

# COUNTDOWN [9]

## EXTRATERRESTRIK

Herschel und Planck  
vor dem Start

## EXTRATERRESTRICS

Herschel and Planck  
before Launch

| 34



Bild/picture: ESA

### EDITORIAL

Gerold Reichle neuer Vorstand  
der DLR Raumfahrt-Agentur  
**Editorial**  
Gerold Reichle new board  
member of the DLR Space Agency

### ERDFERNERKUNDUNG

Vertrag über Bau von  
EnMAP-Satellit unterzeichnet  
**Earth Remote Sensing**  
Construction Agreement for  
EnMAP satellite signed

2

26

### GESCHICHTE

Weltraumprogramm der christlich-  
liberalen Koalition 1982–1990  
**History**  
The Space Program of the Kohl  
Government 1982–1990

46

### RAUMTRANSPORT

Interview mit Arianespace-Chef  
Jean-Yves Le Gall  
**Space Transport**  
Talking to Arianespace boss  
Jean-Yves Le Gall

3

### RAUMFAHRTPOLITIK

Rückblick auf die ESA-Minister-  
ratskonferenz in Den Haag  
**Space Policy**  
Looking back on the ESA council  
on ministerial level at The Hague

14

### RAUMFAHRT-

**KALENDER**  
Space Calendar

54



## Liebe Leserinnen und Leser,

zum 1. Februar 2009 habe ich die Verantwortung für den Vorstandsbereich Raumfahrt-Agentur des DLR in Bonn übernommen. Zuvor war ich im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie als Abteilungsleiter für die Technologiepolitik zuständig. Dazu gehörte auch die Raumfahrt, ein besonders spannender und für das High-Tech-Land Deutschland höchst bedeutender Politikbereich. Ich freue mich daher besonders, im Auftrag der Bundesregierung die deutsche Raumfahrt mit neuen, herausfordernden Projekten und Programmen weiter nach vorne bringen zu können.



**Gerold Reichle ist Mitglied des DLR-Vorstandes und verantwortlich für die Raumfahrt-Agentur in Bonn.**

Gerold Reichle is a member of the DLR Executive Board and responsible for the Space Agency in Bonn.

tion ESA Ende November 2008 gestellt: Die Weiterführung der Internationalen Raumstation als wichtigstes Labor für die Forschung in Schwerelosigkeit wurde gesichert, mit Meteosat Third Generation die Neuauflage des erfolgreichen europäischen Wettersatellitensystems beschlossen und der wissenschaftlichen Erdbeobachtung angesichts des Klimawandels höchste Priorität eingeräumt.

Auf nationaler Ebene werden wir in den nächsten Jahren herausragende Missionen starten, die einmal mehr zeigen, dass Deutschland weltweit zu den führenden Raumfahrtnationen gehört. Die Erdbeobachtungsmissionen TanDEM-X und EnMAP möchte ich in diesem Zusammenhang beispielhaft erwähnen.

Um Raumfahrt zu gestalten ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik unabdingbar. Hier kommt dem DLR Raumfahrt-Management eine zentrale Verantwortung zu: Es ist von der Bundesregierung beauftragt, die politischen Ziele der Raumfahrt umzusetzen und pflegt dabei Beziehungen zu allen Akteuren. Wir verfügen in Deutschland und in Europa über viel Erfahrung und profundes Wissen in der Raumfahrt. Dieses wird im Alltag eine immer höhere Bedeutung bekommen. Gemeinsam mit allen Mitarbeitern dieses Hauses setze ich mich dafür ein, der Raumfahrt einen hohen Stellenwert einzuräumen.

## Dear Readers,

As of February 1, 2009, I have taken over the management of the Space Agency executive division of the DLR in Bonn. Prior to that I was responsible for technology policy as head of department at the Federal Ministry of Economics and Technology. This remit also included space exploration, an area of policy that is particularly exciting and extremely important for Germany as a high-tech country. I am therefore especially pleased to be advancing German space exploration on behalf of the German Federal Government through new, challenging projects and programs.

German space exploration possesses outstanding scientific and industrial expertise, which should be expanded as well in European co-operation as in international competition. In this regard I continue the work of my predecessor, Dr. Ludwig Baumgarten, who worked successfully to create a future-oriented German space exploration sector in his seven years in office. I would like to thank him wholeheartedly for his dedication.

Due to decisions of both chambers of the German parliament, the Federal Government provides approximately one billion euros in funding for space exploration every year. Fundamental resolutions for European and German space exploration were also made at the Ministerial Council Meeting of the European Space Agency ESA in late November 2008, securing the future of the International Space Station as the most important laboratory for zero-gravity research, deciding in favor of a new version of the successful European weather observation satellite system in the form of Meteosat Third Generation, and giving scientific Earth observation highest priority in light of climate change.

At national level, we will be initiating outstanding missions in the coming years, which will once again demonstrate that Germany is among the world's leading space exploration countries. Examples I would like to mention in this context include the Earth observation missions TanDEM-X and EnMAP.

Close collaboration between science, economics and politics is an indispensable prerequisite to shaping the course of space exploration, and the DLR Space Agency holds central responsibility here: it is tasked by the Federal Government with implementing the political aims of space exploration, and maintains relationships with all stakeholders. We in Germany and in Europe possess a lot of experience and profound knowledge in the field of space exploration, and this experience and knowledge will become increasingly important in everyday life. Together with all employees of this organization I will be working to ensure that space exploration is accorded grand significance.

Gerold Reichle



## „Starts sagen mehr als tausend Worte“

Interview mit Arianespace-Chef Jean-Yves Le Gall

By Dr. Thilo Kranz

Anfang Februar haben Arianespace und Astrium einen Großauftrag unterzeichnet: Ab 2010 liefert die Weltraumsparte des EADS-Konzerns weitere 35 Trägerraketen vom Typ Ariane 5 an die Arianespace-Betreiberfirma mit Hauptsitz in Evry bei Paris. Das Auftragsvolumen liegt bei rund vier Milliarden Euro. Mit Jean-Yves Le Gall, dem Vorsitzenden von Arianespace, sprachen wir über aktuelle Entwicklungen und zukünftige Trends auf dem internationalen Trägermarkt.

**Herr Le Gall, Sie haben ein arbeitsreiches Jahr mit vollständig gefüllten Auftragsbüchern für kommerzielle und institutionelle Kunden vor sich. Sind Sie zuversichtlich, dass Arianespace nach sechs Starts 2008 im Jahr 2009 bis zu acht Ariane 5-Raketen starten kann?**

**Le Gall:** Während des zwölfmonatigen Zeitraums vom 14. August 2007 bis zum 14. August 2008 hat Arianespace neun Ariane 5-Raketen gestartet und insgesamt 16 Zivil- und Militär-Telekommunikationssatelliten sowie das ATV „Jules Verne“ für die Internationale Raumstation ISS in den Orbit gebracht. Die jährliche Startrate ist unter anderem von der jeweiligen Satellitenverfügbarkeit abhängig. Im Jahr 2008 hat Arianespace sechs Missionen durchgeführt. Unser Ziel ist es, die Zahl der Ariane 5-Flüge 2009 auf acht zu erhöhen.

## ‘Launches speak louder than words’

Interview with Arianespace chairman Jean-Yves Le Gall

By Dr. Thilo Kranz

In early February, Arianespace and Astrium signed a major procurement contract: from 2010 onwards, the space division of EADS will be supplying 35 Ariane 5 launchers to the operating company, headquartered in Evry near Paris. The contract has a financial volume of around four billion Euros. We spoke to Jean-Yves Le Gall, Chairman and CEO of Arianespace, about current developments and future trends on the international launch services market.

**You are looking forward to a busy year with a fully booked manifest for commercial and institutional customers. After six launches in 2008, are you confident that Arianespace can launch up to eight Ariane 5s this year?**

**Le Gall:** During the 12-month period from August 14, 2007 to August 14, 2008, Arianespace conducted nine Ariane 5 launches, which orbited 16 civilian and military telecommunications satellites as well as the Jules Verne Automated Transfer Vehicle for the International Space Station. The actual launch rate from year to year is driven in part by the availability of satellites; in 2008, Arianespace performed six missions. We are targeting from six to eight Ariane 5 flights in 2009.



Integration der Ariane 5 EPS-Oberstufe  
in Kourou  
(ESA)

Integration of the Ariane 5 EPS upper  
stage at Kourou  
(ESA)

**Eine der größten Herausforderungen für das erste Quartal 2009 besteht darin, die Auswirkungen der weltweiten Finanzkrise auf die globalen Märkte so gering wie möglich zu halten. Welche Folgen hat diese Krise Ihrer Meinung nach auf den Telekommunikationssektor und die globale Nachfrage im Bereich der kommerziellen Raumfahrt?**

**Le Gall:** Die Folgen der weltweiten Finanzkrise haben sich bereits in der Nachfrage für kommerzielle Raumfahrdienstleistungen im Jahr 2008 widergespiegelt. Letztes Jahr wurden insgesamt 18 neue Startverträge abgeschlossen, wovon Arianespace 13 für sich gewinnen konnte. Im Jahr 2007 wurden hingegen 25 neue Startverträge weltweit unterzeichnet, wobei ebenfalls 13 an Arianespace gingen.

Die Folgen der Finanzkrise auf unseren internationalen Kundenstamm werden unterschiedlich sein und von der Größe und Marktreife des jeweiligen Telekommunikationsanbieters abhängen. Ich persönlich glaube nicht, dass die großen Telekommunikationsunternehmen besonders von der Krise betroffen sein werden. Kleinere Unternehmen, vor allem Markteinsteiger, die neue Finanzierungsquellen finden müssen, um ihre Dienstleistungen weiterzuentwickeln, könnten die Krise jedoch stärker zu spüren bekommen.

Eine weitere Konsequenz der Finanzkrise äußert sich darin, dass die durchschnittliche Größe der Telekommunikationssatelliten immer geringer wird. Sieben der 13 Startverträge, die Arianespace im Jahr 2008 unterzeichnet hat, betrafen Satelliten der Gewichtsklasse von drei Tonnen oder weniger. Die „schweren“ Telekommunikationssatelliten lagen hauptsächlich im Bereich von vier bis 5,5 Tonnen, wobei es lediglich wenige Ausnahmen im Sechs-Tonnen-Bereich gab. Dies stellt einen Strategiewandel auf dem Markt seitens der Telekommunikations- und Raumfahrttechnik-Anbieter dar. Der Trend geht hin zu kleineren Satelliten, die preisgünstiger und weniger zeitintensiv in der Herstellung sind.

### „Telekommunikations- und Raumfahrttechnik-Anbieter bevorzugen neuerdings kleinere Satelliten, die preisgünstiger und weniger zeitintensiv in der Herstellung sind.“

‘Telecommunications operators and spacecraft manufacturers move toward smaller satellites, which are less expensive to build and faster to manufacture.’

strategy of both telecommunications operators and spacecraft manufacturers. They move toward smaller satellites, which are less expensive to build and faster to manufacture.

With the flexibility of our launcher family composed of Ariane 5 ECA and Soyuz, Arianespace is positioned to respond to this market trend. We can match up smaller satellites with larger ones on Ariane 5 missions, while Soyuz is perfectly sized for the increasing number of Geostationary Transfer Orbit satellites weighing three tons or less.

**One of the major challenges of the first quarter 2009 is how to limit the effects of the worldwide financial crisis on the global economy. How will this crisis affect the telecommunications market and the global demand for launch services?**

**Le Gall:** The demand for commercial launch services in 2008 already reflected began to reflect the impact of the worldwide financial crisis. Last year, a total of 18 new commercial launch services contracts were signed of which Arianespace won 13. In 2007, 25 new launch services contracts were placed globally, with Arianespace winning 13 of those.

The impact of the financial crisis on the worldwide customer base will be different, based on the size and maturity of the telecommunications service providers. I do not think the large telecommunications service providers will be particularly affected by the crisis, while certain smaller operators, who need to find new sources of financing to develop their service, may be impacted, especially among the new market entrants.

We are also seeing another result of the financial crisis, as the average size of telecommunications satellites becomes smaller. Out of the 13 launch contracts signed by Arianespace in 2008, seven were for satellites in the weight category of three tons or less. The ‘heavy’ spacecraft were primarily in the range of 4 to 5.5 metric tons, with only a few in the 6-ton range. This represents a market change in the

market for satellites in the weight category of three tons or less. The ‘heavy’ spacecraft were primarily in the range of 4 to 5.5 metric tons, with only a few in the 6-ton range. This represents a market change in the

Mit der Flexibilität unserer Trägerfamilie, die aus Ariane 5 ECA- und Sojus-Raketen besteht, ist Arianespace für diese Marktentwicklung gewappnet. Bei Ariane 5-Missionen können wir kleinere Satelliten zusammen mit größeren in den Weltraum schicken, während Sojus-Raketen die ideale Größe für die steigende Anzahl geostationärer Satelliten bieten, die drei Tonnen oder weniger wiegen.

### Wie lassen sich in diesem Kontext Umsätze aus Startverträgen erzielen?

**Le Gall:** Wir gehen davon aus, dass sich unsere Kunden gerade jetzt, mehr als je zuvor, für kommerzielle Raumfahrtunternehmen entscheiden, auf die sie sich hinsichtlich Qualität und Startverfügbarkeit verlassen können. Deshalb werden wir bei Arianespace auch weiterhin getreu unserem inoffiziellen Motto „Starts sagen mehr als tausend Worte“ verfahren, das sich auf termingenaue und höchst präzise Raketenstarts bezieht und auf die Flexibilität von Arianespace verweist.

**Ein großes Risiko für die langfristige Vermarktung der Ariane 5-Träger stellt der Euro-Dollar-Wechselkurs dar. Wie geht Arianespace mit diesem Risiko um?**

**Le Gall:** Tatsache ist, dass wir in einem Marktsegment tätig sind, das hauptsächlich auf dem Dollar basiert. Unsere größten Konkurrenten verwenden jedoch Trägersysteme, die in Russland und den GUS-Staaten produziert werden. Die Wirtschaftsmärkte dieser Länder sind wiederum stärker an den Euro als an den Dollar gebunden. In den vergangenen Jahren sind die Preise unserer Konkurrenten weitauß stärker angestiegen als unsere. Dadurch konnten die wechselkursbedingten Unterschiede in der Regel ausgeglichen werden.

**Sind weitere Rationalisierungsmaßnahmen in der industriellen Organisation der Ariane 5 notwendig? Welche Anpassungen sollten Ihrer Meinung nach geprüft werden?**

**Le Gall:** Wir haben die industrielle Organisation für die erste Produktionsserie von 30 Trägern bereits erheblich verbessert. Bisher haben wir 16 Raketen dieser Serie gestartet, sodass wir gerade einmal die Hälfte dieses Auftrages fertig gestellt haben. Wir möchten sicherstellen, dass der derzeitige Produktionsaufbau auch weiterhin überzeugt, bevor wir uns auf die nächste Serie vorbereiten.

**Während der Vorbereitungsphase für die ESA-Ministerratskonferenz 2008 in Den Haag hat Arianespace deutlich gemacht, dass die Leistung der Ariane 5-Rakete erhöht werden muss. Ist das Ariane 5 Post-ECA-Programm die richtige Antwort auf diese Forderung?**

**Le Gall:** Die Entscheidungen, die auf dem Ministerratstreffen getroffen wurden, waren sehr hilfreich, da sie drei Jahre Zeit bieten, um die nächsten Schritte sorgfältig zu durchdenken. So bleibt genügend Zeit für entsprechende Studien und Evaluationen zum Ariane 5 ECA-Nachfolger. Somit wird Europa auf das nächste ESA-Ministerratstreffen im Jahr 2011 vorbereitet sein. Während dieser drei Jahre wird sich außerdem zeigen, ob sich der Trend hinsichtlich der Satellitenmasse stabilisiert, und wir werden eine klarere Vorstellung darüber erhalten, welche Art von Trägerleistung für diese Zwecke benötigt wird.

**How do revenues from launch service contracts evolve in such a scenario?**

**Le Gall:** We anticipate that more than ever, customers will be selecting commercial launch service providers they can count on in terms of quality and launch availability. This is why Arianespace will continue living up to its unofficial motto of ‘Launches speak louder than words’ which is based on launches that are on-time and highly accurate.

**A major risk for the long-term exploitation of the Ariane 5 launcher is linked to the euro-dollar exchange rate. How is Arianespace mitigating that risk?**

**Le Gall:** The reality indeed is that we are in a market that is primarily based on the dollar. However, our major competitors primarily use launch vehicles produced in Russia, the Commonwealth of Independent States and the economies of these countries are more tied to the euro than to the dollar. In the past several years, we have seen our competitors' prices increase significantly more than ours. As a result, this tends to minimize the exchange rate differences.

**Does the industrial organization for Ariane 5 still need streamlining? Which changes would you think are worth to be investigated?**

**Le Gall:** We have already significantly improved the industrial organization for the first production batch of 30 launchers. So far, we have launched 16 vehicles from this batch, so we're only at the midway point of this contract. We want to ensure the current industrial setup continues to show its capabilities and benefits as we begin preparing for the next production batch.

**During the preparation phase of the ESA Ministerial Council Meeting at The Hague last year, Arianespace expressed its need for increased performance of the Ariane 5 launcher. Is the Post Ariane 5 ECA programme the right answer to that request?**

**Le Gall:** The decisions made at the ministerial-level council meeting were very pertinent, as they provide three years to carefully consider the next steps. During this period, there will be sufficient time for studies and evaluations on the Post Ariane 5 ECA launcher. This will enable Europe to be ready for the next ESA Ministerial Council Meeting of 2011. During these three years, we also will see if the trend continues in the stabilization of satellite mass, and we will have a clear idea of the type of launch vehicle performance which will be needed.

**If all goes well, the improved Ariane 5 launcher will be available not earlier than 2017 for commercial missions. Is the Ariane 5 ECA well prepared to serve until then?**

**Le Gall:** The Ariane 5 ECA is the preferred commercial launch vehicle for the worldwide customer base. Its payload lift capacity, along with the ability to provide more launch opportunities due to its dual payload capability, will continue to maintain Ariane 5's competitiveness.

**After the successful launch of the first Ariane 5 ES with Jules Verne in March 2008, how do you judge the future**

**Wenn alles nach Plan verläuft, werden die verbesserten Ariane 5-Träger frühestens 2017 für kommerzielle Missionen verfügbar sein. Ist die Ariane 5 ECA leistungsstark genug, um bis dahin zu bestehen?**

**Le Gall:** Die Ariane 5 ECA ist das bevorzugte kommerzielle Trägerfahrzeug für Kunden in aller Welt. Die hohe Nutzlast und die Fähigkeit, dank der Doppelstartvorrichtung mehr Startmöglichkeiten zu bieten, wird die Wettbewerbsfähigkeit der Ariane 5 auch in Zukunft aufrechterhalten.

**Wie schätzen Sie nach dem erfolgreichen Start der ersten Ariane 5 ES mit „Jules Verne“ im März 2008 die zukünftige Nachfrage nach der EPS-Oberstufe ein und auf welche Beschaffungslogistik werden Sie zurückgreifen, um die sichere Produktion derartiger Träger auch in Zukunft zu gewährleisten?**

**Le Gall:** Die Ariane 5 ES soll auch in Zukunft als Träger für das Automated Transfer Vehicle dienen. Unser derzeitiges Auftragsbuch enthält sechs zukünftige Missionen mit ATV. Wir haben außerdem angeboten, mit der Ariane 5 ES die europäische Navigationssatelliten-Konstellation Galileo in den Weltraum zu befördern. Arianespace wurde von der Europäischen Kommission und der Europäischen Weltraumorganisation ausgewählt, das gesamte Galileo-Raumsegment zu starten, wobei wir sowohl Ariane 5 ES- als auch Sojus-Raketen verwenden werden.

**Der erste Start der Sojus-Rakete vom Weltraumzentrum bei Kourou in Französisch-Guayana ist für das Jahr 2009 geplant. Arianespace wird mit einem großen Team von russischen Experten am europäischen Weltraumbahnhof Kourou zusammenarbeiten.**

**Was sind die ersten Eindrücke von dieser Partnerschaft?**

**Le Gall:** Wir haben durch unsere Tochtergesellschaft Starsem, die seit 1999 21 erfolgreiche kommerzielle Missionen mit der Sojus-Trägerrakete von Baikonur aus durchgeführt hat, bereits eine sehr positive Beziehung mit den russischen Kollegen aufgebaut. Diese möchten wir mit dem Sojus-Projekt im Weltraumzentrum Guayana fortsetzen. Die Vorbereitungen für den ersten Start Ende dieses Jahres gehen extrem gut voran. Obwohl die Sojus-Operationen ins europäischen Weltraumzentrum in Kourou verlagert werden, werden bestimmte Missionen voraussichtlich vom Kosmodrom in Baikonur aus durchgeführt, um zu gewährleisten, dass die Sojus-Rakete entsprechend den Startzeitplänen unserer Kunden verfügbar ist.

**Die Ariane 5-Trägerrakete kann inzwischen eine gute Erfolgsbilanz vorweisen:** In den vergangenen sechs Jahren sind insgesamt 28 Ariane-Träger in Folge fehlerlos gestartet. Dabei wurden 60 Nutzlasten ins All befördert. Die Ariane-Trägerraketen werden von einem europäischen Industriekonsortium gefertigt. Aus Deutschland stammen unter anderem die Oberstufen, zentralen Strukturelemente und Brennkammern der Flüssigtriebwerke. Die Triebwerke werden am DLR-Standort in Lampoldshausen getestet. Die Ariane-Trägerraketen werden vom europäischen Weltraumzentrum Kourou (Französisch-Guayana) aus gestartet. Arianespace ist die Betreibergesellschaft der Ariane-Raketen. Anteilseigner von Arianespace sind die Ariane-Produktionsfirmen sowie der französische Staat.



Die Ariane 5-Trägerrakete mit ATV-1 im Nutzlastintegrationsgebäude (ESA)

The Ariane 5 launcher carrying ATV-1 inside the payload integration facility (ESA)

**demand for the EPS upper stage and what is your procurement approach to secure production of such launchers?**

**Le Gall:** There will be a continued requirement for the Ariane 5 ES to launch the Automated Transfer Vehicle. Our current order book includes six future missions with ATVs. We also have proposed to use the Ariane 5 ES to launch Europe's Galileo navigation satellite constellation, and Arianespace has been selected by the European Commission and the European Space Agency as the company to launch all of the Galileo spacecraft, using both the Ariane 5 ES and Soyuz vehicles.

**The first launch of Soyuz at the Guyana Space Center is expected during 2009. Arianespace will cooperate with a large team of Russian experts at the European spaceport in Kourou. What are the first experiences from that partnership?**

**Le Gall:** We already have established a very positive relationship with the Russians through our Starsem affiliate which has performed 21 successful commercial missions with Soyuz from Baikonur since 1999. This will continue with Soyuz at the Guyana Space Center where preparations are going extremely well for the first launch at the end of this year. As Soyuz operations are established at the Guyana Space Center, there may be certain missions performed from Baikonur Cosmodrome, which ensures the availability of Soyuz to meet our customers' launch timing requirements.

**In recent years, the Ariane 5 launcher system has accumulated a very good track record:** A total of 28 Ariane were successfully launched in a row since 2003, orbiting 60 payloads. The Ariane launchers are produced by a European industry consortium. Major German contributions are the upper stages, main structural elements and the thrust chambers of all liquid rocket engines. The engines are tested at the DLR facilities in Lampoldshausen. All Ariane rockets are launched at the Guyana Space Centre in Kourou, French Guyana. Arianespace is the operating organization of the launcher system. The shareholders of Arianespace are the Ariane production industries, as well as the French state.

**Auch in Deutschland scheint es in Zukunft eine anhaltende Nachfrage nach institutionellen Vega-Klasse-Missionen (für Nutzlasten um 1,5 Tonnen, Qualifikationsflug für November 2009 geplant) zu geben. Erwarten Sie auch eine starke kommerzielle Nachfrage nach dem neuen europäischen Träger ?**

**Le Gall:** Es wird ganz klar eine Nachfrage nach Vega zum Befördern leichterer wissenschaftlicher, staatlicher und kommerzieller Satelliten geben, besonders angesichts der Schwierigkeiten, die es hinsichtlich Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit mit Trägern dieser Kategorie von Drittanbietern gab. Ich veranschlage eine Vega-Startrate von ungefähr zwei Missionen pro Jahr, sobald dieses Trägersystem einsatzbereit ist.

**Obwohl Arianespace seinen Sitz in Frankreich hat, bieten Sie auch Stellen für Bewerber aus Deutschland an. Welche Qualifikationen sollten interessierte Bewerber mitbringen, um für eine Stelle in Ihrem Unternehmen berücksichtigt zu werden?**

**Le Gall:** Wir sind ein durch und durch internationales Unternehmen, mit Mitarbeitern aus Deutschland und vielen anderen europäischen und außereuropäischen Ländern. Arianespace sucht qualifizierte Mitarbeiter im technischen, finanziellen und organisatorischen Bereich, die dazu beitragen können, dass unser kommerzielles Angebot wettbewerbsfähig bleibt und bestens auf die Marktnachfrage abgestimmt ist. Aktuelle Stellenangebote finden Sie auf unserer Unternehmenswebsite: [www.arianespace.com](http://www.arianespace.com)

**Dr. Thilo Kranz ist in der Abteilung Trägersysteme der DLR Raumfahrt-Agentur verantwortlich für die Ariane-Programme.**

**There seems to be a sustained demand also from Germany for institutional Vega-class missions ahead (for payloads of about 1.5 tons, qualification flight scheduled for November 2009). Do you also expect a strong commercial demand for the new European launcher?**

**Le Gall:** There will clearly be a demand for the services of Vega to orbit the lighter-weight scientific, governmental and commercial satellites, especially while taking into account the availability and reliability difficulties experienced with several competing launchers in this category. I foresee a Vega launch rate of about two missions per year once this vehicle enters operation.

**Although located in France, job opportunities at Arianespace are also open to German citizens. Which qualifications should interested applicants bring along in order to be successful?**

**Le Gall:** We are a truly international company, with employees from Germany and numerous countries throughout Europe, as well as from other countries. What Arianespace looks for are qualified individuals in the technical, financial and management sectors, who are able to contribute to ensuring our commercial offer is the most competitive and best matched to the commercial marketplace. Current job opportunities are listed on our corporate website: [www.arianespace.com](http://www.arianespace.com)

**Dr. Thilo Kranz is responsible for the Ariane programs in the Launcher department of the DLR Space Agency.**

Bild / picture: ESA

## Neue Asteroiden- und Kometen-missionen

ASTEX- und andere Studien im Vergleich

Von Dr.-Ing. Christian Gritzner, Bernd Sommer und Dr. Philip Willemsen

## New asteroid and comet missions

ASTEX and other studies compared

By Dr.-Ing. Christian Gritzner, Bernd Sommer and Dr. Philip Willemsen

Asteroids and comets are much smaller than planets and meist auch als deren Monde. Die Zeitzeugen der Entstehung unseres Sonnensystems stellen interessante Forschungsobjekte dar. Zudem bewegen sich manche sogenannten Kleinen Körper auf Bahnen, die nahe an die Erde heranführen. Kollisionen sind nicht auszuschließen. Die Erforschung von Near Earth Objects (NEOs) dient neben den wissenschaftlichen Zielen auch dem Schutz der Erde vor Asteroiden- und Kometeneinschlägen. Über die Folgen solcher „Impakte“ haben wir in der COUNTDOWN-Ausgabe 6 von Mai 2008 berichtet.

Für beide Aspekte, Grundlagenforschung und Gefahrenabwehr, ist eine Untersuchung aus der Nähe notwendig. Sowohl eine Orbiter- als auch eine Landemission – oder eine Kombination aus Beiden – kommen in Frage. Für Landemissionen sind besondere Technologien erforderlich, da die Landung und Benutzung von Greifmechanismen auf einem Kleinen Körper nicht trivial sind; dort herrscht lediglich minimale Schwerkraft. Die Landeeinheit muss sich im Boden verankern, was auf einem Asteroiden schwierig ist: Die Oberflächenbeschaffenheit auf ein- und demselben Objekt kann zwischen losem Sand und massivem Gestein schwanken.

### Die Missionsstudie ASTEX

Die Ausarbeitung eines Missionsvorschages zur Erkundung von erdbahnkreuzenden Asteroiden namens „ASTEX“ (Asteroid Exploration Mission) wurde von 2007 bis 2008 unter Leitung des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung (MPS) in Katlenburg-Lindau durchgeführt. Beteiligt waren auch das DLR und die Firmen Astrium GmbH, ASTOS Solutions GmbH und LSE Space Engineering & Operations AG. Das Vorhaben wurde durch die DLR Raumfahrt-Agentur gefördert.

Asteroids and comets are much smaller than planets, and usually also than their moons. As witnesses to the formation of our solar system they are interesting research objects. Moreover, some of these so-called Small Bodies travel on paths that bring them close to Earth, and collisions cannot be ruled out. In addition to scientific objectives, research into Near Earth Objects (NEOs) also aims at protecting the Earth from asteroid and comet strikes. The consequences of such ‘impacts’ are described in COUNTDOWN #6 of May 2008.

Both aspects, basic research and hazard prevention, demand close-range exploration. Possible options include both orbiter and landing missions – or a combination of the two. Landing missions require special technologies; landing and the use of attaching mechanisms on Small Bodies are non-trivial, as their gravity is minimal. The landing unit must anchor itself to the ground, which is difficult on an asteroid: the surface composition of one and the same object may vary from loose sand to massive rock.

### The ASTEX mission study

From 2007 to 2008, a project led by the Max-Planck-Institute for Solar System Research (MPS) in Katlenburg-Lindau developed a mission proposal for exploring Earth-crossing asteroids, called ‘ASTEX’ (Asteroid Exploration Mission). DLR and the companies Astrium GmbH, ASTOS Solutions GmbH and LSE Space Engineering & Operations AG also participated. The project was sponsored by the DLR Space Agency.

The objective of the study was to define a framework for an asteroid mission and to determine its technological requirements. It stipulates two asteroids of different composition as targets, with a landing unit to be set down on each. The mission is to visit both

Ziel der Untersuchung war es, den Rahmen für eine Asteroidenmission zu definieren. Demnach sollen zwei Asteroiden unterschiedlicher Zusammensetzung angeflogen werden. Auf Beiden soll jeweils eine Landeeinheit abgesetzt werden. Einerseits soll ein sogenanntes primitives Objekt besucht werden, das sich seit seiner Entstehung vor 4,6 Milliarden Jahren kaum verändert hat, andererseits ein differenzierter Asteroid, der, ähnlich wie die Planeten, eine gewisse Entwicklung durchlaufen hat. Wissenschaftliche Ziele von „ASTEX“: Erforschung der Entstehung sowie Untersuchung der Oberfläche und des inneren Aufbaus von NEOs. Darüber hinaus sollen verschiedene Manöver wie der kontrollierte Anflug, die autonome Landung und die Verankerung des Landers auf der Asteroidenoberfläche erprobt werden.

Aus den einschlägigen Datenbanken wurden von den über 5.000 bekannten erdnahen Asteroiden diejenigen ausgewählt, deren Typklasse und Bahnpараметer hinreichend genau bekannt sind. Es wurden schließlich 46 Asteroiden in 2.070 Kombinationen untersucht, die mit einem gesamten Geschwindigkeitsbedarf von weniger als elf Kilometern pro Sekunde erreichbar sind, was durch die verfügbaren Trägersysteme vorgegeben war.

Letztlich blieben 29 Asteroidenkombinationen übrig, von denen vier im Detail studiert wurden. Die korrespondierenden Starttermine liegen zwischen 2017 und 2023, die Dauer der Mission zwischen rund sechs und neun Jahren. Die Verweildauer am ersten Asteroiden reicht von 95 bis 326 Tagen vor dem Weiterflug zum zweiten Asteroiden. In diesem Zeitfenster wird die erste Landeeinheit abgesetzt. Ihr Auftrag: Untersuchung des Oberflächen-Aufbaus. Nach Kartierung der Oberfläche sollen die gesammelten Daten zuerst zum Mutterschiff gesendet und dann zur Erde übertragen werden. Danach erfolgt der Transfer des Mutterschiffs zum zweiten Asteroiden, wo eine baugleiche Landeeinheit abgesetzt wird.

Die Lander wiegen pro Stück unter 100 Kilogramm und sollen jeweils mit einer Panoramakamera und einer makroskopischen Kamera, einem Roboter-Arm, einem optischen und einem Elektronen-Mikroskop ausgestattet sein. Zusätzlich können sie ein Mössbauer-Spektrometer und mehrere Temperatursensoren mitführen. Die Instrumente werden auf den Roboterarm montiert und von ihm in Position gebracht. Bei Bedarf soll der Arm mittels einer gezackten Platte die Oberfläche leicht manipulieren, um den Instrumenten so einen Einblick in etwas tiefere Sandschichten zu ermöglichen.

Die Muttersonde besitzt neben einer optischen Kamera ein Infrarot-Spektrometer und einen Radar-Tomografen. Letzterer soll Einsichten in den inneren Aufbau der Asteroiden ermöglichen. Am Ende der Mission kann die Muttersonde, die über einen solarelektrischen Antrieb mit Xenon-Treibstoff verfügt, auf dem zweiten Asteroiden „geparkt“ werden, um einen unkontrollierten Weiterflug zu vermeiden. Die Raumsonde soll eine Startmasse von unter 1.600 Kilogramm aufweisen, so dass sie mit einer Sojus-Trägerrakete vom europäischen Startplatz Kourou in Französisch-Guyana aus gestartet werden könnte.

a so-called primitive object that has barely changed since its formation 4.6 billion years ago and a differentiated asteroid which, similar to planets, has undergone a certain degree of development. The scientific objectives of ‘ASTEX’: research into the formation and exploration of the surface and the internal structure of NEOs. In addition, various maneuvers such as controlled approach, autonomous landing and anchoring the lander on the asteroid’s surface were analyzed.

Those of the over 5,000 known Near Earth Asteroids, whose type class and path parameters are known to sufficient precision were selected from the relevant databases. Ultimately, 46 asteroids in 2,070 combinations were examined which could be reached with a total speed requirement of less than eleven kilometers per second, a limit imposed by the available launch system.

Finally, 29 asteroid combinations remained, of which four of which studied in detail. The corresponding launch dates are between 2017 and 2023; the duration of the mission is expected to be between around six and nine years. The unit will spend between 95 and 326 days at the first asteroid before continuing on to the second. The first landing unit will be set down in this time window. Its mission: to examine the surface structure. When the orbiter completes his task of mapping the surface, the collected data of the lander is transmitted first to the mother orbiter and then to Earth. Then the mother orbiter is to be transferred to the second asteroid, where an identical landing unit will be set down.

Each lander weighs less than 100 kilograms and will be equipped with a panoramic camera and a macroscopic camera, a robotic arm, an optical and an electron microscope. In addition they may carry a Mössbauer spectrometer and several temperature sensors. The instruments will be mounted onto the robot arm, which will bring them into position. If required, the arm can slightly manipulate the surface using a jagged plate in order to allow the instruments insight into slightly lower sand.

In addition to an optical camera, the mother probe will carry an infrared spectrometer and a radar tomograph. The latter is to enable insights into the internal structure of the two asteroids. At the end of the mission the mother probe, which is equipped with a xenon-propelled solar-electric engine, can be ‘parked’ on the second asteroid in order to prevent uncontrolled further flight. The space probe is to have a starting mass of less than 1,600 kilograms, so that it could be launched with a Soyuz carrier rocket from the European launch site Kourou in French Guyana.



Der vom DLR entwickelte Satellitenbus BIRD im Labor  
The BIRD satellite bus, developed by DLR, inside the laboratory

## Weitere Missionsstudien

### DLR: AsteroidFinder

Das DLR hat 2008 mit „AsteroidFinder“ eine Studie zu einer Kleinsatelliten-Mission ausgearbeitet, die das Ziel hat, Asteroiden zu finden, welche sich innerhalb der Erdbahn um die Sonne bewegen. Sie werden „Inner Earth Objects (IEO)“ genannt. Die meiste Zeit befinden sie sich am Taghimmel und sind nur in den Morgen- und Abendstunden zu beobachten, weshalb bislang nur Wenige entdeckt wurden. Durch nahe Vorbeiflüge an Merkur oder Venus können die IEOs auch zu gefährlichen Erdbahnkreuzern werden.

„AsteroidFinder“ soll von einer erdnahen Umlaufbahn aus das innere Sonnensystem beobachten. Sein Teleskop soll die selben Himmelsabschnitte zu verschiedenen Zeiten fotografieren und kann durch den Vergleich der Aufnahmen Fixsterne von den sich relativ schnell bewegenden Asteroiden „unterscheiden“. Durch mehrere Messungen der Positionen können dann die Asteroidenbahnen um die Sonne berechnet werden. Eine erste Hochrechnung aufgrund der wenigen bekannten IEOs ergibt eine Anzahl von 1.000, mit einem Durchmesser von 100 Metern oder mehr. „AsteroidFinder“ soll diese Abschätzung verifizieren und die IEO-Datenbasis erweitern.

Um die Missionss Kosten gering zu halten ist es denkbar, für „AsteroidFinder“ auf den bewährten Satellitenbus des DLR-Klein-satelliten „BIRD“ zurückzugreifen. Dieses „Chassis“ soll mit einem kleinen Teleskop ausgerüstet werden, welches bereits vom DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof entwickelt wurde. Die Startmasse soll bei rund 100 Kilogramm liegen. „AsteroidFinder“ könnte bereits 2012 startbereit sein. Gegenwärtig ist die Missionssdauer auf zwei Jahre mit einer Verlängerungs option ausgelegt.

### ESA: Marco Polo

Die Europäische Raumfahrtorganisation ESA untersucht im Rahmen ihres „Cosmic Vision“-Programms die Asteroiden-Studie „Marco Polo“. Deren Ziel ist die Rückführung einer Oberflächenprobe von einem sogenannten primitiven Asteroiden, der sich nach seiner Entstehung vor 4,6 Milliarden Jahren kaum verändert hat, zur Erde. Dadurch will man mehr erfahren über die Entstehung von Leben, einfacher Kohlenstoffverbindungen und des Sonnensystems. Als Instrumente sind mehrere Kameras, Spektrometer sowie Staubdetektoren, Laseraltimeter und Thermal-sensoren vorgesehen.

Insgesamt soll die Sonde rund 1.350 Kilogramm Masse haben, eine Rückkehrkapsel und eventuell auch eine Landestufe besitzen. Alternativ könnte die Probenentnahme auch als „Touch & Go“-Manöver wie bei der japanischen „Hayabusa“-Mission erfolgen. Die genaue Systemauslegung kann aber erst nach Abschluss der laufenden Studien ab September dieses Jahres erfolgen (siehe Seite 12). Für diese Mission wird eine Kooperation mit der japanischen Raumfahrtagentur JAXA angestrebt.

## Other mission studies

### DLR: AsteroidFinder

In 2008, DLR carried out the ‘AsteroidFinder’ study regarding a small-satellite mission with the aim of finding asteroids that travel around the sun within Earth’s orbit. These are known as ‘Interior Earth Objects (IEO)’. They are mostly located in the daytime sky and can only be observed at dawn and dusk, which is why only a small number of them have been discovered so far. Closely flying by Mercury or Venus may transform IEOs into dangerous Earth-crossing objects.

‘AsteroidFinder’ is intended to observe the inner solar system from a low Earth orbit. Its telescope will photograph the same sections of sky at various times and will then be able to ‘distinguish’ fixed stars from the comparatively fast-moving asteroids by contrasting the images. By repeatedly measuring positions, the asteroids’ orbits around the sun can then be calculated. An initial projection based on the few known IEOs results in a figure of 1,000, with a diameter of 100 meters or more. The aim of ‘AsteroidFinder’ is to verify this estimate and expand the IEO database.

In order to keep mission costs down, it is possible that the tried and tested satellite bus of the DLR small satellite ‘BIRD’ could be used for ‘AsteroidFinder’. This ‘chassis’ would be equipped with a small telescope that has already been developed by the DLR Institute for Planetary Research in Berlin-Adlershof. Its lift-off mass is projected to be around 100 kilograms. ‘AsteroidFinder’ may be ready to launch as early as 2012; the mission is currently planned for a duration of two years, with an extension option.

### ESA: Marco Polo

As part of its ‘Cosmic Vision’ program, the European Space Agency ESA is examining the ‘Marco Polo’ asteroid study, the aim of which is to bring a surface sample from a so-called primitive asteroid, which has barely changed since its formation 4.6 billion years ago, back to Earth in order to find out more about the beginnings of life, of simple carbon compounds, and of our solar system. Instruments will be several cameras, spectrometers and dust detectors, laser altimeters and thermal sensors.

The probe will have a total mass of approximately 1,350 kilograms, a re-entry capsule and possibly also a landing stage. Alternatively, the sample could also be retrieved in a ‘touch & go’ maneuver as employed by the Japanese ‘Hayabusa’ mission. The exact design of the system can however not be determined until the current studies have been completed in September of this year (see page 12). ESA is aiming at collaborating with the Japanese Space Agency JAXA on this mission.

Insgesamt soll die Sonde rund 1.350 Kilogramm Masse haben, eine Rückkehrkapsel und eventuell auch eine Landestufe besitzen. Alternativ könnte die Probenentnahme auch als „Touch & Go“-Manöver wie bei der japanischen „Hayabusa“-Mission erfolgen. Die genaue Systemauslegung kann aber erst nach Abschluss der laufenden Studien ab September dieses Jahres erfolgen (siehe Seite 12). Für diese Mission wird eine Kooperation mit der japanischen Raumfahrtagentur JAXA angestrebt.

## Laufende Missionen

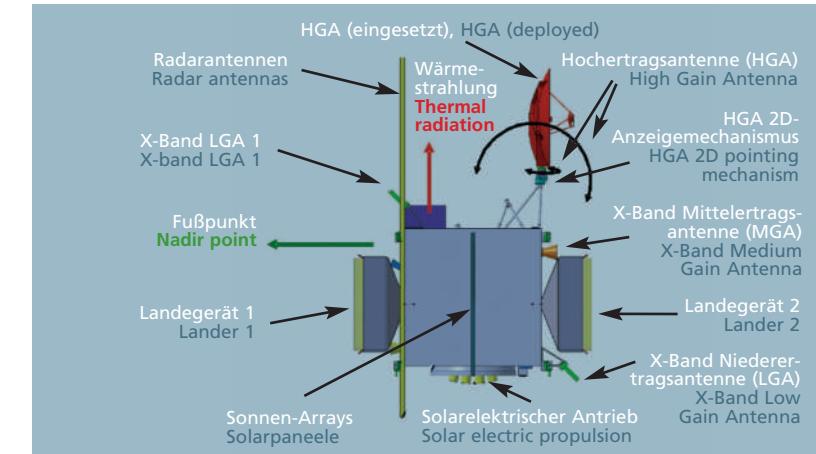
### ESA: Rosetta

Die europäische Raumsonde Rosetta soll den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko besuchen und ihn bei seinem Anflug auf die Sonne begleiten. Hierzu wird das Mutterschiff den Kometenkern umkreisen und ein Landeeinheit absetzen. Der vom DLR entwickelte Rosetta-Lander ‘Philae’ wird dann auf der Kometenoberfläche Messungen und Untersuchungen durchführen. An der Entwicklung und dem Betrieb der Instrumente sind mehrere DLR-Institute, das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, die Universität Münster und die Universität Mainz beteiligt. Die Rosetta-Mission soll unser Wissen über die Kometen, ihren Aufbau und Herkunft deutlich erweitern.

Auf ihrem langen Weg vollführt Rosetta mehrere Fly-By-Manöver an Erde und Mars. Am 5. September 2008 gelang ihr ein Vorbeiflug am Asteroiden Steins in nur 800 Kilometer Entfernung. Gestartet wurde die rund drei Tonnen schwere Raumsonde am 2. März 2004 mit einer Ariane 5-Trägerrakete. Sie soll ihr Ziel im Mai 2014 erreichen. Die Missionssdauer ist gegenwärtig bis Dezember 2015 angesetzt.



Bild / picture: ESA



Technische Details  
der ASTRUM-Studie  
(EADS Astrium)

Technical details of  
the ASTRUM study  
(EADS Astrium)

### NASA: Deep Impact / EPOXI

Die US-Raumsonde „Deep Impact“ wurde am 12. Januar 2005 mit einer US-Trägerrakete vom Typ Delta II gestartet. Nach einem halben Jahr Flugzeit war das Ziel, der Komet 9P/Tempel-1, erreicht. Die Raumsonde Deep Impact bestand aus zwei Komponenten: einem Impaktor von 370 Kilogramm Masse, der mit einer Geschwindigkeit von 10,3 Kilometern pro Sekunde auf den Kometenkern traf, und der 650 Kilogramm schweren Muttersonde, die zur gleichen Zeit am Kometen Tempel-1 vorbei flog. Der Einschlag des Impaktors erfolgte am 4. Juli 2005 und schleuderte solch große Mengen an Staub auf, dass der Einschlagskrater von der Muttersonde nicht beobachtet werden konnte.

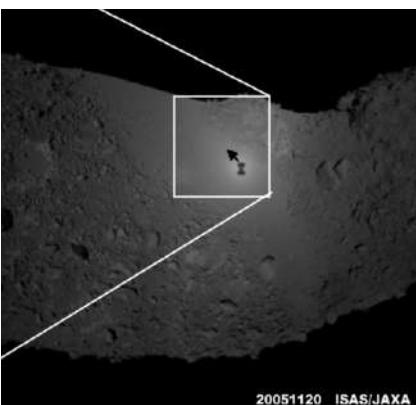
Eines der wichtigsten Ergebnisse: Die Kometenoberfläche enthält große Anteile sehr feinen Staubs, was so nicht erwartet worden war. Diese Mission war durch den Einsatz des Impaktors zudem der erste Test einer NEO-Abwehrmethode. Eine Bahnänderung des Kometen konnte aufgrund der sehr großen Massenunterschiede und der nicht-gravitativen Kräfte auf den Kometen nicht gemessen werden.

Da die Muttersonde noch voll funktionsfähig war, benannte man sie in EPOXI um und nahm ein Bahnänderungsmanöver vor. Der Komet Hartley 2 wurde als Ziel ausgewählt. Er soll nach mehreren Fly-By-Manövern an der Erde im Oktober 2010 erreicht werden. Gegenwärtig gibt es Überlegungen, aus Ersatzteilen eine zweite Deep Impact-Sonde zu bauen und deren Impaktor nach dem Ende der Kernmission von Rosetta auf Churyumov-Gerasimenko einschlagen zu lassen. Man erwartet, dass man durch die von Rosetta gewonnenen Daten wichtige Erkenntnisse über den inneren Aufbau der Kometen erhalten könnte.

### JAXA: Hayabusa (Muses-C)

Die japanische Asteroidensonde Hayabusa (früher Muses-C genannt) wurde am 9. Mai 2003 mit einer japanischen Trägerrakete vom Typ M-V gestartet und erreichte den Zielasteroiden Itokawa (1998 SF36) am 12. September 2005. Leider wurde die Sonde von einigen technischen Problemen getroffen. Dennoch näherte sich Hayabusa bis auf wenige Zentimeter der Asteroidenoberfläche und schoss mehrere kleine Projekte ab, um den dadurch aufgeschleuderten Staub mit einem Trichter aufzufangen. Ob dies gelungen ist, kann erst nach der Rückkehr der Landekapsel festgestellt werden. Insgesamt wurden durch Hayabusa viele wertvolle wissenschaftliche Daten gesammelt und zur Erde übertragen.

Da neben zwei Kreiselstabilisatoren auch das Lageregelungssystem mit chemischen Treibstoffen durch ein Leck ausfiel, blieb für



Aufnahmen des japanischen Satelliten Hayabusa vom Asteroiden Itokawa (ISAS/JAXA)

Pictures showing the Itokawa asteroid, captured by the Japanese Hayabusa satellite (ISAS/JAXA)

### NASA: Deep Impact / EPOXI

The US space probe ‘Deep Impact’ was launched on January 12, 2005, with a US Delta II launcher. After a flight time of six months it reached its target, the comet 9P/Tempel-1. The Deep Impact space probe consisted of two components: an impactor with a mass of 370 kilograms, which hit the comet’s core at a speed of 10.3 kilometers per second, and the 650-kilogram mother probe, which flew by the Tempel-1 comet at the same time. The impactor struck the comet on July 4, 2005, and threw up such large quantities of dust that the impact crater could not be observed by the mother probe.

One of the most important results: The comet’s surface contains a large proportion of very fine dust, which had not been expected. In using the impactor, this mission was also the first test of a NEO mitigation technology. A change to the comet’s path could not be measured due to the large difference in mass and the non-gravitational forces affecting the comet.

As the mother probe was still fully functional, it was renamed EPOXI and a maneuver was performed to alter its path. Its new target is the comet Hartley 2, where it is expected to arrive in October 2010 after several Earth fly-by maneuvers. There are currently considerations to build a second Deep Impact probe from spare parts and crash its impactor into Churyumov-Gerasimenko once the Rosetta core mission has been completed. Scientists hope that important information on the internal structure of comets could be gained from the data collected by Rosetta.

### JAXA: Hayabusa (Muses-C)

The Japanese asteroid probe Hayabusa (previously called Muses-C) was launched on May 9, 2003, with a Japanese launcher of type M-V, and reached the target asteroid Itokawa (1998 SF36) on September 12, 2005. Unfortunately, the probe suffered a number of technical problems. Hayabusa nonetheless came within a few centimeters of the asteroid’s surface and fired off several small projectiles in order to capture the dust they raised with a funnel. Whether it did so successfully cannot be determined until the landing capsule has returned. All in all, Hayabusa collected many valuable scientific data and transmitted them to Earth.

As, in addition to two gyroscopic stabilizers, the position control system using chemical fuels also failed due to a leak, only the ion drive system remained for the return flight; it was not designed for multiple ignitions, but worked nonetheless. Hayabusa has been on its return journey since 2007 and is expected to land on Earth in June 2010.



Die Framing Camera des DAWN-Satelliten (Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung)

The Framing Camera of the DAWN satellite (Max Planck Institute for Solar System Research)

### NASA: DAWN

den Rückflug nur das Ionenantriebssystem, welches nicht für Mehrfachzündungen ausgelegt war, aber dennoch funktionierte. Hayabusa befindet sich seit 2007 auf dem Rückflug, die Landung auf der Erde wird für Juni 2010 erwartet.

### NASA: DAWN

Die US-Mission DAWN hat zum Ziel, die beiden größten Asteroiden im Sonnensystem, Ceres und Vesta, zu erkunden (siehe hierzu auch COUNTDOWN-Ausgabe 3 von August 2007). Diese bestehen aus unterschiedlichen Materialien und sollen Auskunft über die Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems geben. Hierzu soll die Sonde jeweils einige Monate in einen Orbit um die Asteroiden einschwenken und diese während des Umkreisens genau erkunden.

Der Start erfolgte am 27. September 2007 mit einer amerikanischen Delta II- Trägerrakete. Nach einem Fly-By-Manöver am Mars im Februar 2009 ist der Aufenthalt bei Vesta für August 2011 bis Mai 2012 vorgesehen. Der Weiterflug zu Ceres dauert bis Februar 2015, wo DAWN bis zum voraussichtlichen Missionsende im Juli 2015 verbleiben und dann kontrolliert zum Absturz auf den Asteroiden gebracht werden soll.

Deutschland ist an der Mission mit zwei identischen Framing Cameras beteiligt, die vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, dem DLR-Institut für Planetenforschung und dem Institut für Datentechnik und Kommunikationsnetze der TU Braunschweig entwickelt und gebaut wurden. An der wissenschaftlichen Datenauswertung partizipiert zusätzlich die Freie Universität Berlin.

### Ausblick

Forschungseinrichtungen und Industrie in Deutschland sind auf dem Gebiet der Asteroidenforschung im weltweiten Vergleich exzellent aufgestellt. Erfolgreiche Missionsbeteiligungen belegen, dass hierzulande sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf technischer Seite die Kompetenz zur autonomen Durchführung bedeutender NEO-Such- und Erkundungsmissionen vorhanden ist. Die Studien zu ASTEX und AsteroidFinder liefern heute schon detaillierte Szenarien für die praktische Umsetzung.

Dr.-Ing. Christian Gritzner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Extraterrestrik der DLR Raumfahrt-Agentur.

Dr. Philip Willemsen und Bernd Sommer sind wissenschaftliche Mitarbeiter der Abteilung Technik für Raumfahrtssysteme und Robotik der DLR Raumfahrt-Agentur.

Germany is contributing to the mission with two identical framing cameras, which were developed and constructed by the Max Planck Institute for Solar System Research, the DLR Institute of Planetary Research and the Institute of Computer and Communication Network Engineering of the Technical University of Brunswick. The Free University of Berlin is additionally participating in the scientific interpretation of the data.

### Outlook

In the field of asteroid research, scientific institutions and industry in Germany are excellently positioned by international standards. Successful mission participation demonstrates that both the scientific and the technical competence are existing in Germany to autonomously carry out significant NEO search and exploration missions. The studies on ASTEX and AsteroidFinder are already delivering detailed scenarios for practical implementation.

Dr.-Ing. Christian Gritzner is a research assistant in the Space Science department of the DLR Space Agency.

Dr. Philip Willemsen and Bernd Sommer are research assistants in the General Technologies and Robotics department of the DLR Space Agency.

# Klarer Erfolg aus deutscher Sicht

Die ESA-Ministerratskonferenz in Den Haag – eine Nachlese

Von Dr. Ludwig Baumgarten

Am 25. und 26.11.2008 trat der Ministerrat der Europäischen Weltraumorganisation ESA in Den Haag zusammen, um Grundsatzentscheidungen der gemeinsamen Raumfahrtpolitik zu treffen und neue Programme zu beschließen. Geleitet wurde die Konferenz von der italienischen Bildungsministerin Gelmini, die den Ratsvorsitz von den Niederlanden übernommen hatte. Nach dem jüngsten Beitritt der Tschechischen Republik nahmen an der Konferenz Minister und Delegierte aus 18 ESA-Mitgliedstaaten und dem assoziierten Land Kanada teil. Hinzu kamen Vertreter der EU-Kommission und Beobachter aus den EU-Mitgliedsstaaten, die noch nicht der ESA angehören, sowie von internationalen Organisationen.

Zunächst ist festzuhalten, dass der ESA-Ministerrat seine Rolle voll erfüllt hat: Das Gesamtvolume der verabschiedeten Programme beträgt rund zehn Milliarden Euro. Damit ist die Basis für die Raumfahrtpolitischen Ziele Europas und die technologische Weiterentwicklung der europäischen Raumfahrtindustrie in den nächsten Jahren gelegt. Auch aus nationaler Sicht ist das Konferenzergebnis als klarer Erfolg zu werten. Die deutsche Delegation unter Leitung des Parlamentarischen Staatssekretärs im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Peter Hintze, konnte sich mit wesentlichen Forderungen durchsetzen. In vielen Programmberichen hat Deutschland seine führende Position ausgebaut oder die Programmführung übernommen. Mit einem Engagement von insgesamt 2,7 Milliarden Euro hat Deutschland den größten Beitrag gezeichnet und damit maßgeblich zum Erfolg der Konferenz beigetragen.

## Deutschland führend bei Erdbeobachtung und Satellitenkommunikation

Die deutsche Raumfahrt hat in der Breite eine nachhaltige Stärkung erfahren. In allen zur Zeichnung vorgelegten Erdbeobachtungsprogrammen ist Deutschland Programmführer. Damit wird Deutschland nicht nur seiner Führungsrolle im Klimaschutz gerecht, sondern eröffnet seiner Industrie auch vielfältige Chancen beim Aufbau des Weltraumsegments von Erdbeobachtungssystemen und darauf aufbauenden nachgelagerten Diensten.

Bild / picture: ESA

# Clear Success from German Standpoint

The ESA Ministerial Council in The Hague – a follow-up

by Dr. Ludwig Baumgarten

On November 25 and 26, 2008, the Ministerial Council of the European Space Agency ESA met in The Hague to make fundamental decisions about joint space policy and to decide on new programs. The conference was chaired by the Italian Minister of Education Gelmini who took over the chair from the Netherlands. Following the recent accession of the Czech Republic, ministers and delegates from 18 ESA member states and Canada, the associated country, took part in the conference. It was also attended by representatives of the EU Commission, observers from EU member states that do not yet belong to the ESA, and observers from international organizations.

It should first be stated that the ESA Ministerial Council fully discharged its remit. The total volume of approved programs amounted to around ten billion euros. This has laid the foundation for the political goals of European space flight and the further technological development of the European space industry over the next few years. From a German point of view, too, the conference can be regarded as a clear success. The German delegation led by the Parliamentary Secretary of State in the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), Peter Hintze, asserted its position with key stipulations. In many program sectors, Germany expanded its leading position or took over the program leadership. With a total exposure of 2.7 billion euros, Germany tendered the largest contribution and therefore played a key role in the success of the conference.

## Germany leads the way in Earth observation and satellite communication

The German space flight program has been broadly strengthened in the long term. Germany is the program leader in all Earth observation programs submitted for subscription. This will not only help Germany to fulfill its leading role in climate protection, but will also open up to the country's industry a wide variety of opportunities for expanding the space segment of Earth observation systems and the associated supporting services.

Mit den Beteiligungen bei den Programmen zur Satellitenkommunikation (ARTES) hat Deutschland auch hier eine führende Rolle übernommen. Dabei stehen zurzeit zwei Entwicklungen mit deutscher Führung im Vordergrund. Dies ist zum einen die kleine geostationäre Satellitenplattform „SmallGeo“, die als Baustein für das „Europäische Daten Relais Satellitensystem (EDRS)“ ihre Einsatzreife erneut unter Beweis stellen kann. Zum anderen gibt Deutschland mit dem Laser Communication Terminal (LCT) einen neuen Weltstandard zur optischen Datenübertragung zwischen Satelliten vor, mit unschätzbarem industriellem Potenzial. Das LCT wird zukünftig sowohl auf den GMES-Satelliten eingesetzt als auch als Gegenstelle auf den EDRS-Satelliten.

Durch eine hohe Zeichnung bei der Ariane-Weiterentwicklung hat Deutschland seinen Führungsanspruch bei der Ariane-Oberstufe nochmals bekräftigt. Dies war in diesem Umfang auch deshalb möglich, weil eine zusätzliche Beteiligung der Teilnehmerstaaten am Betrieb der Ariane 5 im Vorfeld der Konferenz abgewendet werden konnte und damit mehr Geld für Entwicklungsprogramme zur Verfügung steht.

## ISS-Finanzierung vorerst gesichert

Für den Betrieb der Internationalen Raumstation (ISS) waren wir bereit, auf dieser Ministerkonferenz einen größeren Teil der absehbaren Kosten zu finanzieren. Allerdings wollten unsere ESA-Partner das von uns favorisierte Volumen für die Betriebsperiode 3 (2008 bis 2012) nicht mittragen. Dies durch eine einseitige Zusatzbeteiligung von deutscher Seite auszugleichen, kam nicht in Frage. Der relative Anteil Deutschlands am Betrieb der ISS hat gemäß der ESA-Ministerkonferenzen in Berlin und Den Haag bereits eine steigende Tendenz. Deutschland ist zudem beim Mikrogravitationsprogramm ELIPS der führende Nutzer der ISS. Eine weitere Erhöhung des deutschen Finanzierungsanteils bei Betrieb und Nutzung der ISS würde dem Charakter als europäischem und globalem Programm nicht gerecht. Auch wenn der beschlossene Umfang knapp bemessen ist, haben die ESA-Partner gemeinsam eine bedarfsgerechte Finanzierung der ISS zugesichert. Nach wie vor ist die Bemannte Raumfahrt das höchstdotierte optionale ESA-Programm.

Ein Novum ist, dass sich im neuen Programm zur Weltraumüberwachung neben dem für die Raumfahrt federführenden BMWi erstmals auch das Bundesministerium für Verteidigung (BMVg) an einem ESA-Programm beteiligt. Zusammen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) partizipieren damit nunmehr drei Bundesministerien an den Raumfahrtprogrammen der ESA.

With its participation in the satellite telecommunication programs (ARTES), Germany has assumed a dominant role in this sector, too, currently spearheaded by two German-led developments. The first of these is the small geostationary satellite platform ‘SmallGeo,’ which will have a further chance to prove its operational efficiency as a component of the ‘European Data Relay Satellite System (EDRS).’ The other is the Laser Communication Terminal (LCT), a new world standard for optical data transfer between satellites, with inestimable industrial potential. In the future, the LCT will be used both on the GMES satellites and as a terminal on the EDRS satellites.

Germany additionally reinforced its leading claim to the Ariane upper stage with a large subscription for Ariane’s further development. This level of funding was possible partially because additional involvement by the participating states in the operation of Ariane 5 was averted in the run-up to the conference, leaving more money available for development programs.

## ISS financing secured for the present

With regard to the operation of the International Space Station (ISS), we were prepared to finance a greater proportion of the foreseeable costs at this Ministerial Conference. However, our ESA partners did not want to share the burden of the volume favored by us for operating period 3 (2008 to 2012). Compensating for this through a unilateral additional investment from the German side was out of the question. Germany’s relative stake in the operation of the ISS already increased at the ESA Ministerial Conferences in Berlin and The Hague. Moreover, Germany is the leading user of the ISS for the ELIPS microgravitation program. A further increase in the proportion of German financing for the operation and use of the ISS would not be in keeping with its character as a European and global program. Though the agreed amount is only just sufficient, the ESA partners have nonetheless secured the financing required for the ISS. Manned space flight continues to be the best-funded optional ESA program.

In a new development, the Federal Ministry of Defense (BMVg) is to participate in an ESA program – the new program for space observation – for the first time alongside the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), the leading ministry for aeronautics. Along with the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs (BMVBS), this means that three federal ministries are now participating in the space programs of the ESA.





#### Hauptthemen der Konferenz im Überblick

Verabschiedung einer Entschließung zur weiteren Entwicklung der europäischen Raumfahrtpolitik

Beitrag der europäischen Raumfahrt zu Fragen von Umwelt, Klimawandel und Sicherheit

Stärkung des Wissenschaftsprogramms der ESA

Förderung des Trägersektors mit einer Weiterentwicklung der Ariane 5

Festschreibung der europäischen Beteiligung an der Internationalen Raumstation ISS

Entscheidungen über neue Programme vor allem im Bereich der Erdbeobachtung (Meteosat Dritte Generation), der Telekommunikation (Europäisches Datenrelais Satelliten System) und der langfristigen Nutzung der Internationalen Raumstation

#### Overview of key conference themes

Passing of a resolution for further development of the European space policy

Contribution of European space flight programs to environmental, climate-change, and security issues

Strengthening of the ESA scientific program

Support for the carrier sector with the further development of Ariane 5

Defining the European participation in the International Space Station (ISS)

Decisions about new programs, primarily in the Earth observation sector (Meteosat Third Generation), telecommunications sector (European Data Relay Satellite System), and long-term use of the International Space Station

#### 25 Prozent mehr Mittel für die europäische Raumfahrt

Es ist positiv hervorzuheben, dass in Den Haag trotz der schwierigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen über ein Finanzvolumen entschieden wurde, welches das der ESA-Ministerratskonferenz 2005 in Berlin um 25 Prozent übersteigt. Deutschland hat sogar etwa 50 Prozent mehr Mittel bereitgestellt, wobei sich diese allerdings teilweise auf sehr lange Zeiträume bis zum Jahr 2020 beziehen. Die Voraussetzung für den starken Einsatz Deutschlands war der Aufwuchs in den ESA-Titeln des BMWi und des BMVBS in den letzten Jahren, den die genannten Ministerien gemeinsam mit dem DLR erreicht haben. Gerade in Zeiten einer Kredit- und Nachfragekrise ist es ein wichtiges und richtiges Signal, dass die öffentlichen Investitionen in Technologie und Innovation fortgeführt und sogar gesteigert werden. Dies ist ein Konjunkturprogramm, das nicht allein Nachfrage schafft, sondern darüber hinaus konkreten Nutzen für die Bürger stiftet und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie und Wissenschaft erhöht.

Nun geht es daran, die Beschlüsse umzusetzen und die bereitgestellten Mittel effektiv zu nutzen. Die DLR Raumfahrt-Agentur wird im ESA-Rahmen alles Notwendige dafür tun, alle noch offenen

#### 25 percent more funds for European space flight programs

A positive development of particular note is the fact that, despite the difficult economic conditions, the volume of finance agreed in The Hague was 25 percent more than at the ESA Ministerial Council 2005 in Berlin. Germany has even allocated some 50 percent more funds, some of these however relating to very long time periods up to 2020. The prerequisite for Germany's strong commitment was the increased investment by the BMWi and BMVBS in the ESA over the last few years, on the initiative of the named ministries together with the DLR. Even in these times of credit and demand crisis, the fact that public investment in technology and innovation is continuing and even increasing gives out an important and positive signal. This is an economic stimulus program that not only creates demand, but also provides concrete benefits for the German population and increases the competitiveness of German industry and science.

The key issue now is to put the decisions into action and utilize the funds provided effectively. The DLR Space Agency will do everything necessary within the framework of the ESA to clear up all points still outstanding and create efficient conditions. In this con-



text, an appropriate return flow of finance for German industry and scientific institutions must be ensured further on.

I would like to add a few remarks from my own personal viewpoint. I have had the opportunity of participating in a total of twelve ESA Ministerial Conferences – concluding with The Hague – in various capacities on behalf of the Federal Ministry for Research and Technology and the DLR. I see it as important that the European spirit, the cooperation of the ESA member states in pursuing shared goals, is preserved as the core of the ESA. Some countries' endeavors of establishing an 'à la carte'-mentality should be definitely refused.

Punkte zu klären und effiziente Rahmenbedingungen zu schaffen. In diesem Kontext muss auch weiterhin der angemessene finanzielle Rückfluss für die deutsche Industrie und die wissenschaftlichen Einrichtungen sichergestellt werden.

Anfügen möchte ich einige Bemerkungen aus meiner persönlichen Sicht. Ich hatte die Gelegenheit, in verschiedenen Funktionen im Bundesforschungsministerium und im DLR an insgesamt zwölf ESA-Ministerratskonferenzen teilzunehmen. Den Haag bildete den Abschluss. Wichtig erscheint mir, dass der europäische Geist, die Zusammenarbeit der ESA-Mitgliedstaaten für gemeinsame Ziele als Kern der ESA bewahrt bleibt. Bestrebungen mancher Länder nach einer „à la carte“-Mentalität sollte eine klare Absage erteilt werden.

Natürlich müssen die Beiträge zu den ESA-Programmen zunächst national gerechtfertigt werden. Nur ein Programm, das der deutschen Industrie und Wissenschaft entscheidende Perspektiven eröffnet, hat Chancen, von den zuständigen Ministerien und dem Parlament finanziert zu werden. Gleichzeitig ist klar: Große Raumfahrtprogramme können wir nur im europäischen Verbund, teilweise sogar nur in globaler Kooperation, stemmen. Dies bedingt gegenseitiges Vertrauen und Verständnis zwischen den teilnehmenden Staaten für den gesamten Zeitraum der Durchführung. Die teilnehmenden Staaten gehen gegenüber der ESA und auch untereinander langjährige Verpflichtungen ein. Sie müssen einerseits auf die Einhaltung dieser Verpflichtungen durch ihre Partner vertrauen können, andererseits jedoch auch Verständnis für spezifische Probleme und Ziele einzelner Teilnehmerstaaten haben – ein Balance-Akt, der für den nachhaltigen Erfolg der ESA entscheidend ist.

In Den Haag galt es erneut, die verschiedenen Interessen zu gemeinsamen Beschlüssen zu bündeln. Aber mit viel Anstrengung im Vorfeld und während der Konferenz ist es wieder gelungen. Ich hoffe, dass auch künftige Ministerratskonferenzen, von diesem Geist getragen, Erfolg haben werden.

Dr. Ludwig Baumgarten war von April 2002 bis Ende Januar 2009 im DLR-Vorstand zuständig für die Raumfahrt-Agentur.

Dr. Ludwig Baumgarten has been the DLR Executive Board member responsible for the Space Agency from April 2002 to end of January 2008.



# Unser Labor im All

**Forschung auf COLUMBUS hat begonnen**

**Teil 2:** Raumfahrtmedizinische Experimente

By Prof. Dr. Günter Ruyters

## Our Laboratory in Space

**Research Underway on COLUMBUS**

**Part 2: Medical experiments in space**

By Prof. Dr. Günter Ruyters

**Bild / picture: NASA**

Europas Raumfahrt kann auf ein erfolgreiches Jahr 2008 zurückblicken: Vor gut zwölf Monaten, am 7. Februar 2008, brachte die amerikanische Raumfähre Atlantis das europäische Weltraumlabor Columbus zur Internationalen Raumstation (ISS). Nach weiteren Shuttle-Flügen können sich ab Mitte 2009 permanent sechs Wissenschafts-Astronauten an Bord der Raumstation aufhalten. Mit seinen hochmodernen Anlagen zur Forschung in Biologie, Medizin und Fluidphysik sowie den extern angebrachten Geräten für die Astrobiologie, Solarforschung und Technologie wird Columbus als Europas „Labor im All“ für die nächsten Jahre der Spitzforschung unter Weltraumbedingungen zur Verfügung stehen. Deutsche Wissenschaftler spielen dabei eine herausragende Rolle. Dieser Beitrag stellt aktuelle Forschungsprojekte aus der Raumfahrtmedizin vor.

#### **SOLO: Natrium-Einlagerung beim Menschen**

Seit Oktober 2008 sind die European Physiology Modules in Columbus mit dem in deutsch-französischer Kooperation entwickelten CARDIOLAB im Einsatz. Als eines der ersten Projekte findet das Experiment SOLO vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln statt. Dabei handelt es sich um Untersuchungen zum Zusammenspiel von Ernährung, Salz- und Flüssigkeitshaushalt, Knochen- und Muskelstoffwechsel sowie Blutdruckregulation beim Menschen.

Hintergrund ist die Tatsache, dass Astronauten in Schwerelosigkeit mit ähnlichen Gesundheitsproblemen zu kämpfen haben wie der alternde Mensch auf der Erde: Aufgrund fehlender Schwerkraft und der dadurch verminderten mechanischen Belastung kommt es zu Herz-Kreislauf-Problemen, Störungen des Gleichgewichts- und des Immunsystems, zu Muskelschwund und Knochenabbau (Osteoporose). Diese Veränderungen laufen im Weltraum gewissermaßen im Zeitraffer ab und können deswegen hervorragend studiert werden. Im Gegensatz zum Alterungsprozess sind sie zum Glück für die Astronauten umkehrbar. So kann nach der Rückkehr zur Erde auch die Wieder-Anpassung an irdische Schwerkraftverhältnisse untersucht werden.

Untersuchungen der DLR-Wissenschaftler auf der russischen Raumstation MIR hatten Zweifel an der strengen Kopplung von Salz- und Wasserhaushalt bei Kosmonauten in der Schwerelosigkeit ausgelöst und damit etabliertes Lehrbuchwissen in Frage gestellt. In der Tat entdeckten die Forscher in nachfolgenden Bodenstudien einen bislang unbekannten Mechanismus der Salzspeicherung in der Haut. Wahrscheinlich wird das Natrium an bestimmte Zucker-Eiweiß-Moleküle gebunden. Zudem scheint es auch einen nachteiligen Effekt auf das Skelettsystem zu geben: Hohe Kochsalzzufuhr steigert dennoch den Knochenabbau.

Ein wesentliches Ziel des SOLO-Experimentes auf der ISS ist daher herauszufinden, ob eine hohe Kochsalzzufuhr im All den durch die Schwerelosigkeit ohnehin schon stattfindenden Knochenabbau noch intensiviert. Wegen des Zusammenhangs zwischen Salz, Ernährung und Bewegung mit Muskel- beziehungsweise Knochenstoffwechsel und Bluthochdruck sind die Ergebnisse nicht nur für die Astronauten wichtig, sondern besonders für die Therapie dieser Erkrankungen beim Menschen auf der Erde.

Bei den ISS-Experimenten wird die Nahrung der Astronauten streng kontrolliert, Ausscheidungen, Bewegungen und Training genauestens erfasst und eine Vielzahl physiologischer Daten erhoben. Die ersten Blut- und Urinproben wurden Ende November 2008 mit der Shuttle-Mission STS-126 zur Erde zurückgebracht und werden nun

Europe's space program looks back on a successful year 2008. Slightly more than twelve months ago, on February 7, 2008, the American space shuttle Atlantis carried the European space laboratory Columbus to the International Space Station (ISS). From mid-2009, following some further shuttle flights, it will be possible for a permanent crew of six scientist-astronauts to remain on board the Space Station. With its state-of-the-art facilities for research into biology, medicine, and fluid physics, as well as its externally mounted devices for astrobiology, solar research, and technology, Columbus will be available as Europe's 'laboratory in space' for cutting-edge research under space conditions for the next few years. German scientists play a prominent role in this endeavour. This article outlines current research projects from the space medicine sector.

#### **SOLO: Sodium storage in humans**

Since October 2008, the European Physiology Modules in Columbus are used in conjunction with the CARDIOLAB developed through German-French cooperation. One of the first projects to be implemented is the SOLO experiment by the DLR Institute of Aerospace Medicine in Cologne. The project's focus is on investigating the interrelationship between diet, salt and fluid balance, bone and muscle metabolism, and blood pressure regulation in humans.

Research in space medicine is based on the fact that astronauts in weightless conditions face the same health problems as people on Earth undergo during the aging process. The lack of gravity and the associated reduction in mechanical load causes cardiovascular problems, malfunctions of the vestibular and immune systems, and muscle and bone wasting (osteoporosis). In space, these changes are accelerated, making it the perfect place to study them. Unlike the aging process, the changes are fortunately reversible for the astronauts. After they have returned to Earth, their re-adaptation to Earth's gravity can also be studied.

Studies by the DLR scientists on the Russian space station MIR had cast doubt on the strict link between salt and water balance in cosmonauts in zero gravity and therefore challenged established wisdom. Indeed, the researchers discovered a previously unknown salt storage mechanism in the skin during the earthbound studies that followed. Sodium is probably bonded to certain sugar-protein molecules. There also seems to be a detrimental effect on the skeletal system: thus, a high intake of common salt increases bone wasting.

A key goal of the SOLO experiment on the ISS, is therefore to find out whether a high intake of common salt in space further intensifies the bone wasting caused by weightlessness. Because of the interrelationship between salt, diet, and movement, and muscle/bone metabolism and high blood pressure, these results are important not just for astronauts, but also particularly for the treatment of these diseases in human beings on Earth.

During the ISS experiments, the astronauts' food is strictly controlled, their excretions, movements, and training are precisely recorded and a great deal of physiological data gathered. The first blood and urine samples were brought back to Earth at the end of November 2008 with the STS-126 shuttle mission and are now being analyzed. The experiment on the astronauts on the ISS is still ongoing in order to achieve statistically reliable results.



analysiert. Derzeit läuft das Experiment an den Astronauten auf der ISS weiter, um zu statistisch abgesicherten Ergebnissen zu gelangen.

#### Otolith: Gleichgewichtssystem im Innenohr

Während der gesamten Evolution hat die irdische Schwerkraft die Entwicklung der Organismen maßgeblich beeinflusst. Zudem stellt sie eine essenzielle Bezugsgröße für räumliche Orientierung und Koordination sämtlicher Körperbewegungen dar. Bei vielen Tierarten und beim Menschen sind die Otolithenorgane (Utrikulus und Sakculus) des Gleichgewichtssystems im Innenohr für die Wahrnehmung der Schwerkraft zuständig. Gemeinsam mit dem Sehsinn sowie Sensoren in Muskeln und Gelenken erlaubt das Gleichgewichtssystem eine koordinierte Bewegung und räumliche Orientierung, indem es ständig alle Bewegungen des Kopfes und die Stellung des Kopfes gegenüber der Schwerkraft misst.

Der Wegfall des Schwerkraftreizes während eines bemannten Raumflugs stellt eine besondere Herausforderung für das sensormotorische System dar, doch ist dieses in der Lage, sich innerhalb weniger Tage an die neue Situation anzupassen. Dabei werden die beteiligten neuronalen Mechanismen neu gewichtet und gewissermaßen „umprogrammiert“. Nach der Landung beginnt sofort die Rück-Anpassung an die irdischen Schwerkraftbedingungen. Da die Leistungsfähigkeit der Astronauten während dieser Anpassungsphasen durchaus beeinträchtigt sein kann (Raumkrankheit), ist die Entwicklung wirksamer Gegenmaßnahmen von herausragender Bedeutung. Hierzu ist natürlich das genaue Verständnis der zugrunde liegenden Vorgänge notwendig. Weltraumexperimente bieten einzigartige Möglichkeiten in diesem Kontext.

Mit der Shuttle-Mission STS-126 zur ISS im November 2008 startete das Experiment „Otolith“. Hierbei werden in der Zeit vor und unmittelbar nach einer Weltraummission mehrere Funktionen der Otolithenorgane unter die Lupe genommen. Auf diese Weise können Humanphysiologen den Prozess der Rück-Anpassung an die irdischen Schwerkraftbedingungen erfassen. Diese äußert sich als Stabilisierung der reflexartigen Augenbewegungen, der räumlichen Wahrnehmung sowie der Muskelspannung (Tonus). Für die Messung werden jüngst etablierte Methoden verwendet, die bei den Wissenschaftlern der Berliner Charité bereits im klinischen Labor zum Beispiel für die Untersuchung von Schwindel im Einsatz

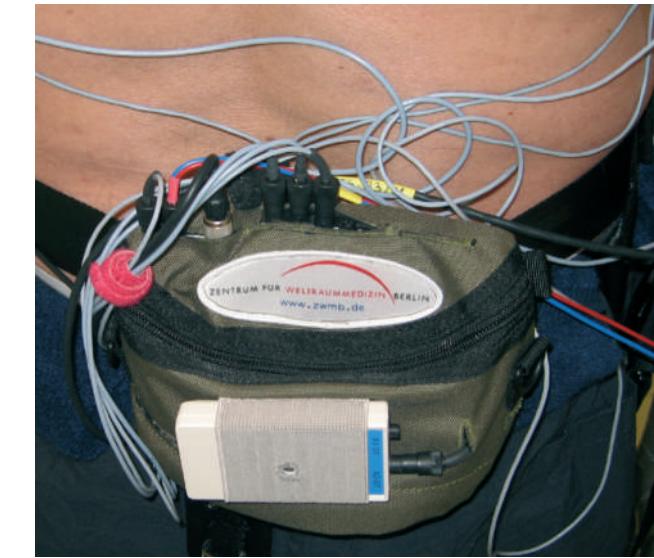
#### Otolith: The vestibular system in the inner ear

Throughout evolution, Earth's gravity has had a major influence on the development of organisms. It also acts as an essential reference parameter for spatial orientation and coordination of all body movements. In humans and many types of animals, the otolith organs (utricle and saccule) of the vestibular system in the inner ear are responsible for the perception of gravity. Together with vision and sensors in muscles and joints, the vestibular system allows coordinated movement and spatial orientation by continually measuring all movements of the head and the position of the head in relation to gravity.

The lack of gravity during space flight is particularly challenging for the astronauts' sensorimotor system; however, this system is able to adapt to the new situation within a few days. The neural mechanisms involved are recalibrated and, so to speak, 'reprogrammed.' After landing, re-adaptation to Earth's gravity begins immediately. As the performance of the astronauts may be severely impaired during these adaptation phases (space sickness), the development of effective counter-measures is extremely important. This, of course, requires a precise understanding of the underlying processes. Space experiments offer unique opportunities in this regard.

The 'Otolith' experiment started with the STS-126 shuttle mission to the ISS in November 2008. It is designed to examine several functions of the otolith organs in detail during the period before and immediately after a space mission. Three astronauts have been studied so far, and further data will follow in the coming months. This experiment allows human physiologists to record the process of re-adaptation to Earth's gravity, which involves stabilization of the reflex eye movements, spatial perception, and muscle tone. The measurements are performed with recently established methods already used by scientists at the Charité Berlin in the clinical laboratory, e.g., for investigating vertigo.

The results to be obtained in this project will be highly significant – not only for human space flight, but also for understanding certain neural diseases and for the further development of clinical testing of the vestibulo-oculomotor system, the system that coordinates the processes in the inner ear and the movements of the eyes.



**THERMO-Experiment bei DLR-Parabolflug im November 2007 (Charité/Noack)**

The THERMO experiment during the DLR parabolic flight, November 2007 (Charité/Noack)

sind. Drei Astronauten wurden bislang untersucht; weitere Messungen folgen in den kommenden Monaten

Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse sind von grundlegender Bedeutung – nicht nur für die bemannte Raumfahrt, sondern auch für das Verständnis bestimmter neuronaler Erkrankungen wie Schwindel sowie für die Weiterentwicklung der klinischen Prüfung des vestibulo-okulomotorischen Systems. Dies ist der Mechanismus, der das Gleichgewichtsempfinden und die Augenbewegungen koordiniert.

#### EKE: Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Astronauten müssen gerade während einer laufenden Mission ein umfangreiches Trainingsprogramm absolvieren, um dem Verlust an physischer Fitness zu begegnen. Primär geht es um den Erhalt der Ausdauerleistungsfähigkeit. Diese wird gegenwärtig mit Hilfe von Ausbelastungstests bestimmt und durch die maximale Sauerstoffaufnahme beurteilt. Hier geht der Proband bis an die Grenze seiner körperlichen Leistungsfähigkeit.

Will man diese Erschöpfungszustände vermeiden, kann nach Auffassung von Wissenschaftlern der Deutschen Sporthochschule in Köln auch der Zeitverlauf der muskulären Sauerstoffaufnahme nach Leistungsänderungen bei leichten bis mittleren Belastungsintensitäten erfasst werden. Diese Methode ist bislang aber noch nicht allgemein etabliert; genau hier setzt das ISS-Projekt „Exercise-Kinetics-Experiment (EKE)“ der Sporthochschule an.

Es bedeutet einen großen Aufwand, die Sauerstoffaufnahme in den Muskeln nicht-invasiv, das heißt unter Verzicht auf einen Eingriff, zu bestimmen. Daher müssen Mediziner die muskuläre Sauerstoffaufnahme unter Berücksichtigung folgender Faktoren berechnen: Sauerstoffaufnahme bei der Atmung (Messung), Herzzeitvolumen (Schätzung) und venöses Blutvolumen zwischen beteiligter Muskulatur und Lunge (Annahme). Unter dem Herzzeitvolumen versteht man das Volumen des Blutes, welches in einer Minute vom Herzen durch den Blutkreislauf gepumpt wird. Es ist also ein Maß für die Pumpfunktion des Herzens.

#### EKE: Determining endurance

Astronauts have to complete an exhaustive training program even while a mission is underway in order to counteract loss of physical fitness. This is primarily about maintaining endurance, which is currently determined using exercise tests and assessed through maximum oxygen uptake. These tests push the subject to the limits of his physical endurance.

To avoid these states of exhaustion, scientists at the German Sport University in Cologne believe the muscles' oxygen uptake time following changes in performance can also be recorded at light to medium workload intensities. However, this method has yet to become generally established and is an area that the Sport University's ISS project 'Exercise Kinetics Experiment (EKE)' specifically addresses.

Determining oxygen uptake in the muscles non-invasively requires a lot of input. Medical scientists have to take into account the following factors when calculating the muscular oxygen uptake: Oxygen uptake through breathing (measurement), cardiac output (estimate), and venous blood volume between the muscles involved and the lungs (presupposition). Cardiac output means the volume of blood pumped from the heart through the bloodstream in one minute. In other words, it is a way of measuring the pump function of the heart.

The astronauts must now complete specific endurance tests before, during, and after a period spent in microgravity. These determine the heart rate and cardiac output, as well as the gas exchange through breathing. During the astronauts' stay on the ISS, data from performance tests is used to determine the maximum oxygen uptake. This data is included in the model alongside the comparative measurements taken on Earth.

The goal is to develop a method for estimating physical performance using the changes in oxygen uptake and the cardiovascular parameters depending on the intensity of the exertion. This data can be gathered non-invasively during training using appropriate instrumentation, thereby avoiding the prevalent performance test that pushes the subject to exhaustion. While exhaustive exercise tests may still be acceptable for athletes, in the future, this new 'low-intensity testing' may also be used for children and patients.

Vor, während und nach dem Aufenthalt in der Schwerelosigkeit müssen die Astronauten nun spezifische Belastungstests absolvieren. Dabei bestimmt man neben dem Gasaustausch beim Atmen auch Herzfrequenz und Herzzeitvolumen. Während des Aufenthaltes auf der ISS werden Daten von Leistungstests zur Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme genutzt. Diese Daten werden mit den Vergleichsmessungen auf der Erde in das Modell eingerechnet.

Das Ziel ist die Entwicklung einer Methodik, mit der man die körperliche Leistungsfähigkeit anhand der Veränderungen der Sauerstoffaufnahme und der Herz-Kreislauf-Parameter in Abhängigkeit der Belastungsintensität abschätzen kann. Diese Daten können mit entsprechender Instrumentation während des Trainings begleitend nicht-invasiv erhoben werden. Häufige Leistungstest bis zur Erschöpfung werden so vermieden. Während eine Ausbelastung beim Sportler noch akzeptabel sein mag, könnte diese neue, so genannte „Niederleistungsdiagnostik“ in Zukunft auch bei Kindern und Patienten eingesetzt werden.

#### **THERMO: Wärmeverteilung beim Menschen**

Bei Eintritt in die Schwerelosigkeit kommt es beim Menschen zu einer raschen Umverteilung von Flüssigkeiten (Blut, Lymphe) von der unteren in die obere Körperhälfte. Damit verknüpft sind auch Veränderungen im Wärmehaushalt: Astronauten klagen oft über kalte Füße und Finger. Bei Einsätzen außerhalb der Raumstation sind Astronauten zudem extremen thermischen Umweltbedingungen ausgesetzt: plus 200 Grad Celsius in der Sonne, minus 180 Grad im Schatten. Außerdem ist die Arbeit in den Raumanzügen physisch sehr anstrengend. Der Körper bildet erhebliche Wärmemengen. Dies kann innerhalb kürzester Zeit zu einem gefährlichen Anstieg der Körperkerntemperatur auf über 39 Grad führen. Deren kontinuierliche Erfassung ist daher von großer Bedeutung. Allerdings sind die üblicherweise angewandten Verfahren aus mess-technischen oder hygienischen Gründen nicht für den alltäglichen Einsatz bei Astronauten geeignet.

Seit 2001 hat deshalb eine Arbeitsgruppe an der Charité Berlin in enger Zusammenarbeit mit der Drägerwerk AG an der Entwicklung und Erprobung eines neuartigen nicht-invasiven Messverfahrens gearbeitet. 2003 und 2006 erfolgte die Patentierung des so genannten „Doppelsensors“. Dieser erfasst den Wärmefluss am Kopf oder auf dem Brustbein. Die Wärmeflussmengen werden über spezielle Algorithmen in Körperkerntemperaturen umgerechnet und dienen zusammen mit Herzfrequenz-Daten zur Beurteilung des Erschöpfungszustandes (Physiological Strain Index).

Auf Parabelflügen der DLR Raumfahrt-Agentur wurde der neue Sensor, der bei dem ISS-Experiment THERMO zum Einsatz kommt, getestet. Zusätzlich setzten die Wissenschaftler eine Wärmebildkamera zur Erfassung der Temperaturverteilung und weitere moderne Verfahren zur Messung von raschen Flüssigkeitsverschiebungen bei wechselnden Schwerkraftbedingungen ein. Ergebnis: Unmittelbar nach Wegfall der Schwerkraft steigt mehr als ein halber Liter Blut von den Beinen aus in Richtung Kopf. Die Wärmeabstrahlung, die bereits auf der Erde zu rund 30 Prozent über den Kopf erfolgt, erhöht sich in der Schwerelosigkeit deutlich.

Auf der ISS wird das Experiment THERMO mit weiteren leistungsphysiologischen Experimenten der NASA kombiniert, um gemeinsam zu detaillierten Erkenntnissen über die Regulation des Herz-



#### **THERMO: Heat distribution in humans**

When they enter microgravity, humans experience a rapid redistribution of fluids (blood, lymph) from the lower to the upper half of the body. This leads also to changes in the heat balance: Astronauts often complain of cold feet and fingers. During operations outside the Space Station, they are exposed to extreme thermal ambient conditions: plus 200 degrees Celsius in the sun, minus 180 degrees in the shade. Working in space suits is also very physically demanding. The body builds up a great deal of heat. This can lead to a dangerous rise in body core temperature to over 39 degrees within a very short time. Continuous recording of the body core temperature is therefore extremely important. However, conventional procedures are not suitable for everyday use by astronauts for technical or hygienic reasons.

For this reason, since 2001, a group of scientists at the Charité Berlin has been working closely with Drägerwerk AG to develop and test a new kind of non-invasive measuring technique known as the ‘double sensor,’ which was patented in 2003 and 2006. This sensor records the flow of heat at the head and sternum. The heat flow volumes are converted to body core temperatures using special algorithms and, together with the heart rate data, enable the level of exhaustion (Physiological Strain Index) to be assessed.

The new sensor used for the ISS THERMO experiment was tested on DLR parabolic flights. The scientists also used an infrared camera for recording the temperature distribution and other state-of-the-art techniques for measuring rapid fluid displacement during changing gravity conditions. This revealed that more than half a liter of blood rises from the legs towards the head as soon as gravity is removed. The amount of heat emitted, up to around 30 percent of it by the head on Earth, increases significantly in microgravity.

On the ISS, the THERMO experiment is being combined with NASA experiments on performance physiology in order to jointly obtain detailed findings on the regulation of the cardiovascular system and heat balance. Earthbound applications of the new double sensor for non-invasive recording of body temperature are in the pipeline. Possible applications include professions at risk from excess heat such as fire departments, the police, and special operations forces, as well as routine clinical procedures such as surgeries and incubators for newborn babies.

#### **The future utilization of Columbus**

With Columbus, the European ISS module, research conditions on the ISS have considerably improved for European scientists over the last year. ISS utilization will receive a further boost in a few months by the increase of crew size to six astronauts thereby making available more experimentation time and test subjects in space. This will generate statistically significant results faster than ever, especially in the field of human physiology.

In addition to the experiments completed or underway, around 60 further German projects have been selected on a competitive basis according to the ‘best science’ principle and are currently awaiting implementation. German research and industry will continue to

## Weitere laufende raumfahrtmedizinische Experimente mit deutscher Beteiligung auf der ISS

Name des Experiments	beteiligte Einrichtung(en)	Laufzeit	Kurzbeschreibung	wissenschaftliche Erkenntnisse	Anwendungsbeispiele und Vermarktungsperspektiven
3D Eye Tracking System	Freie Universität Berlin, Charité	2004 bis 2008	Untersuchung des Gleichgewichtssinnes über die Messung kompensatorischer Augenbewegungen bei Langzeit-Astronauten (sechs Monate Aufenthalt auf der ISS)	allgemeine Steuerung der Augenbewegung wird durch die Schwerkraft beeinflusst; Schwerkraft ist die maßgebliche Bezugsgröße für die räumliche Orientierung des Menschen	Feststellung der Müdigkeit bei Autofahrern, Verlaufskontrolle bei Laser-Hornhaut-Abtragung zur Behandlung von Kurzsichtigkeit, Diagnose neurologischer Erkrankungen, Verfolgung von Augenbewegungen in der Werbung. Kommerzielle Ausgestaltung und Vertrieb durch Chronos Vision bzw. Sensomotoric Instruments
IMMUNO	Ludwig-Maximilians-Universität München	seit 2006	Hormonelle und immunologische Veränderungen von Astronauten während und nach Weltraumflügen	Stressfaktoren wie Isolation, Arbeitsbelastung und Störungen des Schlafrythmus gehören zu den Auslösern der Schwächung des Immunsystems	Entwicklung neuer vorbeugender oder therapeutischer Maßnahmen für den Einsatz gleichermaßen bei Astronauten wie bei Schwerkranken in der Intensivmedizin
PULS / PNEUMOCARD	Charité Berlin/Medizinische Hochschule Hannover und Institut für Biomedizinische Probleme (IBMP) Moskau	2002 bis 2007 (Puls); seit 2007 (Pneumocard)	Untersuchung der Ursachen für Störungen der Kreislaufregulation im Zusammenhang mit dem Autonomen Nervensystem bei Astronauten	Blutdruck, Herz- und Atmungsrate passen sich beim Aufenthalt in Schwerelosigkeit an. Es kommt jedoch nach etwa drei Monaten im All zum allmählichen Verlust der „funktionalen Reserve“, d.h. zu stärkerer Auslastung der physiologischen Systeme	Verschiedene Reaktions-Typen von Astronauten/Kosmonauten können in Zukunft vor Missionsbeginn prognostiziert und ausgewählt werden. Klinische Prüfung von Pneumocard ist abgeschlossen.
HealthLab	DLR Hamburg und IBMP Moskau	seit Mai 2008	Messung zur psychischen Belastung und Kreislaufregulation bei Langzeit-Astronauten; erstmals Verknüpfung etablierter psychologischer Testverfahren mit quantitativen physiologischen Messungen	Das autonome Nervensystem reagiert auf psychische Belastung wie etwa Stress bei verschiedenen Menschen unterschiedlich	Entwicklung eines diagnostischen Verfahrens zur Vorhersage der Zuverlässigkeit von Handlungen in Stress-Situationen. Auswahl und Training von Fluglotsen, Piloten, Sprengstoffexperten etc.

## Further medical space experiments with German participation being conducted on the ISS

Name of experiment	Participating institution(s)	Runtime	Brief description	Scientific findings (some preliminary or expected)	Sample applications and marketing prospects
3D Eye Tracking System	Free University of Berlin, Charité Berlin	2004 to 2008	Investigation into the vestibular system by measuring compensatory eye movements in long-term astronauts (six-month stay on the ISS)	General control of eye movement is influenced by gravity; gravity is the key reference parameter for spatial orientation in humans	Detection of tiredness in car drivers, progress monitoring in laser corneal sculpting for the treatment of short-sightedness, diagnosis of neurological diseases, tracking eye movements in advertising. Commercial design and distribution by Chronos Vision and Sensomotoric Instruments
IMMUNO	Ludwig-Maximilians-Universität of Munich	Since 2006	Hormonal and immunological changes in astronauts during and after space flights	Stress factors such as isolation, work exertion, and disturbances in sleep rhythm cause weakening of the immune system	Development of new preventive or therapeutic measures for use in astronauts and in intensive care patients
PULS/PNEUMOCARD	Charité Berlin, Hanover Medical School and Institute for Biomedical Problems (IBMP), Moscow	2002 to 2007 (Puls); since 2007 (Pneumocard)	Investigation into the causes of disturbances in circulatory regulation in relation to the autonomous nervous system in astronauts	Blood pressure, heart rate, and breathing rate adapt during time spent in zero gravity. After months in space, there is a loss of "functional reserves," i.e., considerable stress on the physiological systems	Examination and selection of different reaction types of astronauts before start of the mission. Clinical testing of Pneumocard has been completed.
HealthLab	DLR Hamburg and IBMP Moscow	Since May 2008	Measurement of mental strain and circulatory regulation in long-term astronauts; established psychological test procedures combined with quantitative physiological measurements for the first time	Different peoples' autonomous nervous systems respond differently to mental strain such as stress	Development of a diagnostic technique for predicting the reliability of actions in stress situations. Selection and training of air-traffic controllers, pilots, explosives experts, etc.

Kreislauf-Systems und des Wärmehaushalts zu gelangen. Erdebundene Anwendungen des neuen Doppelsensors zur nicht-invasiven Erfassung der Körpertemperatur sind in Vorbereitung. Einsatzmöglichkeiten bestehen beispielsweise bei thermisch gefährdeten Berufsgruppen wie Feuerwehr, Polizei und Sondereinsatzkräften oder auch im klinischen Alltag bei Operationen und im Neugeborenen-Inkubator.

play a key role in this sector. An international announcement of opportunity is planned to be released in April 2009 in order to attract future projects. So there will be no lack of research work for astronauts over the next few years. In view of this, the Space Agency's chairmen of the ISS partners argued for use of the ISS beyond 2015 at their meeting in mid-2008.

### Die zukünftige Columbus-Nutzung

Mit Columbus, dem europäischen ISS-Forschungsmodul, haben sich die Forschungsbedingungen auf der ISS im vergangenen Jahr für europäische Wissenschaftler entscheidend verbessert. Einen weiteren Schub wird es in wenigen Monaten geben, wenn durch die Erweiterung der Crew auf sechs Astronauten vermehrte Experimentierzeit und Probanden im Weltraum zur Verfügung stehen. Dies wird gerade in der Humanphysiologie schneller als bisher zu statistisch abgesicherten Ergebnissen führen.

*Prof. Dr. Günter Ruyters heads the Life Sciences Program of the Research under Space Conditions department at the DLR Space Agency.*

Zusätzlich zu den abgeschlossenen oder laufenden Experimenten haben sich rund 60 weitere deutsche Projekte im internationalen Wettbewerb nach dem sogenannten „Best Science“ Prinzip durchgesetzt und warten jetzt auf ihre Umsetzung. Deutsche Forschung und Industrie werden hier weiterhin eine herausragende Rolle spielen. Für April 2009 ist eine neue Experimentausschreibung geplant, um Projekte für die Zukunft einzuwerben. An Forschungsarbeit für die Astronauten wird also in den nächsten Jahren kein Mangel sein. Dazu passt, dass sich die Raumfahrt-Agentur-Chefs der ISS-Partner auf ihrer Sitzung Mitte letzten Jahres für eine Nutzung der ISS über 2015 hinaus ausgesprochen haben.

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



# Die Zukunft ist hyperspektral

EnMAP definiert Erdbeobachtung neu

Von Prof. Dr. Hermann Kaufmann,  
Dr. Stefan Hofer und Christian Chlebek

## A hyperspectral future

EnMAP is redefining Earth observation

By Prof. Dr. Hermann Kaufmann,  
Dr. Stefan Hofer, and Christian Chlebek

Herkömmliche multispektrale Sensoren nehmen die von der Erde reflektierte Strahlung in wenigen Spektralkanälen auf. Sie liefern zuverlässige Daten, wie etwa über die Landbedeckung und deren räumliche Verteilung. Für qualitative Aussagen, beispielsweise über die Art der Vegetation, reichen diese Messmethoden aus. Für quantitative Informationen hingegen, wie die momentane Nährstoffversorgung von Ackerpflanzen oder Binnengewässern, werden spektral höher aufgelöste Daten benötigt. Diese soll künftig der deutsche Erdbeobachtungssatellit EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program) liefern.

EnMAP trägt ein Hyperspektralinstrument, ein Spektrometer, das die Erdoberfläche bei einer Bodenauflösung von 30 x 30 Metern simultan in vielen schmalen Farbkanälen abbildet. Damit werden quantitative diagnostische Informationen über Vegetation, Landnutzung, Gewässerinhaltstoffe gewonnen. Die Daten geben Auskunft über die mineralogische Zusammensetzung von Böden und Gesteinen, die Entwicklungsstadien und Schädigungen von Pflanzen oder den Grad der Bodenverschmutzung.

### Vertrag unterzeichnet

Am 11. November 2008 unterzeichneten DLR-Vorstand Dr. Ludwig Baumgarten und Kaiser-Threde-Geschäftsführer Dr. Jürgen Breitkopf den Phase C/D/E1-Vertrag für das EnMAP-Raumsegment. Das Dokument umfasst sowohl Entwicklung und Bau des Satelliten, einschließlich des Hyperspektralinstruments, als auch dessen Start. EnMAP soll seinen nominellen Betrieb 2013 aufnehmen und für mindestens fünf Jahre lang Daten liefern.

Am Bodensegment und dem Betrieb beteiligen sich das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum, das DLR-Institut für Methodik der Fernerkundung sowie der Raumflugbetrieb und Astronautentraining. Die Finanzierung des Projektes mit einem Volumen von über 140 Millionen Euro erfolgt zum Großteil mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Außerdem tragen das Deutsche GeoForschungszentrum (GfZ), die Firma Kaiser-Threde sowie das DLR mit Eigenmitteln zur Verwirklichung von EnMAP bei.

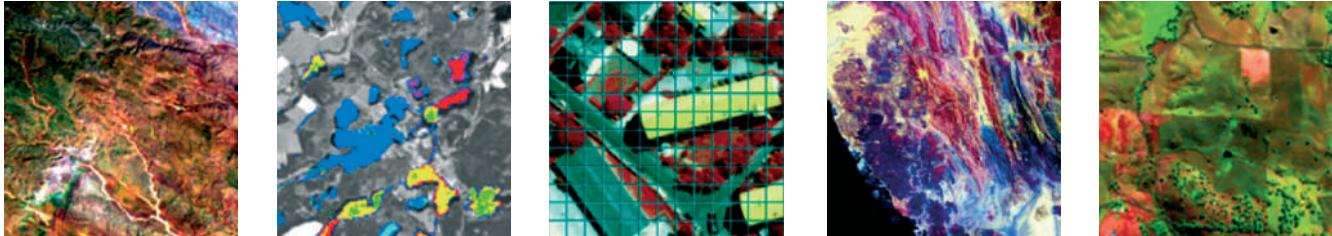
Conventional multispectral sensors record the radiation reflected by the Earth using a small number of spectral bands. They deliver reliable data for example on land coverage and its spatial distribution. These measuring methods are sufficient for qualitative statements, e.g. on vegetation type; for quantitative information however, such as the present nutrient supply to crops or inland water, data recorded at higher spectral resolutions are required. The German Earth observation satellite EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program) is intended to supply these data in the future.

EnMAP carries a hyperspectral instrument, a spectrometer that maps the Earth's surface simultaneously by narrow contiguous spectral bands, supplying quantitative diagnostic information on vegetation, land use, substances found in inland waters. The data provides information on the mineralogical composition of soils and rocks, the current status and development of plants, the occurrence of diseases, or levels of ground pollution.

### Contract signed

On November 11, 2008, Dr. Ludwig Baumgarten, Member of the DLR Executive Board, and Dr. Jürgen Breitkopf, Managing Director of Kayser-Threde, signed the Phase C/D/E1 contract for the EnMAP space segment. The document comprises both the development and the construction of the satellite, including the hyperspectral instrument, and its launch. EnMAP is to start operating nominally in 2013 and deliver data for at least five years.

The German Remote Sensing Data Center, the DLR Remote Sensing Technology Institute as well as Spaceflight Operations and Astronaut Training will be participating in the ground segment and in operations. The project with a volume of over 140 million euros will be financed largely through funds provided by the German Federal Ministry of Economics and Technology. The German Research Center for Geosciences (GfZ), the Kayser-Threde company, and the DLR are also contributing financial resources to the implementation of EnMAP.



Anwendungsbereiche des EnMAP-Satelliten:  
BodenDegradierung, Binnengewässer, Stadtentwicklung, Erkundung  
von Mineralien, Land- und Forstwirtschaft (v.l.n.r.)

Application range of the EnMAP satellite:  
dryland degradation, inland water, urban development,  
mineral exploration, agriculture and forestry (f.l.t.r.)

### Vegetationszyklen im Visier

EnMAP zählt zu den leistungsstärksten Erdfernerkundungs-Satelliten, der die gesamte Erdoberfläche in über 220 Spektralkanälen aufzeichnet. Alle Materialien – Pflanzen wie Minerale – weisen charakteristische spektrale Eigenschaften auf, die mit dem Hyperspektralsensor erfasst werden können. Damit ist, im Gegensatz zu Multispektralsystemen, eine diagnostische Analyse von Oberflächenmaterialien möglich. Die satellitengestützte Beobachtung durch EnMAP ermöglicht den Wissenschaftlern zudem wiederholte Aufzeichnungen derselben Flächenareale mit dem gleichen Messinstrument. Damit lassen sich zeitlich veränderliche Phänomene wie die Verschiebung von Klimazonen gezielt erfassen und im globalen Kontext analysieren.



Durch die Auswertung dieses feinen Datenträgers können Wissenschaftler unter anderem die Schädigung der Vegetation durch Luftschadstoffe. Ebenso erfassbar sind Veränderungen in der Zusammensetzung von Wasserinhaltstoffen von Inlandgewässern, zum Beispiel das vermehrte Auftreten von Pigmenten wie Chlorophyll oder von Blaualgen. Einen wertvollen Beitrag liefern die Daten von EnMAP zudem im Bereich der quantitativen bodenkundlich-geologischen Kartierung, speziell im Umfeld von Lagerstätten sowohl bei deren Charakterisierung und Erstschließung als auch bei der Beurteilung und dem Management von Abraumhalden und deren umweltschädigendem Potenzial.

Die wiederholte Analyse der messbaren biophysikalischen, biochemischen und geochemischen Parameter, aufgezeichnet über Schlüsselregionen unserer Erde, lassen unter Verwendung von Modellierungsansätzen global vergleichbare und aussagekräftigere Ergebnisse zum Zustand unseres Planeten erwarten als sie bislang zur Verfügung stehen.

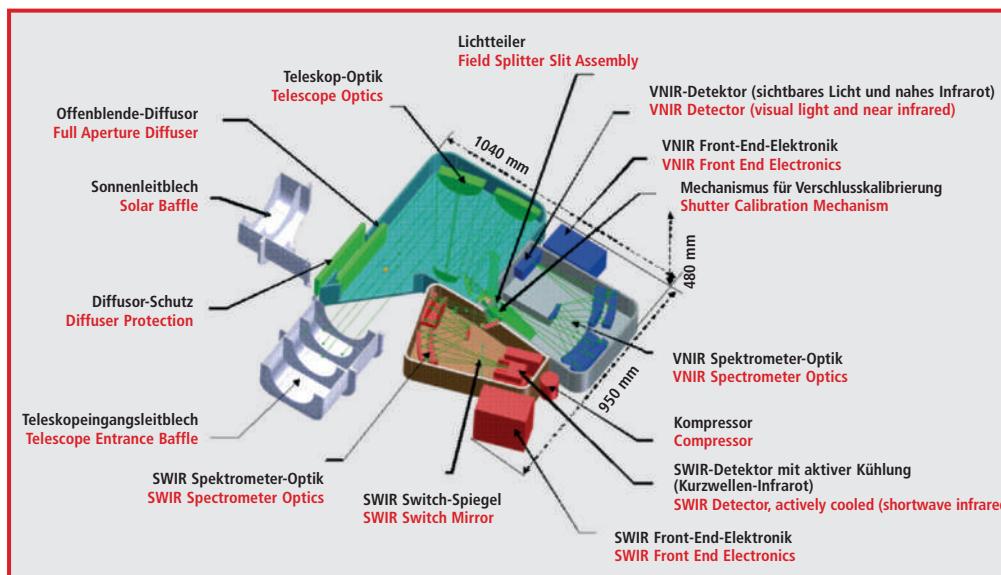
### Focus on vegetation cycles

EnMAP is among the most powerful Earth remote sensing satellites, and records the Earth's entire surface in more than 220 spectral bands. All materials – plants as well as minerals – show characteristic spectral properties that are detectable by the hyperspectral sensor. In contrast to multispectral systems this permits diagnostic analysis of surface materials. Satellite-aided observation by EnMAP additionally enables scientists to repeatedly record the same surface areas with the same measuring instrument. This allows to specifically record and analyze phenomena that change over time, like shift of climatic zones, in a global context.

By evaluating this fine data grid, scientists can detect damage to vegetation by air pollutants among other things. It is also possible to record changes in the composition of water-borne substances in inland water courses, for example increased occurrences of pigments such as chlorophyll or cyanobacteria. The data supplied by EnMAP also provides a valuable contribution in the field of quantitative pedo-logical-geological mapping, especially in the environments of mining areas, both in characterizing and exploitation and in evaluating and managing waste disposals and their environmental damage potential.

With the help of modeling approaches, repeated analysis of the measurable biophysical, biochemical, and geochemical parameters, recorded across key regions of the Earth, it is expected to provide globally comparable and more reliable information on the state of our planet than is currently available.

## Die EnMAP-Optik The EnMAP optics



EnMAP		technische Daten im Überblick
<b>Umlaufbahn-Höhe</b>	653 Kilometer	
<b>Inklination</b>	97,96 Grad (polar, sonnensynchron)	
<b>Äquator-Überflug</b>	Richtung von Nord nach Süd um 11:00 Uhr (lokale Zeit)	
<b>Bodenpixelgröße</b>	30 Meter x 30 Meter	
<b>Breite des Bildstreifens</b>	30 Kilometer	
<b>Tägl. Aufnahmekapazität</b>	150.000 Quadratkilometer	
	Wiederholte Aufnahmemöglichkeit ein und desselben Bodenareals innerhalb von vier Tagen	
<b>Spektralbereich</b>	420 bis 2450 Nanometer	
<b>Anzahl d. Spektralkanäle</b>	228	
<b>Masse des Satelliten</b>	ca. 850 Kilogramm	
<b>Abmessungen</b>	ca. 3,0 Meter x 2,1 Meter x 1,5 Meter	

### Innovationen im nahen und Kurzwellen-Infrarot

Der Satellitenbus von EnMAP basiert auf einem Design der Firma OHB-System, welches schon mehrfach zum Einsatz gekommen ist – eine kostengünstige und technisch ausgereifte Variante. Notwendige Anpassungen an die Anforderungen von EnMAP werden in kleinem Umfang vorgenommen. Hervorzuheben ist der Ausbau des Massenspeichers auf 512 Gigabit mit Schnittstellen für hohe Datenübertragungsraten und einer verlustfreien Datenkompression.

Bei dem Hyperspektralinstrument werden eine Reihe von Neuentwicklungen zum Einsatz kommen. Dieses gilt insbesondere in punkto Detektoren für den visuellen und nahen Infrarot-Bereich (VNIR) sowie den kurzweligen Infrarot-Bereich (SWIR). Für den VNIR-Bereich kommt ein speziell auf die Anforderungen von EnMAP zugeschnittener CMOS-Matrix-Sensor zum Einsatz. Für den SWIR-Bereich wird ein MCT-Detektor (bestehend aus Quecksilber, Cadmium und Tellurid) verwendet. Das DLR hat in den letzten Jahren die Technologie für die Herstellung solcher Detektoren bei der Firma AIM gefördert. Die so gewonnenen Erkenntnisse kommen jetzt EnMAP zu gute. Mit der Entwicklung des EnMAP-Detektors erzielt AIM inzwischen eine Spitzenstellung in Europa und ist weltweit konkurrenzfähig.

Aber auch bei der optischen Abbildung in den beiden Spektralbereichen VNIR und SWIR geht EnMAP neue Wege. Es kommen zwei getrennte abbildende Spektrometer zum Einsatz. Diese bilden das vom gemeinsamen Frontteleskop nach dem Pushbroom-Prinzip erstellte Abbild der Erdoberfläche spektral zerlegt auf den Matrix-De-

EnMAP	Overview of technical data
<b>Orbit</b>	653 kilometers
<b>Inclination</b>	97.96 degrees (polar, sun-synchronous)
<b>Equator crossing</b>	north-south at 11:00 hours (local time)
<b>Ground pixel size</b>	30 x 30 meters
<b>Swath width</b>	30 kilometers
<b>Daily coverage capacity</b>	150.000 square kilometers Repeat rate for one and the same target: four days
<b>Spectral range</b>	420 to 2450 nanometers
<b>Number of spectral bands</b>	228
<b>Mass of satellite</b>	approx. 850 kilograms
<b>Dimensions</b>	approx. 3.0 x 2.1 x 1.5 meters

### Innovations in near and shortwave infrared bands

The EnMAP satellite bus is based on a design by OHB-System which has been used several times previously – a cost-effective and technically mature solution. Some necessary adjustments to the requirements of EnMAP will be made; of particular note is the extension of the mass storage to 512 gigabit with high-speed data interfaces and lossless data compression.

A number of new developments will be deployed in the hyperspectral instrument, particularly relating to the detectors for the visual and near infrared range (VNIR) and the short-wave infrared range (SWIR). A CMOS matrix sensor especially adapted to the requirements of EnMAP will be used for the VNIR range. An MCT detector (consisting of quicksilver, cadmium and telluride) will be used for the SWIR range. DLR has been granting the technology for manufacturing detectors of this kind at a company named AIM in recent years, and the insights thus gained now benefit EnMAP. By developing the EnMAP detector, AIM has achieved a leading position in Europe and is competitive worldwide.

But EnMAP is also breaking new ground in optical imaging in the VNIR and SWIR spectral ranges. It uses two separate imaging spectrometers that reproduce the image of the Earth's surface, which is created by the common front telescope according to the pushbroom principle, onto the matrix detectors, split into spectral bands. In order to meet the high requirements regarding signal-to-noise ratio and polarization insensitivity, the light is fed into the

detectors ab. Um die hohen Anforderungen an das Signal-zu-Rausch-Verhältnis und an die Polarisationsunempfindlichkeit zu erfüllen, erfolgt die Einkopplung des Lichts in die beiden Spektrometer durch einen neuartigen Lichtteiler, den sogenannten Field Splitter/Separator. Die hier zur Anwendung kommenden mikromechanischen Fertigungstechnologien konnten schon in Phase B getestet werden.

Das Spektrometer-Design besteht aus einer Kombination des bekannten Offner-Designansatzes mit einem Verteiler auf Basis gekrümmter Prismen. Dieser Ansatz erfüllt die hohen Anforderungen an die optischen Abbildungseigenschaften. Kayser-Threde erreicht im Vergleich zu herkömmlichen Prismen-Spektrometern eine kompakte und damit auch preiswerte Bauweise.

Besonders schwierig zu erfüllende Anforderungen bei Hyperspektralsensoren sind Stabilitäts- und Genauigkeitsvorgaben an Mechanik, Optik und Elektronik. Sowohl für die qualitative als auch die quantitative Auswertbarkeit von Hyperspektraldaten sind diese Faktoren von entscheidender Bedeutung. Bei EnMAP erreichen die Konstrukteure dies durch ein ausgeklügeltes thermomechanisches Konzept. Dieses umfasst eine doppelte aktive Kühlung und Stabilisierung des SWIR-Detektors mit Hilfe eines Pulsröhren-Kühlers auf minus 123 Grad Celsius. Eine gleichbleibend hohe Qualität der Daten wird mittels on-board-Kalibriermöglichkeiten sichergestellt. Dies gilt für die absolute als auch die relative Genauigkeit. EnMAP wird daher mit einem Sonnendiffuser und mehreren internen Kalibrierquellen ausgestattet sein.

Deutschland kann mit EnMAP seine Führungsposition in der Erdbeobachtung ausbauen. Dies gilt insbesondere für die verwendete Technologie als auch für die auf Hyperspektraldaten basierenden wissenschaftlichen Anwendungen.

*Prof. Dr. Hermann Kaufmann ist Leiter der Sektion Fernerkundung des Deutschen GeoForschungs Zentrums in Potsdam. Er ist wissenschaftlicher Leiter von EnMAP.*

*Dr. Stefan Hofer ist Leiter des EnMAP-Industrieteams bei dem Hauptauftragnehmer Kayser-Threde.*

*Christian Chlebek ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Erdbeobachtung der DLR Raumfahrt-Agentur.*



**Vertragsunterzeichnung**  
**EnMAP Phase C/D/E1:**  
Dr. Ludwig Baumgarten,  
DLR (links), und  
Dr. Jürgen Breitkopf,  
Kayser-Threde (rechts)

**Signing of contract**  
**concerning EnMAP phase**  
**C/D/E1:** Dr. Ludwig Baumgarten,  
DLR (left), and  
Dr. Jürgen Breitkopf,  
Kayser-Threde (right)

# Grünes Licht für aviationGATE

Neues GALILEO-Testfeld für Luftverkehr

Von Dr. Oliver Funke, Ulf Bestmann und Michael Müller

Das kommende Satellitenavigationssystem GALILEO bietet ein großes Potenzial auch für die zivile Luftfahrt. Es verspricht Fortschritte in sicherheitskritischen Anwendungen wie zum Beispiel satellitengestützter Landeanflug- und Flugführungsverfahren. Damit werden bereits jetzt die Weichen zur Bewältigung des Luftverkehrs der Zukunft gestellt. Am Forschungsflughafen Braunschweig entsteht derzeit ein entsprechendes Testgelände mit dem Namen aviationGATE. Voraussichtlich im Sommer dieses Jahres wird es den Betrieb aufnehmen. aviationGATE eröffnet vielfältige Testmöglichkeiten im Vorfeld industrieller Produktentwicklungen, welche insbesondere auf die Anforderungen der Luftfahrt zugeschnitten sind. Der Aufbau des aviationGATE erfolgt durch das Institut für Flugführung (IFF) der Technischen Universität Braunschweig als ein Teilprojekt des durch die DLR Raumfahrt-Agentur geförderten Forschungsvorhabens UniTaS IV.

## Green light for aviationGATE

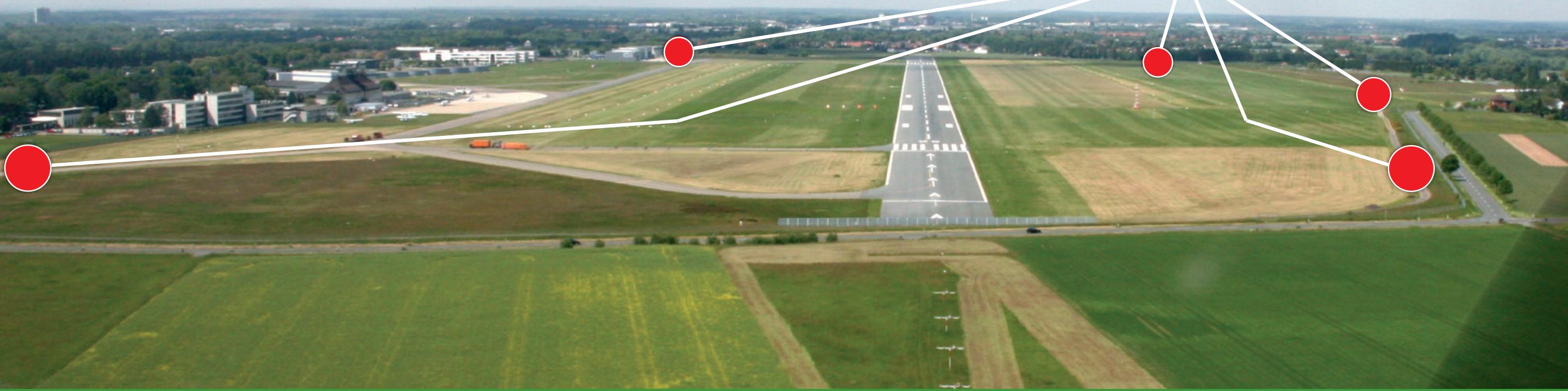
New GALILEO test bed for air traffic

By Michael Müller, Ulf Bestmann, and Dr. Oliver Funke

The future satellite navigation system GALILEO offers great potential for civil aviation. It promises advances in safety-critical applications such as satellite-supported approach and flight control procedures, thus setting the course today for managing the air traffic of tomorrow. An appropriate test field by the name of aviationGATE is currently under construction at Brunswick research airport and is expected to begin operating in the summer of this year. The aviationGATE opens up a wide range of testing opportunities preliminary to industrial product developments tailored especially to the requirements of air transportation. The Institute of Flight Guidance (Institut für Flugführung, IFF) of the Technical University of Brunswick is setting up aviationGATE as a sub-project to the UniTaS IV research project funded by the DLR Space Agency.

Position der aviationGATE-Sendeanlagen  
auf dem Braunschweiger Flughafen

Position of the aviationGATE transmitters  
at Braunschweig airport



## Navigation zwischen Deister und Harz

Im Luftverkehr werden in der Regel drei Phasen unterschieden, in denen unterschiedliche Anforderungen an die eigene Positionierung und Navigation gestellt werden: Reiseflug, An- und Abflug mit Start und Landung sowie das Rollen auf dem Boden. Alle drei Flugphasen werden durch die bodengestützte Simulation von realitätsgenauen GALILEO-Signalen optimal abgedeckt. Der Forschungsflughafen Braunschweig bietet hierzu sehr gut geeignete Voraussetzungen. Mit einer Ausdehnung von 5.500 Quadratkilometern und einem Durchmesser von bis zu 100 Kilometern ermöglicht aviationGATE einen Signal-Empfang während des kompletten Anfluges auf den Flughafen Braunschweig.

Die Umgebung lässt durch ihre wechselnde Topologie verschiedene Testscenarien zu. Das direkte Umfeld des Flughafens sowie der nördliche Bereich sind ebenes Gelände, während zum Westen im Deister und zum Süden im beginnenden Harz hin Höhenunterschiede auftreten. Dadurch sind ideale Standorte für die Sende-Anlagen, sogenannte Pseudolites, gegeben.

Neun dieser Pseudolites decken das gesamte Gebiet ab. Im Braunschweiger Umland sind als äußerer Ring vier Pseudolites auf Erhöhungen wie dem Deister, Harz und Elm positioniert. Weitere vier umrunden als innerer Ring das Flughafengelände. Ein weiterer Pseudolite bedient, zentral aufgestellt, beide Gebiete. Durch eine gleichmäßige geometrische Verteilung der Pseudolites in Ringen werden die konstellationsabhängigen geometrischen Ungenauigkeiten (DOP) minimiert. Dies ist notwendig, um eine lückenlose hohe Genauigkeit bei der Ortung zu ermöglichen.

Der für die Luftfahrt besonders sicherheitskritische Bereich bei Start und Landung wird von beiden Ringen abgedeckt. Diese Doppelung sorgt für eine erhöhte Ausfallsicherheit. Für die Positionierung und Navigation auf dem Rollfeld wird hingegen nur der innere Pseudolite-Ring benutzt. Im aviationGATE werden die beiden Frequenzbänder E1 und E5 wie in Zukunft bei GALILEO genutzt. Im E5-Band und seinen Unterbändern werden Navigationsnachrichten dreifach parallel versendet. Die dadurch entstehenden unterschiedlichen Nachrichten können zeitgleich ausgewertet werden und liefern dem Empfänger hochgenaue, fehlerkorrigierte und sichere Positionsdaten. Die Systemarchitektur ist modular aufgebaut. Bei Bedarf können weitere Pseudolites hinzugefügt oder weitere Frequenzen wie E6 eingebunden werden.

## Forschungsinfrastruktur am Flughafen Braunschweig

Für die Luftfahrt und deren Anwendungen ist insbesondere die Koplung ergänzender Positionierungstechnologien von Bedeutung. Die dadurch erzielte Verbesserung von Integrität und Genauigkeit ist für die zukünftige zivile Luftfahrt ein unverzichtbarer Bestandteil. Um solche Verfahren entwickeln und testen zu können, existieren am aviationGATE durch lokale Installationen anderer Ortsysteme ansässiger Forschungspartner verschiedenste Referenz- und Ergänzungssysteme.

Diese umfassen unter anderem

- das Instrumenten Lande-System ILS
- das Rollfeldführungssystem A-SMGCS
- die bord- und bodenseitige ADS-Kommunikationsinfrastruktur
- die Bodenstation zum GPS-Ergänzungssystem GBAS.

Somit bildet aviationGATE eine offene Experimentplattform für jegliche Art von Pseudoliteanwendungen.

## Navigation between Deister and Harz

Aeronautics generally distinguishes between three phases with different demands on one's own position and navigation: cruising, approach and departure with take-off and landing, and taxiing on the ground. All three flight phases are optimally covered by the ground-based simulation of realistic GALILEO signals, for which Brunswick Research Airport offers excellent conditions. With a size of 5,500 square kilometers and a diameter of up to 100 kilometers, aviationGATE allows signal reception during the entire approach to Brunswick Airport.

Due to its varied topology, the surrounding landscape permits a broad range of test scenarios. The airport's direct environs and the area to the north are even ground, whereas different altitudes occur to the west in the Deister and to the south in the foothills of the Harz mountains. This provides ideal locations for the transmitters, which are called Pseudolites.

Nine of these Pseudolites cover the entire area. In the region around Brunswick, four Pseudolites are positioned as an outer ring on elevations such as Deister, Harz and Elm. A further four encircle the airport grounds as an inner ring. One additional Pseudolite, centrally positioned, covers both areas. The regular geometric distribution of the Pseudolites in rings minimizes constellation-dependent geometrical inaccuracies (DOP), which is necessary in order to achieve high positioning precision throughout the area.

The region involving take-off and landing, which is especially safety-critical in aviation, is covered by both rings; the double coverage provides enhanced reliability, whereas only the inner Pseudolite ring is used for positioning and navigating on the airfield. The aviationGATE uses the E1 and E5 frequency bands, as will the GALILEO system in future. Navigation messages are sent three times in parallel on the E5 band and its sub-bands. The resulting different messages can be evaluated simultaneously and supply the receiver with high-precision, error-corrected and reliable positioning data. The system architecture is modular; if required, further Pseudolites can be added or additional frequencies such as E6 included.

## Research infrastructure at Brunswick Airport

Combining complementary positioning technologies is of particular importance for aviation and its applications. The improvement in integrity and precision thus achieved is an indispensable component of future civil aviation. A wide range of reference and add-on systems for developing and testing procedures of this kind exists at aviationGATE due to local installations of other positioning systems by research partners based there.

These include

- the ILS Instrument Landing-System
- the A-SMGCS airfield guidance system
- the on-board and ground-based ADS communications infrastructure
- the ground station for the GPS augmentation system GBAS.

aviationGATE thus forms an open experimental platform for all kinds of Pseudolite applications.



**Luftaufnahme des Braunschweiger Forschungsflughafens**

Aerial photo of the Braunschweig research airport

Technische Highlight	
<b>Abgedeckte Fläche</b>	> 5.500 km <sup>2</sup>
<b>Positionsgenauigkeit</b>	
HDOP	1,2 – 1,6
VDOP	< 6 – 15
<b>Frequenzen</b>	E1, E5A, E5B
<b>9 Pseudolites</b>	4 - Innerer Kreis 4 - Äußerer Kreis 1 - zentrale Einheit
Technical Highlights	
<b>Covered Area</b>	> 5.500 km <sup>2</sup>
<b>Positioning Accuracy</b>	
HDOP	1.2 – 1.6
VDOP	< 6 – 15
<b>Frequencies</b>	E1, E5A, E5B
<b>9 Pseudolites</b>	4 - Inner Circle 4 - Outer Circle 1 - Central Unit

Das Institut für Flugführung der TU Braunschweig stellt Versuchsflug- und fahrzeuge mit vielfältigen Kommunikations- und Navigationssystemen sowie umfangreicher Messtechnik zur Verfügung. So ist die institutseigene Dornier 128-6 ausgestattet mit Echtzeit-Flugmesstechnik und Datenerfassung, Satellitennavigationsempfängern, ADS-B-Empfänger, Multimode-Receiver, einer Luft/Boden-Telemetrie, sowie diverser Sensorik wie zum Beispiel, wie Radaraltimeter, Luftpdatensorik und Inertialnavigationssysteme. Letztere benutzen einen Rechner und Bewegungssensoren, um die Position eines sich bewegenden Objektes ohne externe Bezugspunkte zu bestimmen.

## Perspektive

Neben den bereits fertig gestellten und im Betrieb befindlichen Testumgebungen GATE (Berchtesgaden, siehe Artikel in COUNTDOWN 2) und SEA GATE (Forschungshafen Rostock, siehe Artikel in COUNTDOWN 7) erweitert aviationGATE das Angebot insbesondere an die deutsche Industrie, die sich künftig durch GALILEO bietenden Möglichkeiten unter realen Umgebungsbedingungen frühzeitig praxisnah untersuchen zu können. Derzeit prüft die DLR Raumfahrt-Agentur einen weiteren Förderantrag. Diesem geht es um den Aufbau zusätzlicher Testgebiete speziell für den bodengebundenen Verkehr, für Straße und Schiene. Mit Hilfe dieser neuen Experimentierumgebungen werden Forscher, die sich mit landgestützten Navigationsanwendungen beschäftigen, schon bald neue Anwendungen für das künftige europäische Satellitennavigationsystem entwickeln und erproben können. GALILEO selbst wird voraussichtlich ab 2013 global verfügbar sein.

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

Dipl.-Ing. Ulf Bestmann ist am Institut für Flugführung an der Technischen Universität Braunschweig als Projektleiter von UniTaS IV tätig.

Dr. Oliver Funke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Satellitennavigation der DLR Raumfahrt-Agentur.

The Institute of Flight Guidance at the Technical University of Brunswick provides test aircraft and vehicles with a wide range of communication and navigation systems and extensive measuring technology. The institute's own Dornier 128-6 is equipped with real-time flight measuring technology and data recording, satellite navigation receivers, an ADS-B receiver, a multimode receiver, air-to-ground telemetry and a wide range of sensor technology such as radar altimeters, air data sensors and inertial navigation systems. The latter use a computer and motion sensors to track the position of a moving object without the need for external references.

## Perspective

Along with the completed and operational test environments GATE (Berchtesgaden, see article in COUNTDOWN #7) and SEA GATE (Rostock Research Port, see article in COUNTDOWN #7), aviationGATE expands the opportunity provided especially to the German industry to examine the possibilities GALILEO will offer in the future under realistic environmental conditions early on. An application for support is presently under careful consideration by the DLR Space Agency. Its main focus is the installation of two additional test areas specifically for terrestrial vehicles, both road and rail. These new testbeds will enable also researchers focusing on navigation applications for land-based traffic to already develop and test such applications for the future European satellite navigation system today. GALILEO itself is expected to be globally available from 2013.

Michael Müller is working as an editor in the Communication unit of the DLR Space Agency.

Dipl.-Ing. Ulf Bestmann is a project manager for UniTaS IV at the Institute of Flight Guidance of the Technical University of Brunswick.

Dr. Oliver Funke is a research associate at the Navigation department of the DLR Space Agency.

**Bild / picture: ESA**

# Europas neue Weltraum-Observatorien

## Herschel und Planck startbereit

Von Dr. Eberhard Bachem, Josef Hoell und Dr.-Ing. Christian Gritzner

# Europe's New Space Observatories

## Herschel and Planck ready for lift-off

By Dr. Eberhard Bachem, Josef Hoell, and Dr.-Ing. Christian Gritzner

Ende April 2009 sollen die beiden Weltraumobservatorien der Europäischen Weltraumorganisation ESA, Herschel und Planck, mit einer Ariane 5 ECA Trägerrakete vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou (Französisch-Guyana) aus ins All gebracht werden. Der gemeinsame Start der Satelliten bietet sich an, da Europa mit dieser Version der Ariane 5 über eine ausreichende Transportkapazität verfügt und da beide an nahezu den selben Ort im Welt Raum gebracht werden. Während Herschel neue Erkenntnisse über die Entwicklung von Galaxien liefern soll, konzentriert sich Planck auf die Erforschung von Dunkler Materie und Dunkler Energie. Die DLR Raumfahrt-Agentur hat die Entwicklung und den Bau mehrerer Messinstrumente maßgeblich gefördert.

Das europäische Infrarot-Observatorium Herschel (früher „FIRST“ genannt) ist das erste Weltraumobservatorium, das den kompletten Wellenlängenbereich des Fernen Infrarot bis zum Sub-Millimeter-Bereich abdecken wird. Es ist nach dem deutsch-britischen Astronomen Sir Friedrich Wilhelm Herschel benannt. Er lebte von 1738 bis 1822 und entdeckte im Jahr 1800 die Infrarotstrahlung.

Der Hauptspiegel des Teleskops hat einen Durchmesser von 3,5 Metern. Damit ist Herschel das bislang größte Weltraumteleskop. Der Spiegel besteht aus dem keramischen Material Siliziumkarbid, welches zum ersten Mal bei einem Spiegel dieser Größe eingesetzt wird. Im Vergleich zu Glas ist Siliziumkarbid wesentlich leichter – ein wesentlicher Vorteil gerade beim Start.

Eine große technische Herausforderung bei Herschel ist die Kühlung der Instrumente. Sie ist notwendig, weil die Experimente sonst genau diese Infrarot-Strahlung abgeben, die man mit ihnen messen möchte. Daher sind die Instrumente in einen sogenannten Kryostaten integriert, der sie mit 2.000 Litern superflüssigen Heliums, das ständig

Herschel and Planck, the two space observatories of the European Space Agency ESA, are to be transported into space by an Ariane 5 ECA carrier rocket from the Kourou European Space Center (French Guyana) at the end of April 2009. It makes sense to launch the satellites together, as this version of the Ariane 5 provides sufficient transport capacity, and the satellites are being taken to almost the same place in space. While Herschel is to supply new knowledge about the development of galaxies, Planck will concentrate on researching dark matter and dark energy. The DLR Space Agency has played a key role in supporting the development and construction of a number of measuring instruments.

The European infrared observatory Herschel (formerly called ‘FIRST’) is the first space observatory to cover the full wavelength range from far-infrared to sub-millimeter. It is named after the German-born British astronomer Sir Friedrich Wilhelm Herschel (1738 – 1822) who discovered infrared radiation in the year 1800.

The primary mirror of the telescope is 3.5 meters in diameter, making Herschel the largest space telescope to date. The mirror is made of the ceramic material silicon carbide, used for the first time in a mirror of this size. Silicon carbide is much lighter than glass, thus reducing the spacecraft mass.

A huge technical challenge for Herschel is cooling the instruments, because otherwise the experiments would emit precisely the same infrared radiation that they are intended to measure. The instruments are therefore integrated in a cryostat that cools them down to minus 271 degrees Celsius using 2,000 liters of superfluid helium that is constantly vaporizing at a slow rate. The telescope is kept permanently in the shade by a sun shield and, by radiation into the chill of space, is cooled down to below minus 180 degrees. Com-

langsam verdampft, auf circa minus 271 Grad Celsius kühl. Das Teleskop wird durch einen Sonnenschirm permanent im Schatten gehalten und durch die Abstrahlung in den kalten Weltraum auf unter minus 180 Grad gekühlt. In Verbindung mit dem großen Spiegeldurchmesser werden auf diese Weise Empfindlichkeiten erreicht, die weltweit einzigartig sind und eine gewaltige wissenschaftliche Ausbeute versprechen.

Nach dem Start wird das Observatorium in einem Orbit um den zweiten Lagrange-Punkt (L2) platziert. L2 ist ein relativ stabiler Punkt im Erde-Sonne-System und liegt auf einer Verlängerung der Verbindungsline Sonne-Erde nach außen, etwa 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. Dieser Ort ist für diese Mission besonders gut geeignet, da dort Beeinträchtigungen durch die Infrarot-Strahlung von Sonne und Erde minimal sind.

Neben verschiedenen europäischen Nationen beteiligt sich auch die US-Raumfahrtbehörde NASA am Herschel-Projekt. Sie stellt technologisch anspruchsvolle Komponenten für die Instrumente HIFI und SPIRE bei und baut ein eigenes wissenschaftliches Zentrum auf.

Herschel ist das Nachfolgeprojekt des ESA-Infrarot-Observatoriums ISO, das von 1995 bis 1998 in Betrieb war und damals die Infrarot-Astronomie neu definiert hat. Die von ISO gewonnenen Daten bilden noch heute die Grundlage zahlreicher wissenschaftlicher Veröffentlichungen. Entsprechend groß ist auch das Potenzial der jetzigen Nachfolgemission Herschel, die in allen Bereichen noch einmal erheblich leistungsfähiger sein wird.

#### Herschel – Auf der Suche nach der Urssubstanz von Sternen

Der Wellenlängenbereich von Herschel deckt die wissenschaftlich besonders interessante Region von 50 Mikrometern bis zu Submillimeter-Wellenlängen ab. In diesem Spektralbereich befindet sich das Strahlungsmaximum schwarzer Körper mit einer Temperatur von fünf bis 50 Grad Celsius über dem absoluten Nullpunkt, der bei minus 273,15 Grad Celsius liegt. Kalte Gas- und Molekülwolken haben bei diesen Wellenlängen besonders starke Emissionslinien. Kontinuierliche Strahlung in diesem Wellenlängenbereich wird dagegen von kalten Staubwolken erzeugt, der Urssubstanz von Sternen. Diese Strahlungsquellen finden sich vielfach in unserer Milchstraße bis hin zu entfernten Gebieten des Universums.

Da Herschel diesen Wellenlängenbereich teilweise zum ersten Mal untersuchen wird, erwartet man eine Fülle neuer Entdeckungen

- Durch tiefe Himmelsdurchmusterungen soll die Bildung und Entwicklung von Galaxien vom jungen Universum bis heute untersucht werden.
- Besonders interessante Objekte sollen durch Folgebeobachtungen im Detail studiert werden; man verspricht sich Erkenntnisse über die ihre Entwicklung bestimmenden physikalischen Prozesse.
- Die Untersuchung des interstellaren Mediums sowie von Staub- und Molekülwolken soll Aufschluss über die Bildung von Sternen aus Molekülwolken geben.
- Mit hochauflösender Spektroskopie soll die Beschaffenheit von Planetenatmosphären in Sternensystemen unserer Galaxis, aber auch von Kometen in unserem Sonnensystem erkundet werden.
- Using high-resolution spectroscopy, the properties of planet atmospheres in stellar systems in our galaxy and the properties of comets in our solar system are to be investigated.

bined with the large mirror diameter, this will enable world firsts in terms of sensitivity and the potential to deliver a huge yield of scientific data.

After launch, the observatory will be placed in an orbit around the second Lagrange point (L2). L2 is a relatively stable point in the Earth-Sun system around 1.5 million kilometers from the Earth, located along an external extension of the line connecting Sun and Earth. This location is particularly well suited to this mission, as it is a place where the influence of infrared radiation of Sun and Earth is minimal.

In addition to various European nations, the US space agency NASA is also involved in the Herschel project. It is supplying technically sophisticated components for the HIFI and SPIRE instruments and is constructing its own scientific center.

Herschel is the follow-up project of the ESA’s ISO infrared observatory that operated from 1995 to 1998 and redefined infrared astronomy at that time. The data gathered by ISO still forms the basis of numerous scientific publications. The current Herschel follow-up mission, with even more sophisticated and extremely powerful equipment throughout, has equally high potential.

#### Herschel – The search for the primary matter of stars

The wavelength range of Herschel spans the 50 micrometer to sub-millimeter wavelengths, a region that is particularly interesting to scientists. This spectral range includes the radiation maximum of black bodies with a temperature of 5 to 50 degrees Celsius above absolute zero – around minus 273.15 degrees Celsius. Cold gas and molecule clouds have particularly strong emission lines at these wavelengths. Continuous radiation in this wavelength range, however, is generated by cold dust clouds, the primary matter for the formation of stars. These radiation sources are found in great numbers in our Milky Way and right out to distant parts of the universe.

As Herschel will be investigating parts of this wavelength range for the first time, a great number of new discoveries is expected

- Deep scanning of the skies will enable investigation into the formation and development of galaxies from when the universe was young until the present day.
- Objects that appear particularly interesting are to be studied in detail with follow-up observations; discoveries are expected about the physical processes governing their development.
- Investigation of the interstellar medium as well as of dust and molecule clouds will provide information about the formation of stars from molecule clouds.
- Using high-resolution spectroscopy, the properties of planet atmospheres in stellar systems in our galaxy and the properties of comets in our solar system are to be investigated.

## Herschels wissenschaftliche Nutzlast

Herschel trägt drei wissenschaftliche Instrumente, die innerhalb des Kryostaten auf der Fokalebene untergebracht sind

- HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared): ein hochauflösendes Heterodyn-Spektrometer (157 bis 625 Mikrometer)
- PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer): ein abbildendes Photometer/Integral Field Spektrometer (57 bis 210 Mikrometer)
- SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver): ein abbildendes Photometer/abbildendes Fourier-Transform-Spektrometer (200 bis 670 Mikrometer).

## Deutsche Beiträge zu Herschel

Das PACS-Spektrometer wurde vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching entwickelt. Das MPE ist für den Gesamtentwurf des Instruments, die Fokalebene, die Detektoren des Spektrometerkanals, die Filterräder und die Gesamtintegration verantwortlich. Ein weiterer Teil der Arbeiten wird im Auftrag des MPE von den Firmen Kayser-Threde GmbH, München, und ASTEQ Applied Space Techniques GmbH, Kelkheim, durchgeführt. Das Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg steuert einen Kippspiegel bei, der bei der Carl Zeiss AG, Oberkochen, hergestellt wird. Zusätzlich trägt Deutschland den größten Anteil der Kosten für das Instrument Control Center (ICC), welches sich beim MPE in Garching befindet. Die Aufgabe des ICC ist der Betrieb der Instrumente während der Mission.

Bei HIFI trägt Deutschland einen wesentlichen Anteil am Bau des Instrumentes, das von der Space Research Organization Netherlands (SRON) entwickelt wurde. Das Observatorium für Submillimeter-Astronomie (KOSMA) des I. Physikalischen Instituts der Universität zu Köln koordiniert bei HIFI die deutschen Instrumentenbeiträge und entwickelt darüber hinaus ein Mischerelement sowie ein akustooptisches Spektrometer (AOS). Die zum AOS zugehörige Elektronik wird vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau hergestellt. Das Local-Oscillator-Subsystem wurde unter der Leitung des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bonn entwickelt.



Der Teleskopspiegel von Planck im Reinraum.  
(ESA)

Planck's telescope mirror inside the clean room.  
(ESA)

## Herschel's scientific payload

Herschel will carry three scientific instruments stored inside the cryostat on the focal plane:

- HIFI (Heterodyne Instrument for the Far Infrared): A high-resolution heterodyne spectrometer (157 to 625 micrometers)
- PACS (Photodetector Array Camera and Spectrometer): An imaging photometer/integral field spectrometer (57 to 210 micrometers)
- SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver): An imaging photometer/imaging Fourier transform spectrometer (200 to 670 micrometers)

## German contributions to Herschel

The PACS spectrometer was developed by the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) in Garching, Germany. The MPE is responsible for the overall design of the instrument, the focal plane, the detectors of the spectrometer channel, the filter wheels, and the overall integration. A further part of the work was performed on behalf of the MPE by Kayser-Threde GmbH, Munich, and ASTEQ Applied Space Techniques GmbH, Kelkheim. The Max Planck Institute for Astronomy in Heidelberg is contributing a tilting mirror manufactured by Carl Zeiss AG, Oberkochen, Germany. It is also covering most of the cost of the Instrument Control Center (ICC) located at the MPE in Garching. The ICC's remit is to operate the instruments during the mission.

Furthermore, Germany is playing an important role in the construction of the HIFI, which was developed under the Space Research Organization Netherlands (SRON). The Observatory for Submillimeter Astronomy (KOSMA) of the Institute of Physics I at the University of Cologne is coordinating the German instruments used in the HIFI and also developing a mixer element and an acoustooptical spectrometer (AOS). The electronics used in the AOS are being manufactured by the Max Planck Institute for Solar System Research (MPS) in Katlenburg-Lindau. The local oscillator subsystem was being developed under the management of the Max Planck Institute for Radio Astronomy in Bonn.

## Allgemeine Parameter der Herschel-Mission

**Start**  
Ende April 2009 von Kourou (Französisch-Guayana)

**Trägerrakete**  
Ariane 5 ECA (zusammen mit dem Planck-Satelliten)

**Orbit**  
Lissajous-Orbit um den Lagrange-Punkt L2

**Missionsdauer**  
3 Jahre (plus ein Jahr mögliche Verlängerung); die Missionszeit wird durch den Vorrat an flüssigem Helium begrenzt

**Gesamtmasse des Satelliten beim Start**  
circa 3.300 Kilogramm

**Teleskopdurchmesser**  
3,5 Meter

**Äußere Abmessungen des Satelliten**  
Höhe: 9 Meter; Durchmesser: 4 Meter

**Bodenstation**  
Perth, Australien

**Missionsbetriebszentrum**  
ESOC, Darmstadt

**Wissenschaftlicher Betrieb**  
ESAC, Villafranca, Spanien

## General parameters of the Herschel mission

**Launch date**  
End of April 2009 from Kourou (French Guyana)

**Launcher**  
Ariane 5 ECA (together with the Planck satellite)

**Orbit**  
Lissajous orbit around Lagrange point L2

**Mission duration**  
3 years (plus 1 year possible extension);  
the mission time is limited by liquid helium reserves

**Total mass of the satellite at launch**  
Approx. 3,300 kilograms

**Telescope diameter**  
3.5 meters

**External dimensions of the satellite**  
Height: 9 meters; Diameter: 4 meters

**Ground control station**  
Perth, Australia

**Mission control center**  
ESOC, Darmstadt

**Scientific operation**  
ESAC, Villafranca, Spain

## Planck – Untersuchung der kosmischen Hintergrundstrahlung

Die kosmische Hintergrundstrahlung wurde 1965 entdeckt und ist, wie wir heute wissen, ein Relikt aus der Frühzeit unseres Universums. Sie ist nur wenige hunderttausend Jahre nach dem Urknall entstanden, als das Universum noch einige tausend Grad heiß war. Zu dieser Zeit verbanden sich freie Protonen und Elektronen, welche die Richtung der Strahlung abgelenkt hatten, zu neutralen Wasserstoffatomen – das Universum wurde durchsichtig. Seitdem bewegen sich die Photonen dieser Strahlung nahezu ungehindert durchs All, nur ihre Energie verringert sich aufgrund der kosmischen Expansion. Heute werden sie im Mikrowellenbereich mit einer Temperatur von nur noch etwa 2,7 Grad Celsius über dem absoluten Nullpunkt empfangen. Zur Zeit der Entdeckung dieser Strahlung durch Penzias und Wilson bestätigte dies die Vorstellung, dass das Universum in einem heißen Urknall entstanden sein muss. 1978 wurde den beiden Forschern für diese Entdeckung der Nobelpreis für Physik verliehen.

Die kosmische Hintergrundstrahlung erreicht uns mit sehr hoher Gleichförmigkeit aus allen Richtungen. Die größte Temperaturabweichung von rund 0,1 Prozent wird durch die Bewegung der Milchstraße relativ zum Mikrowellenhintergrund verursacht. Die genaue Vermessung dieser Strahlung mit dem COBE-Satelliten der NASA bestätigte, dass die Strahlung im Wesentlichen der Strahlung eines Schwarzen Körpers entspricht und damit als „Echo des Urknalls“ interpretiert werden kann. Für diese Untersuchungen wurde Mather und Smoot 2006 ebenfalls der Nobelpreis für Physik verliehen.

Bei einer Temperaturabweichung von etwa 0,001 Prozent und kleiner beobachtet man Strukturen, deren Ursprung in der frühen, heißen Phase der kosmologischen Entwicklung liegt. Ausdehnung

## Planck – investigation of cosmic background radiation

Cosmic background radiation was discovered in 1965 and is, as we now know, a relic from the early days of our universe. It was created just a few hundred thousand years after the Big Bang, when the temperature of the universe was still several thousand degrees. Free protons and electrons that had formerly deflected the direction of the radiation joined together at this time to form neutral hydrogen atoms, making the universe transparent. Since then, the photons of this radiation have been moving almost unhindered through space, their energy diminishing because of cosmic expansion. Today, they are picked up in the microwave range at a temperature of around just 2.7 degrees Celsius above absolute zero. When this radiation was discovered by Penzias and Wilson, it confirmed the theory that says the universe must have been created in a Hot Big Bang. In 1978, these two researchers were awarded the Nobel Prize for Physics for this discovery.

Cosmic background radiation reaches us from all directions and is very uniform. The greatest temperature deviation of around 0.1 percent is caused by the movement of the Milky Way relative to the microwave background. Precise measurement of this radiation with NASA's COBE satellite confirmed that the radiation mainly corresponds to radiation from a black body and can therefore be interpreted as an 'echo of the Big Bang.' For these investigations, Mather and Smoot were awarded the Nobel Prize for Physics in 2006.

At a temperature deviation of around 0.001 percent and lower, structures can be observed that originate from the early, hot phase of cosmological development. The extent and frequency of these structures depend on cosmological parameters such as expansion

und Häufigkeit dieser Strukturen hängen von kosmologischen Parametern wie der Expansionsgeschwindigkeit sowie den Mengenverhältnissen von Materie und Strahlung ab. Die genaue Vermessung der Richtungsabhängigkeiten erlaubt daher die exakte Bestimmung dieser Parameter. Mit Hilfe des WMAP-Satelliten der NASA wurde so der Anteil der sogenannten Dunklen Energie auf mehr als 70 Prozent der Energiedichte des Universums beziffert. Etwa 23 Prozent trägt die Dunkle Materie bei. Nur etwa vier Prozent sind Atome, aus denen das uns bekannte Universum zusammengesetzt ist. Die Natur der Dunklen Energie ist heute noch nicht verstanden. Ihre Untersuchung ist daher eine der wichtigsten Fragen der modernen Kosmologie.

#### Dunkle Materie soll „heller“ werden

Der Planck-Satellit (früher „COBRAS/SAMBA“ genannt) soll diese Messungen wesentlich verbessern und eine Karte des gesamten Himmels mit einer Winkelauflösung besser als zehn Bogenminuten (entspricht 0,16 Grad) erstellen. Die Karte soll selbst Temperaturunterschiede von circa einem Millionstel Grad Celsius aufzeigen. Messungen bei verschiedenen Frequenzen werden die Trennung und Untersuchung von galaktischen und extragalaktischen Vordergrundquellen einerseits sowie der kosmologischen Strahlung andererseits erlauben. Wenn man die Polarisation der Strahlung bestimmt, kann man weitere Aussagen über deren Entstehungsbedingungen treffen.

Planck soll fundamentale Beiträge zu aktuellen Fragen der modernen Kosmologie liefern:

- Was ist die Dunkle Energie, die nach heutiger Vorstellung das derzeitige Ausdehnungsverhalten des Universums dominiert?
- Was ist die Natur der Dunklen Materie, die die heutige Materiedichte dominiert?
- Wie groß sind die Beiträge einzelner Teilchenarten, zum Beispiel massive Neutrinos?
- Wie entstanden die ersten Strukturen (Sterne, Galaxien und Galaxienhaufen) aus der ursprünglichen Inhomogenität des Universums?
- Wie schnell expandierte beziehungsweise expandiert das Universum in Vergangenheit und Zukunft?

Auch zu weiteren Themen, die heutzutage noch nicht durch wissenschaftliche Erkenntnisse abgesichert sind, werden von Planck Hinweise erwartet: String-Theorie, Gültigkeitsgrenzen der Allgemeinen Relativitätstheorie, physikalische Konstanten.

#### Plancks wissenschaftliche Nutzlast

Der Planck-Satellit trägt ein Teleskop mit einem Spiegeldurchmesser von 1,5 mal 1,75 Metern und mit zwei Instrumenten, welche die Mikrowellenstrahlung in unterschiedlichen Frequenzbändern messen: Das Hochfrequenzinstrument HFI (High Frequency Instrument) ist ein bolometrisches Detector Array, welches bei 0,1 Grad Celsius über dem absoluten Nullpunkt im Bereich zwischen 83 Gigahertz und einem Terahertz betrieben wird. Bolometer messen Strahlung sehr breitbandig und stellen die einzige nutzbaren Sensoren für diesen Strahlungsbereich dar. Das zweite wissenschaftliche Gerät ist ein Niederfrequenzinstrument LFI (Low Frequency Instrument). Dabei handelt es sich um einen High Electron Mobility Transistor Radio Receiver Array (HEMT) (27 bis 77 Gigahertz, betrieben bei Minus 253 Grad Celsius).

speed and the quantity ratios of material and radiation. Precise measurement of the directional dependencies therefore allows these parameters to be exactly determined. With the help of NASA's WMAP satellite, this technique was used to determine that the proportion of so-called dark energy makes up more than 70 percent of the energy density. Dark matter constitutes around 23 percent. Only some four percent are atoms that make up the universe as we know it. The nature of dark energy is not yet understood. Its investigation is therefore one of the key questions of modern cosmology.

#### Shedding a light on dark matter

The aim of the Planck satellite (formerly 'COBRAS/SAMBA') is to significantly improve these measurements and draw a complete map of the skies with an angle resolution better than ten arc minutes (equivalent to 0.16 degrees). The map will even show temperature differences of approximately a millionth of a degree Celsius. Measurements at different frequencies will allow for the separation and investigation of galactic and extra-galactic foreground sources on the one hand, and cosmological radiation on the other. By determining the polarization of the radiation, further deductions can be made about the conditions that were in place when it was created.

Planck is to make fundamental contributions to current questions of modern cosmology:

- What is the dark energy that, according to today's theories, dominates the current expansion behavior of the universe?
- What is the nature of the dark matter that dominates the current density of matter?
- How great are the contributions of individual particle types, e.g., massive neutrinos?
- How did the first structures (stars, galaxies, and galaxy clusters) emerge from the original inhomogeneity of the universe?
- How fast did the universe expand in the past and how fast will it expand in the future?

Information is also expected from Planck on other subjects yet to be substantiated by scientific experiments: string theory, validity limitations of the General Theory of Relativity, or physical constants.

#### Planck's scientific payload

The Planck satellite carries a telescope with a mirror diameter of 1.5 x 1.75 meters and two instruments for measuring microwave radiation in different frequency bands: The HFI (High Frequency Instrument) is a bolometric detector array that will operate in the range between 83 Gigahertz and 1 Terahertz at 0.1 degrees Celsius above absolute zero. Bolometers measure radiation over a very wide bandwidth and are the only sensors that can be used for this radiation range. The second scientific device is an LFI (Low Frequency Instrument). This is a high electron mobility transistor radio receiver array (HEMT) (27 to 77 Gigahertz, operated at minus 253 degrees Celsius).

In Deutschland entwickelt das Max-Planck-Institut für Astrophysik (MPA) in Garching Software für die Datenverarbeitung sowie Simulationsprogramme zum Testen der Datenverarbeitungsroutinen und zur Analyse der Beobachtungsdaten. Das MPA wirkt mit beim Aufbau eines Datenzentrums das die aufbereiteten Daten für die astronomische Gemeinschaft bereitstellen soll.



**Impressionen von der Integration des Planck-Satelliten (ESA)**  
Impressions of the Planck satellite integration (ESA)

In Germany, the Max Planck Institute for Astrophysics (MPA) in Garching is developing software for data processing and simulation programs for testing data processing routines and analyzing observation data. The MPA is helping to set up a data center for preparing the processed data for the astronomical community.



#### Allgemeine Parameter der Planck-Mission

**Start**  
16. April 2009 von Kourou, Französisch Guiana

**Trägerrakete**  
Ariane 5 ECA (zusammen mit dem Herschel-Satelliten)

**Orbit**  
Lissajous-Orbit um den Lagrange-Punkt L2,  
circa 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt

**Missionsdauer**  
21 Monate (nach Erreichen des L2 Orbits und einer circa sechsmonatigen Phase für Tests, Kalibration etc.)

**Gesamtmasse des Satelliten beim Start**  
circa 1.800 Kilogramm

**Teleskop-Parameter**  
Hauptspiegel-Durchmesser: 1,5 Meter x 1,75 Meter  
Äußere Abmessungen des Satelliten: Höhe: 4,2 Meter  
Durchmesser: max. 4,2 Meter

**Bodenstation**  
Perth, Australien

**Missionsbetriebszentrum**  
ESOC, Darmstadt

#### General parameters of the Planck mission

**Launch date**  
April 16, 2009 from Kourou, French Guyana

**Launcher**  
Ariane 5 ECA (piggybacking with the Herschel satellite)

**Orbit**  
Lissajous orbit around Lagrange point L2,  
approx. 1.5 million kilometers from the Earth

**Mission duration**  
21 months (after reaching the L2 orbit and an approximate six-month phase for tests, calibration, etc.)

**Total mass of the satellite at launch**  
Approx. 1,800 kilograms

**Telescope parameters**  
Primary mirror diameter: 1.5 x 1.75 meters  
External dimensions of the satellite: Height: 4.2 meters  
Diameter: max. 4.2 meters

**Ground control station**  
Perth, Australia

**Mission control center**  
ESOC, Darmstadt



## Internationales Astronomiejahr 2009 eröffnet

Festliche Großveranstaltungen in  
Paris und Berlin

Von Dr. Annette Froehlich

„Der Himmel gehört uns allen. Astronomie ist ein Instrument zur Förderung des Friedens und der Völkerverständigung, deshalb ist sie eine Herzensangelegenheit der UNESCO“ – dies sagte Koichiro Matsuura, Generalsekretär der Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur anlässlich der offiziellen Eröffnung des Internationalen Astronomischen Jahres (IYA 2009) am 20. Januar in Paris. Sternkundler aus über 100 Staaten waren zu der mit über 900 Teilnehmern größten IYA-Veranstaltung gekommen, um die Wunder des Universums mit der Öffentlichkeit zu teilen. Vor 400 Jahren hatte Galileo Galilei mit seinen teleskopgestützten Himmelsbeobachtungen und der Ausrufung des heliozentrischen Weltbildes das Zeitalter der modernen Astronomie begründet.

Vor dem Hintergrund der Frage, wieso ausgerechnet hier auf der Erde menschliches Leben entstanden ist, appellierte Matsuura an die Jugend der Welt, mehr über das Universum, in dem wir leben, zu lernen und die Verbindung zwischen wissenschaftlichen und kulturellen Sphären, welche die Astronomie biete, zu erkunden. „The Universe. Yours to discover (Das Weltall: Du lebst darin – Entdecke es)“ ist das offizielle IYA2009-Motto, das – begleitet von einer Vielzahl an Veranstaltungen in diesem Jahr – dazu beitragen soll, das Bewusstsein der Menschen für ihr Universum zu erneuern und zu verstärken.

## International Year of Astronomy 2009 launched

Festive opening ceremonies held in  
Paris and Berlin

By Dr. Annette Froehlich

The skies belong to everybody. Astronomy is an instrument to promote peace and understanding among nations and as such is at the heart of UNESCO's mission' – these were the words of Koichiro Matsuura, Director General of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization on the occasion of the official opening ceremony of the International Year of Astronomy (IYA2009) on January 20 in Paris. Astronomers from over 100 nations had traveled to what was, with more than 900 participants, the largest of the IYA events in order to share the wonders of the universe with the public. It was 400 years ago that Galileo Galilei launched the age of modern astronomy with his telescope-based astronomic observations and his proclamation of a heliocentric worldview.

Against the background of the question why human life has evolved here on Earth of all places, Matsuura asked the youth of the world to learn more about the universe in which we live and to explore the connection between the scientific and cultural spheres that astronomy affords us. 'The Universe. Yours to Discover' is the official motto of IYA2009, which aims – by means of a vast number of events this year – at contributing to renewing and strengthening people's awareness of the universe they live in.



Ein als Johannes Kepler verkleideter Besucher und ein einsatzbereites Teleskop bei der IYA2009-Auftaktveranstaltung in Paris (UNESCO)

A visitor, dressed as Johannes Kepler, and a ready-for-use telescope at the IYA2009 opening ceremony in Paris (UNESCO)

Im Rahmen der zweitägigen Konferenz, die sich an die Eröffnungsveranstaltung anschloss, sprachen unter anderem die Nobelpreisträger Bob Wilson und Baruch Blumberg über die jüngsten astronomischen Entdeckungen. Darüber hinaus gab es eine Vielzahl an Vorträgen und Diskussionen über den Einfluss der Astronomie auf unterschiedliche Kulturen und Zivilgesellschaften. In der zeitgenössischen Wahrnehmung waren die Entdeckungen Galileos und auch Keplers bahnbrechend, sie veränderten die Denkweise des europäischen Abendlandes. Auch heute haben wissenschaftliche Entdeckungen erheblichen Einfluss auf unsere Wahrnehmung des Universums. Die UNESCO hat sich daher speziell mit dem Thema 'Astronomie und Kultur' auseinandergesetzt. Untersucht wurde die Astronomie der Ureinwohner Australiens, traditioneller afrikanischer Gesellschaften sowie alt-indischer, altchinesischer und babylonischer Forscher. Auch die Aufnahme der Errungenschaften altgriechischer Astronomie in die islamische Gesellschaft wurde in diesem Zusammenhang näher beleuchtet. Dabei fand man heraus, dass der Himmel als eine Art Spiegel der jeweiligen Kultur gesehen werden kann – dies gilt sowohl für das Erkennen von Sternbildern als auch für die Benennung von Himmelskörpern. Über die Jahrhunderte hinweg übte die Astronomie großen Einfluss auch auf die bildende Kunst und das Theater aus. Die erste dokumentierte Abbildung eines Teleskopes in einem Gemälde Jan Brueghels des Älteren sei an dieser Stelle als ein Beleg genannt.

Passend zum internationalen Startschuss des IYA-Jahres fand auch in Deutschland die nationale Auftaktveranstaltung "Der Blick zum Himmel" im Museum für Telekommunikation in Berlin statt. Als Gastgeber fungierten der Rat deutscher Sternwarten und die Astronomische Gesellschaft unter Federführung des Astrophysikalischen Instituts Potsdam mit Unterstützung des DLR. Zeitgleich wurde die Ausstellung „The European Window on the Universe“ eröffnet. Vier Wochen lang können sich Besucher des Museums für Kommunikation über moderne astronomische Beobachtungstechniken informieren.

**„Wenn die Sterne nur von einem einzigen Ort aus auf der Erde sichtbar wären, würden die Menschen nie aufhören, dorthin zu reisen um sie zu sehen.“**

(Lucio Annaeus Seneca:  
Naturales quaestiones – etwa 4 v.Chr.–65 n.Chr.)

**‘Were the stars visible from only one place on Earth, man would never tire of traveling there to see them.’**

(Lucio Annaeus Seneca:  
Naturales quaestiones – around 4 B.C.–65 A.D.)

evidenced, to name but one example, by the first documented depiction of a telescope in a painting, by Jan Brueghel the Elder.

To coincide with the international launch of the IYA, the national opening ceremony 'Looking to the Skies' was held in Germany, hosted by the Council of German Observatories (RDS) and the Astronomical Society (AG) with support from DLR at the Museum of Communication in Berlin. The exhibition 'The European Window on the Universe' opened at the same time; it offers visitors to the Museum of Communication the opportunity to learn more about modern astronomic observation techniques, and is to run for four weeks.

## Ausstellungen im Rahmen des IYA2009

**Das Europäische Fenster zum Universum:** Eine gemeinsame Ausstellung der Europäischen Südsternwarte (ESO) und mehrerer deutscher Forschungseinrichtungen zum Internationalen Jahr der Astronomie 2009. Heute erforschen Astronomen das Universum im Sichtbaren und – für das menschliche Auge – Unsichtbaren. In jedem Spektralbereich, von Radio- bis zu Röntgen- und Gammastrahlen, sieht der Himmel anders aus. Moderne Teleskope erlauben einen immer tieferen Blick in den Kosmos. Die Ausstellung lädt zu einem Gang durch die unterschiedlichen Wellenlängen des Sternenlichts ein.  
[www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/der-blick-zum-himmel/ausstellung-astronomie-im-zeitalter-der](http://www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/der-blick-zum-himmel/ausstellung-astronomie-im-zeitalter-der)



Das Titelbild der DLR/UNESCO-Ausstellung „What a sight“: die zum Weltkulturerbe gehörenden Pyramiden von Gizeh

The title-page of the DLR/UNESCO exhibition ‘What a sight’: the Giza pyramids, part of the World Cultural Heritage

**Augen im All – Vorstoß ins unsichtbare Universum:** Am 7. Mai 2009 findet die Eröffnung der von der Europäischen Weltraumorganisation ESA und dem Rat deutscher Sternwarten erstellten Planetariumsshow im Zeiss-Großplanetarium in Berlin statt. In den folgenden Wochen ist sie in einem Dutzend weiterer Planetarien überall in Deutschland zu sehen.

[www.astronomie2009.de/aktivitaeten/jahresueberblick/07.05.-auftakt-zur-planetariumshow](http://www.astronomie2009.de/aktivitaeten/jahresueberblick/07.05.-auftakt-zur-planetariumshow)

**DLR-UNESCO Ausstellung What a sight – Welch eine Aussicht:** Zu Beginn des zweiten Quartals des IYA2009, welches der „Astronomie und Kultur“ gewidmet ist, veranstaltet das DLR in Kooperation mit der UNESCO diese Ausstellung. Vom 16. März bis zum 7. Mai 2009 werden entlang der Außenanlagen des UNESCO-Gebäudes in Paris von Satelliten aufgenommene Weltkulturstätten zu bestaunen sein. Der objektive Blick aus dem Weltall ermöglicht einen besseren Schutz von Weltkulturstätten. So kann anhand der Satellitenaufnahmen überprüft werden, ob die in der UNESCO-Konvention zum Schutz des Weltkulturerbes vereinbarten Kriterien wie zum Beispiel Pufferzonen zwischen urbanen Ansiedlungen und den Welterbestätten eingehalten werden.

[http://www.unesco.de/dlr\\_ausstellung.html?&L=0](http://www.unesco.de/dlr_ausstellung.html?&L=0)

## Exhibitions as part of IYA2009

**The European Window towards the Universe:** A joint exhibition by the European Southern Observatory (ESO) and several German research institutions for the International Year of Astronomy 2009. Today's astronomers explore the visible and – to the human eye – invisible universe. In each spectral range, from radio waves to X-rays and gamma rays, the skies look different. Modern telescopes allow ever deeper insights into the cosmos. The exhibition invites to explore the different wavelengths of starlight.  
[www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/der-blick-zum-himmel/ausstellung-astronomie-im-zeitalter-der](http://www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/der-blick-zum-himmel/ausstellung-astronomie-im-zeitalter-der)

**DLR-Ausstellung Sternstunden – Wunder des Sonnensystems:** Eine neue Ausstellung im Gasometer Oberhausen nimmt die Besucher mit auf eine Reise in den Kosmos: "Sternstunden – Wunder des Sonnensystems" zeigt vom 1. April 2009 bis zum 10. Januar 2010 spektakuläre Nachbildungen des Planetensystems und faszinierende Aufnahmen fremder Welten.  
[www.gasometer.de/de\\_DE/index.php](http://www.gasometer.de/de_DE/index.php)

**Lange Nacht der Sterne:** Vom 2. bis 5. April 2009 findet mit der weltweiten Aktion „100 Stunden Astronomie“ eine Art weltweiter Beobachtungs-Marathon rund um die Uhr statt, sowohl live vor Ort als auch multimedial aufbereitet im Inter-

**DLR exhibition Magic Moments – Miracles of the Solar System:** A new exhibition in the Gasometer in Oberhausen will take the visitors on a trip to the cosmos. 'Magic Moments – Miracles of the Solar System' will show spectacular mockup of the planetary system and fascinating images of strange worlds from April 1, 2009 to January 10, 2010.  
[www.gasometer.de/de\\_DE/index.php](http://www.gasometer.de/de_DE/index.php)

**Long night of the stars:** The global event '100 Hours of Astronomy,' a sort of worldwide around-the-clock observation marathon, will take place from April 2 to April 5, 2009, both live on the ground and in multimedia format on the Internet. To



Vorführung des Exploratoriums Potsdam bei der nationalen IYA-Eröffnungsveranstaltung in Berlin am 20. Januar. (Astrophysikalisches Institut Potsdam)

Performance of the Potsdam Exploratorium at the German IYA opening ceremony in Berlin on January 20. (Astrophysikalisches Institut Potsdam)

**Eyes in Space – Advance into the invisible Universe:** The planetarium show created by the European Space Agency ESA and the Council of German Observatories will open on May 7, 2009, at the Zeiss Planetarium in Berlin. In the course of the following weeks it will be shown in a dozen more planetaria all over Germany.

[www.astronomie2009.de/aktivitaeten/jahresueberblick/07.05.-auftakt-zur-planetariumshow](http://www.astronomie2009.de/aktivitaeten/jahresueberblick/07.05.-auftakt-zur-planetariumshow)

**DLR UNESCO Exhibition Vue imprenable – What a Sight:** DLR will be hosting this exhibition in co-operation with UNESCO at the beginning of the second quarter of the IYA2009, which is dedicated to 'Astronomy and Culture.' From March 16 to May 7, 2009, photographs of world heritage sites taken by satellites will be displayed along the perimeter of the UNESCO building in Paris. The objective view from space enables better protection of world heritage sites. For example, satellite photographs make it possible to check whether the criteria agreed in the UNESCO World Heritage Convention, such as buffer zones between urban settlements and world heritage sites, are adhered to.

[http://www.unesco.de/dlr\\_ausstellung.html?&L=0](http://www.unesco.de/dlr_ausstellung.html?&L=0)

net. Zur Beteiligung an dieser größten „Star Party aller Zeiten“ hat Deutschlands größte überregionale Vereinigung von Amateurastronomen, die Vereinigung der Sternfreunde e.V., den 4. April zum bundesweiten Astronomietag ausgerufen. Hunderte Einrichtungen in ganz Deutschland werden zur „Langen Nacht der Sterne“ ihre Türen öffnen.

[www.100hoursofastronomy.org](http://www.100hoursofastronomy.org)

**Sommerkulturfestival Bonn:** Im zweiten IYA2009-Quartal werden auch in Deutschland Konzerte und Ausstellungen in mehreren Städten angeboten. Die grundlegende Fragestellung lautet jeweils: Wie hat die Astronomie verschiedene Kulturen der Welt beeinflusst? Wie inspiriert sie Künstler? Ein vielfältiges Bühnenprogramm bietet zum Beispiel das astronomische Sommerkulturfestival am 27. Juni 2009 in Bonn mit einer Mischung aus Talk, Kabarett und Klassik.

[www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/astromie-und-kultur/sommerkulturfestival-in-bonn](http://www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/astromie-und-kultur/sommerkulturfestival-in-bonn)

participate in this 'biggest star party of all ages', 'Germany's largest national association of amateur astronomers, the Vereinigung der Sternfreunde e. V., has declared April 4 a Germany-wide 'astronomy day.' Hundreds of institutions all over Germany will be throwing open their doors for the 'long night of the stars.'

[www.100hoursofastronomy.org](http://www.100hoursofastronomy.org)

**Summer Festival of Culture in Bonn:** In the second quarter of IYA2009, concerts and exhibitions will be held in several German cities. The basic question is: How has astronomy influenced various world cultures? How does it inspire artists? The astronomical Summer Festival of Culture held in Bonn on June 27, 2009, for example, will offer a wide range of stage events featuring a mixture of talk, cabaret and classics.

[www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/astromie-und-kultur/sommerkulturfestival-in-bonn](http://www.astronomie2009.de/aktivitaeten/deutschlandweit/astromie-und-kultur/sommerkulturfestival-in-bonn)

Dr. Annette Froehlich ist in der Abteilung Internationale Beziehungen des DLR zuständig für den Aufgabenbereich Vereinte Nationen und Internationale Organisationen.

Dr. Annette Froehlich works in the International Relations department at the DLR. Here, she is responsible for the United Nations and international organizations.



Dr. Ludwig Baumgarten beim Bonner Raumfahrtabend 2008, an Bord des A300 ZERO-G und mit Vorstandskollege Thomas Reiter am Tag vor dem Start von ATV-1 in Kourou (v.l.n.r.)

Dr. Ludwig Baumgarten at the Bonn Space Night event in 2008, aboard the A300 ZERO-G and with board colleague Thomas Reiter the day before the launch of ATV-1 at Kourou (f.l.t.r.)

## „Der Lotse verlässt die Kommandobrücke“

Dr. Ludwig Baumgarten als Vorstand der DLR Raumfahrt-Agentur verabschiedet

Von Dr. Walter Döllinger

Am Freitag, dem 30. Januar 2009, ging eine Ära zu Ende: An seinem 65. Geburtstag verabschiedete sich Dr. Ludwig Baumgarten als Chef der DLR Raumfahrt-Agentur und der DLR Projektträger nach siebenjähriger Amtszeit von seiner „Crew“. Am darauffolgenden Montagmorgen stellte der DLR-Vorstandsvorsitzende, Prof. Johann-Dietrich Wörner, Herrn Gerold Reichle den Mitarbeitern am DLR-Standort Bonn als Nachfolger vor.

Zahlreiche Projekte im Rahmen des Nationalen und Europäischen Raumfahrtprogramms sind untrennbar mit dem Namen Dr. Ludwig Baumgarten verknüpft. In die Realisierung des deutschen Beitrages zur Internationalen Raumstation und des Europäischen Labor-Moduls Columbus, dessen wissenschaftliche Früchte wir heute zu ernten beginnen, war er von Anfang an eingebunden. Bis in die frühen Morgenstunden wurde bei der ESA-Ministerratskonferenz 1995 in Toulouse darum gerungen, dass sich Italien und Frankreich am europäischen Beitrag zur ISS beteiligen – ein Erfolg für die deutsche Position. Auch der unbemannte europäische Weltraumfrachter ATV, dessen erfolgreichen Erststart Dr. Baumgarten im März 2008 mit Stolz live am Europäischen Weltraumbahnhof Kourou (Französisch-Guyana) verfolgte, wäre ohne sein Engagement nicht in dieser Form verwirklicht worden.

Die Forschung unter Weltraumbedingungen förderte er mit ganz persönlichem Nachdruck in der Voraussicht, dass Deutschland in punkto „Spitzenforschung im All mit Nutzen für die Erde“ international eine führende Position einzunehmen in der Lage ist. Was damals noch Vision war, ist heute längst Realität. Dabei konnte Dr. Baumgarten sich auch für die Arbeit an der „Basis“ begeistern: Mehrmals zog er den blauen Flieger-Overall des DLR an und begab sich an Bord des „ZERO-G Airbus“ selbst in die Schwerelosigkeit.

## ‘The pilot is leaving the command bridge’

Dr. Ludwig Baumgarten leaves office as chairman of the DLR Space Agency

By Dr. Walter Döllinger

Friday, January 30, 2009, saw the end of an era: on his 65th birthday, Dr. Ludwig Baumgarten said goodbye to his ‘crew’ after seven years in office as head of the DLR Space Agency and the DLR Project Management Agencies. On the following Monday morning, DLR CEO Prof. Johann-Dietrich Wörner introduced Gerold Reichle to the employees at the DLR site in Bonn as his successor.

Numerous projects in the national and European space programs are inextricably linked to the name of Dr. Ludwig Baumgarten. He was involved from the very beginning in implementing the German contribution to the International Space Station and the European laboratory module Columbus, the scientific rewards of which we are today beginning to reap. In Toulouse in 1995, the Council of the European Space Agency on ministerial level labored until the early hours of the morning to convince Italy and France to participate in the European contribution to the ISS – a success for the German position. The uncrewed European space transport vehicle ATV, whose successful first launch Dr. Baumgarten proudly observed live at the European spaceport Kourou (French Guyana) in March 2008, would also not have become reality, as it did with his great dedication.

He placed a very personal emphasis on his support for research under space conditions, in the foresight that Germany was capable of taking a leading international position in ‘top-class research in space with spin-offs for Earth.’ What was only a vision at that time is reality today. But Dr. Baumgarten was also highly enthusiastic about ‘base’ work: more than once he put on the blue DLR aviator’s overall and ventured into zero-gravity conditions on board the ‘ZERO-G Airbus’. With the national radar satellite mission TerraSAR-X and the first Public Private Partnership in this sector he

Mit der nationalen Radarsatellitenmission TerraSAR-X und der ersten Public Private Partnership auf diesem Sektor betrat er Neuland in der Kommerzialisierung der Erdbeobachtung. Der Erfolg gibt ihm Recht: Voraussichtlich im Herbst dieses Jahres wird ein zweiter, baugleicher Satellit namens TanDEM-X in die Erdumlaufbahn starten und gemeinsam mit TerraSAR-X ein dreidimensionales Höhenmodell der Erde in bislang nicht erreichter Qualität erzeugen.

Vor seiner Tätigkeit für das DLR hatte Dr. Ludwig Baumgarten 1995 im Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft, das damals mit dem Bundesministerium für Forschung und Technologie zum Superministerium unter dem heutigen NRW-Ministerpräsidenten Jürgen Rüttgers verschmolz, die Abteilung „Institutionelle Förderung; Luft- und Raumfahrt, Mobilität und Technologieentwicklung“ übernommen. Abseits dessen erweiterte er seinen Wirkungskreis durch die 1996 begonnene Mitarbeit in den Kuratorien der Max-Planck-Institute für Astrophysik und Extraterrestrik. Zum DLR wechselte er nach insgesamt 20 Dienstjahren im Bonner Forschungsministerium. Sein erster Arbeitstag auf der anderen Rheinseite in Oberkassel, immer noch in Sichtweite zur alten Wirkungsstätte, war der 1. April 2002.

Mit diesem Tag schloss sich der Kreis in der institutionellen Verankerung des Raumfahrt-Managements. Bereits 1989 war Dr. Baumgarten an der Weichenstellung, die in der Gründung der damaligen Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA) mündete, beteiligt gewesen. 1997 hatte er dann den politischen Willen des damaligen Raumfahrtministers Rüttgers umgesetzt, die DARA wieder in das DLR zu integrieren. Nun fiel Dr. Baumgarten selbst als zuständigem Vorstandsmitglied des DLR die Aufgabe zu, aus den verbliebenen Teilen der DARA wieder eine schlagkräftige Institution zu schaffen – die Raumfahrt-Agentur.

Bei aller Kontinuität, die sein Curriculum Vitae aufweist, wären doch auch alternative Lebensentwürfe denkbar gewesen, etwa eine Laufbahn bei der Bundeswehr, in der es zum Major der Reserve brachte, oder eine vielversprechende universitäre Karriere als Volkswirt. Das Thema seiner Promotion aus dem Jahre 1973 lautet übrigens „negative Einkommensteuer“ – heute wieder aktuell. Auch eine politische Karriere, etwa als Abgeordneter für den Deutschen Bundestag war in Reichweite. Bereits seit 1976 arbeitete Dr. Baumgarten im politischen Umfeld, zunächst als Referent und als Personalrat, später als Personalratsvorsitzender der CSU-Landesgruppe sowie der CDU/CSU-Fraktion des Deutschen Bundestages.

Mit Dr. Ludwig Baumgarten tritt ein politisch erfahrener Macher und einer der profiliertesten deutschen Akteure der Raumfahrt-Szene ab. Seit 1995 hat er an allen ESA-Ministerratskonferenzen teilgenommen und dabei vor wie hinter den Kulissen seine Akzente gesetzt – immer mit Blick auf das politisch Machbare. Das Vorrecht, ein Politikfeld über einen so langen Zeitraum an vorderster Front mit zu gestalten, ist nur sehr Wenigen vergönnt. Zwar hat er als Lotse die Brücke verlassen, jedoch ist der Ruhestand als solcher für Dr. Baumgarten geradezu systemisch ausgeschlossen. „Wer schreibt, der bleibt“ – mit diesen Worten darf ich ihn in diesem Zusammenhang nicht ohne Hintergedanken zitieren. Der deutschen Raumfahrtgemeinschaft bleibt er hoffentlich erhalten.

Dr. Walter Döllinger ist Staatssekretär im Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen und ehemaliger Programmdirektor der DLR Raumfahrt-Agentur.

broke new ground in the commercialization of Earth observation. And the project's success proved him right: a second satellite of the same design, by the name of TanDEM-X, is expected to be launched into orbit in fall of this year, and together with TerraSAR-X will generate a three-dimensional elevation model of Earth at previously unseen quality.

Before joining the DLR, Dr. Baumgarten became head in 1995 of the department of ‘Institutional Sponsorship; Aviation and Space Exploration, Mobility and Technological Development’ in the Federal Ministry of Education and Science, which was then being merged with the Federal Ministry of Research and Technology into a super ministry led by Jürgen Rüttgers, who is today state premier of North-Rhine Westphalia. Elsewhere, he expanded his area of influence through his work on the boards of trustees of the Max Planck Institutes for Astrophysics and Extraterrestrics, which he began in 1996. After a total of 20 years of service at the Ministry of Research in Bonn he changed to the DLR. His first day of work within sight of his previous place of employment was April 1, 2002.

On that day the institutional establishment of space exploration management came full circle. Dr. Baumgarten had already been involved in 1989 in setting the course that was later to result in the foundation of the former German Space Agency DARA. In 1997, he implemented the political will of the then Spaceflight Minister Rüttgers and re-integrate DARA into DLR. Now Dr. Baumgarten as the responsible member of the executive board of DLR was tasked with rebuilding a powerful institution from the remnants of DARA – the Space Agency.

Despite the continuity evident in his Curriculum Vitae, alternative life plans would have been feasible, for example a career in the German armed forces, where he reached the rank of major in the reserves, or a promising university career as an economist. The subject of his doctoral thesis in 1973, by the way, was ‘negative income tax’ – highly topical again today. A political career, for example as a member of the German Parliament, was attainable as well. Dr. Baumgarten had been working in politics since 1976, first as head of division and member of the staff council, later as a chairman of the personnel board of the CSU state committee and the CDU/CSU parliamentary group in the German Parliament.

With Dr. Ludwig Baumgarten, a politically experienced manager and one of the most prominent German players in the space exploration arena is stepping down. He took part in every ESA Ministerial Council since 1995 and exerted his influence both in the limelight and behind the scenes – always with an eye on what was politically feasible. The privilege of shaping a policy area on the very front lines over such a lengthy period of time is granted only to very few people. He may have left the bridge as a pilot, but retirement as such is a systemic impossibility for Dr. Ludwig Baumgarten. ‘Those who write, remain’ – I allow myself to quote these words of his in this context, not entirely without ulterior motive. We hope he will remain close to the German space exploration community.



## Geschichte der deutschen Raumfahrt

**Teil 8:** Weltraumprogramm der christlich-liberalen Koalition (1982 – 1990)

Von Dr. Niklas Reinke

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

Der Beginn der 1980er Jahre markiert die Einführung zweier technologischer Entwicklungslinien, welche die Raumfahrt der westlichen Welt bis heute maßgeblich bestimmen: Am 12. April 1981, genau 20 Jahre nach Gagarins erster Erdumrundung, hebt die Columbia als erstes Space Shuttle vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral zu ihrem Jungfernflug ab. Die USA schicken sich an, der Welt einmal mehr ihre technologische Überlegenheit zu demonstrieren. Doch jenseits des Horizonts Südfidas erwächst eine von den USA bis dahin wenig beachtete Konkurrenz, die zutiefst in der restriktiven Trägerpolitik Washingtons der 1970er Jahren verwurzelt ist. Nach dem ersten nicht-wissenschaftlichen Start einer Ariane (18. Oktober 1983), deren Entwicklungskosten kaum zehn Prozent des amerikanischen Shuttles betragen haben, wird das Startgelände der europäischen Großrakete weltweit bald zum kommerziell erfolgreichsten Tor ins All.

Die Großprogramme der 1970er Jahre sind abgeschlossen, und beiderseits des Atlantiks beginnt man, sich Gedanken über mögliche Nachfolgeprojekte zu machen. Parallel hierzu bedeutet der politische Sturz Helmut Schmidts und der Aufstieg Helmut Kohls zum Regierungschef einen innenpolitischen Einschnitt, der sich auch im Bereich der Raumfahrt durch zusätzliche Zielsetzungen in der Forschungspolitik bemerkbar macht.

## German Astronautics – A History

**Part 8:** The Space Program of the Kohl Government (1982 – 1990)

By Dr. Niklas Reinke

Since the second half of the 20<sup>th</sup> century, astronautics has been associated with eminent technological achievements. Sputnik, humans on the Moon, interplanetary missions, the International Space Station. German engineers and scientists contributed greatly towards all these successes. The development of astronautics in Germany and its international environment will be described in this series of articles entitled 'German Astronautics – A History'.

The early 1980s marked the introduction of two lines of technological development that were to determine the space activities in the Western world up to the present day: On April 12, 1981, exactly 20 years after Gagarin had completed the first Earth orbit, Columbia was the first space shuttle to take off on its maiden flight from the Cape Canaveral space center. The USA was about to demonstrate its technological superiority to the world once again. But beyond the southern Florida horizon, competition, deeply rooted in Washington's restrictive carrier policy of the 1970s, was emerging – competition to which the USA had paid little attention until then. Following the first non-scientific launch of an Ariane (October 18, 1983), the development costs of which amounted to barely ten percent of those of the American shuttle, the launch site of the European large rocket soon became the world's commercially most successful gateway to space.

The large-scale programs of the 1970s were completed, and thoughts on both sides of the Atlantic turned to possible follow-up projects. At the same time, Helmut Schmidt's political fall and Helmut Kohl's ascent to head of government brought changes to domestic policy that also manifested itself in the field of space exploration in the form of additional objectives in research policy.

**Regierungswechsel: Auf Schmidt folgt 1982 Kohl (links), Bundesforschungsminister Riesenhuber (rechts) (dpa picture alliance)**

Change of government: Kohl follows Schmidt in 1982 (left), Federal Minister of Research Riesenhuber (right) (dpa picture alliance)

### Alte und neue Prioritäten im deutschen Weltraumprogramm

Nach dem Regierungswechsel im Oktober 1982 wird Heinz Riesenhuber zum Bundesminister für Forschung und Technologie ernannt. In über zehn Jahren Amtszeit kann er deutlichere Akzente im Bereich der Raumfahrt setzen als viele seiner Vorgänger. Bei der Definition seiner weltraumpolitischen Richtlinien stützt er sich zunächst auf die Vorlage seines Vorgängers. Die Prioritäten des 1982 noch von der sozial-liberalen Regierung verabschiedeten vierten deutschen Weltraumprogramms werden weitestgehend übernommen – und es bleibt das einzige offizielle Weltraumprogramm, das unter der sechzehnjährigen Ägide der christlich-liberalen Regierung gelten wird.

Tenor des vierten deutschen Weltraumprogramms ist zum einen die Förderung des Raumfahrtstandorts Deutschland: Fanden 1971 6.000 Mitarbeiter in der Raumfahrtindustrie Anstellung, so waren es 1982 nur noch knapp über 3.000. Zum anderen will der Staat vermehrte die Forschung als Beitrag zur kulturellen Entwicklung des Landes unterstützen. Dies soll langfristig operationelle Anwendungen ermöglichen, die im nationalen Interesse liegen. Es hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass der Anspruch auf eine führende Rolle im Bereich der Raumfahrt die Bereitschaft voraussetzt, national wissenschaftlich-technisches Neuland mit den damit verbundenen Risiken zu betreten: „Die Raumfahrtpolitik der Bundesregierung zielt darauf ab, möglichst das gesamte Potenzial, das Weltraumforschung und Raumfahrttechnik bieten, zu erschließen und nutzbar zu machen.“ Eine umfassende Europäisierung des nationalen wissenschaftlichen Weltraumprogramms hatte sich angehiebts unterschiedlicher Interessen und Voraussetzungen in den Mitgliedsländern hingegen nicht als zweckmäßig erwiesen.

### Verstärktes Engagement für die Grundlagenforschung

Weiterhin bleiben die Stärkung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit und der Ausbau der internationalen Zusammenarbeit priorisiert. Nach zehn Jahren soll durch neue, national vorbereitete Weltraummissionen nun auch Grundlagenforschung stärker gefördert werden. Dies geschieht zunächst im Bereich der Extraterrestrik. In der Astronomie und Astrophysik strebt man eine internationale koordinierte Abtastung des Weltraums in allen Spektralbereichen an, daneben die fortgesetzte Untersuchung der solar-terrestrischen Beziehungen sowie ein europäisches Erderkundungsprogramm.

Weiterhin kommt der Anwendung von Weltraumtechnologien hohe Aufmerksamkeit zu, da sie für die künftigen Aufgaben der Kommunikation, Erdbeobachtung, Klimaforschung und Navigation unverzichtbar geworden ist. Vor dem Hintergrund der erwarteten Bedarfs- und Marktentwicklung soll die Industrie befähigt werden, Transport- und operationelle Anwendungssatellitensysteme zur Produktionsreife zu führen. Ziele sind die Vorbereitung, Entwicklung und Erprobung von Fernmeldesatellitensystemen für die Punkt-zu-Punkt-Übertragung von Telefonverkehr, die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung von Rundfunksatelliten, die Durchführung des europäischen Seefunk-Programms für INMARSAT sowie die weltweite Ressourcenerfassung und Umweltüberwachung einschließlich der meteorologischen Anwendung.

Im Bereich der Raumtransportsysteme favorisiert das Programm schließlich in Kontinuität der Weltraumpolitik der 1970er Jahre die konzentrierte Vorbereitung der Spacelab-Nutzung und unterstützt



### Old and new priorities in Germany's space program

After the change of government in October 1982, Heinz Riesenhuber was appointed Federal Minister of Research and Technology. During over ten years in office he was able to exert more influence in the field of space activities than many of his predecessors. In defining his space policy guidelines, he initially followed the model set out by his predecessor. The priorities of the fourth German space program, passed in 1982 by the previous social-liberal government, were widely retained – and it was to remain the only space program in force under the 16-year aegis of the Christian Democratic-liberal coalition government.

The tenor of the fourth German space program was firstly to promote Germany's know how in space activities: while in 1971 6,000 people had been employed in the space industry, by 1982 only just over 3,000 remained. Secondly, the government aimed to increase its support for research as a contribution to the country's cultural development. In the long term, this should enable operational applications considered to be in the national interest. There was a growing awareness that claiming a leading role in the field of space flight required the country to be willing to break new scientific and technical ground, with the associated risks: 'The space flight policy of the Federal Government aims to open up as far as possible the full potential offered by space research and space technology and to make it utilizable.' Europeanization of the national space science program proved to be impracticable in view of differing interests and requirements within the member states.

### Increased commitment to basic research

The priorities were to strengthen the competitiveness of industry and extend international collaboration. After ten years, basic research was also to be better supported by means of new space missions planned on national level. This initially became reality in the field of extraterrestrics. In astronomy and astrophysics, aims included internationally coordinated space scanning across all spectral ranges, in addition to further research into solar-terrestrial relations and a European Earth exploration program.

Strong emphasis was placed on the application of space technologies, as these had become indispensable to the future tasks of communications, Earth observation, climate research, and navigation. In view of the expected developments in demand and on the market, the intention was to enable the industry to develop transport systems and operational application satellite systems. Objectives included preparation, development, and testing of telecommunication satellites for point-to-point transmission of telephone traffic; the development, production, and marketing of broadcast satellites; the implementation of the European marine communications program for INMARSAT; global recording of resources, and environmental monitoring including meteorological applications.



Die deutschen Astronauten bei der D1-Mission, Furrer (†) und Messerschmid

The German D1 mission astronauts Furrer (deceased) and Messerschmid



die 1981 beschlossene Erweiterung der Transportkapazität des europäischen Trägersystems zur Ariane 4. Hierüber wird das neue Ziel der Entwicklung und Erprobung wiederverwendbarer Raumplattformen verfolgt, die vom Shuttle gestartet und nach mehreren Monaten samt ihrer Nutzlast wieder eingefangen und zur Erde zurückgeführt werden können. Aus diesem Konzept geht der deutsche Nutzlastträger SPAS („Shuttle Pallet Satellite“) sowie die europäische Plattform Eureca („European Retrievable Carrier“) hervor. Beide versprechen wirtschaftliche Vorteile, da sie durch ihren modularen Aufbau den Flug verschiedener Nutzlasten ermöglichen. Während SPAS immerhin sieben Mal fliegt, wird Eureca nach seinem Jungfernflug eingemottet – aus politischen Gründen konzentriert man sich in den 1990er Jahren verstärkt auf die bemannte Raumfahrt.

Zugleich sehen die Entscheidungsträger die Notwendigkeit zur Effizienzsteigerung des Einsatzes staatlicher Mittel sowie einer Strukturbereinigung sowohl auf Auftraggeber- als auch auf Auftragnehmerseite. Bezuglich letzterer setzt sich durch, dass das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) nicht länger für den Erhalt oder die Erweiterung industrieller Aktivitäten mit kommerziellem Charakter verantwortlich zeichnet.

Jedoch engagieren sich auch in den 1980er Jahren die potentiellen Anwenderressorts kaum im Bereich der Raumfahrt, bauen weder eigene fachliche Kompetenzen auf, noch bringen sie finanzielle Ressourcen ein. Indem sich aber das BMFT aus dem Anwendungsbereich zurückziehen beginnt, wird der deutschen Raumfahrtindustrie die Ausgangslage für den Wettbewerb um kommerzielle Satellitensysteme deutlich erschwert.

Auch im Rahmen der ESA spricht sich das BMFT für eine Verstärkung der Grundlagenforschung, vor allem der Extraterrestrik und Erderkundung, aus – anders als Großbritannien und Frankreich, wo man die Anwendungsprogramme der Geowissenschaften unterstützt. Das BMFT steht deren Ansatz zu Beginn der 1980er Jahre kritisch gegenüber: Einer operationellen Anwendung mit kommerziellen Aussichten gebe man erst dann eine Chance, wenn die Erderkundungsdaten kostengünstiger und schneller verfügbar sowie analysierbar seien.

In der Tat wird dies ein großes Problem zu Beginn der 1990er Jahre, als zwar vermehrt Datenströme von Erdbeobachtungssatelliten abgestrahlt werden, deren Auswertung jedoch nicht hinreichend sichergestellt werden kann. Trotz hervorragender technischer Entwicklungen und wissenschaftlicher Ergebnisse tut sich die christlich-liberale Bundesregierung mit diesem Ansatz schwer, die er-

Finally, in continuation of the space policy of the 1970s, regarding space transport systems, the program favored concentrated preparation of the use of Spacelab and supported the expansion of the European carrier system's transport capacity to Ariane 4 as decided in 1981.

In addition, it pursued the new objective of developing and testing reusable space platforms that were to be launched by a shuttle and recaptured after several months together with their payload and returned to Earth. This concept gave rise to the German payload carrier SPAS ('Shuttle Pallet Satellite') and the European Eureca ('European Retrievable Carrier') platform. Both promised economic advantages because their modular structure enabled them to fly with various payloads. While SPAS at least completed seven missions, Eureca was shelved after its maiden flight – for political reasons; greater emphasis was placed on human space flight in the 1990s.

At the same time, contracting authorities and contractors alike were conscious of the need for greater care in the use of public funds and for a general review of the system. Regarding the latter, the general approach of the Federal Ministry of Research and Technology (Bundesministerium für Forschung und Technologie, BMFT) was no longer to be responsible for maintaining or extending industrial activities concerned with commercial applications.

However, in the 1980s the potential user departments showed very little interest in space flight; they were neither developing their own technical competencies nor contributing financially. And because the BMFT was beginning to withdraw from the applications area, German space industry was facing a significantly more challenging situation in competing for commercial satellite systems.

The BMFT also supported intensifying of basic research, especially in extraterrestrics and Earth exploration, within ESA – in contrast to Great Britain and France, who supported geoscience application programs. In the early 1980s, the BMFT was skeptical of their approach, stating that an operational application with commercial prospects would only stand a chance once Earth exploration data could be provided and analyzed faster and more affordably.

This indeed became a serious problem at the beginning of the 1990s, when Earth observation satellites were increasingly emitting data streams, the evaluation of which could not be sufficiently guaranteed. Despite outstanding technical advances and scientific results, this approach meant that the Christian Democratic-liberal government struggled to successfully change course towards the commercial application of Earth exploration; this was

folgreiche Wende hin zur kommerziellen Anwendung der Erdbeobachtung zu vollziehen. Dies wird erst mit dem Start des deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X 2007 gelingen.

In den 1980er Jahren zeigen sich die Strategen der Raumfahrt auf dem Alten Kontinent selbstbewusster als jemals zuvor. Einem Himmelsturm kommen die umfassenden Pläne gleich, an dem die Bundesrepublik an vorderster Front mit streitet: Bis zum Jahr 2000 soll der Anteil der Weltraumfahrt im Bundesforschungshaushalt bis auf 23 Prozent ansteigen. Bonn schließt sich unausgesprochen dem Willen der 5. Republik an, wieder Größe zu zeigen – dieses Mal durch Technologie, nicht durch imperiale Macht.

Mitte der 1980er verstärkt sich auch in der politischen Forschung die Forderung nach einer von den USA unabhängigen europäischen Weltraummacht. Hierunter fasst man das Ziel der autonomen Erforschung, Nutzung und Beherrschung des erdnahen und solaren Gebiets unter Berücksichtigung nationaler Interessen und Spezialisierungen. Dieses strategische Ziel wird wie kaum ein anderes in der Geschichte der deutschen Raumfahrt höchst kontrovers diskutiert. Betroffen sind vor allem die den ESA-Partnern initiierten Großvorhaben Ariane 5, Hermes und Raumstation. Die Frage nach der „Weltraummacht Europa“ nämlich führt die (West-)Deutschen einmal mehr zu ihrem historischen Grundproblem, das der Politologe Hans-Peter Schwarz pointiert als „von der Machtbesessenheit zur Machtvergessenheit“ charakterisiert hat. Erholt sich dieser Unwillen zur Macht während der christlich-liberalen Koalition in den 1980er Jahren auf der Regierungsebene langsam, so ist er in den Oppositionsfaktionen besonders stark spürbar. Dies spiegelt sich in ihrer fast grundsätzlichen Ablehnung einer umfassenden Ausweitung der Raumfahrt auf die Außen-, Sicherheits- und Kulturpolitik wider.

Das beginnende raumfahrtpolitische „Think Big“ umfasst und Grundlagen- und angewandte Forschung, wirtschaftliche Nutzung und Rauminfrastruktur für bemannte und unbemannte Missionen – auf internationaler sowie nationaler Ebene. Es ist einer der bedeutendsten Schritte der christlich-liberalen Regierung, das nationale Engagement als Nährboden für konzeptionelle Beiträge zur Ausgestaltung der internationalen Programme mit hervorragenden

not accomplished until the launch of the German radar satellite TerraSAR-X in 2007.

In the 1980s, the 'Old World's' space exploration strategists were more self-confident than ever before. Germany was in the vanguard of extensive plans that could only be described as storming the skies: by the year 2000, the share of the federal research budget set aside for space exploration was to increase to 23 percent. Bonn silently followed the will of the 5th Republic to show greatness again – this time not through imperial power, but through technology.

In the mid-1980s, political research, too, was increasingly calling for a European space power independent of the USA, summarizing the objectives of autonomously exploring, utilizing, and governing the near-Earth and solar regions, taking national interests and specializations into consideration. This strategic aim was the subject of greater controversy than any other in the history of German space exploration, a controversy that affected particularly the large-scale projects Ariane 5, Hermes, and Space Station, initiated jointly with the ESA partners. The issue of the 'Space Power Europe' led (West) Germans once again back to their fundamental historical problem, which political scientist Hans-Peter Schwarz trenchantly described as 'from power obsession to amnesia'. Although this reluctance to power slowly eased off at government level during the Christian Democratic-liberal coalition in the 1980s, it was extremely pronounced in the opposition parties. This is reflected in their almost categorical refusal to consider space activities in foreign, security, and cultural policy.

The new 'think big' in space policy comprised both basic and applied research, economic utilization, and space infrastructure for manned and unmanned missions – at both national and international levels. One of the most important steps taken by the Christian Democratic-liberal government was to strengthen the country's commitment to acting as a basis for contributions to international programs with outstanding missions such as D1 or Rosat and by placing special emphasis on basic research. Due to the large-scale European projects that soon became dominant, this was ultimately possible to a far lesser degree than it was desirable.



An Bord des Space Shuttle, im Vordergrund der deutsche Wissenschaftsastronaut Merbold  
(dpa picture alliance)

Aboard the Space Shuttle, the German science astronaut Merbold in the foreground  
(dpa picture alliance)

Missionen wie D1 oder Rosat sowie einem Schwerpunkt in der Grundlagenforschung zu stärken. Dies wird freilich aufgrund der bald dominierenden europäischen Großvorhaben in weit geringerem Rahmen möglich als wünschenswert.

#### **Gründung der Deutschen Agentur für Raumfahrtangelegenheiten (DARA)**

Das Streben nach Autonomie führt in den 1980er Jahren zu erheblichen Erweiterungen der nationalen und europäischen Raumfahrtpläne. Das bundesdeutsche Raumfahrtbudget wird in der Folge verdoppelt. Dies lässt einmal mehr die Frage nach der richtigen und notwendigen Managementstruktur auftreten.

Durch die 1972 erfolgte Eingliederung der Gesellschaft für Weltraumforschung (GfW) in die Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) war die bis dahin vermisste enge Arbeitsbeziehung zwischen verwaltungsmäßigen und wissenschaftlich-technischen Aufgaben erreicht worden. Die DFVLR wird zur zentralen Forschungs-, Betriebs- und Managementorganisation der bundesdeutschen Raumfahrt, der sich das BMFT bei der Planung und Durchführung von Raumfahrtaktivitäten bediente. Da die Bereitschaft dort über die Jahre wächst, die DFVLR eigenverantwortlich agieren zu lassen, fasst der Senat der Forschungs- und Versuchsanstalt zum 1. Juli 1985 alle raumfahrtbezogenen Planungs-, Management- und Betriebsaufgaben zu einem Bereich „Raumfahrt“ zusammen. In diesem sind fortan die themenbezogenen Einheiten des bisherigen Bereichs „Projektträgerschaft“ im Forschungszentrum Köln-Porz sowie das Satellitenkontrollzentrum (GSOC) und die Mobile Raketenbasis in Oberpfaffenhofen zusammengefasst.

Ungeachtet der Erwartungen können mit der getroffenen Regelung maßgebliche Probleme der deutschen Raumfahrt-Struktur jedoch nicht gelöst werden. Zunächst ist die – trotz Federführung durch das BMFT – unkoordinierte Zersplitterung der Zuständigkeiten und Unternehmungen der Einzelressorts bestehen geblieben. Das Fehlen eines operativen Oberbaus, der sich ausschließlich mit der Raumfahrtpolitik beschäftigt, und eines diesem zuarbeitenden strategischen Planungsstabs, machen sich nun zunehmend störend bemerkbar. Deutsche Initiativen im europäischen Rahmen erfolgen selten und können noch seltener wirkungsvoll durchgesetzt werden.

Unmittelbar nach Abschluss der ESA-Ministerratstagung in Rom regt die FDP-Bundestagsfraktion im Februar 1985 die Diskussion über das Raumfahrtmanagement erneut an, indem sie „unter Federführung des Bundesministers für Forschung und Technologie eine verstärkte konzentrierte Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Bundesressorts herzustellen“ fordert. Dass dies allerdings nur der Ausgangspunkt für ein Überdenken der Strukturen sein kann, wird im Herbst desselben Jahres im Rahmen einer Anhörung durch den Bundestagsausschuss für Forschung und Technologie deutlich geäußert. Einmütig kritisieren Wissenschaftler und Industrievertreter hier die im Vergleich zur ESA schwächer werdennde Position der DFVLR, denn immer mehr Vorhaben werden europäisch geplant, während zugleich der Einfluss der französischen CNES auf die ESA zunimmt.

Die DFVLR wird daher als ungeeignet zur Wahrnehmung der Aufgaben einer nationalen Raumfahrt-Agentur bezeichnet. Als Zusammenschluss von unterschiedlichen Forschungsgesellschaften fällt ihr die Entscheidung schwer, ob sie sich stärker im Bereich der Or-



Funkte acht Jahre lang Signale aus dem All – der deutsche Röntgensatellit ROSAT  
(dpa picture alliance)

Transmitted signals from space for eight years – the German X-ray satellite ROSAT  
(dpa picture alliance)

#### **The foundation of the German Space Agency (DARA)**

In the 1980s, the desire for autonomy led to significant expansions of the German and European space exploration plans. Germany's space activity budget doubled, once more giving rise to the question of an appropriate and necessary management structure.

The integration of the 'Gesellschaft für Weltraumforschung' (Society for Space Research, GfW) into the 'Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt' (German Test and Research Institute for Aviation and Space Flight, DFVLR) in 1972 achieved the close working relationship between administrative, scientific and technical tasks that had previously been lacking. The DFVLR became the central research, operating and management organization of German space activities, used by the BMFT to plan and carry out space missions. As the BMFT became increasingly willing over the years to allow the DFVLR to act independently, the DFVLR senate combined all space-related planning, management, and operational tasks into a 'Space Flight' division, effective July 1, 1985. From then on, this division was home to the thematically oriented units of the previous 'Project Management' division at the Köln-Porz research center, the Satellite Control Center (GSOC), and the Mobile Rocket Base in Oberpfaffenhofen.

Despite the expectations, this arrangement was unable to solve significant problems relating to the structure of the German space sector. Although the BMFT maintained overall control, the uncoordinated fragmentation of responsibilities and projects in the individual departments remained. The lack of an operative superstructure concerned exclusively with space policy, and a strategic planning force to support it, were becoming increasingly problematic. German initiatives at a European level were rare; even more rarely were they effectively pushed through.

In February 1985, immediately after the meeting of the ESA Ministerial Council in Rome, the FDP parliamentary group reignited the discussion of space exploration management by demanding 'increased concentrated collaboration between the various federal departments, led by the Federal Minister of Research and Technology.' That this would, however, be no more than a starting point for rethinking the existing structures was made clear in fall of that year in the course of a hearing of the Parliamentary Committee on Research and Technology. Scientists and industry representatives unanimously criticized the weakening position of DFVLR in relation

organisation von Weltraumunternehmungen engagieren will oder ob sie technologische Innovationen in ihren eigenen Instituten und in der Industrie fördern soll.

In der Folge beauftragt das BMFT die Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft (IABG) 1986 mit der Durchführung einer Studie über die Entscheidungs- und Organisationsstrukturen in der Raumfahrt. In deren Rahmen führt die IABG eine umfangreiche Befragung in- und ausländischer Behörden, Raumfahrtinstitutionen, Forschungseinrichtungen sowie Industrie- und Wirtschaftsunternehmen durch. Im Ergebnis mahnt sie unmissverständlich an, dass der international anerkannte Stellenwert der Bundesrepublik nur dann aufrecht erhalten werden könne, wenn Raumfahrt als Staatsaufgabe verstanden, dies in allen Hierarchien umgesetzt und aufeinander abgestimmt werde. Dies aber sei am besten durch eine spezifische Raumfahrt-Agentur zu erreichen. Eine solche würde als zentraler Ansprechpartner für Auftragnehmer und Kooperationspartner im In- und Ausland dienen, die Bundesrepublik in internationalen Gremien vertreten sowie das konzeptionelle Agieren in diesem Sektor koordinieren.

Man kann die Einrichtung nationaler Raumfahrt-Agenturen als europäischen Trend der 1980er Jahre bezeichnen. Während Frankreich, die Niederlande und Schweden bereits seit längerem über zentrale Organisationen verfügen, werden die nationalen Entscheidungs- und Managementprozesse nun auch in Großbritannien, Italien und Norwegen gebündelt. Bei allen Organisationen wird der Grundsatz praktiziert, Forschungs- und Managementaufgaben getrennt zu halten. Diesem Konzept steht allerdings die Praxis in der Bundesrepublik entgegen.

Neben dieser Debatte entbrennt eine Diskussion um den Standort des neuen Konstrukt, das vorerst unter dem Namen NARA (Nationale Raumfahrtagentur) geführt wird. Bayern eröffnet den Reigen: Zwei Briefe erreichen Mitte Juni aus München kommend die Bundeshauptstadt, einer von Ministerpräsident Strauß, der zweite vom bayerischen Wirtschaftsminister, Anton Jaumann (CSU). Aufgrund der bereits starken Ansiedlung der Raumfahrtindustrie im süddeutschen Raum, so legen beide dar, sei München das geeignete Houston der Bundesrepublik. Es dauert nicht lange, bis der niedersächsische Regierungschef in Hannover, wo zu dieser Zeit im Zweijahresturnus die „Internationale Luft- und Raumfahrtausstellung“ (ILA) stattfindet und das junge Vermarktungsunternehmen für Raum-

to ESA; more and more projects were planned as joint European endeavors, while at the same time the influence of France's CNES on ESA was growing.

The DFVLR was therefore described as unsuitable for handling the tasks of a national space agency. As a combination of different research societies, it struggled to decide whether it wanted to commit itself more to the field of organizing space projects or preferred to sponsor technological innovations in its own institutes and industry.

In 1986, the BMFT commissioned a study from the 'Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft' (IABG) on the decision-making and organizational structures in space flight. In the course of this study, IABG extensively surveyed public authorities, space institutions, research facilities, and industrial and business companies in Germany and abroad. In its conclusion it unequivocally warned that Germany's internationally recognized significance could only be maintained if space flight was seen as a public responsibility and if this view was implemented in all hierarchies and coordinated. This, however, could best be achieved by means of a dedicated space agency that would serve as a central point of contact for contractors and cooperation partners in Germany and abroad, represent Germany on international committees, and coordinate conceptual activities in the sector.

The creation of national space agencies can be described as a European trend of the 1980s. While France, the Netherlands, and Sweden had had central organizations for some time, national decision-making and management processes were now also bundled in Great Britain, Italy, and Norway. All organizations followed the principle of keeping research and management tasks separate. This concept was, however, in conflict to practice in Germany at the time.

In addition to this debate, a discussion promptly arose on the location of the new construct, which was initially referred to as NARA (Nationale Raumfahrtagentur, National Space Agency). Bavaria was first: in mid-June, two letters from Munich arrived in Bonn, one from State Premier Franz-Josef Strauss, the second from the Bavarian Minister of Economics, Anton Jaumann (CSU). Due to the already strong presence of the space industry in southern Germany, they both argued, Munich was the perfect Houston for Germany. It did not take long for Lower Saxony's head of government in Hanover, which was hosting the bi-annual 'International Aerospace Exhibition' (ILA) at the time and also home to a young marketing company for space exploration services by the name of INTOSPACE, to catch up. State Premier Ernst Albrecht (CDU) was in favor of Hanover as the 'ideal' location for the space agency. His suggestion was opposed by CDU member of parliament Dietrich Austrmann (Itzehoe), who considered 'the Schleswig-Holstein/Hamburg area' with the businesses located there to be far more suitable. North-Rhine Westphalia followed suit; also the Saarland promoted its own interests.

In late June 1987, Riesenhuber spoke out in favor of an agency solution. He suggested transferring the management of space exploration activities to a private company. Contrary to a public authority, a private company would have the advantage of being able to offer attractive market prices for qualified employees without the limitations of civil service salary grades, and to operate independently. This generally paved the way for separating space exploration management out from the remit of DFVLR and thus ending its dual function as commissioning and contracting agent in space exploration contracts.

fahrdienste INTOSPACE seinen Sitz gefunden hat, nachzieht: Ministerpräsident Ernst Albrecht (CDU) votiert für Hannover als „idealen“ Sitz der Weltraumbörde. Dem tritt der CDU-Bundestagsabgeordnete Dietrich Austermann (Itzehoe) entgegen, denn er empfindet „den Großraum Schleswig-Holstein-Hamburg“ mit den dort ansässigen Firmen als wesentlich besser geeignet. Es folgt Nordrhein-Westfalen; auch das Saarland macht Werbung in eigener Sache.

Riesenhuber befürwortet Ende Juni 1987 eine Agenturlösung. Er schlägt vor, das Management der Weltraumaktivitäten einer privatwirtschaftlichen GmbH zu überantworten. Diese habe im Gegensatz zu einer Behörde den Vorzug, unabhängig von der restriktiven Beamtenbesoldung attraktive Marktpreise für qualifizierte Mitarbeiter bieten und eigenverantwortlich wirtschaften zu können. Generell ist damit der Weg geebnet, um das Raumfahrtmanagement aus den Aufgaben der DFVLR heraus zu lösen und damit deren Doppelfunktion als Auftraggeber und Auftragnehmer von Raumfahrtaufträgen zu beenden.

Im Auftrag des BMFT soll die Agentur Aufgaben des Programm- und Projektmanagements im Raumfahrtbereich einschließlich der Vertretung deutscher Positionen in der internationalen Zusammenarbeit übernehmen. Weiterhin soll sie langfristige Planungen, wie etwa ein fünftes Weltraumprogramm, vorbereiten. Über einen Kooperationsvertrag soll jetzt die DARA (Deutsche Agentur für Raumfahrtangelegenheiten) genannte Organisation im laufenden Know-how-Austausch mit der DFVLR (seit 1988: DLR) stehen.

Am 10. Juni 1988 beschäftigt sich eine Koalitionsrunde zum erstenmal mit dem Thema, wobei der Koordinator für Luft- und Raumfahrt, Erich Riedl (CSU), das Organisationskonzept erweitert: An der Spitze des deutschen Raumfahrtmanagements soll ein Kabinettausschuss unter Leitung des Bundeskanzlers stehen. Seine Aufgabe wird es sein, ressortübergreifend politische Grundsatzentscheidungen zur Raumfahrtstrategie und -planung zu fällen, Prioritäten bei den Projekten festzulegen und den Finanzbedarf zu klären. Die Entscheidungen des Kabinettausschusses sollen von einem Staatssekretärausschuss der beteiligten Ministerien vorbereitet werden. Diesem Gremium soll zugleich die Kontrolle über die Geschäftsführung der DARA obliegen. An der Spitze der DARA sollen vier Geschäftsführer, darunter der Generaldirektor, stehen. Die Haushalt- und Wirtschaftsführung der Agentur, die zur strikten Wettbewerbsneutralität verpflichtet wird, soll der Prüfung des Bundesrechnungshofes unterliegen. Als Sitz wird Bonn bestimmt. Am 17. Juli 1989 nimmt die DARA ihre Arbeit auf, provisorisch in einer Bad Godesberger Mietvilla mit Garten. Ihr erster Generaldirektor wird der Physiker Prof. Dr. Wolfgang Wild, von 1980 bis 1986 Präsident der Technischen Universität München und ab 1986 bayerischen Wissenschaftsminister.

„Die DARA erfüllt ihren Zweck nur, wenn die Ressorts ihre Raumfahrtaufgaben weitestgehend auf die DARA übertragen“ – so die einhellige Meinung in der Bundesregierung. Damit dies geschehen kann, ist ein Bundesgesetz nötig. Bereits seine Bezeichnung ist ein Wunderwerk deutscher Verwaltungskunst: Raumfahrtaufgaben-

On behalf of the BMFT, the agency was to take on program and project management tasks in the field of space flight and aeronautics, including representing German positions in international collaborations. Moreover it was to prepare long-term plans, such as a fifth space program. A cooperation agreement ensured that the organization now known as DARA (Deutsche Agentur für Raumfahrt, German Space Agency) maintained a constant exchange of expertise with DFVLR (since 1988: DLR).

The matter was first debated in a coalition meeting on June 10, 1988, where the coordinator for aviation and space flight, Erich Riedl (CSU), expanded the organizational concept: German space exploration management was to be headed by a cabinet committee led by the Federal Chancellor. Its task was to make fundamental cross-departmental policy decisions on space exploration strategy and planning, to specify priorities in the projects and determine the required funds. The decisions of the cabinet committee were to be prepared by a board of secretaries of state to the involved ministries. This committee should also be in charge of control of the DARA business management.

Four managing directors, including a director general, were to head DARA. Budget and economic management of the agency, which was obliged to maintain strict competitive neutrality, should be subject to review by the Bundesrechnungshof (Federal Court of Audit). Bonn was chosen as its headquarters. DARA took up operations on 17 July, 1989, provisionally in a rented villa with garden in Bad Godesberg. Its first director general was physicist Prof. Dr. Wolfgang Wild, president of the TU Munich from 1980 to 1986 and Bavarian science minister since 1986.

DARA will only be able to fulfill its purpose if the departments transfer their space exploration competencies fully to DARA, was the Federal Government's unanimous opinion. A federal law was required to make this possible. Its very name is a marvel of German administrative ability: Raumfahrtaufgabenübertragungsgesetz (RAÜG) – Law Governing the Transfer of Space Exploration Competencies. After some refining by the German parliament, the law came into effect on June 21, 1990, a move with which the Federal Republic of Germany broke new ground not only nationally, but also internationally by transferring government tasks to private institutions. The great significance accorded by the Federal Government to the space exploration field of policy in its many previous decisions also became visible at the institutional level. At the same time parliament took a far more active role in shaping space exploration than in earlier decisions.

Effective July 1, 1990, the BMFT conferred upon DARA the comprehensive authority to perform administrative tasks in the field of space exploration. DARA was thus given extensive independent responsibility in project management. At the same time it was granted the power to represent the Federal Republic of Germany in international organizations.

übertragungsgesetz (RAÜG). Nach Feinschliff durch den Deutschen Bundestag tritt das Gesetz am 21. Juni 1990 in Kraft. Mit ihm betritt die Bundesrepublik nicht nur im nationalen, sondern auch im internationalen Umfeld Neuland bei der Belehnung privatrechtlicher Institutionen mit hoheitsrechtlichen Aufgaben. Das hohe Gewicht, das die Bundesregierung dem Politikfeld Raumfahrt durch all ihre vorausgegangenen Entscheidungen zusisst, ist nun auch institutionell sichtbar. Gleichzeitig ist das Parlament deutlich stärker als bei früheren Entscheidungen in der Raumfahrt gestaltend tätig geworden.

Mit Wirkung zum 1. Juli verleiht das BMFT der DARA die umfangreiche Befugnis, die Verwaltungsaufgaben auf dem Gebiet der Raumfahrt wahrzunehmen. Somit erhält die DARA eine weitreichende Eigenverantwortlichkeit im Projektmanagement. Gleichzeitig wird ihr die Vollmacht für die Vertretung der Bundesrepublik in internationalen Organisationen zugesprochen.

#### **Verbesserte Handlungsfähigkeit versus Ressortinteressen**

Das Mitwirken der Ressorts und ihre gestiegenen Interessen an der Raumfahrtpolitik, die keinesfalls einheitlich sind, stehen auch nach Gründung der DARA im Gegensatz zu ihrer finanziellen Verantwortlichkeit. Während sich Riesenhuber den vehementen Fürsprechern für den europäischen Raumgleiter Hermes, Außenminister Genscher und Ministerpräsidenten Strauß, letztlich beugen muss, verbleibt die steigende Finanzlast doch ganz beim BMFT. Auch die von allen Fraktionen des Bundestages in seltener Einmütigkeit befürwortete Beteiligung an einem eigenständigen Aufklärungs- und Verifizierungssystem scheitert an dem Unwillen des Verteidigungsministeriums (BMVg), eigenes Geld hierfür zur Verfügung zu stellen. Ähnlich unbefriedigend sieht die Bilanz im Bereich der Anwendungsprogramme Erdbeobachtung und Telekommunikation aus. Für ihre Erschließung unternehmen die zuständigen Ressorts Verkehr und Post nicht nur nichts, sondern sie engagieren sich auch nicht sonderlich bei der Unterstützung des Forschungsministeriums.

An diesem Grundproblem deutscher Raumfahrtpolitik krankt letztendlich das neue Organisationskonstrukt DARA. Die neue Agentur verwaltet lediglich den Raumfahrtetat des Bundesforschungsministers unter Einflussnahme der übrigen Ressorts – eine äußerst unbefriedigende Lösung.

Jenseits aller Kritik muss die Gründung der DARA als privatrechtliche Gesellschaft mit übertragenen staatlichen Hoheitsrechten jedoch als zukunftsreicher Schritt für die Deregulierung und Privatisierung öffentlicher Aufgaben bewertet werden. Die Reformen des deutschen Eisenbahn- und Telekommunikationswesens werden in den kommenden Jahren auf diese gesetzgeberische Innovation zurückgreifen.

*Dr. Niklas Reinke ist Politologe und Historiker. Er leitet die Fachgruppe Kommunikation in der DLR Raumfahrt-Agentur.*

#### **Improved ability to act versus departmental interests**

The involvement of the ministerial departments and their increased interest in space exploration policy, which were by no means uniform, remained at odds with their financial responsibilities even after DARA was founded. While Riesenhuber ultimately had to submit to Foreign Minister Genscher and State Premier Strauss as vehement proponents of the European space glider Hermes, the growing financial burden remained entirely on the shoulders of the BMFT. Participation in an independent reconnaissance and verification system, endorsed by all parties in the Bundestag in a rare show of agreement, also failed due to the unwillingness of the Ministry of Defense (Bundesministerium der Verteidigung, BMVg) to provide funds. The record in the fields of Earth observation and telecommunication applications was similarly unsatisfying. The responsible Departments of Transportation and Postal Services not only did nothing to develop them, they were also in no hurry to support the Ministry of Research.

This fundamental issue of German space policy ultimately damaged the new organizational construct DARA. All the new agency did was to manage the space exploration budget of the Federal Ministry of Research, influenced by the other departments – a highly unsatisfactory solution.

All criticism aside, the foundation of DARA as a private company with transferred governmental rights must nonetheless be considered a momentous step towards the deregulation and privatization of public functions. The reforms of the German railway and telecommunications industries were to follow the approach of this legislative innovation in the years to come.

*A political scientist and historian, Dr. Niklas Reinke is head of the Communications unit of the DLR Space Agency.*



**Die DARA-Geschäftsführung 1990 mit ihrem Generaldirektor Prof. Wild (Sechster von links)**

The DARA management in 1990 including its director-general, Prof. Wild (sixth person from the left)

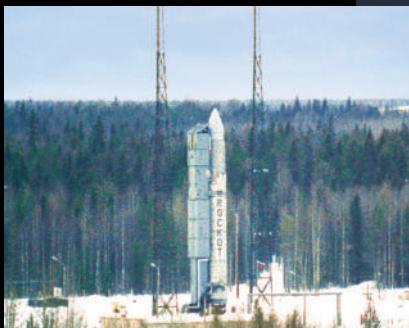
# Raumfahrtkalender

Termin	Ereignis
<b>2009</b>	
17. März	Start des Satelliten GOCE mit Rokot-KM von Plesetsk (Russland)
25. März	Start Sojus 18S von Baikonur (Kasachstan)
31. März	Beginn der 105 Tage Isolation zur Vorbereitung von "Mars500" im Institut für Biomedizinische Probleme (IBMP), Moskau
2. Quartal	Start SMOS und Proba-2 (Piggy-Bag) mit Rokot-KM von Plesetsk (Russland)
Ende April	Missionsstart der europäischen Weltraumobservatorien Herschel/Planck von Kourou (Französisch-Guyana)
7. Mai	Start Progress 33P von Baikonur
12. Mai	Start STS 125 Discovery von Cape Canaveral, Servicing-Mission für das Hubble Weltraum-Teleskop
15. Mai	Start STS 127, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral mit einer Außenplattform für Kibo
25. Mai	Start Sojus 19S von Baikonur
27. Mai	Start Ariane 5 ECA von Kourou mit Terrestar 1
Juni	Ballonflug des Sonnenteleskops "Sunrise" des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung von Esrange
15.–21. Juni	International Paris Air Show (Le Bourget, Frankreich)
24. Juni	Start Progress 34P von Baikonur
3. Quartal	SOFIA: 1. Testflug des Stratosphären-Observatoriums von DLR und NASA mit offener Teleskoptür
11. Juli	Start US-Trägerrakete ARES I von Cape Canaveral
6. August	Start STS 128, Space Shuttle Atlantis von Cape Canaveral
15. August	Start Sojus 5R von Baikonur (Mini Research Module 2 "MRM2")
18.–23. August	9. MAKS (Internationale Messe für Luft- und Raumfahrt in Moskau)
Herbst	Start des Teleskops Spektr R von Baikonur mit dem Space Debris Detektor des Fraunhofer-Instituts für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut in Freiburg
1. September	Start des japanischen Versorgungstransporters HTV-1 (H-II Transfer Vehicle) von Tanegashima (Japan)
1. September	3. Ausschreibung des Studentenprogramms REXUS/BEXUS auf Forschungsraketen und -ballonen
7.–21. September	14. DLR-Parabelflug in Köln
20. September	Tag der Luft- und Raumfahrt des DLR in Köln-Porz
30. September	Start Erdbeobachtungssatellit TanDEM-X mit Dnepr von Baikonur
1. Oktober	Start Sojus 20S von Baikonur
1.–10. Oktober	BEXUS-Ballonkampagne mit einem Experiment deutscher Studenten in Esrange
8. Oktober	Start des NASA Solar Dynamics Observatory von Cape Canaveral
12.–16. Oktober	60. Internationaler Astronautischer Kongress in Daejeon (Südkorea)
30. Oktober	Start Progress 35P von Baikonur
November	Start des Erdbeobachtungs-Satelliten CryoSat-2 von Baikonur oder Yasny (Russland)
November	Start MAXUS 8 (ESA) von Esrange mit zwei Experimenten deutscher Wissenschaftler
November	Start von zwei ECOMA-Höhenforschungsraketen von Andenes (Norwegen)
12. November	Start STS 129, Space Shuttle Discovery von Cape Canaveral
13. November	Dritter Vorbeiflug der Raumsonde Rosetta an der Erde
20. November	Start Sojus 21S von Baikonur
Winter	SOFIA: 1. Wissenschaftsflug mit dem US-amerikanischen Instrument FORCAST
10. Dezember	Start STS 130, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral mit ISS-Modulverbindungsknoten Node 3
21. Dezember	Start Progress 36P von Baikonur

# Space Calendar

Date	Event
<b>2009</b>	
March 17	Launch of the GOCE satellite on a Rokot-KM from Plesetsk (Russia)
March 25	Launch of Soyus 18S from Baikonur (Kazakhstan)
March 31	Beginning of 105 days of isolation preparing 'Mars500' at the Institute for Biomedical Problems (IBMP), Moscow
2nd Quarter	Launch of SMOS and Proba-2 (piggy bag) on Rokot-KM from Plesetsk
End of April	Launch of the two European space observatories Herschel/Planck from Kourou (French Guyana)
May 7	Launch of Progress 33P from Baikonur
May 12	Launch of STS 125 Discovery from Cape Canaveral, servicing mission for the Hubble space telescope
May 15	Launch of STS 127, Space Shuttle Endeavour from Cape Canaveral delivering the outer platform to the Japanese ISS module Kibo
May 25	Launch of Soyus 19S from Baikonur
May 27	Launch of Ariane 5 ECA from Kourou carrying Terrestar 1
June	Launch of a balloon carrying the solar telescope SUNRISE operated by the Max Planck Institute for Solar System Research from Esrange
June 15–21	International Paris Air Show (Le Bourget, France)
June 24	Launch of Progress 34P from Baikonur
3rd Quarter	SOFIA: First test flight of the stratosphere observatory SOFIA, operated by DLR and NASA, with telescope hatch opened
July 11	Launch of the US carrier rocket ARES I from Cape Canaveral
August 6	Launch of STS 128, Space Shuttle Atlantis from Cape Canaveral
August 15	Launch of Soyus 5R from Baikonur carrying the Mini Research Module 2 ('MRM2')
August 18–23	9 <sup>th</sup> MAKS (International Aviation and Space Salon) at Moscow
Fall	Launch of the Spektr R telescope from Baikonur carrying the space debris detector developed by the Fraunhofer Institute for High-Speed Dynamics, the Ernst Mach Institute at Freiburg (Germany)
September 1	Launch of the Japanese automated ISS supply transporter HTV-1 (H-II Transfer Vehicle) from Tanegashima (Japan)
September 1	3rd announcement of the student program REXUS/BEXUS conducted on high-altitude research rockets and balloons at Esrange
September 7–21	14 <sup>th</sup> DLR parabolic flight campaign at Cologne (Germany)
September 20	Aviation and Aerospace Day at the DLR headquarters in Cologne
September 30	Launch of the German Earth observation satellite TanDEM-X on Dnepr from Baikonur
October 1	Launch of Soyus 20S from Baikonur
October 1–10	BEXUS balloon campaign including one experiment of a German university student team at Esrange
October 8	Launch of the NASA Solar Dynamics Observatory from Cape Canaveral
October 12–16	60 <sup>th</sup> International Astronautical Congress at Daejeon (South Korea)
October 30	Launch of Progress 35P from Baikonur
November	Launch of the Earth observation satellite CryoSat-2 from Baikonur or Yasny (Russia)
November	Launch of MAXUS 8 (ESA) from Esrange carrying two experiments conducted by German scientists
November	Launch of two ECOMA sounding rockets from Andenes (Norway)
November 12	Launch of STS 129, Space Shuttle Discovery from Cape Canaveral
November 13	3rd Earth flyby of the Rosetta space probe
November 20	Launch of Soyus 21S from Baikonur
Winter	SOFIA: First scientific flight with the US instrument 'FORECAST'
December 10	Launch of STS 130, Space Shuttle Endeavour from Cape Canaveral, carrying the ISS module connection 'Node 3'
December 21	Launch of Progress 36P from Baikonur

# COUNTDOWN 9



**Start des GRACE-Satelliten am 16. März 2002 mit einer Rockot-Trägerrakete (Eurockot)**

Launch of the GRACE satellite on March 16, 2002, on a Rockot launcher (Eurockot)

## IMPRESSUM / IMPRINT

COUNTDOWN – AKTUELLES AUS DER DLR RAUMFAHRT-AGENTUR/TOPICS FROM DLR SPACE AGENCY · Herausgeber/Publisher: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) · Dr. Niklas Reinke (ViSdP, Redaktionsleitung/Chief Editor) Diana Gonzalez, Michael Müller (Redaktion/Editorial Staff) · Tel.: +49 228 447-385 · Fax: +49 228 447-386 · E-Mail: m.mueller@dlr.de · www.DLR.de/rd Hausanschrift/Postal Address: Königswinterer Straße 522–524, 53227 Bonn, Germany · Druck/Print: Druckerei Thierbach, 45478 Mülheim an der Ruhr, Germany · Gestaltung/Layout: CD Werbeagentur GmbH, Burgstraße 17, 53842 Troisdorf, Germany · Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe/Reprint with approval of publisher and with reference to source only · Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorkfrei gebleichtem Papier/Printed on environment-friendly, chlorine-free bleached paper · Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben/Copyright DLR for all imagery, unless otherwise noted. Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos/published quarterly, release free of charge · ISSN 1864-6123 · **Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages/Funded by the Federal Ministry of Economics and Technology based on a decision of the German Federal Parliament.**