltall – diesmal zu rein friedlichen Zwecken.“**

*“25 years after the termination of the Peenemünde project, Germany was represented in space by an object of its own – which this time served a purely peaceful purpose.”*

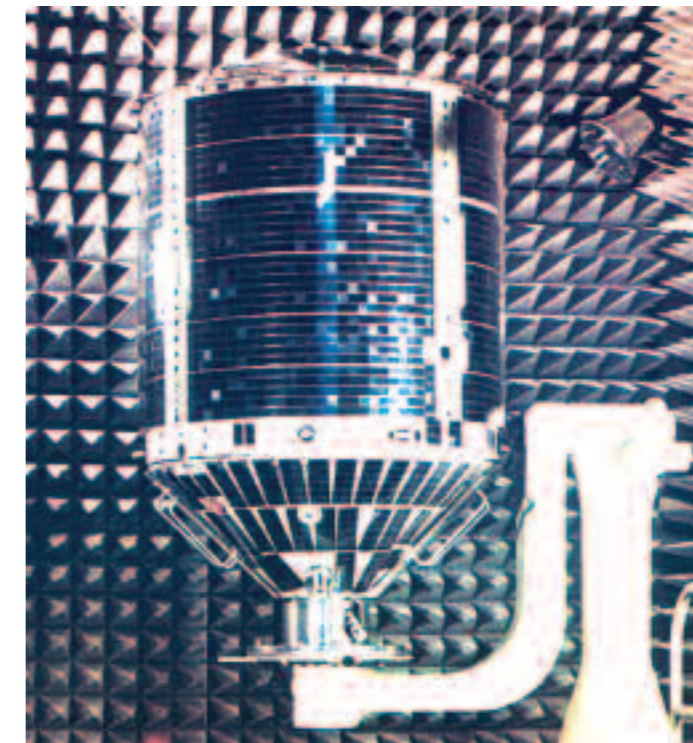
Der von Messerschmidt Bölkow Blohm konstruierte Heos-1 Satellit verließ am 5. Dezember 1968 an Bord einer Delta-Rakete von Cape Canaveral aus die Erde. Er untersuchte Weltraumstrahlung, Sonnenwinde und Magnetfelder (NASA)

The Heos-1 satellite, built by Messerschmidt Bölkow Blohm, left the Earth from Cape Canaveral on December 5, 1968, on a Delta launch vehicle. His mission was to examine cosmic radiation, solar winds and magnetic fields (NASA)



satellit dient der Untersuchung der kosmischen Strahlung und ihrer Wechselwirkung mit der Magnetosphäre, spezifisch des inneren Van-Allen-Gürtels, der Polarlichterforschung sowie der zeitlichen Änderung der Solarpartikelströme (Sonnenwind) bei Sonneneruptionen.

Für die deutschen Firmen bedeuten die an sie gestellten Aufgaben eine immense technologische Herausforderung, auf die sie nach den Worten Ludwig Bölkows „kaum vorbereitet“ sind. Praktisch alle elektronischen Bauteile werden in den USA beschafft. Die politische Hoffnung jedoch erfüllt sich: Durch die Mitarbeit vieler Firmen am Projekt Azur erweitert sich das raumfahrtspezifische Know-how sowohl der deutschen Industrie als auch der Wissenschaft und bereitet sie auf künftige Aufgaben vor. In der Folge schlagen die USA Bundeskanzler Erhard den Bau einer gemeinsamen Sonnen-Sonde vor, woraus das 1974 gestartete Programm Helios hervorgeht. Auch dank der im Ausland wirkenden deutschen Raumfahrtpioniere ist die internationale Entwicklung Ende der 1960er Jahre weit fortgeschritten. Die Bundesrepublik ist hier lediglich ein kleiner Partner in einem europäischen Programm, das weit davon entfernt ist, die Größe derjenigen der USA oder der UdSSR zu erreichen: Der jährlichen Raumfahrt-Ausgaben der westeuropäischen Staaten betragen 1966 knapp eine Milliarde DM – nicht einmal ein Dreißigstel der amerikanischen Aufwendungen. Immerhin aber hat Deutschland seine technologische Kapazität wieder erlangt und eine gute Ausgangssituation für das weitere Engagement in der Raumfahrt eingenommen. Sie hätte allerdings noch besser sein können.



**1969 gestartet – die erste nationale Satellitenmission der Bundesrepublik Deutschland „Azur“ (oder auch „GRSA“)**

Launched in 1969 – the first ever Federal German satellite mission, „Azur“ (also called „GRSA“)

pose that was peaceful and purely scientific. The research satellite was equipped to investigate cosmic radiation and its interaction with the magnetosphere in general and the inner Van Allen belt in particular as well as polar lights and the way in which the flows of solar particles (the solar wind) change over time during solar eruptions.

For the German companies involved, the problems confronting them represented an immense technological challenge for which they were "hardly prepared at all", as Ludwig Bölkow put it. Virtually all electronic components were procured from the USA. However, the political hopes attached to the project were fulfilled: The involvement of so many companies in Azur boosted the astro-

nautical know-how of Germany's industry and science, preparing both for the problems of the future. Soon afterwards, the USA suggested the joint construction of a solar probe to Federal Chancellor Erhard, a proposal which ultimately resulted in the Helios program that was launched in 1974.

It was partly thanks to the efforts of German space pioneers working abroad that international developments had progressed so far by the end of the 1960s. At the time, the Federal Republic was nothing more than a junior partner in a European program with a much smaller volume than those of the USA and the USSR: In 1966, the states of Western Europe spent half a billion Euros on astronautics, not even one thirtieth of the sum invested in the USA. Nevertheless, Germany did succeed in recovering its technological capacity and in occupying a starting position for its future commitment in space that could be rated as good, although it might have been better.

*Dr. Niklas Reinke ist Historiker und Politologe. Er arbeitet in der DLR-Unternehmenskommunikation und ist Öffentlichkeitsbeauftragter der DLR Raumfahrt-Agentur*

*A politologist and historian, Dr. Niklas Reinke works for the DLR Corporate Communications and is responsible for the PR unit within the DLR Space Agency*

## Raumfahrtskalender

## Termin Ereignis

## 2008

5. Februar	Start TEXUS 44 (ESA) auf Esrange mit deutschen Experimenten
5. Februar	Start Progress 28P von Baikonur
7. Februar	Start COLUMBUS mit STS 122 von Cape Canaveral
7. Februar	Start TEXUS 45 (DLR) auf Esrange mit deutschen Experimenten
März	Start Ariane 5ECA von Kourou mit StarOne C2 und Vinasat 1
8. März	Start 1. ATV "Jules Verne" mit Ariane 5 ES von Kourou
13. März	Start STS 123, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral
April	Start des zweiten GALILEO-Testsatelliten GIOVE B mit Sojus von Baikonur
1. – 11. April	12. DLR-Parabelflug in Bordeaux
8. April	Start Sojus 16S von Baikonur
9. April	Start Chandrayaan mit PSLV von Sriharikota. Indischer Mond-Orbiter mit dem Infrarot-Spektrometer SIR-2 des MPS
24. April	Start STS 124, Space Shuttle Discovery von Cape Canaveral
Mai	Start Rapid Eye von Plesetsk
14. Mai	Start Progress 29P von Baikonur
15. Mai	Start GOCE mit Rokot-KM Plesetsk
16. Mai	Start Delta 2920H-10 mit dem Gamma-Ray Large Area Space Telescope (GLAST) der NASA von Cape Canaveral. Große deutsche Beteiligung (Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik)
25. Mai	Ankunft des Phoenix-Landers am Mars mit der Kamera (RAC) des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung
27. Mai – 1. Juni	ILA International Aerospace Exhibition and Conferences in Berlin
30. Juni – 13. Juli	Start einer ECOMA-Höhenforschungsrakete von der Andoya Rocket Range
13.-20. Juli	37th COSPAR Scientific Assembly in Montreal, Kanada
August	Start von zwei ECOMA Höhenforschungsraketen von Andenes, Norwegen
7. August	Start STS 125 Discovery von Cape Canaveral, Hubble Space Telescope Servicing-Mission
12. August	Start Progress 30P von Baikonur
Herbst	SOFIA: 1. Testflug mit offener Teleskoptür
5. September	Vorbeiflug Rosetta am Asteroiden "Steins"
11. September	Start Progress 31P von Baikonur
18. September	Start STS 126, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral
29. Sept. – 3. Oktober	59th International Astronautical Congress in Glasgow, Schottland (UK)
Oktober	Start SMOS mit Rokot-KM von Plesetsk
Oktober	Start Proba-2 (als Piggy-Bag mit SMOS)
12. Oktober	Start Sojus 17S von Baikonur
Ende Oktober	Missionsstart Herschel/Planck
November	Start von zwei ECOMA Höhenforschungsraketen von Andenes, Norwegen
25. – 26. November	ESA Ministerrats-Konferenz, Niederlande
26. November	Start Progress 32P von Baikonur

## Space Calendar

## Date Event

## 2008

February 5	Launch of TEXUS 44 (ESA) from Esrange carrying German experiment(s)
February 5	Launch of Progress 28P from Baikonur
February 7	Launch of COLUMBUS on STS 122 from Cape Canaveral
February 7	Launch of TEXUS 45 (DLR) from Esrange carrying German experiment(s)
March	Launch of Ariane 5ECA from Kourou carrying StarOne C2 and Vinasat 1
March 8	Launch of the first ATV 'Jules Verne' on Ariane 5 ES from Kourou
March 13	Launch of STS 123, Space Shuttle Endeavour, from Cape Canaveral
April	Launch of the second GALILEO test satellite GIOVE B on Soyus from Baikonur
April 1 – 11	12th DLR parabolic flight campaign at Bordeaux
April 8	Launch of Soyus 16S from Baikonur
April 9	Launch of Chandrayaan on PSLV from Sriharikota. Indian Moon orbiter carrying an infrared spectrometer SIR-2 built by the German Max Planck Institute for Solar System Research (MPS)
April 24	Launch of STS 124, Space Shuttle Discovery, from Cape Canaveral
May	Launch of RapidEye from Plesetsk
May 14	Launch of Progress 29P from Baikonur
May 15	Launch of GOCE on Rokot-KM from Plesetsk
May 16	Launch of the NASA Gamma-Ray Large Area Space Telescope (GLAST) on Delta 2920H-10 from Cape Canaveral. Major German involvement (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics)
Mai 25	Arrival of Phoenix Lander on Mars with an RAC camera built by MPS
May 27 – June 1	International Aerospace Exhibition and Conferences (ILA) in Berlin
June 30 – July 13	Launch of an ECOMA sounding rocket from Andoya Rocket Range
July 13 – 20	37th COSPAR Scientific Assembly in Montreal, Canada
August	Launch of two ECOMA sounding rockets from Andenes, Norway
August 7	Launch of STS 125 Discovery from Cape Canaveral, Hubble Space Telescope Servicing Mission
August 12	Launch of Progress 30P from Baikonur
Fall	SOFIA: 1st test flight with telescope hatch open
September 5	Rosetta passes the 'Steins' asteroid
September 11	Launch of Progress 31P from Baikonur
September 18	Launch of STS 126, Space Shuttle Endeavour, from Cape Canaveral
Sept. 29 – October 3	59th International Astronautical Congress in Glasgow, Scotland (UK)
October	Launch of SMOS on Rokot-KM from Plesetsk
October	Launch of Proba-2 (as a Piggy-Bag to SMOS)
October 12	Launch of Soyus 17S from Baikonur
End of October	Launch of the Herschel/Planck mission
November	Launch of two ECOMA sounding rockets from Andenes, Norway
November 25 – 26	Conference of the ESA Council of Ministers, The Netherlands
November 26	Launch of Progress 32P from Baikonur



# COUNTDOWN **5**



**Start zweier chinesischer Raketen vom Typ „Langer Marsch“ (CZ-2F) vom Weltraumbahnhof Jiuquan**

Launch of two Chinese CZ-2F carriers, named 'Long March', from the Jiuquan space station

## IMPRESSUM

AKTUELLES AUS DER DLR RAUMFAHRT-AGENTUR · Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) · Bernhard Fuhrmann (ViSdP) · Dr. Niklas Reinke (Redaktionsleitung) · Diana Gonzalez, Michael Müller (Redaktion) · Tel.: 0228 447-385 · Fax: 0228 447-386 · E-Mail: [m.mueller@dlr.de](mailto:m.mueller@dlr.de) · [www.DLR.de/rd](http://www.DLR.de/rd) · Hausanschrift: Königswinterer Straße 522–524, 53227 Bonn · Druck: Druckerei Thierbach, 45478 Mülheim an der Ruhr · Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH, Burgstraße 17, 53842 Troisdorf · Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe · Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier · Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben. Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos · ISSN 1864-6123