

COUNTDOWN [1]

EXPLORATION

Raumfahrtpolitische Herausforderungen beim Aufbruch zu neuen Grenzen

EXPLORATION

Meeting Space-Policy Challenges while setting out for New Frontiers

| 4



EDITORIAL

Die Raumfahrt-Agentur des DLR: Für Deutschland ins All

The DLR Space Agency: Exploring Space for Germany | 2

ERDBEOBACHTUNG

Deutsche Perspektiven und Visionen

Earth Observation: German Perspectives and Visions | 14

GRAVITATIONS-TECHNOLOGIE

Pflanzen im freien Fall

Im Gespräch mit Dr. Markus Braun

Gravitation Technology Plants in Free Fall Talking to Dr. Markus Braun | 22

ASTROLAB

Ein wichtiger Meilenstein der ISS-Nutzung

Im Gespräch mit Prof. Hans-Günter Ruyters

Astrolab: An Important Milestone in the Utilization of the ISS Talking to Prof. Hans-Günter Ruyters | 10

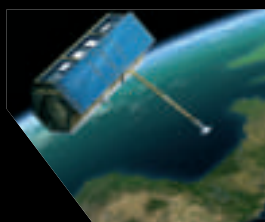
IM FOCUS

Die Europäische Union

In Focus: The European Union | 20

RAUMFAHRT-KALENDER

Space Calendar | 26





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

Dr. Ludwig Baumgarten is a Member of the DLR Executive Board and Responsible for the Space Agency

Standortfaktor, um Spitzenforscher und industrielle Investitionen anzuziehen.

Deutschland hat dank seiner exzellenten Ingenieure und Wissenschaftler bis heute über 100 Weltraummissionen auf nationaler und internationaler Ebene durchgeführt. Diese werden durch zahlreiche Experimente ergänzt, etwa denen auf den D1- und D2-Missionen, auf der Raumstation MIR und der Internationalen Raumstation ISS.

Als Raumfahrt-Agentur im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sind wir im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig.

Das Deutsche Raumfahrtprogramm „Raumfahrt – Perspektiven für Anwendung und Forschung“ integriert die deutschen Beteiligungen an Programmen der Europäischen Weltraumorganisation ESA, das nationale Förderprogramm der Raumfahrt-Agentur im DLR und die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben an deutschen Universitäten und Forschungseinrichtungen, insbesondere des Forschungs- und Entwicklungsbereichs im DLR. Der finanzielle Umfang dieser Programme beträgt jährlich rund eine Milliarde Euro.

Wir setzen das Programm eigenständig in acht Fachprogrammen um. Sie behandeln anwendungsbezogene, wissenschaftliche und infrastrukturelle Themen. In diesen Bereichen planen wir die Projekte, die aus wissenschaftlichen oder strategischen Gründen für Deutschland wichtig sind. Wir schreiben die Projekte aus, vergeben und betreuen sie. Innovative Ideen aus Forschung und Industrie fördern wir mit Zuwendungen.

Themen der Raumfahrt-Anwendung sind die Satellitenkommunikation, die Navigation und die Erdbeobachtung. Aktuelle Schwerpunkte sind unsere exzellenten und breit aufgestellten Erdbeobachtungssysteme. Mit der optischen Satellitenkonstellation RapidEye beginnt der Einstieg in eine neue Qualität von Erdkundungsdatenservices. Die tägliche Bereitstellung gestochen scharfer und hoch aufgelöster Bilder aus dem Weltraum eröffnet für Deutschland einen eigenen kommerziellen Markt. Daneben wird der Radarsatellit TerraSAR-X ab 2007 wetterunabhängige Daten erheben, die für Wissenschaft und Wirtschaft von großem Interesse sind. Als zusätzliches Instrument auf diesem

The DLR Space Agency: Exploring Space for Germany

By Dr. Ludwig Baumgarten

Mankind has been fascinated by the mysteries of the universe for millennia. It was only in the last 50 years, however, that we succeeded in investigating the sensitive ecosystem of our home planet Earth from space, dispatching space probes to the edge of our solar system and sending people to the Moon.

Eminent achievements in science and technology increasingly determine the economic, political and cultural importance of a country as well as its innovation capability. All these are crucial factors that attract top scientists and industrial investments to a particular location.

Thanks to its excellent engineers and scientists, Germany has carried out more than 100 national and international space missions to this day. In addition, numerous experiments were implemented on the D1 and D2 missions, the MIR space station and the International Space Station ISS.

We, the Space Agency within the Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – German Aerospace Center hold a mandate from the Federal Government to plan and implement Germany's space activities.

The German space program integrates Germany's participation in the programs of the European space organization ESA, the national promotion program of the DLR Space Agency, the research and development projects run by German universities and research institutions and, more specifically, the DLR research and development activities. The funds allocated to these programs amount to around one billion Euros each year.

We implement the space program independently under eight sector programs addressing application-related, scientific and infrastructural issues. In these sectors, we plan all those programs that are of importance to Germany for scientific or strategic reasons. We put up projects for public tender, award contracts, and support their implementation. We encourage innovative ideas from research and industry through remittances.

Space technology applications include satellite communication, navigation and Earth observation. At the moment, our wide range of excellent Earth-observation systems occupies center stage. The RapidEye constellation of optical satellites will open up an entirely new level of quality in Earth-observation data services. The offer of a daily supply of copperplate-quality high-resolution images from space will create its own commercial market for Germany. As of 2007, the TerraSAR-X radar satellite will collect weather-independent data that are of great interest for science and the economy. In addition, the satellite will be equipped with an innovative laser technology for optical data communication in space called the laser communication terminal (LCT). Flying in formation, TerraSAR-X and another radar satellite called TanDEM-X will be generating three-dimensional images from 2009 onwards. Lastly, the EnMAP hyperspectral satellite will generate spatial and theme-related images of the Earth's surface.

Next to Earth observation, scientific subjects include the exploration of space as well as research under space conditions. In these programs, the Saturn probe Cassini, the MarsExpress probe that has been showing us new pictures of the surface of the red planet for

Satelliten ist eine neue Laser-Technologie zur optischen Übertragung von Informationen im Weltraum, der Laser Communication Terminal (LCT), vorgesehen. Mit TanDEM-X soll ab 2009 ein zweiter Radarsatellit im Formationsflug mit TerraSAR-X dreidimensionale Aufnahmen generieren. Der Hyperspektralsatellit EnMAP schließlich wird räumliche und thematische Abbildungen der Erdoberfläche erzeugen.

Themen der Wissenschaft sind neben der Erdbeobachtung die Erforschung des Weltraums und die Forschung unter Weltraumbedingungen. Aktuelle Highlights in diesen Fachprogrammen sind die Saturn Sonde Cassini, die Mars Sonde MarsExpress, die uns seit einigen Jahren faszinierende neue Bilder von der Oberfläche des Roten Planeten zeigt, und Rosetta, die sich auf ihrem zwölfjährigen Weg zum Kometen Tschurjumow-Gerasimenko befindet. Für das auf einer Boeing 747 fliegende Infrarot Observatorium SOFIA sind noch in diesem Winter die ersten Testflüge vorgesehen. Mit unserem Parabelflugprogramm stellen wir Wissenschaftlern eine Experimentier-Umgebung zur Verfügung, in der für eine kurze Zeit annähernde Schwerelosigkeit herrscht. Die Internationale Raumstation ISS ermöglicht Langzeitexperimente aus Biologie, Humanphysiologie, Materialforschung und Physik unter den Bedingungen des Weltraums.

Infrastrukturthemen sind Raumtransport, ISS und Weltraum-Exploration sowie die Technik für Raumfahrtsysteme und Robotik. Schwerpunkt in diesen Fachprogrammen ist derzeit die Mission Astrolab mit dem deutschen ESA-Astronauten Thomas Reiter. Im nächsten Jahr werden das Versorgungsfahrzeug ATV und das europäische Forschungsmodul Columbus zur ISS gestartet.

Diese Fachprogramme entwickeln wir in engem strategischen Dialog mit der Bundesregierung entsprechend dem zukünftigen Bedarf der deutschen Raumfahrt weiter.

Als Raumfahrt-Agentur vertreten wir die Bundesrepublik Deutschland in den internationalen Gremien, insbesondere der ESA. Deutsche Interessen müssen hier konsequent, einheitlich und damit effizient eingebracht und im europäischen Wettbewerb durchgesetzt werden. Hierzu entwickeln wir eine unter politischen, strategischen, programmatischen, industriepolitischen und finanziellen Gesichtspunkten abgestimmte deutsche Position und Verhandlungslinie.

Unsere Reise ins All hat erst begonnen. Raumfahrt wird für Deutschland und Europa immer unverzichtbarer, um mithilfe innovativer Anwendungen globale Herausforderungen zu lösen, unser Wissen zu erweitern und die nächste Generation zu inspirieren.

Die neuen Erkenntnisse helfen bei der Bewältigung der Herausforderungen, die sich im Hinblick auf Umwelt, Mobilität, Wirtschaft, Sicherheit und soziale Entwicklung in Deutschland, Europa und der Welt stellen.

Im Rahmen unserer europäischen Solidaritätsbeiträge ist es für uns eine bedeutende Aufgabe, den Standort Deutschland aus wissenschaftlicher, politisch-strategischer und industriepolitischer Sicht zu stärken.

Dr. Ludwig Baumgarten ist Mitglied des DLR-Vorstandes, verantwortlich für die Raumfahrt-Agentur und den Projektträger.



Landung von Huygens auf dem Titan

Landing of Huygens on Titan

a number of years, and Rosetta that is now on its twelve-year journey to the comet Churyumov-Gerasimenko are the highlights of the moment. Mounted in a Boeing 747, the SOFIA infrared observatory will be making its first test flights this winter. Our parabolic flight program provides scientists with an experimental environment in which approximate weightlessness reigns for brief periods. The International Space Station ISS serves as a platform for long-term experiments under space conditions in the fields of biology, human physiology, materials research and physics.

Infrastructural issues include space transportation, the ISS, space exploration and technologies for space systems and robotics. In these programs, the top subject of the moment is the Astrolab mission and its German ESA astronaut, Thomas Reiter. Next year, the ATV transfer vehicle and the European research module Columbus will be launched to the ISS.

Maintaining a close strategic dialog with the Federal Government, we develop all these sectorial programs on an ongoing basis to meet the future needs of the German astronautics sector.

As Germany's Space Agency, we represent the Federal Republic on international bodies, particularly ESA. In this environment, we need to articulate Germany's interests consistently, coherently and thus efficiently against European competition. To this end, we develop positions and lines of negotiation harmonized under political, strategic, grammatical, industrial-policy and financial aspects.

Our journey into space has only just begun. For both Germany and Europe, astronautics is becoming increasingly indispensable for the development of innovative applications to solve global challenges, enhancing our knowledge and inspiring the next generation.

The new insights to come will help us cope with the challenges that arise from environmental, mobility, economic, security and social-development issues in Germany, Europe and the world.

As part of our contribution towards European solidarity, it is one of our important duties to enhance the strength of Germany as a location under scientific, political-strategy and industrial-policy aspects.

A member of the DLR Executive Board, Dr. Ludwig Baumgarten, is responsible for the Space Agency and the project management agency.

Exploration:

Raumfahrtpolitische Herausforderungen beim Aufbruch zu neuen Grenzen

Von Dr. Walter Döllinger

Raumfahrt hat sich bislang Themen wie der Erdbeobachtung, der wissenschaftlichen Erforschung des Weltraums oder der Entwicklung neuer Technologien gewidmet. Hierbei wurde in den vergangenen 50 Jahren Erstaunliches geleistet, vom ersten künstlichen Trabanten Sputnik bis hin zur Landung des europäischen Raumschiffs Huygens auf dem Saturnmond Titan. Raumfahrt ist heute in der Gesellschaft, Wissenschaft, Politik und Industrie unumstritten. Raumfahrt liefert neue Erkenntnisse, erschließt neue Technikanwendungen, ermöglicht neuartige Dienstleistungen, fördert die internationale Zusammenarbeit und verbessert schließlich die Möglichkeiten der Abrüstungs- und Sicherheitspolitik über Europa hinaus.

Mit der Exploration will die Raumfahrt eine Tür in die Zukunft öffnen. Hierbei geht es um eine neue, gebündelte Strategie verschiedener Bereiche der Raumfahrt, die darauf hinzielt, die Grenzen der menschlichen Präsenz in unserem Sonnensystem zu erweitern. Durch die konzentrierte Zusammenarbeit etablierter Fachbereiche soll eine noch deutlichere Sichtbarkeit der Raumfahrt mit ihren Möglichkeiten und Ergebnissen in weite Teile der Gesellschaft erreicht werden. Exploration wird sich kurz- und mittelfristig robotischer Missionen bedienen und verfolgt dabei einen umfassenden Ansatz aus wissenschaftlichen, technologischen sowie politischen und kulturellen Aspekten. Dieser Ansatz ist notwendig, um fundamentale Fragen unserer Existenz zu beantworten und gleichzeitig den Aktionsradius der Menschheit weiter auszudehnen.



Exploration:

Meeting Space-Policy Challenges while setting out for New Frontiers

By Dr. Walter Döllinger

Until now, space activities were mostly dedicated to subjects like Earth observation, the scientific exploration of space and the development of new technologies. The achievements of the last 50 years were astonishing indeed, ranging from the Earth's first artificial satellite Sputnik to the landing of the European spaceship Huygens on Titan, one of the moons of Saturn. Today, astronautics is no longer a contentious issue in society, science, politics, and industry. Space activities provide new insights, open up new technology applications, enable innovative services and promote international cooperation. Last but not least, they offer better opportunities for extending the policy of disarmament and security beyond the confines of Europe.

Exploration constitutes a door to the future in astronautics. The point is to create a new strategy in which various fields of astronautics are pooled so as to broaden the boundaries of human existence in our solar system. The intention is to focus cooperation among established disciplines in order to further enhance the visibility of astronautics, its opportunities and results in large segments of our society. Using robotic missions in the short and medium term, exploration will pursue a comprehensive approach incorporating scientific, technological, political, and cultural aspects. This approach is necessary to find answers to fundamental questions relating to our existence, and to widen the operating range of mankind at the same time.

Specifically, interest will focus on basic research into:

- among other things, the birth of the universe and the spread of life in it and, more specifically, in our solar system;
- scientific research in fields with an application potential;
- technology development and technology transfer into other areas (spin-offs);
- exploration of new resources in the vicinity of Earth and their possible later exploitation;
- and cultural, societal and political impacts of these activities on Earth, particularly in international cooperation.

There are many instruments that may be used in space exploration: The international space station (ISS); space probes; landers and bases on the terrestrial planets, moons and asteroids of our solar system; manned missions beyond the orbit of Earth. In an ongoing dialog with science, industry and politics, the DLR Space Agency pursues its mission of planning the balanced use of these tools and defining mission goals that are both challenging

Der ExoMars-Rover wird ESAs Feldbiologe auf dem Mars. Seine Aufgabe ist die Charakterisierung der biologischen Umgebung auf dem Mars (ESA)

The ExoMars Rover will be ESA's Field Biologist on Mars. Its aim is to Further Characterize the Biological Environment on Mars (ESA)



*Mit der Exploration will die Raumfahrt eine Tür in die Zukunft öffnen ...
Exploration constitutes a door to the future in astronautics ...*

Dabei richtet sich das Interesse im Besonderen auf:

- Grundlagenforschung (unter anderem Entstehung des Universums, Verbreitung von Leben im Universum und speziell im Sonnensystem),
- wissenschaftliche Forschung mit Anwendungspotenzial,
- Technologieentwicklung und Transfer dieser Technologien in andere Bereiche (spin off),
- Erkundung und eventuell spätere Ausbeutung neuer Ressourcen im erdnahen Raum des Sonnensystems und
- kulturelle, gesellschaftliche und politische Rückwirkungen der Aktivitäten auf der Erde, vor allem auch internationale Zusammenarbeit.

Weltraum-Exploration lässt sich mit vielen Instrumenten betreiben: der Internationalen Raumstation ISS, Raumsonden, Landegeräten und Landebasen auf den erdähnlichen Planeten, Monden und Asteroiden unseres Sonnensystems sowie bemannten Missionen jenseits des Erdorbits. Die Aufgabe der DLR Raumfahrt-Agentur ist es, im kontinuierlichen Dialog mit der Wissenschaft, Industrie und Politik den ausgewogenen Einsatz dieser Instrumente zu planen und herausfordernde, spannende Missionsziele zu definieren. Deutschland muss dabei eine führende Rolle einnehmen. Dies ist wichtig, denn hervorragende Leistungen auf den Gebieten von Wissenschaft und Technik bestimmen in der modernen Welt zunehmend das wirtschaftliche und politische Gewicht eines Landes.

Für ein Explorationsprogramm, ob eigenständig europäisch oder in globaler Kooperation, ist Deutschland hervorragend positioniert. Sowohl in der Industrie, in den DLR-Instituten wie auch in der übrigen Forschungslandschaft besitzt Deutschland ein breites wissenschaftliches und technologisches Potenzial und ein ausgezeichnetes weltweit anerkanntes Know-how. Bereits heute ist absehbar, dass deutsche Firmen eine gute Ausgangsposition haben, um im Wettbewerb innerhalb einer europäischen Explorationsinitiative erfolgreich zu bestehen.

Exploration wird von der deutschen Raumfahrt-Agentur aber auch in ihrer bildungspolitischen Dimension betrachtet. Gerade auf die junge Generation übt Raumfahrt eine große Faszination aus, was wir als Verantwortung verstehen. Exploration bietet eine Chance, über den Horizont zu blicken und neue Wege zu gehen. Junge Forscher aus Natur- und Ingenieurwissenschaften können neue Missionskonzepte und -ziele entwickeln, quer denken ist gefragt. In den Schulen werden die Vorhaben der Weltraum-Exploration reges Interesse hervorrufen und die Lust auf Wissen und den Spaß an exzellenter Forschung beflügeln. Das sind keine vagen Hoffnungen. Wir wissen von der europäischen Mission Mars Express, dass gerade die 3-D-Bilder unserer DLR-Kamera HRSC bei Kindern und Jugendlichen im Internet, in Broschüren und bei unserer Ausstellung „Das neue Bild vom Nachbarn Mars“ stark nachgefragt werden. Gerade in einer Zeit technikfeindlicher Grundströmungen können Raumfahrtmissionen wieder Begeisterung für naturwissenschaftliche Herausforderungen wecken.

Exploration ist aber auch verbunden mit fundamentalen kulturellen Aspekten. Da Raumfahrt den geistigen Horizont und physischen Aktionsradius vom Heimatplaneten aus wesentlich erweitert und neben technologischen Fortschritten dem immanenten Wunsch des Menschen nach Seinsbereichserweiterung entspricht,

and thrilling. Germany needs to play a leading role in this process. This is important because in our modern world, the economic and political weight of a country increasingly depends on the eminence of its achievements in science and technology.

Germany is excellently placed for a program of exploration, no matter whether it is conducted by Europe alone or in global cooperation. Together, Germany's industry, the DLR institutes and the research landscape in general constitute a far-flung scientific and technological potential, offering excellent know-how that is recognized worldwide. It is obvious even today that German corporations are well placed indeed to hold their own in the competition within a European exploration initiative.

However, the German Space Agency also considers the education-policy dimension of exploration. The young generation is particularly fascinated by space flight, which gives us a certain responsibility. Exploration offers a chance to look beyond the horizon and leave the beaten track. Young researchers from the natural and engineering sciences get to develop new mission concepts and objectives, and they need to think in unconventional terms. Space exploration projects are bound to arouse lively interest among school students, fanning their appetite for knowledge and their enjoyment of excellent research. These are no vague hopes. From our experience with the European Mars Express mission, we know that the 3-D images of the HRSC camera developed by DLR that were shown on the Internet, in brochures and in our exhibition 'A new perspective on Mars' were in particularly great demand among children and adolescents. Especially in our time with its undercurrents of hostility towards technology, space missions may revive our young people's enthusiasm for scientific challenges.

Besides, exploration is associated with certain basic cultural aspects. Astronautics expands the intellectual horizon as well as the physical range of mankind considerably beyond the confines of our home planet, giving us not only technological progress but also the chance of gratifying our immanent wish to expand our sphere of existence. For these reasons, the German philosopher and scientist Kurd Laßwitz called it an 'urgent cultural mission' when he wrote his novel 'Two Planets' late in the 19th century. In this context, culture is synonymous with man's control over the world, and science may well be the most effective force used by Europe to influence the history of the world. The future that we are planning and shaping now will show whether Europe will retain the position of importance in this field which it enjoys in the cultural history of the world to this day. As Karl Kaiser, a political scientist, so poignantly put it, 'If space should be populated only by Americans, Russians, Japanese and maybe Chinese by the end of the 21st century, this would have a symbolic significance of a profoundly political nature.'

Thus, it appears that, next to its inherent progress in technology and science, astronautics is now being appreciated in Germany as an important issue in political and humanistic research. As the philosopher Ernst R. Sandvoss notes, 'The fact that our solar system is put in perspective by the dimensions of the galaxy cannot but have a healthy effect on the justly-condemned inclination of our philosophers to regard their own viewpoints as absolute. All in all, there is hardly another human enterprise capable of contributing quite as much towards a revision of philosophical standards and thought patterns. At the same time, the potential influence of astronautics on philosophy is in no way restricted to the theoretical sector. Just like research into human behavior in extreme situations, which together with alpinism has been providing fresh impulses for ethics over decades, astronautics confronts moral

wurde sie bereits von dem deutschen Philosophen und Naturwissenschaftler Kurd Laßwitz in seinem Roman „Auf zwei Planeten“ am Ende des 19. Jahrhunderts als „dringende Kulturaufgabe“ bezeichnet. Kultur ist in diesem Zusammenhang als Synonym für die Beherrschung der Welt durch den Menschen zu verstehen und die europäische Wissenschaft ist vielleicht die wirksamste Kraft, mit der Europa in die Weltgeschichte eingegriffen hat. Die heute von uns zu planende und zu gestaltende Zukunft wird zeigen, ob Europa auch auf diesem Gebiet die Bedeutung behalten wird, die es bis heute in der irdischen Kulturgeschichte hat. Der Politologe Karl Kaiser brachte es pointiert auf den Punkt: „Wenn Ende des 21. Jahrhunderts nur noch Amerikaner, Russen und Japaner und vielleicht auch noch Chinesen im Weltraum sind, dann hat dies eine symbolische Bedeutung, die zutiefst politisch ist.“

Neben allen technologischen und naturwissenschaftlichen Fortschritten wird die Raumfahrt in Deutschland inzwischen also auch in Bereichen der staats- und geisteswissenschaftlichen Forschung als bedeutendes Thema erkannt. Der Philosoph Ernst R. Sandvoss bemerkt hierzu: „Die Relativierung unseres Sonnensystems angesichts galaktischer Dimensionen kann für die mit Recht gerügte Neigung der Philosophie zur Verabsolutierung ihrer Standpunkte nur heilsam sein. Überhaupt vermag die Raumfahrt wie kaum ein anderes Unternehmen zur Revision philosophischer Maßstäbe und Denkgewohnheiten beizutragen. Die Einflussmöglichkeiten der Raumfahrt auf die Philosophie beschränken sich indessen keineswegs nur auf den theoretischen Sektor. Wie der Alpinismus und die Erforschung menschlichen Verhaltens in extremen Situationen bereits seit Jahrzehnten der Ethik neue Impulse geben, so stellt die Raumfahrt den Moralphilosophen vor ganz neue Aufgaben: Grenzerfahrungen, praxisorientierte Selbsterkenntnis, Belastbarkeit, operative, nicht restriktive, existenzielle, nicht theoretische und kreative, nicht prinzipielle Ausrichtung, Selbstprüfung, Entscheidungsstärke und Selbstbefreiung vom ‚Geist der Schwere‘“

Am 14. Januar 2004 artikuliert der amerikanische Präsident George W. Bush seine neue Weltraumvision „Renewed Spirit of Discovery“. Seine Rede hatte überall auf der Welt für gehöriges Aufsehen gesorgt. Die Proklamation eines erneuten bemannten Flugs zum Mond, der Ausgang für die Entsendung von Astronauten zum Mars sein könnte, hatte seine öffentliche Wirkung im Wahljahr nicht verfehlt. Das verwundert nicht, denn seit den Tagen von APOLLO hat keine Weltraummission mehr den Geist der Menschen derart beflügelt, wie der erste Schritt eines Menschen auf dem Erdtrabanten. Weltraumvisionen haben in Jahren der amerikanischen Präsidentschaftswahlen generell Konjunktur.

Es wurde häufig geäußert, dass Präsident Bush mit seiner Rede ein neues Programm der bemannten Raumfahrt aufgelegt hätte, doch wird man seine Worte eher dahingehend interpretieren müssen, dass auch in der bemannten Raumfahrt für die USA alle Optionen für die Zukunft offen gehalten werden sollen. Der Schwerpunkt von Bushs Rede lag vielmehr auf den wissenschaftlichen Leistungen der unbemannten Missionen, denn tatsächlich war die automatische Erforschung des Weltraums die herausragendste Leistung der NASA in den vergangenen 30 Jahren.

Noch bedeutender für Europa ist die parallel zum Explorationsprogramm verfolgte Strategie der USA zu bewerten, dem Department of Defence (DoD) beziehungsweise der Air Force und den Nachrichtendiensten die umfassende Verantwortung für alle erdnahen Vorhaben zu übertragen. Bereits heute wendet das DoD mehr Mittel für die Raumfahrt auf als die NASA, jährlich etwa 20 Mrd. Dollar.

philosophers with problems that are entirely new: Borderline experiences; practice-oriented self-recognition; the ability to sustain stress; orientations that are operative instead of restrictive, existential instead of theoretical, and creative instead of regulated; examining the self; strength in decision-making; and liberating the self from the „spirit of heaviness“.

On January 14, 2004 US President George W. Bush articulated his new space vision 'Renewed Spirit of Discovery'. His address raised eyebrows all over the world. His announcement of another manned flight to the Moon which might provide a basis for sending astronauts to Mars did not fail to impress the public in this election year. This is not surprising, for since the days of Apollo, there has been no other space mission to lend wings to the people's imagination quite like the first footstep of a man on Earth's satellite. As a general rule, space visions are highly popular in years when presidential elections are held in the United States.

It has been frequently said that President Bush's address marked the launch of a new program of manned space flight, but we should probably rather interpret his words as meaning that, as far as manned space flight is concerned, the US is keeping all its options open for the future. What Mr. Bush did focus on in his address was the scientific success of the robotic missions, and indeed, automated space exploration represents NASA's most prominent achievement in the last 30 years.

What is even more important for Europe is a strategy pursued by the US in parallel with the exploration program, under which the Department of Defense (DoD) and/or the Air Force and the intelligence services will be given full responsibility for all near-Earth projects. Even today, the DoD's space expenditures exceed those of NASA, amounting to approximately 20bn Dollars per year.

The DoD's strategic goals include:

- reaching information superiority,
- achieving dominance in the near-Earth orbital range,
- using space as the fourth military strategy dimension next to ground, water and air, including attacks from orbit, and
- achieving global mobility at maximum speed.

NASA's duties, on the other hand, will be confined to all scientific and space-exploration missions that aim away from Earth.

Developed after the Columbia disaster by the National Security Council (not by the Office of Science and Technology Policy) and largely shaped by Vice President Dick Cheney, this strategy quite clearly says that for the US (as well as for other states on the rise to great-power status), space and all projects carried out in it represent a strategic factor of prime importance. This so-called dual space dominance is intended to reestablish the US as the uncontested leader in astronautics.

This is underlined in the new US space policy, which was signed by President Bush in October 2006. In it, Mr. Bush roundly rejects any arms-control negotiations that might restrict America's flexibility in space. At the same time, the policy emphasizes the right of the United States to refuse access to space to any country whose interests are 'hostile' towards its own.

NASA especially will go on inviting its traditional partners (Canada, Europe, Japan, Russia) to cooperate, but it is clear that the American side will always be in a leading position, as it has been

„Exploration ist verbunden mit fundamentalen kulturellen Aspekten“

„Exploration is associated with certain basic cultural aspects“

Strategische Ziele des DoD sind:

- Erreichen einer Informations-Überlegenheit
- Oberhoheit im erdnahen Orbit
- Nutzung des Weltraums neben Erde, Wasser und Luft als vierte strategisch-militärische Dimension, Angriffe aus dem Orbit eingeschlossen
- Erlangung einer schnellstmöglichen weltweiten Mobilität

Der Aufgabenbereich der NASA hingegen wird auf sämtliche von der Erde fortweisenden Missionen in den Bereichen Wissenschaft und Weltraum-Exploration zurückgeführt.

Diese unter maßgeblicher Gestaltung des Vizepräsidenten Dick Cheney vom Nationalen Sicherheitsrat (und nicht dem Office of Science and Technology Policy) in der Folge der Columbia-Katastrophe vorbereitete Strategie drückt unmissverständlich aus: Der Weltraum und alle in ihm durchgeführten Vorhaben stellen für die USA (und auch für aufsteigende andere Großmächte) einen strategischen Faktor erster Güte dar. Durch die so genannte Dual Space Dominance soll die unanfechtbare Führung der USA in der Raumfahrt wiederhergestellt werden.

Dies unterstreicht die im Oktober 2006 von Präsident Bush unterzeichnete neue US Space Policy. In ihr erteilt Bush allen künftigen Waffenkontrollverhandlungen eine Absage, welche die amerikanische Flexibilität im Weltall einschränken könnten. Gleichzeitig wird das Recht der USA betont, Staaten, deren Interessen den amerikanischen „feindlich“ gegenüberstehen, den Zugang zum Weltraum zu verwehren.

Insbesondere die NASA wird weiterhin ihre klassischen Partner (Kanada, Europa, Japan, Russland) zur Mitarbeit einladen, doch es ist – wie es bei Großprojekten bislang immer war – offensichtlich, dass die amerikanische Seite stets eine klare Führungsposition einnehmen wird. Die Divise des früheren NASA-Administrators Beggs gilt noch heute: „Wenn wir eine internationale Zusammenarbeit erreichen können, dann werden andere Nationen die Mittel, die sie für den Weltraum ausgeben, dazu verwenden, um mit uns zusammenzuarbeiten, und nicht, um mit uns zu konkurrieren.“ Durch Kooperationen sollen gerade in den Explorations-Bereichen, in denen Erfolge ungewiss sind, Kapazitäten der übrigen Welt-Raummächte kontrolliert, eingekauft und in amerikanische Interessen eingebunden werden. Dies wurde auch in der Vergangenheit beim Post-Apollo-Programm (Space Shuttle) und der ISS bereits durchaus offen artikuliert und durchgeführt.

Die amerikanischen Weltraumpläne scheinen einmal mehr groß, zumindest politisch dominierend zu sein, was die Frage nach den diesbezüglichen Herausforderungen für Europa und Deutschland aufwirft. Bei der Umsetzung dieser Strategie ist mit einem gehörigen Technologie-Schub für die USA zu rechnen, der sich in allen gesellschaftlichen Bereichen auswirken wird, wohl ähnlich wie seinerzeit beim Apollo-Programm: Wissenschaft, Wirtschaft, Kultur, Außen- und Sicherheitspolitik. Europa darf sich daher nicht in allen Bereichen mit einem zweiten Platz zufrieden geben. Auch müssen wir uns überlegen, wo wir selbst Führungsaufgaben übernehmen wollen.

Der alte Kontinent braucht sich nicht hinter den USA zu verstecken, hat doch die Europäische Weltraumorganisation ESA in den vergangenen Jahrzehnten überzeugend unter Beweis gestellt, dass sie zur Errichtung eigenständiger Kapazitäten in fast allen Bereichen der Raumfahrt in der Lage ist, und zahlreiche Missionserfolge belegen dies. Allerdings hat man in Europa den Weltraum nur in den 1980er-Jahren wirklich als strategisch wichtigen Raum erkannt, doch findet momentan eine bedeutsame Rückbesinnung auf diese Politik statt. In diesem Rahmen werden wir offen diskutieren müssen, welches der richtige Weg für die

in all large projects in the past. A phrase coined by NASA's former administrator, Mr. Beggs, still holds true today: 'If we can achieve international cooperation, other nations will use the funds they spend on space to cooperate and not to compete with us.' Particularly in those fields where success is uncertain, cooperation will be used to control and purchase the capacities of the other space powers and integrate them into America's interests. This concept was openly articulated and implemented in the past, particularly in conjunction with the post-Apollo program (space shuttle) and the ISS.

Once again, America's plans for space appear grand and dominating, at least politically, which begs the question about the resultant challenges for Europe and Germany. Very likely, the implementation of this strategy will produce a massive technology boost in the US which, similar to the former Apollo program, will probably affect all societal areas without exception: Science, economy, culture, foreign and security policy. This being so, Europe should not be content with ranking second everywhere. What is more, we will have to consider where we want to assume a leading role ourselves.

There is no need for the old continent to hide behind the US; in the last few decades, the European space organization ESA did prove convincingly its ability to create its own capacities in almost all areas of astronautics, as documented by numerous successful missions. To be sure, Europe really appreciated the strategic importance of space only in the 1980s although, significantly enough, this policy is being reconsidered at the moment. Within that framework, we shall have to debate frankly about the right way to secure Europe's independence in astronautics – and about whether it makes sense in the first place to make exploration a key financial item.

As early as 2001, a new political concept for the exploration of space was presented at the meeting of the ESA Ministerial Council in Edinburgh. Cast in increasingly concrete shape ever since then, the Aurora program aims to explore and open up our solar system. Its scientific focus is on planetary research, exobiology and the life sciences. One item of particular interest are those heavenly bodies that might harbor traces of past or even present-day life. The budg-



Das Programm Aurora ist Teil der europäischen Raumfahrtstrategie. Künftige Missionen werden hochentwickelte exobiologische Forschungseinrichtungen tragen, um die Möglichkeiten der Existenz von früherem oder noch bestehendem Leben auf anderen Himmelskörpern unseres Sonnensystems zu bestimmen (ESA)

The Aurora Programme is Part of Europe's Strategy for Space. Future Missions Will Carry Sophisticated Exobiology Payloads to Investigate the Possibility of Life Forms Existing on other Worlds within the Solar System (ESA)

eigenständige europäische Raumfahrt ist – und ob ein auch finanzieller Schwerpunkt auf die Exploration überhaupt sinnvoll scheint.

Ein neues politisches Konzept für die Erforschung des Weltraums wurde bereits auf der ESA-Ministerratskonferenz in Edinburgh 2001 vorgestellt und kontinuierlich konkretisiert: Das Programm AURORA ist auf die Erkundung und Erschließung des Sonnensystems ausgerichtet. Wissenschaftliche Schwerpunkte sind die Planetenforschung, Exobiologie und Lebenswissenschaften. Von besonderem Interesse sind hierbei Himmelskörper, auf denen es möglicherweise Spuren von früherem oder gar heutigem Leben gibt. Das finanzielle Volumen des ESA-Explorationsprogramms liegt im Zeitraum 2002 bis 2013 bei rund 812 Millionen Euro, an denen Deutschland mit 91 Millionen Euro beteiligt ist.

Von den Wissenschaftlern wurde hierfür zunächst die Mission ExoMars mit direktem Einschuss zur Landung, das heißt ohne Orbiter, definiert, deren Start für 2011 geplant ist. Europäische Elemente sind der Träger, das Landesystem mit Airbag und Bremsraketen, eine Landestation und ein Mars-Rover. Die Datenverbindung zur Erde soll über einen amerikanischen Orbiter erfolgen.

Ein wissenschaftliches Ziel der Mission wird der Vergleich des inneren Aufbaus des Mars mit der inneren Struktur der Erde aus Seismologie- und Wärmeflussdaten sein. Die Umgebungsbedingungen an der Landestelle wie zum Beispiel Strahlungsdichte, Temperatur, Druck, Wind und Magnetfeld sollen über einen Zeitraum von mehreren Jahren kontinuierlich aufgezeichnet werden. Die Kameras des Rover werden neben der Navigation des Gefährts auch die Geologie der Umgebung charakterisieren und die Auswahl der Proben unterstützen. Proben aus der Umgebung und Bohrproben aus bis zu zwei Metern Tiefe werden in einem analytischen Labor mit sieben Instrumenten auf ihre Struktur, ihre mineralogische, geochemische und organische Zusammensetzung hin untersucht. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei der Suche nach Lebensspuren. Bei den vorgeschlagenen Experimenten für ExoMars besetzen deutsche Wissenschaftler Führungsrollen bei vielen Instrumenten.

Neben ExoMars enthält die Initiative der ESA ein Kernprogramm für die Entwicklung neuer Technologien für die Exploration des Weltraums. Es besteht aus vier Elementen:

- der Untersuchung von Szenarien für die Exploration von Mond und Mars,
- der gezielten Technologie-Vorentwicklung zur Stärkung der europäischen Fähigkeiten im Hinblick auf eine künftige Mars-Probenrückführungs-Mission, die in Kooperation mit der NASA durchgeführt werden könnte,
- der Vorbereitung der bemannten Mond-Exploration in Kooperation mit der NASA
- und einer begleitenden Bildungskomponente „awareness“ in Kooperation mit der EU.

Die vier Elemente des Kernprogramms sind voneinander weitgehend unabhängig. Die Teilnehmerstaaten an AURORA können ihre Beteiligung daran einzeln festlegen.

Trotz aller bisherigen Anstrengungen ergeben sich aus der Weltraumpolitik des Weißen Hauses für Deutschland und Europa politische Herausforderungen sowie strategische Fragen. Diese müssen Eingang in den laufenden Meinungsbildungsprozess zur Fortschreibung des eigenständigen europäischen Raumfahrtprogramms finden. Hierbei muss von den europäischen Politikern und Raumfahrtmanagern abgewägt werden, ob der programmatische Schwerpunkt auf die angewandte Raumfahrt im erdnahen Bereich gesetzt werden soll, dem die USA strategisch höchste Priorität einräumen, oder ob zusätzlich eine mittel- und langfristige



et of the ESA exploration program for the period from 2002 to 2013 amounts to around 812 million Euros, with Germany contributing 91 million.

The first project defined by scientists under that program was the ExoMars mission, which will enter the atmosphere directly to make a landing without an orbiter. Its launch is scheduled for 2011. European elements include the launcher, the lander system complete with airbag and retro-rockets, a stationary landing module, and a Mars rover. Data will be communicated to Earth via an American orbiter.

One of the mission's scientific objectives will be to compare the inner structures of Mars and Earth on the basis of seismological and heat-flow data. Environmental conditions at the landing site will be recorded continuously over a period of several years including, for instance, radiation density, temperature, pressure, wind, and magnetic field data. Next to navigation, the rover's cameras will be used to characterize the geology of the environment and assist in the selection of samples. Surface as well as subsoil samples from bore holes up to two meters in depth will be analyzed in a seven-instrument laboratory to determine their structure as well as their mineralogical, geochemical and organic composition. Particular attention will be paid to searching for traces of life. German scientists occupy leading roles in the development of many instruments to be used in the experiments proposed for ExoMars.

Next to ExoMars, the ESA's initiative incorporates a core program to develop new technologies for exploring space. It comprises four elements:

- Investigating scenarios for the exploration of the Moon and Mars,
- developing targeted advance technologies to strengthen Europe's capabilities with regard to a future mission to bring back samples from Mars, which might be implemented in cooperation with NASA,
- preparing the manned exploration of the Moon in cooperation with NASA,
- and implementing a parallel educational component called 'Awareness' in cooperation with the EU.

As the four elements of the core program are largely independent of each other, states participating in Aurora can choose what elements they wish to be involved in.

Konzentration auf Explorationsaufgaben – neben den bereits laufenden Wissenschafts- und Technologieprogrammen – inhaltlich sinnvoll und finanziell überhaupt möglich ist. Klar muss hierbei sein, dass strenge wissenschaftliche und technologische Kriterien bei der Auswahl von Missionen im Vordergrund stehen müssen, keine prestigeträchtigen Abenteuer. Hierzu gehört auch, dass eine nüchterne Analyse der strategischen Bedeutung von Weltraumerforschung erfolgen muss. Diese muss allumfassend sein (europapolitisch, technologisch, weltwirtschaftlich, außenpolitisch, gesellschaftspolitisch, kulturell etc.) und darf sich nicht auf einzelne Aspekte beschränken. Weltraumpolitik muss stärker langfristig strategisch ausgerichtet werden, sie darf nicht Spielball kurzfristiger Bedürfnisse in Wirtschaft, Politik und Administration sein. Hierfür sind die volkswirtschaftlichen Kosten der Raumfahrt zu hoch.

Gerade da die Raumfahrtindustrie und -forschung von herausragender strategischer Bedeutung für einen modernen Staat ist, muss politisch vorgesorgt werden, dass es nicht zu einer Bilateralisierung der europäischen Partner durch industriell und institutionell (aber eventuell nicht gemeinschaftspolitisch) attraktive Angebote zur Einbindung europäischer Kapazitäten in das amerikanische Programm kommen wird. Die europäischen Kapazitäten sind begrenzt und ihre Stärke rührt von ihrem Verbund innerhalb von ESA und EU. Der europäischen Forschung und Industrie müssen daher eigene, attraktive Perspektiven dargelegt werden, die nationale und gesamt-europäische Interessen integrieren.

All dies schließt eine Kooperation mit den USA nicht aus. Europa und Amerika waren immer dann starke Verbündete, wenn es um die Wissenschaft ging. Aus der amerikanischen Explorationsinitiative könnten sich interessante Aufgaben für Europa ergeben, die im offenen Dialog auf gleicher Augenhöhe entwickelt werden müssen. Mitmachen um jeden Preis ist aber nicht angesagt. Und auch nicht unter jeder Bedingung. Hierzu gehört auch der Mut, möglicherweise festzustellen, dass man andere Akzente in der Raumfahrt zu setzen gedenkt, als dies Washington tun wird. Selbst dann aber wird Raumfahrt ein wichtiges Instrument der internationalen Politik und auch der Kooperation mit den USA bleiben, nur vielleicht nicht in allen Bereichen.

Das DLR weiß um die Kompetenzen der deutschen Wissenschaft und Industrie und trägt ihnen gegenüber die Verantwortung. Es gibt in unserem Land beträchtliche Kapazitäten für die Exploration, etwa in den Bereichen Planetengeologie, Robotik, Antriebstechnik und Weltraummedizin. Sie bewusst und effizient einzusetzen und zu fördern, ist Aufgabe der Raumfahrt-Agentur. Hierzu gehört es auch, sich in keine neuen, einseitigen Abhängigkeiten zu begeben. Partnerschaft muss immer gleichberechtigt sein, Bevormundung und einsame Beschlüsse sind nicht akzeptabel. Dies war in der Vergangenheit nicht immer so, und deutsche Wissenschaftler mussten die Konsequenzen daraus tragen: Spacelab war einseitig an den amerikanischen Space Shuttle und seine Probleme gebunden, der Start des in Deutschland gebauten europäischen Raumlabors Columbus gleichfalls. Ähnliche Konstellationen müssen in Zukunft vermieden werden.

Es bietet sich für Europa mit seinen führenden Qualifikationen im Bereich der Raumfahrt vielmehr die Chance, ein noch attraktiverer internationaler Partner zu werden: Ein fairer, auf Führung und Integration, nicht auf Dominanz abzielender Kooperationspartner im internationalen Umfeld. Deutschland als zweitgrößter Partner der europäischen Raumfahrt muss sich diese Chance offen halten.

Dr. Walter Döllinger ist Direktor für Raumfahrt-Programme in der DLR Raumfahrt-Agentur.

„Weltraumpolitik muss stärker langfristig strategisch ausgerichtet werden“

„Space policy must follow a long-term strategy“

Despite all the efforts made so far, the space policy of the White House confronts Germany and Europe with a variety of political challenges and strategic questions which must be considered in the ongoing policy-making process to ensure the continued development of Europe's independent space program. Europe's politicians and space managers will have to think hard about whether the program should focus on applied astronautics in the region close to Earth, which has been accorded top strategic priority by the US, or whether it would be substantially meaningful and financially feasible to establish another medium and long-term focus on exploration in addition to current science and technology programs. There must be no doubt in anyone's mind that missions will be chosen only on the basis of strict scientific and technological criteria, which excludes prestigious adventures of any kind. Furthermore, another sine qua non will be an unemotional analysis of the strategic importance of space exploration. Covering virtually all aspects (European policy, technology, global economics, foreign policy, social policy, culture, etc.), this analysis must not be restricted to specific items. Space policy must follow a long-term strategy so as not to become a puppet in the hands of the economy, the political sphere, or the administration with which to satisfy any immediate needs. The macroeconomic cost of astronautics is too high for that.

Precisely because the space industry and space research are of such eminent strategic importance for a modern state, political precautions must be taken to ensure that Europe's partners are not bilateralized by offers to integrate European capacities in the American program, which may appear attractive to industries and institutions but possibly not to the Community. Europe's capacities are limited, and they are strong only because they are networked within ESA and the EU. For this reason, our research and our industry must be shown attractive European perspectives that integrate both national and European interests.

All this, however, does not preclude cooperation with the USA. Wherever science was concerned, Europe and America always formed powerful alliances. America's exploration initiative might provide Europe with interesting tasks which would have to be developed in an open eye-to-eye dialog. Joining in at any price or on any terms is not on, however. Along these lines, we may have to muster the courage to conclude that the highlights we intend to set in astronautics differ from Washington's. Even then, however, astronautics will remain an important element in international politics as well as in our cooperation with the USA, although it may not extend to each and every field.

DLR is aware of the competences of Germany's science and industry, and it is accountable to both. Our country harbors considerable capacities for exploration in, for example, planetary geology, robotics, propulsion technology and space medicine. It is the duty of the Space Agency to employ and promote these capacities deliberately and efficiently. This includes not entering into any new relationships of onesided dependence. Partnership must always be based on equal rights; patronizing treatment and solitary decisions are not acceptable. This has not always been so in the past, and German scientists had to suffer the consequences: Spacelab was tied to the American space shuttle and its problems, and so is the launch of the Columbus space laboratory that was built in Germany. Similar constellations will have to be avoided in the future.

Given its leading qualifications in the field of astronautics, Europe now has the chance of becoming an even more attractive international partner: A fair collaborator in the international field that aims for leadership and integration but not for dominance. As the second biggest partner in European astronautics, Germany must keep this opportunity open for itself.

Dr. Walter Döllinger is Director of Space Programs at the DLR Space Agency.

Astrolab: Ein wichtiger Meilenstein der ISS-Nutzung

Von Klaus Lütjens

Am 4. Juli 2006 startete der deutsche ESA-Astronaut Thomas Reiter mit dem Space Shuttle zur Internationalen Raumstation ISS. Im Rahmen der europäischen Astrolab-Mission wird er dort etwa 6 Monate forschen und arbeiten.



Prof. Hans-Günter Ruyters leitet das Programm Bio-wissenschaften innerhalb der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen der DLR Raumfahrt-Agentur. Zudem vertritt er die deutschen Interessen im Support Board of Delegates des ESA-Programmrats für Bemannte Raumfahrt, Mikrogravitation und Exploration.

Herr Prof. Ruyters, was sind die Ziele der Astrolab-Mission?

Prof. Ruyters: Mit der Astrolab-Mission werden verschiedene Ziele verfolgt. Mit Thomas Reiter ist erstmals ein Europäer Mitglied der

ISS-Langzeitcrew; als Flugingenieur ist er mit der Kontrolle und Wartung der ISS, mit der Überwachung der Systeme und mit Logistik befasst. Es ist auch die erste Langzeitmission für das Columbus-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen, und nicht zuletzt wird zum ersten Mal ein europäisches Langzeitforschungsprogramm auf der ISS durchgeführt.

Worum geht es denn bei den deutschen Experimenten?

Prof. Ruyters: Das Experimentalprogramm umfasst etwa 30 Experimente aus Wissenschaft und Technologie, aber auch Schul- und Studentexperimente sind dabei. Es gibt 14 wissenschaftliche Experimente, von denen fünf von deutschen Forschungseinrichtungen stammen. Diese konzentrieren sich auf Untersuchungen des Gleichgewichts- und des Immunsystems des Menschen, auf Fragen der Strahlenbiologie und nicht zuletzt wird das schon länger laufende Plasmakristall-Experiment fortgeführt.



Europas Raumlabor Columbus nach der Ankunft in den USA (Astrium)

Astrolab: An Important Milestone in the Utilization of the ISS

By Klaus Lütjens

On July 4, 2006 the German ESA astronaut Thomas Reiter left Earth in a space shuttle for the International Space Station (ISS). There he will be researching and working for about 6 months in the frame of the European Astrolab mission.

Prof. Hans-Günter Ruyters heads the life sciences program in the division for "Research under Space Conditions" at the DLR Space Agency. At the same time, he represents the interests of Germany in the Support Board of Delegates of the ESA Program Board for Human Spaceflight, Microgravity and Exploration.

Prof. Ruyters, what are the objectives of the Astrolab mission?

Prof. Ruyters: The Astrolab mission pursues a variety of objectives. Thomas Reiter is the first European to join an ISS long-term crew; as flight engineer, he is responsible for the control and maintenance of the ISS, for system monitoring, and logistics. At the same time, this is the first long-term mission handled by the Columbus Control Center at Oberpfaffenhofen and, just as important, this is the first time that a European long-term research program is conducted on board the ISS.

What are the German experiments about?

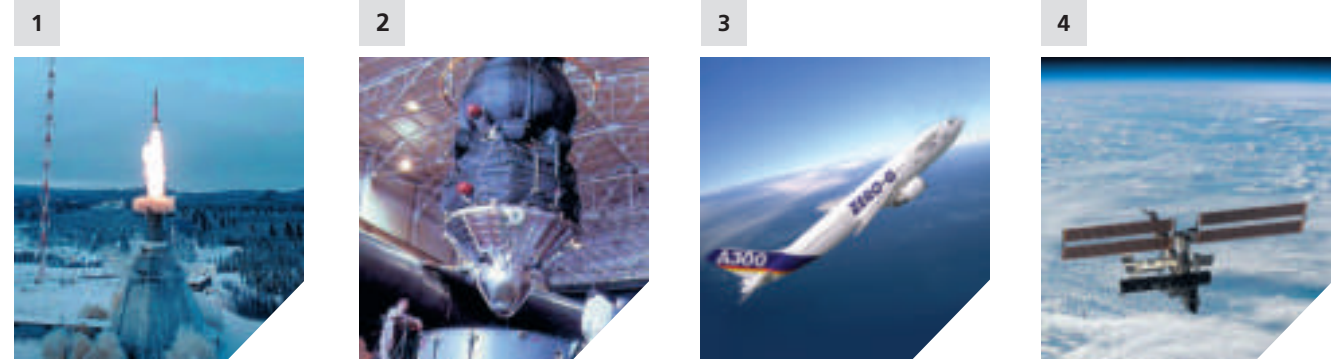
Prof. Ruyters: In total, the program includes some 30 experiments from science and technology, but there are also experiments set up by pupils and students. Out of a total of 14 scientific experiments, five were developed by German research institutions. These experiments serve to study the human vestibular and immune system as well as issues relating to radiation biology. No less important, the long-standing plasma crystal experiment is being continued as well.

The mission is called Astrolab. What is the meaning of this name?

Prof. Ruyters: There are really two explanations. According to one, something called "astrolabium" was developed as an instrument for maritime navigation late in the 15th century by a German, Martin Behaim. It was used, for example, by Columbus on his journey to America. The second explanation is much more profane: Astrolab is short for astronaut laboratory.



Europe's Space Laboratory, Columbus, after its Arrival in the USA (Astrium)



1
Forschungsrakete 6–12 Minuten
Sounding Rocket 6–12 Minutes

2
Satellit < 1 Monat
Satellite < 1 Month

3
Parabelflüge 22 Sekunden
Parabolic Flights 22 Seconds

4
Raumstation > 1 Monat
Space Station
> 1 Month

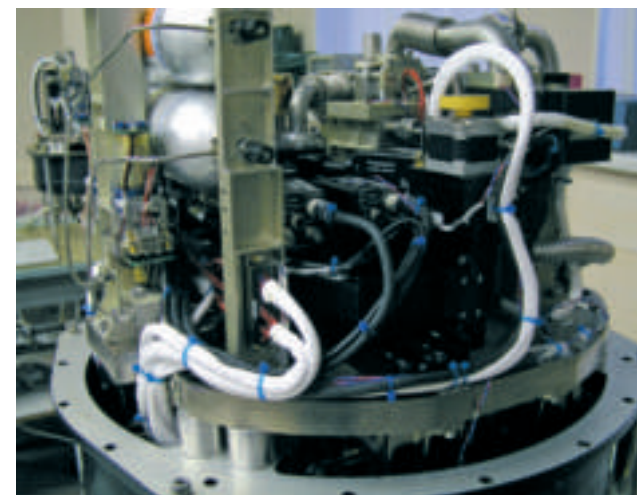
Die Mission heißt Astrolab-Mission. Welche Bedeutung hat dieser Name?

Prof. Ruyters: Es gibt eigentlich zwei Erklärungen. Die eine ist, dass Ende des 15. Jahrhunderts von dem Deutschen Martin Behaim ein so genanntes Astrolabium als Navigationsgerät für die Seefahrt entwickelt wurde, das beispielsweise von Columbus bei seiner Fahrt nach Amerika benutzt wurde. Die zweite Erklärung ist wesentlich profaner: Astrolab ist auch die Abkürzung für Astronaut Laboratory.

Wie ist die Mission in das Gesamtkonzept der deutschen Forschung unter Weltraumbedingungen eingebettet?

Prof. Ruyters: Die Astrolab-Mission dient dazu, die Ziele des Deutschen Raumfahrtprogramms für den Bereich Forschung unter Weltraumbedingungen zu verfolgen. Ziel dieses Programms ist es, neue wissenschaftliche Erkenntnisse in Bio- und Materialwissenschaften zu erarbeiten und neue Anwendungsaspekte zu erschließen. Astrolab ist dabei ein wichtiger Meilenstein bei der Umsetzung des Raumfahrtprogramms. Die Mission führt einerseits Experimente fort, die bereits auf der ISS laufen, wie das Plasmakristall-Experiment und auch das so genannte ETD-Experiment, bei dem die Augenbewegungen zur Untersuchung des Gleichgewichtssystems verfolgt werden. Astrolab beginnt aber auch ein neues Kapitel beispielsweise mit Experimenten zum Immunsystem des Menschen.

Insgesamt ist die Forschung auf der Raumstation für deutsche Wissenschaftler ja schon seit fünf Jahren Realität, bislang meist in bilateraler Kooperation mit verschiedenen Partnern. Ergänzt wird



How is the mission embedded in the overall German concept for research under space conditions? Are there other platforms available to conduct research in microgravity?

Prof. Ruyters: The Astrolab mission serves to pursue the objectives of the German space program in the field of research under space conditions. The program aims for new scientific insights in the life and materials sciences as well as for the development of new application potential. Astrolab forms an important milestone in the implementation of the space program. On the one hand, experiments that are already running on the ISS are being continued under this mission including, for example, the plasma-crystal experiment and the so-called ETD experiment in which eye movements are tracked to study the human balance system. On the other hand, Astrolab will open a number of new chapters such as, for instance, experiments to study the human immune system.

Generally speaking, research on the space station has been part of reality for German scientists for 5 years already, mostly conducted so far in bilateral cooperations with a variety of partners. ISS utilization is complemented by experiments that use other flight opportunities, starting with the Bremen drop tower which offers up to 9 seconds of weightlessness for short-term experiments. In addition, we make use of parabolic flights with airplanes, of high-altitude research rockets launched from Kiruna in Sweden, and of Russian Foton satellites. Which flight opportunity is used for a specific experiment depends on the scientists' needs.

What is the benefit of research on the ISS? Could we not obtain the same results by researching here on Earth?

Prof. Ruyters: No; after all, the point is to investigate the influence of gravity as a factor and, as it always is in research, if you want to study the influence of a certain parameter you need to vary its intensity. On Earth, we can use centrifuges for this purpose if we want to increase gravity beyond the limit that is normal on Earth. If we wish to reduce gravity down to the level of weight-

Die Experimentanlage PK-3 Plus untersucht komplexe Plasmen in der Schwerelosigkeit (Kayser-Threde)

The PK-3 Plus Experimental Equipment Serves to Examine Complex Plasmas in Microgravity (Kayser-Threde)

die Raumstationsnutzung durch Experimente auf anderen Fluggelegenheiten. Das fängt an mit dem Fallturm in Bremen für Kurzzeitexperimente von bis zu neun Sekunden Schwerelosigkeit. Wir nutzen außerdem Flugzeugparabelflüge, Höhenforschungsraketen, die von Kiruna in Schweden aus gestartet werden, sowie auch russische Fotonsatelliten. Die Wahl der Fluggelegenheit ist abhängig von den Anforderungen der Wissenschaftler.

Was bringt uns die Forschung auf der ISS? Könnte man dieselben Forschungsergebnisse nicht auch hier auf der Erde erzielen?

Prof. Ruyters: Nein, es geht ja um die Bedeutung des Faktors Schwerkraft – und wie immer, wenn man in der Forschung die Bedeutung eines bestimmten Parameters untersuchen will, muss man seine Größe variieren. Das kann man auf der Erde in Zentrifugen machen, wenn man höhere Schwerkraft als unsere normale Erdschwerkraft erreichen will. In Richtung kleinerer Werte bis hin zur Schwerelosigkeit oder Mikrogravitation kann man das auf der Erde nur für ganz kurze Zeit erreichen, wie eben im Fallturm Bremen oder auf den Flugzeugparabelflügen. Für längere Experimentierzeiten muss man aber in den Weltraum gehen und beispielsweise Foton oder die ISS nutzen.

Warum müssen die Experimente von einem Astronauten durchgeführt werden? Was ist der Vorteil eines Menschen gegenüber einer rein robotischen Mission?

Prof. Ruyters: Ich denke, man sollte keinen Gegensatz ‚robotisch oder bemannt‘ aufbauen. Die Frage, ob man bestimmte Experimente auf unbemannten Trägern oder auf bemannten Missionen durchführt, hängt von den Anforderungen und den Experimentieranlagen ab. Viele Experimente können automatisch durchgeführt werden, aber natürlich kann der Astronaut Situationen flexibler beurteilen und Probleme kreativ lösen. Ganz wichtig gerade für unseren Bereich ist es, dass wir die Astronauten als Versuchspersonen für medizinische Experimente benötigen. Hinzu kommen auch noch kulturelle Aspekte: Die Menschen auf der Erde sind einfach mehr interessiert an der Raumfahrt, wenn sie einen Menschen im Weltraum an den Experimenten arbeiten sehen.

Die Astrolab-Mission endet im Dezember dieses Jahres. Wie geht es mit dem Experimentalprogramm nach der Astrolab-Mission weiter?

Prof. Ruyters: Wir haben schon seit Langem erfolgreiche Kooperationen mit den Raumstationspartnern – mit Russland vor allen Dingen, aber auch mit der NASA und mit Kanada. Diese bilateralen Aktivitäten werden fortgeführt. Wir hatten schon Gespräche mit dem Institut für Biomedizinische Probleme in Moskau, wo wir über weitere deutsche Raumstationsexperimente verhandelt haben. Ende des Jahres wird ein medizinisches Experiment in deutsch/kanadischer Kooperation beginnen. Besonders wichtig ist für die deutsche wissenschaftliche Community jedoch, dass wir Ende nächsten Jahres den Start von Columbus sehen. Viele Experimente sind gerade für diejenigen Anlagen ausgewählt worden, die in Columbus für bio- und materialwissenschaftliche Forschung zur Verfügung stehen, und deshalb warten unsere Wissenschaftler dringend auf die Nutzung von Columbus.

lessness or microgravity, we are confined to very brief periods on Earth, such as those achieved in the Bremen drop tower or on parabolic airplane flights. To conduct more prolonged experiments, we need to go to space, using either the Foton satellites or the ISS.

Why do these experiments have to be run by an astronaut? What is the advantage of a human over a purely robotic mission?

Prof. Ruyters: I do not think we should construct a conflict between robotic and manned missions. The answer to the question of whether certain experiments should be conducted on unmanned vehicles or manned missions depends on applicable requirements and the nature of the experiment facilities. While many experiments can indeed be run automatically, an astronaut can assess a situation more flexibly and solve problems creatively. Particularly in our own field of life sciences, a very important fact is that we need astronauts as subjects for our medical experiments. On top of all this, there are cultural aspects: Quite simply, people on Earth will show greater interest in astronautics if they can watch a human being working on experiments in space.

The Astrolab mission will end in December of this year. What will happen with the experimental program on ISS after Astrolab?

Prof. Ruyters: We have been cooperating successfully with the space station partners for a long time, particularly with Russia, but also with NASA and Canada. These bilateral activities will be continued. Some time ago, we talked with the Institute for Biomedical Problems in Moscow, negotiating about future German experiments on the space station. A further medical experiment developed jointly by Germany and Canada will begin later this year. Of particular importance for Germany's scientific community, however, is the launch of Columbus, which we will be witnessing late next year. Many experiments were selected especially for those facilities that will be available in Columbus for research in the life and materials sciences. This is why our scientists are waiting so impatiently to get to use Columbus.

In your personal opinion, what was the most important event in your work so far?

Prof. Ruyters: A difficult question! However, I do think it was the Neurolab mission of 1998. Neurolab was the last shuttle mission with the European Spacelab, focussing on questions of neurobiology. Basically, the entire mission was a model for the utilization of the ISS: its concept was formulated by NASA in cooperation with other organizations. Together with other partners, we were involved in the planning process right from the start; there was a joint call for experiment submissions, and the proposals were peer-reviewed and selected jointly as well. We, the German Space Agency, were the most important partner after NASA in this mission, contributing four experiment facilities and a multitude of experiments. And, not least, this was the first and only opportunity so far for me to witness the launch of a shuttle, a highly moving moment.

Klaus Lütjens is a scientific assistant for ESA affairs at the DLR Space Agency.



Der deutsche ESA-Astronaut Thomas Reiter (NASA)

Thomas Reiter, German ESA Astronaut (NASA)

Was war für Sie persönlich das herausragende Ereignis Ihrer bisherigen Arbeit?

Prof. Ruyters: Eine schwierige Frage – ich denke aber, das war die Neurolab-Mission 1998. Neurolab war die letzte Shuttle-Mission mit dem europäischen Spacelab, wobei Fragen der Neurobiologie im Mittelpunkt standen. Die ganze Mission war im Prinzip ein Modell für die ISS-Nutzung: Die Mission wurde von der NASA mit den anderen Organisationen gemeinsam konzipiert. Wir waren von Anfang an mit anderen Partnern an der Planung beteiligt; es gab eine gemeinsame Experimentausschreibung und es gab eine gemeinsame Begutachtung. Wir, die deutsche Raumfahrt-Agentur, waren nach der NASA der größte Partner bei dieser Mission mit vier Experimentanlagen und mit einer Vielzahl von Experimenten. Und nicht zuletzt hatte ich die Gelegenheit – bis jetzt zum einzigen Mal – einen Shuttlestart mitzuerleben. Das war ein sehr bewegender Moment.

Klaus Lütjens arbeitet als Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der DLR Raumfahrt-Agentur im Bereich ESA-Angelegenheiten.



Start der Mission Astrolab (NASA)

Launch of the Astrolab Mission (NASA)

Erdbeobachtung – deutsche Perspektiven und Visionen

Von Dr. Hans-Peter Lüttenberg

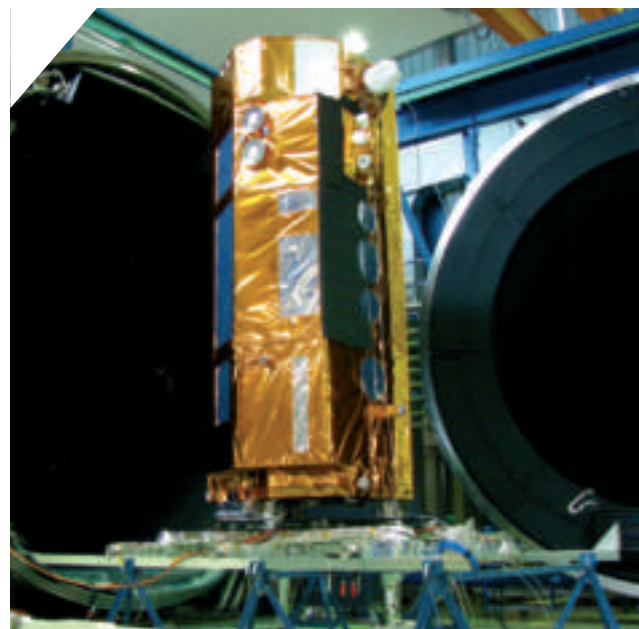
Für unsere Zukunft ist es von zentraler Bedeutung, dass wir das komplexe System Erde verstehen. Das Verstehen beginnt mit dem Beobachten unseres Planeten und mit dem Entwickeln der dazu nötigen Methoden und Instrumente. Diese dokumentieren kontinuierlich den Zustand der Landoberflächen, der Ozeane, der Atmosphäre und des Klimas. Sie registrieren so die Veränderungen der Umwelt und schaffen damit die Voraussetzung, um Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Fernerkundung trägt deshalb dazu bei, unsere Lebensgrundlagen zu erhalten.

Bereits heute profitieren wir von der Erdbeobachtung in Form von Wettervorhersagen und verbesserter Landwirtschaft sowie bei der Bewältigung von Naturkatastrophen. Die Weltorganisation für Meteorologie schätzt beispielsweise, dass Landwirte für jeden in die Wettervorhersage investierten Euro einen Gegenwert von 15 Euro erhalten – ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von 1:15.

Doch der heutige Wissensstand reicht noch lange nicht aus. Im Gegenteil: Die Forschung in diesem Bereich muss sogar intensiviert werden, da sich das Erdsystem mit wachsender Dynamik verändert. Zukünftige Beobachtungssysteme erfordern ein höheres Leistungsvermögen sowie internationale Wettbewerbsfähigkeit in Technologie und Wissenschaft. Diese Herausforderungen können durch geschickte Schwerpunktsetzung gemeistert werden.

Schwerpunkt kommerzielle Erdbeobachtung

Dank nachhaltiger Förderung hat Deutschland eine weltweit herausragende Kernkompetenz bei Radarsatelliten erreicht. Das Ziel ist, die Systeme in eine privatwirtschaftliche Nutzung zu überführen, die sich dauerhaft selbst tragen kann. Die darauf basierenden Märkte und Dienstleistungen erzielen private und volkswirtschaftliche Gewinne und generieren qualitativ hochwertige Arbeitsplätze.



Earth Observation – German Perspectives and Visions

By Dr. Hans-Peter Lüttenberg

Understanding the complex system called Earth is crucially important for our future. The understanding begins with observing our planet and developing the requisite methods and instruments. With the aid of these, we continuously document the state of the land, the oceans, the atmosphere and the climate. Registering any changes in our environment enables us to take steps to counter undesirable developments. Thus, remote sensing helps to preserve the basis of our existence.

Even today, Earth observation assists us in preparing weather forecasts, improving agriculture and coping with natural disasters. Thus, the World Meteorological Organization estimates that the benefits farmers receive for every Euro invested in weather forecasts are worth 15 Euros – a cost-benefit ratio of 1:15.

Yet what we know today is not enough by far, on the contrary: We need to intensify research in this field as the Earth system changes more and more dynamically. For the observation systems of the future we need to improve our performance capabilities as well as our international competitiveness in technology and science. These challenges may be mastered by focusing on the right items.

Focus on commercial Earth observation

Sustained promotion has given Germany a core competence in the field of radar satellites that is unique worldwide. The objective now is to transfer these systems to the private sector for permanently self-sustaining commercial use. New markets and services based on these systems will generate both private and macroeconomic profits, besides creating high-quality jobs.

One case in point is the Earth observation satellite TerraSAR-X, the first Public Private Partnership (PPP) project worldwide to be realized very soon. With Astrium GmbH, a commercial operator, DLR concluded a partnership agreement that takes into account the public interests of the scientific side as well as the business interests of the enterprise. Exclusive rights to use TerraSAR-X data for commercial purposes are held by Infoterra GmbH, a fully-owned subsidiary of Astrium.

Scheduled for launching early in 2007, the TerraSAR-X satellite will supply radar remote-sensing data of a quality never attained before. The unique capabilities of this satellite include a maximum resolution of one meter, flexible antenna beam control and weather and daylight-independent data collection. The information sup-

Der deutsche Radar-Erdbeobachtungssatellit TerraSAR-X im September 2006 vor letzten Tests bei IABG in Ottobrunn (DLR/Astrium)

The German Radar Earth-observation Satellite TerraSAR-X in September 2006 before Last Tests at IABG in Ottobrunn (DLR/Astrium)



Berlin, aufgenommen aus 3.000 Metern Höhe von der HRSC-Stereokamera des DLR-Instituts für Planetenforschung in Berlin

View on Berlin, Taken from an Altitude of 3,000 Meters with a HRSC Stereo Camera of the DLR Institute for Planet Research in Berlin

So steht mit dem Erdbeobachtungssatelliten TerraSAR-X das weltweit erste Public-Private-Partnership-Projekt (PPP) kurz vor der Realisierung. Frühzeitig wurde eine Partnerschaft zwischen dem DLR und einem kommerziellen Betreiber, der Astrium GmbH, geschlossen. Sie berücksichtigt das öffentliche Interesse auf der wissenschaftlichen Seite sowie das geschäftliche Interesse des Unternehmens. Die exklusiven kommerziellen Nutzungsrechte für die TerraSAR-X-Daten besitzt die Infoterra GmbH, eine hundertprozentige Astrium-Tochter.

Der Satellit TerraSAR-X soll Anfang 2007 starten und Radar-Fernerkundungsdaten in einer nie da gewesenen Qualität liefern. Zu den einzigartigen Fähigkeiten dieses Satelliten gehören eine Auflösung bis zu einem Meter, eine flexible Steuerung des Antennenstrahls, sowie die wetter- und tageslichtunabhängige Datenaufnahme. TerraSAR-X wird Informationen liefern, die den Staat bei der Erfüllung seiner Aufgaben unterstützen. So stellt der Satellit großmaßstäbliche thematische Karten zur Verfügung, die für die Überwachung der Umwelt und für die Regionalplanung ausgesprochen wichtig sind. Die Datenprodukte werden durch ihre schnelle und uneingeschränkte Lieferung auch für den Katastrophenschutz und den Luftverkehr nützlich sein. Mobile Telekommunikationsdienste profitieren von dem Angebot topographischer Informationen.

Da sich mit zwei Augen grundsätzlich besser sehen lässt und insbesondere auch die dritte Dimension erfasst werden kann, wird der Satellit um den PPP-Bruder TanDEM-X ergänzt. TanDEM-X ist eine Erweiterung der TerraSAR-X-Mission um einen nahezu baugleichen Satelliten. Hierdurch entstehen vollkommen neue Messmöglichkeiten. TanDEM-X soll seinem Vorgänger im Frühjahr 2009 in den Weltraum folgen und dann drei Jahre lang zusammen mit ihm in 500 Kilometern Höhe in Formation fliegen. Dabei wird der minimale Abstand zwischen den Satelliten nur 300 Meter betragen. Diese enge Konstellation ermöglicht – stark vereinfacht ausgedrückt – einen „Stereoblick“ auf die Erdoberfläche. Dadurch können Entfernungen bestimmt und Geländehöhen ermittelt werden.

So ist es möglich, ein digitales Höhenmodell in so genannter HRTI-3-Qualität (High Resolution Terrain Information) zu erzeugen. Das bedeutet, dass für die gesamte Erdoberfläche Höheninformationen in einem 12 x 12 Meter Raster mit zwei Metern Genauigkeit erhoben werden können. Alle zwölf Meter wird also ein Messpunkt mit dieser Genauigkeit zur Verfügung stehen. Das globale Höhenmodell stellt damit – im Vergleich zu heute vorhandenen Datensätzen – einen Meilenstein in Qualität und Verfügbarkeit dar. Beide Radarmissionen werden von DLR-Einrichtungen in Oberpfaffenhofen aus betrieben, wo auch die Daten archiviert und zu Produkten prozessiert werden.

Mit der weltweit ersten kommerziellen Satellitenflotte RapidEye beginnt 2007 der Einstieg in eine neue Ära von Datenservices der Erdbeobachtung. Das tägliche Angebot gestochen scharfer und hoch aufgelöster optischer Bilder aus dem Weltraum eröffnet einen eigenen kommerziellen Markt. Im Gegenzug investiert ein privates deutsches Unternehmen, die RapidEye AG, in dieses Projekt. Unterstützt wird sie durch Gelder aus dem nationalen Raumfahrtprogramm im Rahmen einer PPP.

Die DLR Raumfahrt-Agentur hat sich mit ihrer Investition die Rechte an der wissenschaftlichen Nutzung der RapidEye-Daten gesichert. Sie ermöglicht damit deutschen Wissenschaftlern die

plied by TerraSAR-X will assist the state in performing its duties. Thus, the satellite will provide large-scale theme maps that are of eminent importance in environmental monitoring and regional planning. Quickly available and without restrictions, its data products will be useful in disaster prevention and air transportation as well. Mobile telecommunications services stand to benefit from the topographical information that will be offered.

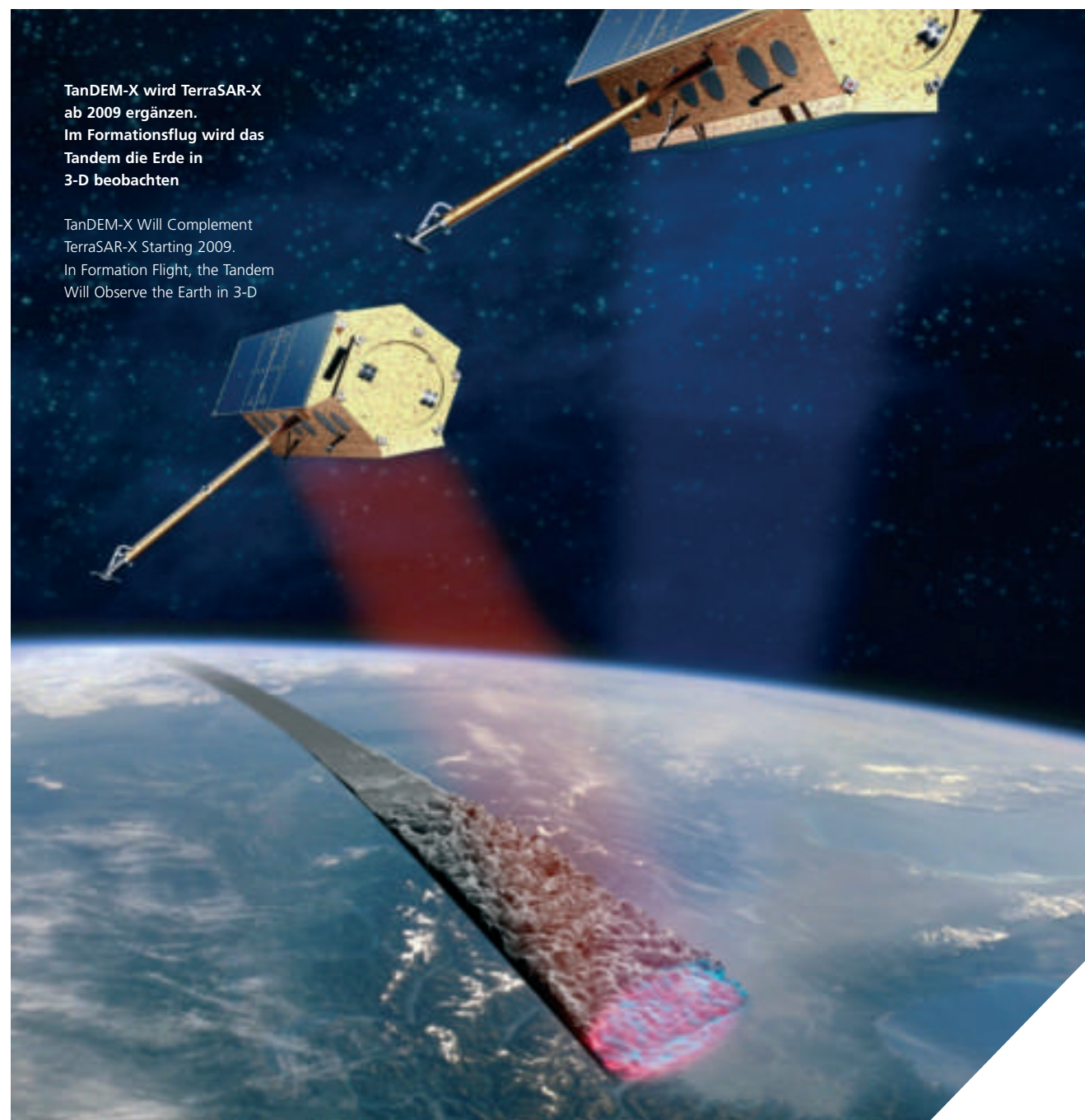
Because two eyes are always better than one as they permit seeing in three dimensions, the satellite will be given a PPP brother called TanDEM-X, a satellite of almost identical construction that will complement the TerraSAR-X mission. The measuring options this opens up are entirely new. TanDEM-X is scheduled to follow its predecessor into space in spring 2009 to fly in formation with it for three years at an altitude of 500 kilometers. The minimum distance between the two satellites will amount to no more than 300 meters. Expressed in highly simplified terms, this close constellation will permit viewing the surface of the Earth 'in stereo' so that distances and ground elevations can be measured.

This, in turn, permits generating digital elevation models of a quality called HRTI-3 (high resolution terrain information). The meaning of this is that elevation will be measured across the entire surface of the Earth in a 12 x 12-meter grid with a precision of two meters. In other words: Elevation will be measured with this precision at points spaced 12 meters apart. Compared to the data records available today, this global elevation model represents a quantum jump in quality and availability. Both radar missions will be operated by the DLR facilities in Oberpfaffenhofen, where the data will also be archived and processed into products.

Called RapidEye, the world's first commercial satellite fleet will mark the point of entry into a new era of Earth-observation data services in 2007. The offer of a daily supply of copperplate-quality high-definition photographs from space will create its own commercial market. A private German corporation, RapidEye AG, invests in this project, supported by funds from the national space program within the framework of a PPP.

Through its investment, the DLR Space Agency secured for itself the right to use the RapidEye data for scientific purposes, enabling





TanDEM-X wird TerraSAR-X ab 2009 ergänzen. Im Formationsflug wird das Tandem die Erde in 3-D beobachten

TanDEM-X Will Complement TerraSAR-X Starting 2009. In Formation Flight, the Tandem Will Observe the Earth in 3-D

Forschung in zahlreichen Feldern der Geowissenschaften und der Umweltforschung. Zusätzlich entstehen, unterstützt von der Landesregierung in Brandenburg, rund 140 neue Arbeitsplätze in der Raumfahrt. Sie unterstreichen die Bedeutung des Raumfahrtstandorts Ostdeutschland. Ebenfalls in Ostdeutschland – bei der JenaOptronik GmbH – werden die Kameras der RapidEye-Satelliten hergestellt.

Das System RapidEye umfasst fünf Satelliten mit optischen Kameras. Diese werden erstmals in der Lage sein, hohe Wiederholungsraten und damit eine hohe Aktualität der Informationsprodukte zu gewährleisten. Es soll täglich von jedem Punkt der Erde mindestens eine Aufnahme machen. Für kommerzielle Kunden aus der Landwirtschaft, für Versicherungen, aber auch für Organisationen, die in der Katastrophenhilfe tätig sind, werden die Datenprodukte von hohem Nutzen sein. Denn sie umfassen thematische Karten, etwa zur Bestimmung von Ernteschäden, für Ernteplanung und -vorhersagen, sowie Schadenskartierungen.

German scientists to work with these data in numerous fields of geoscience and environmental research. What is more, around 140 new jobs will be created in the space sector with the support of the government of Brandenburg, emphasizing the importance of Eastern Germany as a space location. The cameras with which the RapidEye satellites will be equipped are also made in Eastern Germany by JenaOptronik GmbH.

The RapidEye system will comprise five satellites equipped with optical cameras. For the first time, it will provide high repeat rates, thus ensuring that information products are kept up to date at all times. Each and every spot on Earth will be photographed at least once a day. The resultant data products will be highly useful to commercial customers in agriculture and insurance as well as to organizations that are active in disaster relief, for they include theme maps which may be used, for example, to assess crop damage, plan and forecast harvests and generate damage maps.

Schwerpunkt Wissenschaft

Die Satellitenfernerkundung ist zu einem wichtigen Instrument bei der Lösung dringender wissenschaftlicher Fragen geworden. Atmosphären-, Klima-, Geo-, Polar- und Meeresforschung sind ohne Satellitendaten nicht mehr denkbar. In diesen Forschungsbereichen nimmt die Bundesrepublik international eine Spitzenstellung ein. Wissenschaftliche und industrielle Beiträge aus Deutschland haben wesentlich zur Weiterentwicklung der internationalen Erdbeobachtung beigetragen. Deutsche Wissenschaftler haben das Umweltsatelliten- und das Wissenschaftsprogramm (Living Planet Programme) der ESA wesentlich geprägt. Die DLR-Institute in Oberpfaffenhofen sind „Centers of Excellence“ im Bereich Datenerfassung und Verarbeitung von Erdbeobachtungsmissionen.

Ziele dieses Schwerpunkts sind:

- Entwicklung neuer, notwendiger Erdbeobachtungsmethoden und -anwendungen,
- Einbindung in internationale Programme, insbesondere in die der ESA und EU,
- Langfristige Verfügbarkeit von Fernerkundungsdaten,
- Konsequente Förderung des akademischen Nachwuchses.

Ein Projekt, mit dem verfahrenstechnisch Neuland betreten wird und das deshalb in erster Linie der wissenschaftlichen Forschung dienen soll, ist EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Programme). Der Satellit wurde vom GeoForschungszentrum Potsdam vorgeschlagen. Er befindet sich derzeit in der Definitionsphase, die von der Kayser-Threde GmbH durchgeführt wird, und soll bei seiner Fertigstellung mit einem Hyperspektralinstrument ausgerüstet werden. Hyperspektralinstrumente registrieren das von der Erde reflektierte Sonnenlicht im Wellenlängenbereich vom sichtbaren Licht bis zum nahen Infrarot mit mehr als 200 Messkanälen und geben so detailliert Auskunft über Vegetation, Landnutzung, Gesteinsoberflächen oder Gewässergüte.

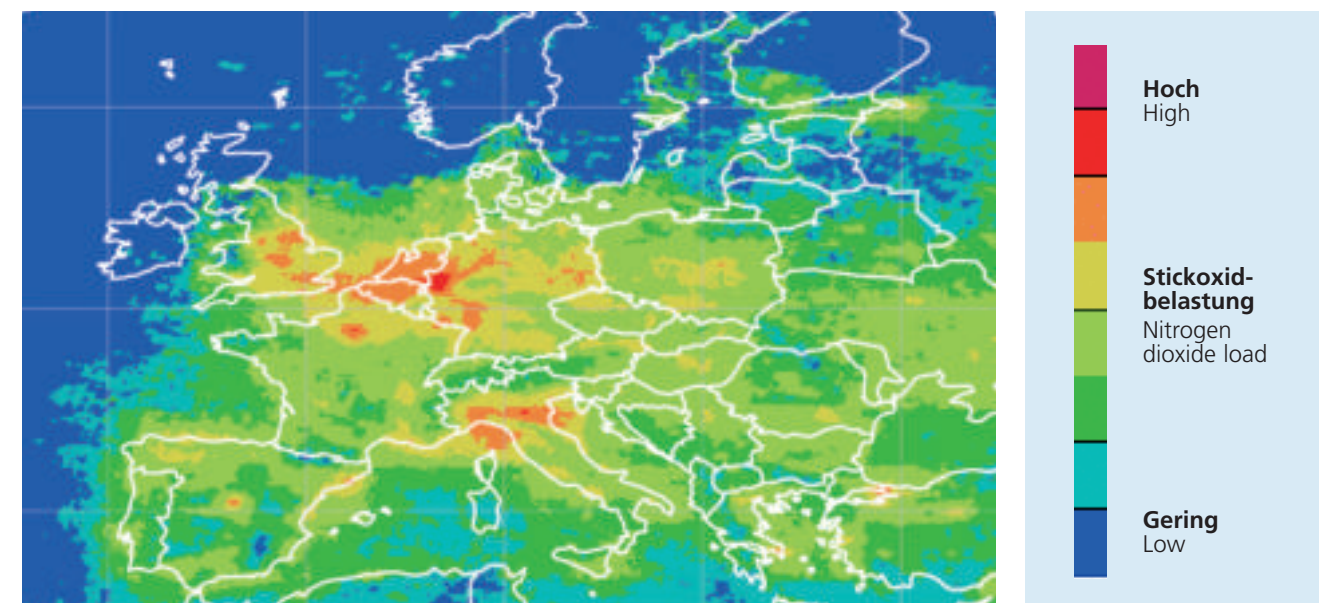
Focus on science

Remote sensing by satellite has become an important tool in solving urgent scientific questions. Without satellite data, atmospheric, climate, geoscience, polar and marine research would be unthinkable now. In these fields of research, the Federal Republic occupies a leading position on the international plane. Germany's science and industry both made major contributions towards the development of international Earth observation. ESA's environmental-satellite and science programs (living planet program) were largely shaped by German scientists. The DLR's institutes at Oberpfaffenhofen are 'centers of excellence' for the reception and processing of data from Earth observation missions.

The science focus aims for

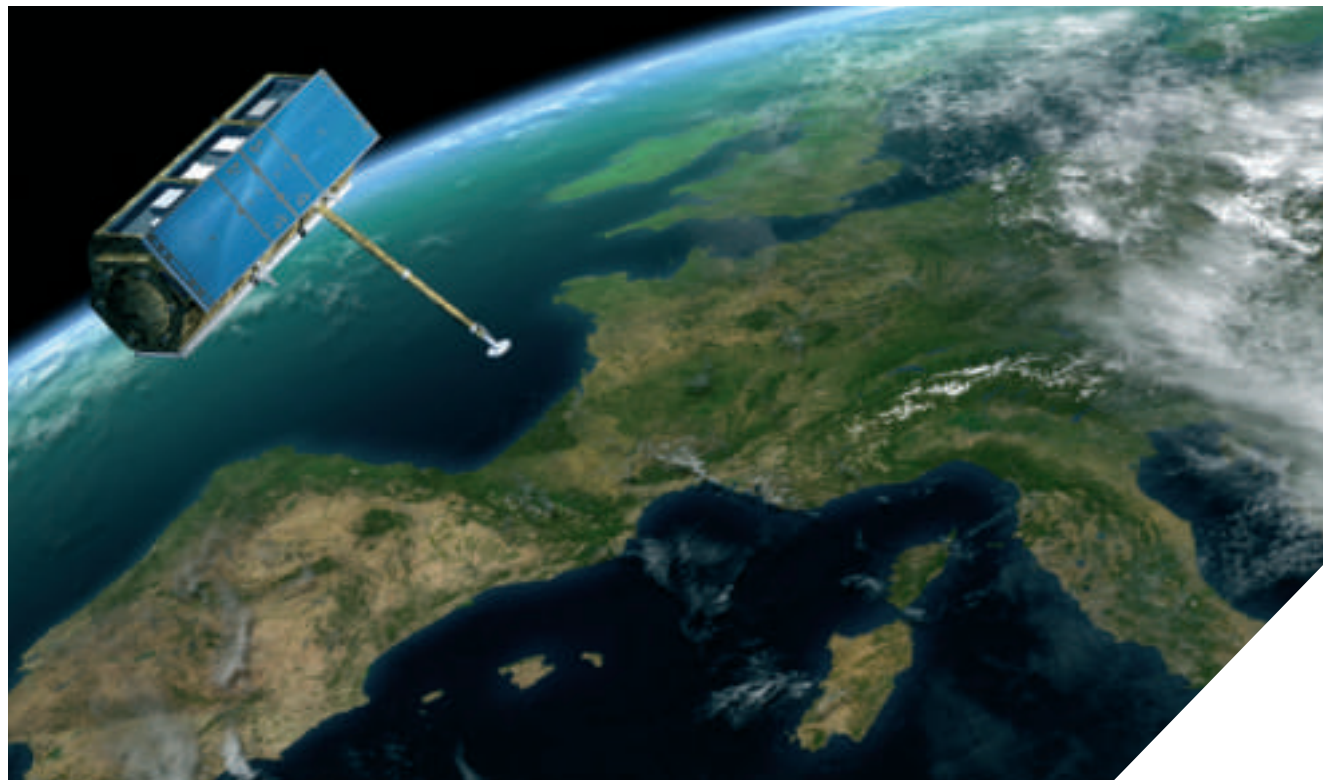
- the development of indispensable new Earth-observation methods and applications,
- integration in international programs, particularly those of ESA and the EU,
- sustained availability of remote-sensing data, and
- consistent promotion of young academics.

EnMAP (environmental mapping and analysis program) is a project designed first and foremost to serve scientific research because of its pioneering methodology. Proposed by the Potsdam Georesearch Center, currently undergoing its definition phase, in contract under Kayser-Threde GmbH. It will be equipped with a hyperspectral instrument on completion. Using more than 200 measuring channels, hyperspectral instruments register the sunlight reflected by Earth at wavelengths ranging from visible light to near-infrared, thus providing detailed information about vegetation, land use, rock surfaces and water quality.



Mittlere Werte der Stickstoffdioxid-Konzentration über Europa für den Zeitraum Dezember 2003 bis November 2004, aufgezeichnet vom deutsch-niederländischen Atmosphärensensor SCIAMACHY auf dem ESA-Umweltsatelliten ENVISAT (Universität Bremen)

Medium Values of Nitrogen Dioxide Concentration over Europe for the Period December, 2003 till November, 2004, Recorded by the German-Dutch Atmospheric Sensor SCIAMACHY on ESA's Environmental Satellite ENVISAT (University of Bremen)



Der deutsche Radar-Erdbeobachtungssatellit TerraSAR-X über Europa

The German Radar Earth-observation Satellite TerraSAR-X over Europe

Jeder dieser Kanäle erfasst ganz spezifische Informationen wie zum Beispiel den Stickstoffgehalt von Pflanzen oder die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine. Bislang kommt diese Technologie ausschließlich in Flugzeugen zum Einsatz. Daher sind sowohl die Größe des beobachteten Gebiets als auch die zeitliche Dauer der Aufnahme begrenzt. ENMAP startet voraussichtlich im Jahr 2011 und soll dann für mindestens fünf Jahre die Erdoberfläche systematisch abtasten. Durch die Wahl einer sonnensynchronen Umlaufbahn in 643 Kilometern Höhe kann der Satellit jeden Punkt der Erde innerhalb von vier Tagen zweimal überfliegen.

Auf diese Weise eignet sich das System hervorragend zur Analyse räumlich-zeitlicher Veränderungen, wie sie bei Vegetationszyklen oder Erosionsprozessen vorkommen. Wissenschaftler können beispielsweise nicht nur die Schädigung der Vegetation durch Luftschadstoffe oder die Nährstoffversorgung von Ackerflächen erkennen, sondern auch die Veränderungen in der Gewässergüte oder den Grad der Bodenverschmutzung. Sie erhalten genaue Angaben über die biophysikalische, biochemische und geochemische Zusammensetzung der Erdoberfläche. So kommen sie dem langfristigen Ziel ein Stück näher, das Ökosystem Erde im Rahmen eines Monitoring kontinuierlich zu überwachen.

Schwerpunkt Routineanwendungen

GMES (Global Monitoring for Environment and Security) ist eine europäische Initiative zur Errichtung einer Infrastruktur für die globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung. Ihr Ziel ist es, Politik und Behörden aktuelle Informationen über Entwicklung und Zustand der Umwelt sowie über zivile Risiken für die Bevölkerung zur Verfügung zu stellen. Diese Informationen bilden die Grundlage für Entscheidungen, die den nachfolgenden Generationen Ressourcen sichern, aber auch unmittelbar Leben und Güter schützen sollen.

Each channel is dedicated to a specific information item including, for example, the nitrogen content of plants and the mineralogical composition of rocks. So far, this technology has been used only in aircraft, which limits both the extent of the area observed and the duration of each survey. ENMAP will probably be launched in 2011, after which it will scan the Earth's surface systematically at an altitude of 643 kilometers, the satellite will fly across each and every point on Earth twice within four days.

This being so, the system will be eminently suited to analyzing spatial and temporal changes such as those associated with vegetation cycles and erosion processes. Scientists will be able not only to detect any damage to the vegetation caused by air pollutants and the degree to which arable land is supplied with nutrients but also changes in water quality or in the degree of soil pollution. They will have exact data about the biophysical, biochemical and geochemical composition of the Earth's surface, bringing them a good deal closer to their long-term goal of continuously monitoring the ecosystem of the Earth.

Focus on routine application

GMES (global monitoring for environment and security) is a European initiative to set up an infrastructure for environmental and security monitoring on a global scale. Its objective is to supply politicians and government authorities with up-to-date information about the development and state of the environment as well as about risks threatening the civil population. Such information will form the basis for decisions intended to secure resources for future generations as well as to protect the lives and property of people here and now.



Staatliche Organisationen auf internationaler, europäischer und regionaler Ebene werden von diesen Informationen profitieren. Der konkrete europäische Bedarf an aktuellen Informationen ist von der Europäischen Kommission in einem Weißbuch festgelegt worden. Dieses schreibt darüber hinaus auch einen Aktionsplan für die Umsetzung der europäischen Raumfahrtspolitik fest. Im Zuge des Aufbaus von GMES werden deutsche Einrichtungen eine herausragende Bedeutung erlangen können.

Vision 2025: Google Earth ist erst der Anfang

Das Deutsche Raumfahrtprogramm soll im Zeitalter des Klimawandels die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen für eine routinemäßige Nutzung aktueller Geo-Informationen schaffen. Dies wiederum ist die Grundlage für ein effizienteres globales Wirtschaften, für informierte Entscheidungen in Politik und Verwaltung sowie für globale Umwelt-Wirkungsvorhersagen.

In einem ausgewogenen Zusammenspiel nationaler, europäischer und globaler Programme und Initiativen ist die Raumfahrt-Agentur auf einem guten Wege, dieses Ziel in einigen Jahren zu erreichen.

Damit wird die weltraumgestützte Erdbeobachtung unverzichtbarer Lieferant globaler, homogener und aktueller flächendeckender Daten und Informationen. Produkte der Erdbeobachtung werden über Datenservices in viele Arbeitsbereiche der Wirtschaft, der Verwaltung und der Wissenschaft integriert sein. Der Öffentlichkeit werden sich neue Möglichkeiten eröffnen, sich schnell und umfassend über den aktuellen Zustand und über Veränderungen auf unserer Erde zu informieren. Diese Kenntnisse werden mit Ortsinformationen kombiniert und dem Nutzer an jedem gewünschten Punkt der Erde über das Internet oder mobile Kommunikationswege zur Verfügung gestellt.

Die deutsche Industrie wird mit ihren technologisch hoch qualifizierten Arbeitskräften hierbei eine herausragende Rolle spielen. Denn das deutsche Modell der Raumfahrt-PPPs hat sie auf effiziente, privatwirtschaftliche Raumfahrtprojekte vorbereitet, die wesentlich zu den Datenservices beitragen. Zusätzlich zu den nationalen Missionen versorgen GMES und EUMETSAT-Systeme und -Services europäische Nutzer zuverlässig mit Geoinformationen. Dabei ist der institutionelle Nutzer „Europäische Kommission“ integraler Bestandteil der Planung und Finanzierung für europäische Missionen, die von der ESA und den europäischen Firmen realisiert werden.

Dr. Hans-Peter Lüttenberg ist Leiter der Abteilung Erdbeobachtung in der DLR Raumfahrt-Agentur.

Governmental organizations at the international, European and regional level stand to benefit from such information. What Europe currently needs in the way of up-to-date information has been defined in concrete terms in a white paper prepared by the European Commission. In the same paper, a plan of action was formulated for implementing Europe's space policy. German institutions will be able to acquire a status of great eminence while GMES is being set up.

Vision 2025: Google Earth is no more than a beginning

In this age of climate change, Germany's space program aims to create scientific and technical conditions that permit using up-to-date geoscience information on a routine basis. This, in turn, provides the necessary groundwork for more efficient global management, for better-informed political and administrative decisions, and for global environmental-impact forecasts.

The Space Agency is now well on its way towards achieving this goal through a well-balanced mix of national, European and global programs and initiatives.

Space-based Earth observation will thus become an indispensable provider of global, homogeneous, up-to-date and comprehensive data and information. Data services will see to it that Earth-observation products are integrated in many fields of economic, administrative and scientific activity. There will also be new opportunities for members of the public to inform themselves quickly and comprehensively about the current state of the Earth and any changes in it. Combined with local data, this information will be available to users everywhere on Earth

either through the Internet or through mobile communication routes.

Thanks to the outstanding technological qualification of its workforce, Germany's industry will play an eminent role in these developments. Equipped by the German space PPP model, the private sector is now ready to efficiently handle space projects that contribute a great deal towards data services. In addition to a variety of national missions, the systems and services associated with GMES and EUMETSAT will supply European users with reliable geoscience information. As an institutional user, the European Commission is fully integrated in the planning and funding of European missions that will be implemented by ESA and the industrial firms of Europe.

Dr. Hans-Peter Lüttenberg heads the Earth observation department at the DLR Space Agency.

Im Focus: Die Europäische Union

Europäische Weltraumpolitik

Von Dr. Claudia Lindberg

Mit der EU tritt ein neuer Akteur auf die europäische Raumfahrtbühne. Die ESA – seit mehr als 30 Jahren das Zentrum der europäischen Raumfahrt – bekommt mit ihr einen neuen Partner. Für die EU ist seit geraumer Zeit klar, dass Europa eine starke Raumfahrt braucht: In der Verkehrssteuerung, der Landwirtschaft, im Umweltschutz, in Krisenprävention und -management, der inneren und äußeren Sicherheit oder schlicht als Motor für Innovationstechnologien. Viele der politischen und gesellschaftlichen Ziele der EU lassen sich nur mit Raumfahrttechnologien effektiv und effizient erreichen.

Kommt ein neuer Spieler dazu, werden die Karten neu gemischt. Neue Ziele, Ambitionen und Interessenslagen müssen harmonisiert werden. Zudem gilt es, die Vielzahl von Kompetenzen und Aktivitäten in Europa besser zu vernetzen und schließlich die Rollen von ESA und EU sowie der Mitgliedstaaten abzustimmen. Der Schlüssel dazu soll eine gemeinsam formulierte europäische Raumfahrtspolitik sein. Zu diesem Zweck haben ESA und EU ein gemeinsames Gremium auf Ministerebene, den Weltraumrat (Space Council), aus der Taufe gehoben. Der Weltraumrat, bestehend aus 27 Mitgliedstaaten von EU und ESA, soll sich auf eine von allen getragene European Space Policy (ESP) verständigen. Die neue europäische Weltraumpolitik wird von einer Gruppe hochrangiger Vertreter der Mitgliedstaaten (High-Level Space Policy Group) vorbereitet, die vom Gemeinsamen ESA/EU-Sekretariat unterstützt wird.

Am Schluss der Beratungen soll eine European Space Policy stehen, welche die Ziele und Schwerpunkte der europäischen Raumfahrt für die nächsten 10–15 Jahre darlegt. Das ist bei den zum Teil stark divergierenden Interessen und der Vielzahl der Beteiligten selbstredend kein leichtes Spiel. Die Akteure haben sich aber in bisher drei Sitzungen des Weltraumrats zusammengerufen und sich darauf geeinigt, eine auf klare Ziele ausgerichtete Strategie zu schaffen und die bestehenden Aktivitäten von EU, ESA und den Mitgliedstaaten in einem Raumfahrt-Programm zusammenzuführen. Nach Ansicht von EU-Kommissar Verheugen machte man damit einen „Riesenschritt vorwärts“.

Ziel ist es, die europäische Weltraumpolitik auf einem Space Council im ersten Halbjahr 2007 unter deutscher EU-Ratspräsidentschaft zu verabschieden. Ein erster Entwurf soll bis zum Jahresende vorliegen und dann finalisiert werden.

Und was gen neue (Raumfahrt-) Horizonte segelt, braucht auch Flaggschiffe. Mit dem Satellitennavigationsprogramm GALILEO und dem satellitengestützten Umwelt- und Sicherheitssystem GMES will Europa ein deutliches Zeichen seiner künftigen Raumfahrtspolitik setzen. Europäische Souveränität und Partnerschaftsfähigkeit auf globaler Ebene setzen eben auch die entsprechenden technologischen Fähigkeiten voraus. Der Zugang zum Weltraum und eigene Satellitenkapazitäten für die Lagebeurteilung in kritischen Situationen, Navigation und Ortung sowie eine ortsunabhängige Kommunikation sind für Europa entscheidende Voraussetzungen, um autonom und eigenverantwortlich agieren zu können.

Auch in der Rollenverteilung hat man sich schon weitgehend geeinigt: Die ESA wird primär für die Entwicklung der technischen Grundlagen und die Erforschung des Weltraums zuständig sein. Die Rolle der EU besteht darin, aus Sicht der Nutzer sinnvolle

In Focus: The European Union

European Space Policy

By Dr. Claudia Lindberg

A new actor is appearing on the stage of European astronautics – the EU, a new partner for ESA which has been at the hub of European astronautics for more than 30 years. The EU has been aware for some time that Europe needs a powerful space sector for traffic control, agriculture, environmental protection, crisis prevention and management, internal and external security, or, quite simply, as an engine to power innovative technologies. Many of the EU's political and societal targets can be reached effectively and efficiently only with the aid of space technologies.

Whenever a new player joins a game, the cards must be reshuffled. New goals, ambitions and interests must be harmonized with other actors. Furthermore, the networks that hold Europe's multifarious competences and activities together must be improved, and the roles of ESA, the EU, and their member states must be brought into line. The key to all this will be a jointly-formulated European space policy. For this purpose, the ESA and the EU together created a body at the ministerial level called the Space Council. Comprising 27 EU and ESA member states, the Space Council will formulate a European space policy (ESP) that is supported by all parties. The ground for this new European space policy will be prepared by a group of high-ranking representatives of the member states (high-level space policy group) with the support of the Joint ESA-EU Secretariat.

The end of the deliberations will be marked by the creation of a European space policy defining the objectives and focal points of European astronautics for the next 10 to 15 years. Needless to say, this will not be easy, given the number and – sometimes widely – divergent interests of the parties involved. In the three meetings held by the Space Council so far, however, the players did succeed in hammering out an agreement on formulating a strategy that aims for clearly-defined objectives as well as on merging the activities hitherto conducted by the EU, ESA, and their member states in a single space program. In the opinion of EU Commissioner Verheugen, that was 'a huge leap forward'.

The objective is to have the European space policy adopted at a meeting of the Space Council in the first half of 2007 during Germany's tenure of the EU Council presidency. A first draft will be ready by the end of the year, to be finalized later.

Whoever sets sail for new (space) horizons needs a flagship. The satellite navigation program GALILEO and the satellite-based environmental and security system GMES will set distinctive landmarks in Europe's future space policy. At the global level, Europe's sovereignty as well as its eligibility for partnerships are predicated on adequate technological capabilities. Europe's ability to act autonomously and responsibly crucially depends on access to space, on having its own satellite capacities for assessing critical situations as well as for navigation and positioning, and on location-independent communication facilities.

The Council also managed to agree broadly on how the roles should be distributed: While ESA will be primarily responsible for developing basic technologies and exploring space, the role of the EU will be to identify and promote space-technology applications that make sense from the point of view of users in environmental protection, security, information, transportation etc. Similarly, an agreement was reached on formulating industrial policies tailored



GALILEO verfolgt den Verkehr mit genauesten Navigationsdaten (ESA/Astrium)

GALILEO Supplies Transport Systems with most Accurate Navigation Data (ESA/Astrium)

Raumfahrtanwendungen für Umweltschutz, Sicherheit, Information, Verkehr usw. zu identifizieren und zu fördern. Darüber hinaus besteht Einvernehmen darin, den Besonderheiten des Raumfahrtsektors mittels einer maßgeschneiderten Industriepolitik Rechnung zu tragen. Wichtige noch zu klärende Diskussionspunkte sind Fragen zum Wettbewerb auf dem Weltmarkt, zur europäischen Eigenständigkeit beim Zugang zum Weltall, der Beschaffung wichtiger technologischer Bauteile, zur Nutzung von Raumfahrt für die Sicherheit sowie zur Reform der ESA in Hinblick auf die Aufnahme neuer Mitgliedstaaten sowie die Übernahme von Managementaufgaben für die EU.

7. Forschungsprogramm (2007-2013)

Die inhärenten Vorteile von Raumfahrt für ihre Politiken hat die EU schon länger im Visier. Schon im jetzt auslaufenden 6. Forschungsrahmenprogramm wurden Raumfahrtthemen gefördert – mit klarer Präferenz für die Anwendungsthemen. Das wird sich auch im 7. Forschungsrahmenprogramm fortsetzen. Raumfahrt wird als einer von rund zehn thematischen Schwerpunkten des Spezifischen Programms „Zusammenarbeit“ aufgeführt. Weltraum gestützte Anwendungen im Dienste der Europäischen Union stehen dabei im Fokus: Das ist insbesondere die Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung (GMES), aber auch die Sicherheitsaspekte von Satellitensystemen und die Anwendung der Satellitenkommunikation. Daneben wird es auch einige Begleitaktivitäten zur Stärkung der raumfahrttechnischen Grundlagen und der Weltraumwissenschaften geben.

Aktivitäten mit Bezug zur Raumfahrt werden auch – in begrenztem Ausmaß – in anderen thematischen Prioritäten wie IST (Informations- und Kommunikationstechnologien), NanoMatPro, Umwelt und Verkehr gefördert. GALILEO beispielsweise wird im Verkehrsbereich mit 50 Millionen Euro pro Jahr berücksichtigt; zusätzlich gibt es eine eigene „Infrastrukturlinie“ für die Aufbau- und Betriebsphase von GALILEO, die mit 900 Millionen Euro außerhalb des 7. Forschungsrahmenprogramms dotiert ist.

Der EU-Forschungsrat hat am 25. September 2006 seinen „gemeinsamen Standpunkt“ zum Rahmenprogramm beschlossen. Das Europäische Parlament wird sich in 2. Lesung am 29.11.2006 mit dem neuen Forschungsrahmenprogramm befassen. Die „Spezifischen Programme“ wurden im Rat am 14. November 2006 im Europäischen Parlament angehört, ebenso die Beteiligungsregeln, die gleichfalls noch vom Europäischen Parlament beschlossen werden müssen.

Die Zeit drängt: Die endgültigen formalen und rechtlichen Entscheidungen im Einvernehmen zwischen Rat, Kommission und Parlament müssen bis Ende 2006 getroffen werden, damit das 7. Forschungsrahmenprogramm wie geplant Anfang 2007 während der deutschen EU-Ratspräsidentschaft starten kann.

Dr. Claudia Lindberg ist Fachgruppenleiterin EU-Angelegenheiten und Nationale Kontaktstelle Raumfahrt in der DLR Raumfahrt-Agentur.

to the specific requirements of the space sector. Major discussion items that still await settlement include issues relating to competition on the global market, European independence in access to space, the procurement of important technological components, the use of space technologies in security, and the reforms that will be required to fit ESA for the adoption of new member states and the assumption of management functions on behalf of the EU.

7th Research Framework Program (2007-2013)

For quite some time now, the EU has been keeping an eye on the inherent advantages of astronautics for its policy. Even under the 6th research framework program that is now nearing its end, the EU promoted space-related projects with a clear preference for application-oriented issues. The 7th research framework program is expected to continue along those lines. Astronautics is one of the ten or so focal points listed within the specific cooperation program. The program promotes space-based applications serving the European community, focusing on global monitoring for environment and security (GMES) as well as on safety aspects of satellite systems and the practical application of satellite communication. In addition, there will a number of supporting activities to strengthen space sciences and the technical foundations of astronautics.

To a limited extent, space-related activities will be promoted under other high-priority items such as IST (information and communication technologies), NanoMatPro, and environment and transportation. In the transportation sector, for instance, GALILEO will be awarded 50 million Euros per year; in addition, there will be an 'infrastructure line' dedicated to the set-up and operation phase of GALILEO on which 900 million Euros will be spent outside the 7th research framework program.

On September 25, 2006 the EU Research Council adopted a 'common position' on the framework program. The second reading of the new research framework program at the European Parliament is scheduled for November 29, 2006. The 'specific programs' have been heard by the Council on November 14, 2006, and the same holds true for the rules of participation which will similarly have to be approved by the European Parliament.

Time is short: all requisite formal and legal decisions will have to be finalized by agreement between the Council, the Commission, and the European Parliament before the end of 2006 so that the 7th research framework program may be launched as scheduled early in 2007, during Germany's tenure of the EU Council presidency.

Dr. Claudia Lindberg heads the specialized group on EU affairs and the national space contact unit at the DLR Space Agency.

Pflanzen im freien Fall Plants in Free Fall

Im Gespräch mit Dr. Markus Braun

Von Diana Gonzalez

Dr. Markus Braun hat als Biologe von 1996–2006 am Institut für Molekulare Physiologie und Biotechnologie der Pflanzen (IMBIO) der Universität Bonn gearbeitet. Als Leiter der Arbeitsgruppe Gravitationsbiologie nahm er mit seinem Team mehrfach an Parabelflug-Kampagnen des DLR sowie der ESA teil. Seit September 2006 ist er für die Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen der DLR Raumfahrt-Agentur tätig.

Herr Braun, womit befasst sich die Gravitationsbiologie?

Dr. Markus Braun: Die Gravitationsbiologie befasst sich mit der Fähigkeit der Pflanzen, Schwerkraft wahrnehmen zu können.

Talking to Dr. Markus Braun

By Diana Gonzalez

From 1996 to 2006, Dr. Markus Braun worked as a biologist at the Institute of Plant Molecular Physiology and Biotechnology (IMBIO) of the University of Bonn. In his capacity as head of the working group on gravitational biology, he participated in a number of DLR and ESA parabolic-flight campaigns together with his team. He began working for the department of research under space conditions at the DLR Space Agency in September 2006.

Mr. Braun, what is the subject matter of gravitational biology?

Dr. Braun: In gravitational biology, we study the ability of plants



Dr. Markus Braun in Schwerelosigkeit

Dr. Markus Braun in Weightlessness



Diese Fähigkeit besitzt fast jede Pflanze, selbst jedes Organ einer Pflanze. Wenn ein Samenkorn in die Erde gelegt wird, „weiß“ die Keimwurzel sofort, wo oben und unten ist und wächst gerade nach unten, um Nährstoffe und Wasser aufzunehmen. Der Spross hingegen wächst sehr schnell nach oben, um ans Licht zu gelangen. Dort kann er Photosynthese betreiben, also Zucker produzieren, und die Pflanze so mit Energie versorgen. Die Fähigkeit zur Wahrnehmung und Ausrichtung nach der Schwerkraft haben aber nicht nur Spross und Wurzel, sondern auch Seitenästchen, Blätter und Blüten.

In der Pflanze geht dabei Folgendes vor sich: In speziellen Schwerkraft wahrnehmenden Zellen befinden sich kleine Partikel, die Statolithen. Nach Lageveränderungen werden diese Schwerepartikel in Richtung der Erdanziehungskraft verlagert. Sensormoleküle, so genannte Rezeptoren, registrieren diese Verlagerung und setzen eine Kette von Reaktionen in Gang. Diese bewirken eine lokale Änderung des Wachstums, wodurch die Pflanze ihre Lage korrigiert. So können sich beispielsweise Getreidehalme nach einem Sturm wieder aufrichten und die Ähren verfaulen nicht auf dem Erdboden.

Wir untersuchen bei unseren Experimenten genau den Mechanismus, mit dem die Pflanzen die Schwerkraft wahrnehmen. Uns interessieren die zellulären und molekularen Grundlagen, die dahinterstecken und wie die Reaktion stattfindet.

Sie forschen unter den Bedingungen des Weltraums, um Fragen, die sich auf der Erde stellen, zu beantworten. Macht das Sinn?

Dr. Markus Braun: Ja. Wenn man eine so genannte Signal-Reaktionskette untersucht, also einen Wahrnehmungs- und einen Antwortmechanismus, dann benötigt man eine Nullposition, einen reizfreien Zustand. Man knipst das Licht aus, wenn man Phototropismus, also die Ausrichtung der Pflanze nach Licht, untersuchen will. Wenn Sie aber schwerkraftorientiertes Wachstum untersuchen möchten, ist es recht schwierig, den Schwerkraftvektor auszuschalten. Vollkommene Reizfreiheit gibt es da nicht.

Die besten Experimentiermöglichkeiten bietet der Weltraum. Aber selbst dort herrscht keine wirkliche Schwerelosigkeit, sondern nur eine Aufhebung der Kräfte. Auf der Erde gibt es die Möglichkeit, den freien Fall zu nutzen. Gute Voraussetzungen bieten hier die Experimentiermöglichkeiten in Parabelflügen.

Und wie hat man sich so ein Parabelflugexperiment vorzustellen?

Dr. Markus Braun: Wir haben zwei verschiedene Arten von Experimenten durchgeführt: einmal mit niederen und einmal mit

to perceive gravity. Almost all plants and even almost all organs within a plant have that ability. When a seed is placed in the earth, the germ root 'knows' immediately which direction is up and which is down, growing straight downward to absorb nutrients and water. The shoot, on the other hand, grows upward very quickly to get to the light. Once there, it begins producing sugar by photosynthesis to supply the plant with energy. This ability to perceive and orientate themselves towards gravity is shared not only by shoots and roots but also by branches, leaves and blossoms.

What happens in a plant is this: Dedicated cells able to perceive gravity contain small particles called statoliths. Whenever the orientation of a plant is changed, these gravity particles shift back into the direction of the Earth's gravitation. Registering these shifts, sensor molecules called receptors initiate a chain of reactions which cause local growth changes that permit the plant to correct its orientation. Grain stalks, for instance, are enabled by this mechanism to right themselves again after a storm so that ears do not rot on the ground.

In our experiments, we scrutinize the mechanism which plants use to perceive gravity. We are interested in the cellular and molecular background as well as in the manner in which the reaction takes place.

You conduct research under space conditions to find answers to questions that pose themselves on Earth. Does that make sense?

Dr. Braun: Yes, it does. To investigate a so-called signal-reaction chain, a mechanism involving a perception and a response to it, you need a zero point, a state that is free from stimulation. If you want to study phototropism, meaning the orientation of a plant towards the light, you switch off the light. If you want to study gravity-oriented growth, however, eliminating the vector of gravity completely is quite difficult. There is no complete absence of stimulation. While space does offer the best opportunities for experimenting, what you have there is not true weightlessness but merely a neutralization of opposing forces. On Earth, you have the option of using the state of free fall, with parabolic flights offering particularly good opportunities for experimenting.

And how would you describe such a parabolic-flight experiment?

Dr. Braun: We ran two different kinds of experiment involving lower-order and higher-order plants. In our experiments with lower-order plants we used the long tubular cells (rhizoids) of a species of green algae called Chara as a monocellular model of a gravity-perceiving cell. Orienting itself very quickly, it will bend within no more than two hours in the direction of the Earth's gravity. If you rotate these cells by 90 degrees, you can see the statoliths moving to the



höheren Pflanzen. Bei den Versuchen mit niederen Pflanzen benutzen wir die langen, schlauchförmigen Zellen (Rhizoide) der Grünalge Chara als einzelliges Modellsystem für eine Schwerkraft wahrnehmende Zelle. Sie orientiert sich sehr schnell und krümmt sich bereits innerhalb von zwei Stunden in Richtung der Erdanziehungskraft. Wenn man diese Keimlinge um 90 Grad dreht, kann man erkennen, wie die Statolithen durch die Schwerkraft auf die untere Zellseite verlagert werden. Wir wollten überprüfen, wie diese Verlagerung auf den Rezeptor von der Zelle wahrgenommen wird.

Es gab zwei Möglichkeiten, wie dies funktioniert: Entweder drückt das Schwerepartikelchen auf das Rezeptormolekül, um dieses zu aktivieren. Dann würde es sich um einen Mechanorezeptor handeln. Oder aber es würde bereits ausreichen, wenn der Statolith ohne Druck in Kontakt mit dem Rezeptor kommt. In diesem Fall läge ein Kontaktrezeptor vor.

Um herauszufinden, um welche Art von Rezeptor es sich handelt, haben wir vor den Parabelflügen hunderte von Chara-Rhizoiden in Agar, einer Art Geliermittel, angezogen. Diese wurden vor Beginn der ersten Parabel um 90 Grad gedreht. Nach zwei Stunden Parabelflug wurde der Krümmungswinkel der Pflanzenzellen untersucht. Das Ergebnis haben wir dann mit dem von einer Kontrollgruppe verglichen. Diese Gruppe war ebenfalls den Bedingungen des Parabelflugs ausgesetzt. Sie wurde jedoch während der Schwerelosigkeitsphase mit 1G beschleunigt, sodass sie weiterhin der Schwerkraft ausgesetzt war.

Bei identischem Krümmungswinkel hätten beide Gruppen gleich stark auf den Lagewechsel reagiert, obwohl die Statolithen der ersten Gruppe während der Schwerelosigkeitsphasen keinen Druck auf die Rezeptoren ausüben konnten. Dies wäre der Beweis dafür, dass ein Kontaktrezeptor vorliegt. Wäre der Krümmungswinkel hingegen unterschiedlich ausgeprägt, würde dies für einen Mechanorezeptor sprechen. Wir konnten feststellen, dass bei Chara-Rhizoiden nicht der Druck, sondern direkte Wechselwirkungen der Statolithen bei Kontakt mit dem Rezeptor eine Reaktion auslösen.

Nun wollten wir möglichst schnell überprüfen, ob dies bei den höheren Pflanzen auch so ist. Das Parabelflugexperiment lief ganz ähnlich ab wie bei den Chara-Rhizoiden, nur dass wir für diesen Versuch Keimlinge der Acker-Schmalwand (Arabidopsis) verwendet haben. Das Ergebnis war für alle überraschend: Wir konnten erstmalig nachweisen, dass es sich hier ebenfalls um einen Kontaktrezeptor handelt.

lower part of the cell under the influence of gravity. We wanted to check how the cell perceives this shift towards the receptors.

There were two possible ways in which the process could work: Either the gravity particle activates the receptor molecule by pressing on it, in which case we would be looking at a mechanical receptor. Or it would be enough for the statolith to come into contact with the receptor without exerting any pressure, in which case we would be looking at a contact receptor.

To find out which type of receptor operates in this case, we bred hundreds of Chara rhizoids in agar, a kind of gelling agent, before starting out on the flight campaign. Before the first parabola, we rotated these rhizoids by 90 degrees. At the end of the two-hour campaign, we checked the bend angle of the plant cells. The results were compared with those obtained from a control group which was similarly exposed to the conditions of parabolic flight but accelerated at 1G during the phase of weightlessness, making sure that it was exposed to gravity continuously.

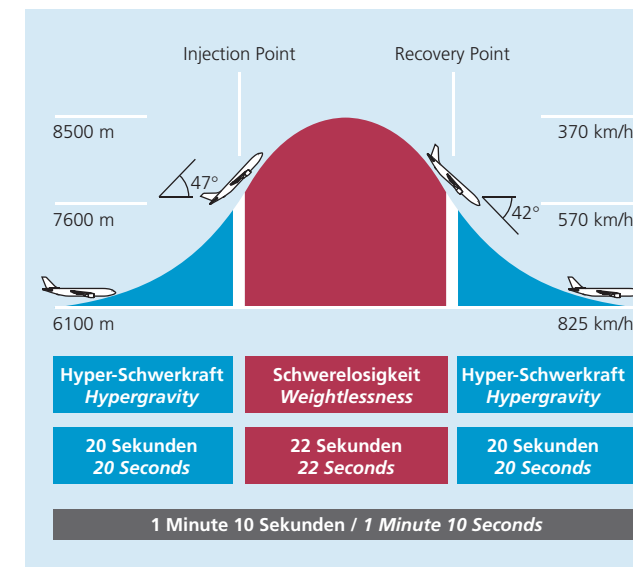
If the bend angles had been identical, both groups would have responded to the change of orientation with similar intensity although the statoliths of the first group did not press on the receptors during the phases of weightlessness. This would have been proof of a contact receptor mechanism. On the other hand, differences in the bend angles would have indicated a mechanical receptor. We were able to establish that it is not pressure but direct interaction between statoliths and receptors that triggers a reaction in Chara rhizoids.

Now, of course, we were in a hurry to check whether this is the same in higher-order plants. This parabolic-flight experiment took a quite similar course to that with the Chara rhizoids, only we used germlings of the mouse-ear (Arabidopsis) in this case. The result was a surprise for everyone: For the first time, we were able to demonstrate that this receptor mechanism operates by contact as well.

What is more, our video microscopy records enabled us to document that the statoliths did not migrate away during the brief phase of weightlessness but remained in contact with the receptors.

What was the response to these new insights?

Dr. Braun: We published the results we obtained from the Chara rhizoids last year. The response was very lively because this was the first time that anyone had characterized such a gravity recep-



Mit freundlicher Genehmigung durch Kpt. Gilles Le Barzic
With kind authorization by Captain Gilles Le Barzic

Mithilfe der Videomikroskopie konnten wir zudem dokumentieren, dass der Statolith während der kurzen Schwerelosigkeitsphase nicht weggewandert ist, sondern mit dem Rezeptor in Kontakt blieb.

Wie waren die Reaktionen auf diese neuen Erkenntnisse?

Dr. Markus Braun: Wir haben im letzten Jahr die Ergebnisse über das Chara-Rhizoid veröffentlicht. Die Resonanz darauf war sehr groß, weil es das erste Mal war, dass man solch einen Schwerkraftrezeptor charakterisiert hat. Die Wissenschaftler waren sehr erstaunt, dass es sich dabei um einen Kontaktrezeptor handelt. Bislang war man davon ausgegangen, dass ein Mechanorezeptor vorläge. Noch viel überraschender wird für die Forschungsgemeinde sein, dass dies bei den höheren Pflanzen vermutlich ähnlich ist. Wir werden das hoffentlich in den nächsten Wochen publizieren können.

Wie sieht es denn mit der Anwendbarkeit der Forschungsergebnisse aus? Sind diese Experimente nicht reine wissenschaftliche Spielerei?

Dr. Markus Braun: Ja, auf eine gewisse Art und Weise ist das Spielerei. Doch aus Spielerei entsteht häufig Innovation und aus geplanter Forschung entsteht in der Regel nichts Neues. Wir haben auch gespielt und überlegt: Mit welchen Methoden können wir dieser Zelle ihre Geheimnisse entlocken? Daraus entstand dann ein Versuch und bisher war diese Vorgehensweise sehr erfolgreich. Es kam immer ein überraschend neues Ergebnis dabei heraus.

Sie haben bisher in der Forschung gearbeitet. Jetzt wechseln Sie zur Raumfahrt-Agentur des DLR, wo Sie in der Abteilung für Forschung unter Weltraumbedingungen tätig sind. Welche Erwartungen haben Sie an Ihre neue Stelle, was haben Sie sich vorgenommen?

Dr. Markus Braun: Meine Erwartung an meine neue Stelle ist, dass ich viel mitbringen kann von meiner jetzigen Arbeit an der Universität und dass ich meine Kenntnisse und Erfahrungen hier einsetzen kann. Ich hoffe, dass ich nun die Möglichkeit habe, weitere Wissenschaftler zu fördern und denke, dass ich das Know-how mitbringe, um wissenschaftliche Experimente beurteilen zu können. Ich glaube auch, dass ich das nötige Verständnis habe, um solche Experimente zu begleiten und ihnen zu einem Erfolg verhelfen zu können.

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

Parabelflug
Parabolic Flights

tor. Scientists were amazed that these receptors should be contact receptors, for everyone had assumed until then that they operate on a mechanical basis. The research community will be even more surprised to learn that the same holds probably true for the higher-order plants. We hope to be able to publish within a few weeks.

How about the usefulness of your research results in practice? Aren't these experiments really nothing more than scientific gimmicks?

Dr. Braun: Yes, they are in a certain sense. But gimmicks frequently result in innovations, while planned research produces nothing new as a general rule. We played our own games, thinking what methods we might use to make that cell reveal its secrets. This resulted in an experiment, an approach that has been highly successful so far. The results it produced have been surprising every time.

So far, you have been active in research. Now, you are changing to the DLR Space Agency where you will be working in the department for research under space conditions. What do you expect of your new job, and what are your plans?

Dr. Braun: In my new job, I expect to use much that I have acquired in my current job at the university, and to apply my knowledge and experience. I hope to be able to promote other scientists, and I think that I have the necessary know-how to assess scientific experiments. Moreover, I believe that I have the degree of understanding that is required to support such experiments and make them a success.

Diana Gonzalez is a web editor at the DLR Space Agency.

Raumfahrtkalender

Termin Ereignis

2006

7. Dezember	Start STS 116, Space Shuttle Discovery, von Cape Canaveral mit Rückflug Thomas Reiter
8. Dezember	Start Ariane 5 ECAT mit Wild Blue 1/AMC 18 von Kourou
19. Dezember	Start SAR-Lupe mit Kosmos 3M von Plesetsk und Landung Thomas Reiter
20. Dezember	Start Progress 24 P von Baikonur
21./22. Dezember	Start COROT von Baikonur

2007

1. Quartal	SOFIA: 1. Testflug mit geschlossener Tür
15. Januar	Start der 5 NASA-Satelliten Themis mit Delta II von Cape Canaveral Beteiligung TU-Braunschweig mit Magnetometer
Februar	Experimentserie PK-3 Plus auf der ISS
25. Februar	Rosetta, Swing-by am Mars In den Tagen davor und danach ist mit Bildern des Kamerasystems OSIRIS zu rechnen
27. Februar	Start TerraSAR-X von Baikonur
9. März	Start Sojus 14 S von Baikonur
16. März	Start STS 117, Space Shuttle Atlantis von Cape Canaveral
2. Quartal	Start 1. ATV „Jules Verne“ von Kourou
9. April	Start Progress 25 P von Baikonur
21. Juni	Start DAWN mit Delta II Rakete von Cape Canaveral
28. Juni	Start STS 118, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral
August	Start Phoenix mit Delta II. Polare Mars-Lander-Mission der NASA mit einer Kamera des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung (MPS) am Roboter-(Schaufel)-Arm von Cape Canaveral
August	Start Ecoma mit drei Höhenforschungsraketen von Andenes, Norwegen
Herbst	Start Chandrayaan mit PSLV von Sriharikota Indischer Mond-Orbiter mit dem Infrarot-Spektrometer SIR-2 des MPS
1. September	Start Sojus 15 S von Baikonur
7. September	Start STS 120, Space Shuttle Atlantis von Cape Canaveral
10.–23. September	10. DLR-Parabelflug in Köln zusammen mit dem Tag der Luft- und Raumfahrt
15. September	Start GOCE mit Rokot-KM Plesetsk
19. September	Start SMOS mit Rokot-KM von Plesetsk
19. September	Start Proba-2 (als Piggy-Back mit SMOS)
4. Quartal	Start RapidEye von Plesetsk
Oktober	Ende der Mission Mars Express
Oktober	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)
17. Oktober	Start Columbus mit STS 122 von Cape Canaveral
13. November	Rosetta, 2. Swing-by an Erde In den Tagen davor und danach ist mit Bildern des Kamerasystems OSIRIS zu rechnen
24. November	Start TEXUS 44 (ESA) auf Esrange mit deutschen Experiment(en)
2. Dezember	Start TEXUS 45 (ESA) auf Esrange mit deutschen Experiment(en)
Jahresende	Start GIOVE B mit Sojus von Baikonur

Den aktuellen Raumfahrtkalender finden Sie über www.DLR.de/rd

Space Calendar

Date Event

2006

December 7	Launch of STS 116, space shuttle Discovery, from Cape Canaveral, bringing back Thomas Reiter
December 8	Start Ariane 5 ECAT with Wild Blue 1/AMC 18 from Kourou
December 19	Launch of SAR-Lupe on Cosmos 3M from Plesetsk and arrival Thomas Reiter
December 20	Launch of Progress 24 P from Baikonur
December 21/22	Launch of COROT from Baikonur

2007

1st Quarter	SOFIA: 1st test flight with hatch closed
January 15	Launch of 5 NASA Themis satellites on Delta II from Cape Canaveral, with Braunschweig TU contributing a magnetometer
February	Experimental series PK-3 Plus on the ISS
February 25	Rosetta, swing-by around Mars During the preceding and following days, the OSIRIS camera system is expected to transmit images
February 27	Launch of TerraSAR-X from Baikonur
March 9	Launch of Soyuz 14 S from Baikonur
March 16	Launch of STS 117, space shuttle Atlantis, from Cape Canaveral
2nd Quarter	Launch of the 1st ATV 'Jules Verne' from Kourou
April 9	Launch of Progress 25 P from Baikonur
June 21	Launch of DAWN on a Delta II rocket from Cape Canaveral
June 28	Launch of STS 118, space shuttle Endeavor, from Cape Canaveral
August	Launch of Phoenix on Delta II from Cape Canaveral. On NASA's polar Mars-lander mission, an MPS* camera will be attached to the robot (shovel) arm.
August	Launch Ecoma with three high-altitude research rockets from Andenes, Norwegen
Fall	Launch of Chandrayaan on PSLV from Sriharikota. Indian Moon orbiter will carry a SIR-2 infrared spectrometer by MPS
September 1	Launch of Soyuz 15 S from Baikonur
September 7	Launch of STS 120, space shuttle Atlantis, from Cape Canaveral
September 10–23	10th DLR parabolic flight campaign in Cologne coinciding with the Aerospace Day
September 15	Launch of GOCE on Rokot-KM from Plesetsk
September 19	Launch of SMOS on Rokot-KM from Plesetsk
September 19	Launch of Proba-2 (Piggy-Back on SMOS)
4th Quarter	Launch of Rapid Eye from Plesetsk
Oktober	End of the Mars Express mission
Oktober	Launch of Delta 2920H-10 from Cape Canaveral carrying NASA's Gamma-ray Large Area Space Telescope (GLAST). Extensive German involvement (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics)
Oktober 17	Launch of Columbus on STS 122 from Cape Canaveral
November 13	Rosetta, 2nd swing-by around Earth During the preceding and following days, the OSIRIS camera system is expected to transmit images
November 24	Launch of TEXUS 44 (ESA) on Esrange with German experiment(s)
December 2	Launch of TEXUS 45 (ESA) on Esrange with German experiment(s)
End of year	Launch of GIOVE B on Soyuz from Baikonur

The actual space calendar can be found via www.DLR.de/rd

* Max Planck Institute for Solar System Research

COUNTDOWN [1]



Start von Ariane 5
Launch of Ariane 5

IMPRESSUM

AKTUELLES AUS DER DLR RAUMFAHRT-AGENTUR · Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) ·
Redaktion: Bernhard Fuhrmann (ViSdP) · Dr. Niklas Reinke (Redaktionsleitung) · Tel.: 0228 447-394 · Fax: 0228 447-386 ·
E-Mail: Niklas.Reinke@dlr.de · www.DLR.de/rd · Hausanschrift: Bonn-Oberkassel, 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