

## **BION-M1 OmegaHab zurück auf der Erde**

## **BION-M1 OmegaHab Is Back on Earth**

Seite 6 / page 6



<b>Volare – Luca Parmitano auf der ISS</b> Volare – Luca Parmitano Stays at the ISS	12
<b>Flutkatastrophe – DLR unterstützt Helfer vor Ort</b> Flood Disaster – DLR Aids Local Emergency Teams	16
<b>Space Debris – Nemesis Weltraumschrott</b> Space Debris – An Orbiting Nemesis	20
<b>Herschel – Erfolgreiches Teleskop im Ruhestand</b> Herschel – Successful Telescope Retired	24
<b>GREAT – Teil 2: Neue Zutaten in der Ursuppe des Universums</b> GREAT – Part 2: New Ingredients in the Primordial Soup of the Universe	28
<b>KMU – Wegbereiter der Raumfahrt – Teil 5</b> SMEs – Trailblazers in the Space Sector – Part 5	32
<b>Die Geschichte der ESA-Ministerratskonferenzen – Teil 2: Von 1995 bis heute</b> The History of ESA Ministerial Conferences – Part 2: From 1995 until now	36
<b>Raumfahrtskalender</b> Space Calendar	42

**Dr. Gerd Gruppe, Vorstandsmitglied des DLR zuständig für das Raumfahrtmanagement**

Dr Gerd Gruppe, Member of the DLR Executive Board, responsible for the German Space Administration



### Liebe Leserinnen und Leser,

In diesem Jahr feiern wir den 50. Jahrestag des Elysee-Vertrags. Und wir feiern zu Recht: Auch nach 50 Jahren steckt in dieser Partnerschaft viel Dynamik. Sie hat viel Potenzial für die zukünftige gemeinsame Entwicklung. Die Schlagzeilen der letzten Monate beherrschen naturgemäß die europäische Finanz- und Währungspolitik. Doch die Zusammenarbeit unserer beiden Nationen ist deutlich mehr. Sie ist ein Treiber des europäischen Gedankens, der uns seit mehr als einem halben Jahrhundert ein friedliches Zusammenleben in Europa ermöglicht.

Auch in der europäischen Raumfahrt ist das deutsch-französische Tandem von großer Bedeutung. Seit vielen Jahren steuern Frankreich und Deutschland innerhalb der ESA einen Großteil des finanziellen Beitrags bei – und profitieren gleichermaßen von der europäischen Zusammenarbeit auf ESA-Ebene. Wir wissen, dass wir einander brauchen. Deshalb halten wir in dem einen oder anderen Fall auch gegenseitige Konkurrenz aus. Und: Wir kennen unsere Stärken, ganz besonders die unserer Industrien. Deren Kompetenz ist auch in den europäischen Raumtransporter ATV geflossen. Der vierte ATV "Albert Einstein" ist am 15. Juni an der ISS angekommen.

Dabei ist die Zusammenarbeit keineswegs auf die ESA beschränkt. So ist erst vor kurzem der Vorsitz im Rahmen der „International Charter Space and Major Disasters“ von Frankreich auf Deutschland übergegangen. Dieser internationale Zusammenschluss dient der wechselseitigen Unterstützung mit Satellitendaten in Krisenfällen – und somit dem unmittelbaren Nutzen der beteiligten Nationen und ihrer Bürger. Ganz aktuell wurde die Charta im Rahmen der Hochwasserkatastrophe in Deutschland aktiviert. Zur akuten Unterstützung der Hochwasserhelfer wurden neben Daten der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X auch Daten des französischen Satelliten Pléiades verwendet (siehe Seite 16). In der Erdbeobachtung arbeiten Frankreich und Deutschland derzeit an dem gemeinsamen Satellitenprojekt MERLIN (METHane Remote sensing Lidar mission), das gerade in die Phase B geht. Dabei handelt es sich um einen Satelliten zur Beobachtung der Methankonzentration.

Im Juni fand die Paris Airshow in Le Bourget statt. Diese Branchentreffen sind – wie auch die ILA in Berlin – zunächst Leistungsschauen, aber auch willkommene Gelegenheiten zum persönlichen Austausch über aktuelle Fragen. Auch das DLR war mit einem Messestand vor Ort. Für mich sind die vielen Begegnungen mit Partnern aus aller Welt wichtige Anregungen für die zukünftige Arbeit des Raumfahrtmanagements. Naturgemäß ist einer unserer wichtigsten Gesprächspartner die französische Raumfahrtagentur Centre Nationale de l'Espace (CNES). Deshalb freue mich ganz besonders, dass der neue CNES-Präsident, Jean-Yves Le Gall, in dieser Ausgabe in einem Interview Stellung bezieht.

Die Hochwasserhilfe zeigt einmal mehr, welchen erheblichen Nutzen Raumfahrt in Europa für den Bürger bedeutet. Es ist nicht zuletzt die Aufgabe des Raumfahrtmanagements, diese Projekte zu fördern und darüber zu berichten. Deshalb sind wir immer wieder im Gespräch mit Schülern, Politikern, Bürgern und Journalisten. In diesem Zusammenhang freuen wir uns über den Besuch von 80 Astronauten aus aller Welt, die im Juli zum Planetary Congress der Association of Space Explorers (ASE) in ganz Deutschland unterwegs sind – unter anderem auch in Bonn beim DLR.

Ihr Gerd Gruppe

Sincerely, Gerd Gruppe

### Dear readers,

This year marks the 50th anniversary of the Elysée Treaty and of Franco-German friendship. We have every right to celebrate. Even though the partnership is 50 years old it has retained its dynamism. It holds great potential for our common future development. Obviously the headlines in the past few months have been dominated by the European financial and currency policy. Yet, clearly, the collaboration between our two countries is about more than that. It has been the powerhouse of the European model, an idea that has made it possible for people in Europe to co-exist peacefully over the past half century.

In the European space sector, the Franco-German tandem has been of equally high importance. For many years, France and Germany have paid most of the financial contributions – and benefit in equal parts from European cooperation at ESA level. We appreciate that we need one another. This makes us strong enough to, occasionally, endure being in a competitive situation. And: we know our strengths, particularly those of our industries. Their competence is although required for the European Automated Transfer Vehicle ATV. The fourth ATV 'Albert Einstein' arrived at the ISS on June 15.

Our cooperation is by no means limited to ESA. Only recently, for example, the presidency of the 'International Charter Space and Major Disasters' has been passed on by France to Germany. This international agreement facilitates mutual assistance and use of each other's satellite data in the case of an emergency. It delivers an immediate benefit to the participating nations and their citizens. Very recently, the Charter was 'activated' within the context of the German flood disaster. Field helpers received direct assistance, not only based on data from the German radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X but also those from France's Pléiades satellites (see page 16). In the field of Earth observation, France and Germany are currently working on a joint satellite project, MERLIN (METHane Remote sensing Lidar mission), which is going into its B phase at the time of writing. MERLIN will monitor atmospheric methane concentrations.

In June, the Paris Airshow took place in Le Bourget. Aerospace events of this kind – like ILA in Berlin – are first and foremost industrial shows but also offer a wealth of opportunities to exchange personal views on current issues. DLR, too, was represented with a booth of its own. To me, these numerous encounters with partners from all over the world provide valuable inspiration for the future activities of the German Space Administration. Obviously, one of our most important counterparts is the French space agency, Centre Nationale de l'Espace (CNES). This is why I am particularly pleased that the new president of CNES, Jean-Yves Le Gall, will be presenting his comments on some current topics in this issue.

The part we played during the flood disaster has demonstrated once again how beneficial space technology is for the citizens of Europe. It is one of the tasks of the German Space Administration to keep delivering that projects and to inform the public about it. This is why we regularly speak to students, policymakers, citizens, and journalists. And we are looking forward to the visit of 80 astronauts from all over the world who will join us in July to attend the Planetary Congress of the Association of Space Explorers (ASE) and who will be travelling all over Germany – and pay a visit to DLR in Bonn, too.

# Facing Space

## Interview with Jean-Yves Le Gall, CNES President

### Herr Le Gall, Sie sind seit Anfang April 2013 Präsident der französischen Weltraumbehörde CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Was steht als Erstes auf Ihrer politischen Agenda?

Mit CNES verwirklicht Frankreich seit nunmehr über 50 Jahren ehrgeizige Ziele in der Raumfahrt. CNES hat aus seiner unbestrittenen Führungsposition Maßstäbe für europäische und außereuropäische Weltraumbehörden gesetzt. Es ist mir deshalb eine große Ehre, dass die französische Regierung mich gebeten hat, diese Behörde zu leiten. Für mich ist das allerdings kein völlig neues Land, denn ich war vor etwa 15 Jahren schon einmal stellvertretender CNES-Direktor. Allerdings ist das Forschungszentrum heute nicht mehr dasselbe wie damals, als es sich nach dem gescheiterten Jungfernflug der Ariane 5 in einer sehr schwierigen Lage befand. Heute hat CNES seine Finanzen im Griff, die programmatischen Rahmenbedingungen sind mit der französischen Regierung vertraglich festgelegt, und die technischen Erfolge sind unübertroffen. Denken Sie nur an unsere wissenschaftlichen Instrumente an Bord der ESA-Satelliten. CNES hat eine entscheidende Rolle bei den europäischen Satelliten-Navigationssystemen EGNOS und Galileo gespielt, wie auch in der fantastischen deutsch-französischen Zusammenarbeit beim Satellitenprojekt MERLIN. Meine Prioritäten für die nächsten Monate ergeben sich zwangsläufig aus den Entscheidungen der erfolgreichen ESA-Ministerratskonferenz im November letzten Jahres in Neapel. Tatsächlich habe ich bereits begonnen, das nächste Treffen vorzubereiten, das für Ende 2014 geplant ist. Ich habe sehr eng mit allen europäischen Partnern zusammengearbeitet, insbesondere mit unserem wichtigsten Partner Deutschland. Einen Tag nach meiner Ernennung war ich bereits in Köln zu Gesprächen mit dem DLR.

### Als ehemaliger Chef von Arianespace können Sie die Zukunft des europäischen Trägensektors besonders gut beurteilen. Wie muss sich Europa aufstellen, um im Raumtransport langfristig erfolgreich zu sein?

Ein zentrales Thema auf der Konferenz in Neapel war der unabhängige Zugang zum Weltraum; denn Europa hat begriffen, dass sein gesamtes Raumfahrtprogramm davon abhängt. Wo Sie auch hinschauen, alle Raumfahrtationen wollen ihren eigenen Zugang haben. Aber das internationale Umfeld hat sich seit dem Start der ersten Ariane-Trägerrakete im Jahr 1979 völlig verändert. Viele Jahre lang dachten wir, die Konkurrenz für unsere Trägerraketen drohe aus den Schwellenländern wie China, Indien oder Brasilien. Tatsächlich kommen unsere Wettbewerber heute aus den innovativsten Ländern, vor allem aus den Vereinigten Staaten. Unsere amerikanischen Freunde haben sich etwas Neues einfallen lassen, um ihre Raumfahrtprogramme kostengünstiger zu gestalten: Sie segeln unter privater Flagge, lassen sich aber massiv mit öffentlichen Geldern unterstützen. Als Reaktion auf ihre aggressive Preispolitik hat Europa in Neapel grünes Licht für die Ariane 6 gegeben. Der Ansatz des Programms ist deutlich kostenorientierter als der technologiezentrierte Ansatz bei der Ariane 5. Wenn Ariane 6 hält, was sie verspricht, dann bin ich zuversichtlich, dass wir unseren Spitzenplatz behaupten können.

### Auf der ESA-Ministerratskonferenz 2012 gab es erhebliche deutsch-französische Differenzen bezüglich der ISS und der Zukunft der Ariane-Trägerrakete. Wie sehen Sie die Chancen für die künftige Zusammenarbeit?

Ich möchte eigentlich lieber davon sprechen, was Deutschland und Frankreich näher zusammenbringt, als darüber, was zwischen uns stehen könnte. Uns eint die erfolgreiche Partnerschaft, die hinter dem europäischen Raumfahrtprogramm steht. In dieser Hinsicht war Neapel ein großer Erfolg für Deutschland, Frankreich und ganz Europa. Das kann kein Mensch abstreiten. Da muss man sich nur die zukunftsweisenden Entscheidungen ansehen, die dort getroffen wurden. Natürlich ist es nicht immer einfach, auf einen Nenner zu kommen; jedes Land hat seine eigenen Prioritäten und will vor allem die eigene Industrie stärken und wettbewerbsfähig machen. Das ist völlig normal; so etwas gibt es auf jeder dieser Konferenzen. Obwohl die beträchtlichen Etats für die Trägerraketen und die Internationale Raumstation die Einigung in Neapel sicherlich erschwert haben. Dennoch muss ich sagen: ich bin beeindruckt von den Entscheidungen, die dort vor dem Hintergrund der schwierigen wirtschaftlichen Lage in ganz Europa getroffen wurden. Das zeigt einmal mehr: wenn es wirklich darauf ankommt, schließen sich Deutschland und Frankreich zusammen und gehen gemeinsam voran.



© CNES

### Mr Le Gall, you took over the presidency of the French space agency, CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) in early April 2013. What is the first issue on your political agenda?

For over 50 years now, France has committed itself to achieving ambitious goals in space through CNES, an undisputed leader which has set the standard for European and other national space agencies. Therefore, I consider it a great honour to have been asked by the French government to run the agency. It's not completely unknown territory though, because I was Deputy Director of CNES some 15 years ago. Though the CNES I have returned to isn't the same as the CNES I knew back then, when it was facing a very difficult situation following the failure of Ariane 5's maiden flight. Nowadays, its budget is well under control, there's a contract with the French government that maps out a programmatic framework, and its technical successes are second to none. Just look at our scientific instruments aboard ESA satellites. CNES has made a key contribution to the European Union's EGNOS and Galileo missions as well as the fantastic work achieved with Germany on the Merlin project. In the coming months, my priorities obviously follow on from the decisions taken at the successful ESA Ministerial Council meeting in Naples last November. In fact, I've already begun preparing for the next meeting scheduled for late 2014. I've been working closely with all our European partners and especially our main partner, Germany. The day after my appointment by the French government, I was already in Cologne for meetings with DLR.

### As the former Chairman and CEO of Arianespace you are in an especially good position to assess the future of the European launcher sector. How will Europe have to position itself to ensure long-lasting success in the launcher business?

Independent access to space was the core issue of the ESA meeting in Naples because Europe has understood that this access determines its whole space programme. Just look around and you'll see that all the space powers want their own access to space. But the international context has changed. It's not the same as in 1979, when Europe launched the first Ariane launch vehicle. For many years, we have thought that the threat to our launchers would come from emerging countries such as China, India, or Brazil. But actually, competition comes from the most innovative countries, and particularly the United States. Under the banner of private enterprise, yet supported by massive public funding, our American friends have invented a new way of making space programmes cheaper. It was in response to this threat that Europe gave Ariane 6 the green light at the Naples meeting. The programme's new approach is more cost-driven than the technology-driven approach applied to Ariane 5. If Ariane 6 fulfils its promises, I'm confident that it will enable us to remain in our current enviable position.

### At the 2012 ESA Ministerial Council meeting, there were substantive differences between the German and French positions concerning the International Space Station and the future of the Ariane programme. What is your assessment of our cooperation opportunities?

I'd actually prefer to talk about what brings Germany and France together rather than what could keep them apart. What we have in common is the successful partnership behind the European space programme. In this respect, the meeting in Naples was a great success for Germany, France, and the whole of Europe. There's no denying it. You just have to look at the crucial decisions taken there. Obviously it's not always easy to work things out because each country has its own priorities and seeks activities that foster domestic industrial development and competitiveness. It's perfectly normal and a similar situation arises at each of these council meetings. Although in Naples, the significant budgets allocated to launch vehicles and the International Space Station did complicate matters. But having said that, I'm impressed by the decisions taken against a difficult economic backdrop throughout Europe. It just goes to prove that when things really count, France and Germany gravitate towards one another to move forward.

# Zehn Jahre Mars Express

Seit jeher zieht der Mars uns Menschen in seinen Bann. Hochkulturen meißelten ihn in Stein. Schriftsteller verewigten ihre Sehnsüchte nach dem Roten Planeten in ihren Romanen. Die Filmindustrie machte ihn zum Mittelpunkt von Spielfilmen. Er bietet als einziger Planet in unserem Sonnensystem erdähnliche Umweltbedingungen und ist deswegen der heißeste Kandidat auf der Suche nach noch existierendem oder ausgestorbenem Leben. Für die internationale Raumfahrt ist und bleibt er darum das wichtigste programmatische Ziel in der Planetenforschung. Mit unbemannten Raumsonden versuchen Wissenschaftler seit mehr als 50 Jahren, seine Geheimnisse zu entschlüsseln. Wasser – unabdingbar für die Entstehung von Leben – hat auf der Oberfläche des Planeten eindeutige Spuren hinterlassen. Die Suche nach diesen Spuren ist ein Ziel der Mission Mars Express der Europäischen Weltraumorganisation ESA, die vor zehn Jahren ihre Reise zum Roten Planeten antrat. Seit 2004 übermittelt sie zuverlässig Messdaten und Bilder von unserem Nachbarplaneten. Die Stereo-Aufnahmen der in Deutschland entwickelten HRSC-Kamera an Bord der Raumsonde bieten neue Möglichkeiten, die komplexe geologische Geschichte des Roten Planeten zu erforschen. Mit ihrer Hilfe wurde erstmals eine 3D-Karte des Mars erstellt, die nun fast fertig ist. Das Bild zeigt eine Farbansicht des Arima-Kraters (nördlicher rechter Krater) und seines "Zwillings". Beide großen Krater weisen eine zentrale Vertiefung auf, die vermutlich durch Dampfexplosionen beim Einschlag entstanden sind. Dies wäre auch ein Hinweis auf das Vorhandensein von Wasser oder Eis im Marsboden zum Zeitpunkt der Kraterbildung.

# Ten Years of Mars Express

Mars has always fascinated the human mind. Ancient civilisations had its constellation cut in stone. Writers have eternalised their own longings for the Red Planet in their novels. The film industry has made it the scene of movie plots. It is the only planet in our solar system to offer Earth-like conditions, which makes it the hottest candidate in the search for further life in space, be it existing or extinct. On the international space agenda it therefore remains the most important programmatic object of planetary research. For more than 50 years now, scientists have been developing unmanned space probes that might help to decode the planet's secrets. Water, the inevitable prerequisite for life, has clearly left its mark on the Martian surface. To search for these traces is the aim of the Mars Express mission of the European Space Agency, ESA, a mission that set out on its way to the Red Planet ten years ago. Since 2004, it has consistently transmitted data and images of our neighbour planet back to Earth. The stereo images taken by the on-board HRSC camera developed in Germany offer a new way of exploring the complex geological history of the Red Planet. The camera has been instrumental in producing the first 3D map of Mars, which is now almost complete. The picture shows a view, in colour, of the Arima Crater (to the north, right) and its "twin". Each of the two large craters features an additional pit in the middle of the crater ring that was probably caused by steam explosions during the impact that created them. This could be further evidence for the presence of water or ice in the Martian soil at the time of crater formation.



Kurz vor dem Start: Die unbemannte russische Raumkapsel BION-M1 wird für ihren vierwöchigen Weltraumflug vorbereitet. Die Nutzlasten sind schon in die Rückkehrkapsel integriert.

Shortly before launch: the unmanned Russian spacecraft BION-M1 is being set up for its four-week trip into space. The experiments are already installed in the return capsule payload bays.

## Bioregenerative Lebenserhaltungssysteme

25 Jahre Forschung im biowissenschaftlichen Weltraumprogramm  
Teil 2: Das Aquacells-OmegaHab-Projekt (2000 bis 2013) und die BION-M1-Mission

Von Prof. Günter Ruyters und Dr. Markus Braun

Seit mehr als 50 Jahren leben und arbeiten Menschen im Weltraum. Die besonderen Umgebungsbedingungen wie Vakuum, extreme Temperaturen und die starke Strahlenbelastung erfordern für die Astronauten besondere Lebensräume wie die Internationale Raumstation ISS. In diesen künstlichen Habitaten sorgen sogenannte Lebenserhaltungssysteme für frische Atemluft, die Wasseraufbereitung sowie für die Entsorgung schädlicher Gase. In der Vergangenheit und auch gegenwärtig auf der ISS haben sich chemisch-physikalische Lebenserhaltungssysteme bewährt. Zusätzlich müssen jedoch Nahrung und Wasser zur Raumstation gebracht werden. Für Langzeitmissionen zu fernen Planeten ist dieses Konzept nicht realistisch, da die Astronauten auf ihrer Reise von jedwedem Nachschub abgeschnitten sein werden. Physiko-chemische Systeme müssen daher Schritt für Schritt durch biologische Systeme erweitert und teilweise ersetzt werden. Im zweiten Teil der Serie stellen wir das Aquacells-OmegaHab-Projekt und die aktuelle BION-M1-Mission vor.

### Bioregenerative Life Support Systems

25 Years of Research in the German Space Life Sciences Programme  
Part 2: The Aquacells-OmegaHab Project (2000 – 2013) and the BION-M1 Mission

By Prof. Günter Ruyters and Dr Markus Braun

For more than 50 years, human beings have been living and working in space. The harsh conditions prevailing there – vacuum, extreme temperatures, high radiation exposure – have made it necessary to create special living environments for the astronauts, like the International Space Station (ISS). Within such an artificial habitat, so-called life support systems provide fresh air, regenerate waste water, and eliminate harmful gases. In the past and also on the ISS, the physico-chemical life support systems have proven their value. However, additionally the space station must be regularly supplied with food and water. For long-term missions to distant planets, this concept is not realistic because the astronauts will be completely cut off from supplies on their journey. Therefore, step by step, current physico-chemical systems must be complemented and partially replaced by biological systems. In the second part of this series, we introduce the Aquacells-OmegaHab project and the current BION-M1 mission.



Autoren: **Prof. Günter Ruyters** (l.) leitet in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements das Programm Biowissenschaften (Biologie, Medizin). **Dr. Markus Braun** ist deutscher Projektleiter der OmegaHab-Mission.

Authors: **Prof. Günter Ruyters** (l.) heads the Life Sciences Programme in the department of Microgravity Research (Life and Physical Sciences) of the DLR Space Administration. As the German project manager, **Dr Markus Braun** supervises the OmegaHab mission.

Der tragische Absturz des Space Shuttle Columbia mit dem CEBAS-Minimodul (siehe COUNTDOWN 21) an Bord markierte einen Einschnitt bei der Erforschung bioregenerativer Lebenserhaltungssysteme. Eine programmatische Neuorientierung wurde notwendig. Aufgrund der im „Nationalen Programm“ vorhandenen Erfahrungen entschied sich das DLR Raumfahrtmanagement, „das botanische Element“ zu stärken. Euglena – eine einzellige Alge mit guter Photosynthese-Leistung – erhielt seine Chance. In Vorversuchen mit dem Aquacells-Gerät auf den russischen FOTON-Satelliten wurden Orientierungsverhalten und Photosynthese-Leistung von Euglena gemessen. Während der FOTON-M3-Mission wurde der Algenreaktor mit einem Fischtank zum OmegaHab gekoppelt, das auf der am 19. Mai 2013 beendeten BION-M1-Mission um weitere Organismen ergänzt wurde.

#### Aquacells auf FOTON-M1 und -2

Nachdem FOTON-M1 aufgrund einer Explosion beim Start am 15. Oktober 2002 verloren gegangen ist, fand vom 31. Mai bis 16. Juni 2005 ein erfolgreicher Flug statt. Mit an Bord befand sich der kleine, 400 Milliliter fassende Algenbioreaktor Aquacells. Bei dieser Mission standen vor allem das Orientierungsverhalten der Euglenen sowie ihre Photosyntheseleistung in Schwerelosigkeit im Mittelpunkt. Euglena orientiert sich im Wasser mit Hilfe von Licht und Schwerkraft. Forscher der Universität Erlan-

The tragic crash of the Columbia space shuttle carrying the CEBAS mini-module (see COUNTDOWN 21) marked a hiatus in the exploration of bioregenerative life support systems. The entire programme had to be re-oriented. Previous experience under the 'national programme' prompted the DLR Space Administration to place greater emphasis on the botanical element. This was the chance for Euglena, a single-celled alga with a good photosynthesis performance. Preliminary experiments to study its orientation behaviour and efficiency in photosynthesis were conducted in the Aquacells device on Russian FOTON satellites. On the FOTON-M3 mission, the algae reactor was combined with a fish tank. Called OmegaHab, this system – complemented by a number of further organisms – subsequently went on the BION-M1 mission ending on May 19, 2013.

#### Aquacells on FOTON-M1 and 2

After FOTON-M1 had been lost following an explosion during its launch on October 15, 2002, a successful flight took place from May 31 to June 16, 2005. The payload included a small, 400-millilitre algae bioreactor called Aquacells. This particular mission focused on Euglena's orientation behaviour and photosynthesis performance in microgravity. When moving in water, Euglena is guided by light and gravity. In previous experiments run on TEXUS rockets, researchers from Erlangen University had discovered that Euglena cells exposed to darkness and microgravity



Wissenschaftler setzen das Mini-Ökosystem für seinen Einsatz im Weltraum zusammen. Wie bei einem Baukasten werden die Elemente ineinander gesteckt.

Scientists assembling the miniature ecosystem for its short stay in space, plugging together its modules like pieces of a building set.



gen hatten auf TEXUS-Raketexperimenten zuvor herausgefunden, dass die Zellen in Schwerelosigkeit und ohne Licht willkürlich in alle Richtungen schwimmen – sie sind also orientierungslos. Die Euglenen empfinden und verarbeiten die Schwerkraft über eine komplizierte Reiz-Reaktionskette, die heute dank der Schwerelosigkeitsexperimente auf verschiedensten Fluggelegenheiten weitgehend erforscht ist. Im FOTON-M2-Experiment bestätigte sich, dass Orientierung, Beweglichkeit und Bewegungsgeschwindigkeit stark beeinträchtigt waren. Im Gegensatz zu den kurzen TEXUS-Flügen brauchten die Euglena nach ihrem mehrtägigen Aufenthalt im All sehr lange, um sich wieder an die Schwerkraft zu gewöhnen. Die Störungen im Orientierungsverhalten nahmen erst Stunden nach der Landung langsam ab. Da aber die Photosyntheseleistung im Flug nicht betroffen war, hatte sich Euglena als geeigneter Kandidat für einen Einsatz in bioregenerativen Lebenserhaltungssystemen erwiesen und ihr Ticket für die OmegaHab-Flüge gelöst.

#### OmegaHab auf FOTON-M3

Für FOTON-M3 wurde der Algenreaktor daher mit einem Fischtank zum OmegaHab gekoppelt und die Hohenheimer Arbeitsgruppe, die bereits beim CEBAS-Projekt involviert war, wieder aktiviert. Die Bezeichnung OmegaHab steht für die Bewohner des künstlichen Habitats, den Buntbarsch *Oreochromis mossambicus* sowie *Euglena gracilis* und aHab für „aquatic Habitat“. In dem Mini-Ökosystem produzieren die Euglenen den Sauerstoff für die Fische und nutzen das ausgeatmete Kohlendioxid für die Photosynthese. Bei den Fischen sollte vor allem die Entwicklung des Gleichgewichtssystems im Innenohr untersucht werden, das dem menschlichen System sehr ähnlich ist. Da auch Fische „seekrank“ werden können, erhofften sich die Hohenheimer Wissenschaftler mehr über die Ursachen der Reise- und Raumkrankheit beim Menschen zu erfahren.

Der Flug fand vom 12. bis 26. September 2007 statt. Anschließend untersuchten die Wissenschaftler das Gleichgewichtssystem der Fische, insbesondere die Mineralisierung der Gehörsteinchen im Innenohr – den sogenannten Otolithen. Es zeigte sich, dass die Fischlarven im Laufe des Fluges in der Schwerelosigkeit eindeutig größere Otolithen entwickelt hatten als die Kontrollproben unter Erdgravitation. Auch die Struktur der Steinchen war verändert. Die Wissenschaftler schließen daraus,

will swim in any direction at random – which indicates that they are disoriented. *Euglena's* mechanism of gravity perception and signal transduction via a complicated cascade involving protein activation processes and second messengers is largely understood today thanks to microgravity experiments on a variety of flight opportunities. The FOTON-M2 experiment confirmed that the absence of gravity left *Euglena's* orientation, mobility, and speed of movement severely impaired. In contrast to its earlier brief flights on TEXUS, *Euglena* took a very long time to get re-adjusted to gravity after spending several days in space. Its orientation behaviour did not even begin to improve until several hours after landing. However, as its photosynthesis performance had not been affected during the flight, *Euglena* had proven itself a suitable candidate for use in bioregenerative life support systems. This is how *Euglena* got its ticket for the OmegaHab flights.

#### OmegaHab on FOTON-M3

For the FOTON-M3 mission the algae reactor was coupled to a fish tank and a microbial filter chamber to form OmegaHab, and the scientific team from Hohenheim university which had already been involved in the CEBAS project was reactivated. OmegaHab is an acronym derived from the names of the inhabitants of this artificial habitat, the *Tilapia Oreochromis mossambicus* and *Euglena gracilis*, while aHab stands for aquatic habitat. In this miniature ecosystem, *Euglena* produces the necessary oxygen for the fish, and uses the carbon dioxide they exhale for photosynthesis. The fish were included mainly to study the development of the vestibular system in their inner ear, which closely resembles the human system. As fish can get 'seasick', too, the scientists from Hohenheim were hoping to learn more about the causes of travel and space sickness in humans.

The flight took place from September 12 to 26, 2007. Afterwards, scientists examined the fishes' vestibular system, focusing on the mineralisation of the otolith in the inner ear. It was found that in the course of the flight, the otoliths which the fish larvae had developed in microgravity were clearly larger than those of the controls kept under terrestrial gravity. Moreover, the structure of the otoliths had changed. From this, scientists concluded that feedback mechanisms in the brain adapt the mineralisation of otoliths to meet current needs. The *Euglena* organisms

dass Rückkopplungsmechanismen im Gehirn die Otolith-Mineralisierung dem Bedarf anpassen. Die Euglenen zeigten das erwartete Verhalten: schlechtere Orientierung in Schwerelosigkeit, gute Photosynthese und höhere Vermehrung als in der Bodenkontrolle. Damit waren die Voraussetzungen geschaffen, bei einer nächsten Weltraummission im Rahmen des russischen Programms einen Schritt voran zu gehen und weitere Organismen einzuführen, um die Stabilität des künstlichen Ökosystems bei einem Langzeitflug zu gewährleisten. Für das „Nationale Programm“ waren die FOTON-Flüge übrigens ein Glücksfall. Außer den Zuwendungen an die Wissenschaftler fielen keine finanziellen Belastungen an, da die Flug-, Entwicklungs- und Baukosten des OmegaHabs für FOTON-M3 von der ESA im Rahmen des ELIPS-Programms übernommen wurden.

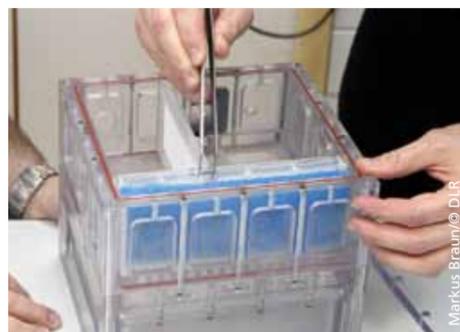
#### OmegaHab auf BION-M1

Für die kürzlich geflogene BION-M1-Mission (19. April bis 19. Mai 2013) wurde OmegaHab als künstliches Mini-Ökosystem weiterentwickelt: Es sollte über mehr als vier Wochen in der Schwerelosigkeit als bioregeneratives Lebenserhaltungssystem mit eigenem geschlossenen Nährstoff- und Gaskreislauf funktionieren. Nicht größer und schwerer als ein Getränkekasten war der Experimentcontainer das Zuhause einer illustren Schargemeinschaft: In einer Kammer waren die Euglenen untergebracht. In einer zweiten Kammer befanden sich die Wasserpflanze Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*), 55 Buntbarsch-Larven (*Oreochromis mossambicus*), mexikanische Bachflohkrebs (*Hyalella azteca*) und einige Posthornschnecken (*Biomphalaria glabrata*). Zwischen beiden Kammern hatten die Wissenschaftler aus Erlangen und Hohenheim einen Filter eingebaut: Hier waren Bakterien aktiv, die die Ausscheidungen der Fische zersetzen und daraus Dünger für das Hornblatt und die Algen produzieren. Die Schnecken waren darüber hinaus noch als „Saubermacher“ aktiv: Sie sollten die Ausscheidungen entfernen und die Scheiben „putzen“.

behaved as expected: inferior orientation in microgravity, good photosynthesis, and faster reproduction than in the ground control group. This paved the way for the next step, which was to introduce additional organisms in a subsequent space mission under the Russian programme so as to ascertain whether the artificial ecosystem would remain stable during a long-term flight. For the 'national programme', by the way, the FOTON flights were a stroke of luck: except for funding the scientists, there were no expenditures because the flight, development, and construction costs of the OmegaHab for FOTON-M3 were paid by ESA under the ELIPS programme.

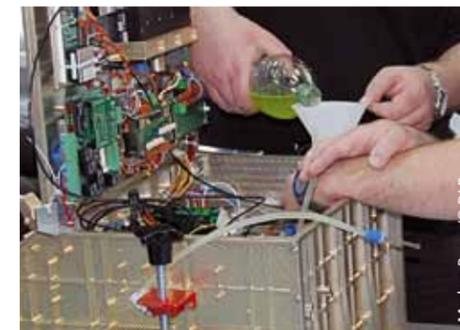
#### OmegaHab on BION-M1

For the recent BION-M1 mission that was flown from April 19 to May 19, 2013, OmegaHab was developed into an artificial miniature ecosystem. For more than four weeks, it had been supposed to function in microgravity as a bioregenerative life support system with its own closed nutrient and gas cycle. No larger and heavier than a crate of bottles, the experiment container was home to an illustrious community of fate: one chamber housed the *Euglena* organisms, while the population of the second included hornwort (*Ceratophyllum demersum*), an aquatic plant, 55 tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*), *Hyalella azteca*, a Mexican freshwater crustacean, and a few ram's horn snails (*Biomphalaria glabrata*). Between the two chambers, the scientists from Erlangen and Hohenheim had installed a filter populated by bacteria that were to decompose the excreta of the fish and transform them into fertiliser for the hornwort plant and the algae. The snails, moreover, were supposed to act as 'cleaning staff', removing excreta and 'wiping' the glass panes to clear the view for a special camera that would film the movements of the fish larvae in microgravity. For 30 days, OmegaHab had been supposed to operate in microgravity as a bioregenerative life support system, with algae and hornwort producing the



Behutsam werden die Filter und die Schläuche eingesetzt. Der Futterapparat für die Fische wird befüllt und danach das OmegaHab mit dem Hornkraut bepflanzt.

Filters and hoses are gently inserted. The fish feeder is being filled, and the OmegaHab is planted with hornwort.



Sobald das Hornkraut eingepflanzt ist, ziehen die Fische, Schnecken und die Algen in die Mini-WG ein. Danach wird das OmegaHab in den Experimentcontainer eingesetzt. Zum Schluss wird mit Algenlösung aufgefüllt. Ist der Experimentcontainer geschlossen, wird er in die BION-M1-Kapsel eingebaut.

As soon as the hornwort is in place, the other housemates, i.e. fish, snails, and algae move into their shared apartment. The OmegaHab is then inserted into the experiment container. Finally the system is filled to the brim with algal nutrient solution. Once sealed, the experiment container is integrated into the BION-M1 capsule.



So sollten die Bewegungen der Fischlarven in der Schwerelosigkeit von einer Spezialkamera besser gefilmt werden. In Schwerelosigkeit sollte OmegaHab 30 Tage lang als bioregeneratives Lebenserhaltungssystem funktionieren: Die Algen und das Hornblatt stellen dabei den Sauerstoff für die Fische, Krebse und Schnecken her. Das von den Tieren freigesetzte Kohlendioxid wiederum haben die Pflanzen in ihrer Photosynthese verwertet – ein geschlossener Kreislauf des Lebens in 575 Kilometern über der Erde.

Doch damit solch ein Kreislauf funktioniert, brauchen die Pflanzen Licht. Bis zum zehnten Tag hatte das ganze System gut funktioniert. Dann fiel allerdings die LED-Beleuchtung aus. Dadurch gab es kein Licht im Aquarium mehr und somit auch keinen Sauerstoff für die Buntbarsche, Krebse und Schnecken, woraufhin die Tiere starben. Nach dem Ausfall der tierischen Lebensformen stellten die Euglenen ihre Lebensweise um. Sie schalteten von photoautotroph auf heterotroph um und vermehrten sich stark. Als das Ökosystem noch gut funktionierte, haben sich die Algen selbst ernährt. Sie bauten ihre Biomasse unter Ausnutzung des Lichtes ausschließlich aus anorganischen Stoffen auf. Nach dem Ausfall der Beleuchtung dienten dann die von den verendeten tierischen Organismen freigesetzten Nährstoffe den Algen als Nahrungsgrundlage.

#### Internationaler Austausch und gute „Probenausbeute“

OmegaHab ist ein gutes Beispiel für vernetzte Forschung und für eine maximale Ausnutzung von wertvollen Flugproben: Wissenschaftler aus Deutschland mit Unterstützung des DLR arbeiteten eng mit russischen Forschern zusammen. So wurden die beiden OmegaHab-Flugmodelle – eines flog auf BION-M1 im All, eines blieb als Kontrollmodul am Boden – im Moskauer Institut für Bio-

oxygen for the fish, crustaceans, and snails. The plants, in turn, processed the carbon dioxide released by the animals by photosynthesis – a closed life cycle 575 kilometres above the Earth.

For such a cycle to work, however, plants need light. The system worked well until the tenth day, when the LED lighting failed. After that, the light went off in the aquarium and, consequently, no more oxygen was produced for the tilapia, crustaceans, and snails, causing them to die. After the death of the animal organisms, the Euglena algae changed their life mode, switching from photoautotrophic to heterotrophic and proliferating vigorously. As long as the ecosystem was working well, the algae produced their own food, using light to form biomass exclusively from inorganic substances. After the light had failed, the algae fed on the nutrients released by the dead animal organisms.

#### International collaboration and a sustainable exploitation of specimens

OmegaHab is a good example of a research network and the best possible exploitation of valuable flight specimens: supported by DLR, scientists from Germany are co-operating closely with Russian researchers. The two OmegaHab flight modules – one flew into space on BION-M1, the other remained on the ground as control module – were tested and filled at the Moscow Institute of Biomedical Problems (IBMP) of the Russian Academy of Sciences and flown from there to Baikonur for launching. The fish larvae were provided by the Russian State Institute of Fisheries, 'VNIRO'. Four scientific groups from Moscow and Saint Petersburg as well as the universities of Munich, Constance, and Magdeburg are involved in the evaluation process. Even the bacteria population of the filters is being analysed in detail. Like OmegaHab on FOTON-M3, the system that flew

medizinische Probleme (IBMP) der Russischen Akademie der Wissenschaften getestet, gefüllt und von hier aus zum Start nach Baikonur geflogen. Die Fischlarven stammten vom staatlichen russischen Fischerei-Institut "VNIRO". Vier Arbeitsgruppen aus Moskau und Sankt Petersburg sowie zusätzlich die Universitäten in München, Konstanz und Magdeburg sind an der Auswertung beteiligt. Selbst der Bakterienbesatz in den Filtern wird genau analysiert. Wie bei OmegaHab auf FOTON-M3 wurde auch bei der BION-M1-Mission die Anlage sofort nach der Landung in der russischen Steppe aus der Kapsel ausgebaut, die Proben von den deutschen Wissenschaftlern direkt am Landeort entnommen und für den Rücktransport und die weiteren Analysen in den heimatischen Laboren vorbereitet.

Trotz des technischen Fehlers beim Flug von OmegaHab auf BION-M1 kann das Projekt insgesamt als Erfolg gewertet werden. Durch die Experimente auf FOTON-M3 und BION-M1 wollten die Wissenschaftler herausfinden, wie genau Zellen, Organe und ganze Organismen auf Schwerelosigkeit reagieren. Bei den Fischen untersuchten sie Knochen, Muskulatur, Nervensystem, Milz und das Gleichgewichtsorgan. Bei den Algen richtete sich das Interesse der Forscher auf Fortpflanzung, Photosynthese und das lichtorientierte Schwimmverhalten der beweglichen Einzeller. Die Ergebnisse sollen uns helfen, biologische Systeme auf der Erde zu verstehen und ressourcenschonende bioregenerative Lebenserhaltungs- und Energiesysteme zu entwickeln. Diese Systeme sollen später beispielsweise in extremen Umwelten wie der Antarktis oder auch auf längerfristigen bemannten und unbemannten Weltraummissionen zum Einsatz kommen. Aufbauend auf den aus den CEBAS- und Aquacells/Omegahab-Projekten gewonnenen Erfahrungen wird nun in einem modularen Ansatz die nächste Generation bioregenerativer Systeme entwickelt.

on the BION-M1 mission was removed from the capsule immediately after it had landed in the Russian steppe. German scientists took samples directly at the landing site and prepared them for shipment back to the laboratories at home for further analysis.

Despite the technical failure of OmegaHab on BION-M1, the OmegaHab project may be rated as an overall success. What the experiments on FOTON-M3 and BION-M1 were to reveal was exactly how cells, organs, and entire organisms respond to microgravity. In the fish, the scientists examined bones, muscles, the nervous system, the spleen, and the balancing organ. In the algae, the interest of the researchers focused on proliferation, photosynthesis, and the light-guided swimming behaviour of the mobile protozoa. Their results will help us to understand biological systems on Earth and develop resource-efficient bioregenerative life support and energy systems. In the future, such systems will be employed, for example, in extreme environments like the Antarctic or on long-term manned and unmanned space missions. Building on the experience gathered from the CEBAS and Aquacells/Omegahab projects, the next generation of bioregenerative systems is now being developed in a modular approach.



Blick des OmegaHab-Teams auf den Landeort der BION-M1-Kapsel: Nach der Landung auf einem Sonnenblumenfeld 50 Kilometer nordwestlich vom südrussischen Orenburg baut ein russisches Bergungsteam die OmegaHab-Anlage aus.

The landing site of the BION-M1 capsule seen from the OmegaHab team's position: following its landing in a sunflower field 50 kilometres north-west of Orenburg in southern Russia, members of a Russian recovery team extract the OmegaHab container.

Am 19. Mai um 9:12 Uhr Ortszeit landet die BION-M1-Kapsel. Bereits um 10:35 Uhr Ortszeit haben die deutschen Forscher OmegaHab wieder zurück, entnehmen ihre Proben noch vor Ort und fixieren sie chemisch für die physiologischen und molekularen Auswertungen.

Touchdown of the BION-M1 capsule at 9.12 local time on May 19. Not much later, at 10.35, German scientists have their OmegaHab back. In a field lab, they immediately take samples and preserve them chemically for subsequent physiological and molecular evaluation.



Am 19. April 2013 um 12 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (16 Uhr Ortszeit) startet die Sojus-Rakete mit dem Forschungssatelliten BION-M1 vom russischen Weltraumbahnhof in Baikonur auf eine Umlaufbahn in 575 Kilometer Höhe.

On April 19, 2013, at 12.00 CEST (16.00 local time) the Soyuz launcher takes off into space from the Russian spaceport Baikonur, carrying the BION-M1 research satellite into its orbit 575 kilometres above ground.



Von der Cupola aus betrachtet der ESA-Astronaut Luca Parmitano die Erde, um ein geeignetes Motiv für ein Foto zu finden – ein Bild, das er niemals vergessen wird.

From the cupola, ESA astronaut Luca Parmitano looks at the Earth, waiting for the right moment to take a picture – a picture he will never forget.

## Volare

Luca Parmitano auf der ISS

Von Claudia Philpot und Martin Fleischmann

**Er ist der vierte Italiener im All und der erste einer neuen ESA-Astronauten-Generation: Luca Parmitano. Am 28. Mai 2013 um 22:32 Uhr MESZ startete er zusammen mit der US-amerikanischen Astronautin Karen Nyberg und dem russischen Kommandanten Fyodor Yurchikhin mit einer russischen Sojus-Rakete in einem kurzen Flug zur Internationalen Raumstation ISS. Nach nur sechs Stunden Flugdauer haben die drei Neuankömmlinge damit die Expedition Crew 36/37 um den Amerikaner Chris Cassidy und die beiden Russen Pavel V. Vinogradov und Aleksandr A. Misurkin komplettiert. Damit hat für Parmitano die europäische Langzeitmission „Volare“ begonnen. Zusammen mit seinen Kollegen wird der italienische Flugingenieur nun 166 Tage auf der Raumstation leben, forschen und instand halten. Insgesamt 34 Experimente stehen derzeit auf Parmitanos Arbeitsplan – 14 Experimente werden dabei vom DLR Raumfahrtmanagement betreut.**

### Volare

Luca Parmitano Stays at ISS

By Claudia Philpot and Martin Fleischmann

**He is the fourth Italian to go to space and the first to belong to a new generation of ESA astronauts: Luca Parmitano. Together with the American astronaut Karen Nyberg and the Russian commander Fyodor Yurchikhin, he took off on an express flight to the International Space Station (ISS) on a Russian Soyuz rocket on May 28, 2013 at 20.31 GMT. After a flight of about six hours, the arrival of the three new crewmates completed the expedition crew 36/37, the other crew members being Chris Cassidy, a U.S. American, and two Russians, Pavel Vladimirovich Vinogradov and Aleksandr Aleksandrovich Misurkin. For Parmitano, this marked the beginning of the European long-term mission Volare. Together with his colleagues, the Italian flight engineer will stay on the space station for 166 days, living there and doing research and maintenance work. At present, Parmitano's work schedule lists a total of 34 experiments, 14 of which are managed by the DLR Space Administration.**



Autoren: **Claudia Philpot** (l.) betreut in der Abteilung Bemannte Raumfahrt, ISS und Exploration des DLR Raumfahrtmanagements die Programmatik der ISS Nutzung. Sie ist Projektleiterin der privatwirtschaftlichen ISS Nutzung.

**Martin Fleischmann** betreut als Redakteur die Inhalte und das Layout von Printtiteln und Broschüren des DLR Raumfahrtmanagements sowie des Newsletters COUNTDOWN.

Authors: **Claudia Philpot** (l.) works in the Division of Human Spaceflight, ISS and Exploration at the DLR Space Administration. She is the project manager of the ISS utilisation with the emphasis on commercial ISS utilisation. As the editor in chief, **Martin Fleischmann** is responsible for editing and layout of printings and brochures of the DLR Space Administration as well as the COUNTDOWN newsletter.

Auf dem Zeitplan der Langzeitmission „Volare“ steht eine Menge Wissenschaft: 16 Experimente wird Luca Parmitano für die ESA im europäischen Modul Columbus durchführen. Dafür wird der 36-Jährige während seiner Arbeit vor allem zum Columbus-Kontrollraum beim DLR in Oberpfaffenhofen Kontakt halten. Weitere 18 Experimente für die ISS-Partner NASA, JAXA und CSA stehen auf dem Programm. Ein großer Teil der Wissenschaft läuft unter deutscher Beteiligung ab: Mit 41 Prozent seiner ISS- Nutzungszeit für Experimente widmet sich Parmitano der Forschung mit deutscher Beteiligung aus Wissenschaft und Technologie. Um diese Entwicklung zu fördern, hat die Bundesrepublik das neue europäische ISS-Wissenschaftsprogramm ELIPS-IV mit 51,7 Prozent auf der ESA-Ministerratskonferenz in Neapel gezeichnet. Wichtige Experimente beschäftigen sich mit den Fachrichtungen Humanphysiologie, Biologie, Flüssigkeitsphysik, Materialwissenschaft und neuen Technologien.

#### Knorpeluntersuchungen im All

Die Schwerkraft lässt uns das Gewicht unseres Körpers spüren und baut so gleichzeitig Muskeln und Knochen auf. Ohne diesen körperlichen Kraftaufwand nehmen die Funktionen unseres Bewegungssystems ab – insbesondere die des Gelenkknorpels. Eine geringe Belastung wie bei Krankenhauspatienten oder bei Astronauten im Weltraum kann sogar zu einer Schädigung dieses Stützgewebes führen. Darum untersucht das deutsche Experiment „Cartilage“ erstmals den Einfluss der Schwerelosigkeit auf den Aufbau und die Biologie des Kniegelenkknorpels bei einem Astronauten. Unmittelbar vor und nach dem Flug zur ISS sowie noch einmal vier bis sechs Wochen nach dem Flug wird auch der Kniegelenkknorpel von Luca Parmitano mithilfe einer Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) abgebildet. Blut- und Urinproben sollen bestimmte Biomarker nachweisen, um Erkenntnisse über den Knochenstoffwechsel zu gewinnen.

#### Wie tickt die innere Uhr in Schwerelosigkeit?

In unserem Körper tickt eine innere Uhr. Dieser circadiane Rhythmus steuert die Herzfrequenz, den Schlaf-Wach-Rhythmus, den Blutdruck und die Körpertemperatur. Unser Körper passt sich im Weltraum der Schwerelosigkeit an. Das führt zu verschiedenen Reaktionen zum Beispiel beim Herz-Kreislauf-System, beim

The timetable of the long-term mission 'Volare' contains a lot of science: Parmitano will conduct 16 experiments for ESA. During his work, he will maintain contact especially with the Columbus control room at DLR's site at Oberpfaffenhofen. The programme lists another 18 experiments for the ISS partner organisations NASA, JAXA, and CSA. A large proportion of the scientific activities involve German participation: 41 per cent of Parmitano's experimenting time aboard the ISS will be devoted to research that involves German science and technology. To retain this leading position, Germany subscribed 51.7 per cent of the budget of the new ELIPS IV ISS science programme at the Naples conference of the ESA Ministerial Council. German experiments address human physiology, biology, fluid physics, materials science, and new technologies.

#### Cartilage studies in space

Gravity makes us feel the weight of our body, while at the same time stimulating the development of muscles and bones. In the absence of physical exercise, the functions of our motor system deteriorate, particularly those of the articular cartilages. Lack of exercise, which affects, for example, bedridden patients in hospitals or astronauts in space, may even damage this supporting tissue. For this reason, the influence of microgravity on the development and biology of the articular cartilage in the knees of astronauts is investigated for the first time in the German Cartilage Experiment. Parmitano, too, will have the cartilage in his knee joints examined by Magnetic Resonance Imaging (MRI) directly before and after his flight to the ISS and once again four to six weeks after the flight. Blood and urine samples will be taken to isolate certain bio-markers, from which scientists hope to learn more about the human bone metabolism.

#### How does our biological clock tick in microgravity?

There is a biological clock ticking in the human body. Its circadian rhythm controls our heart rate, our sleep and wake episodes, our blood pressure, and our body temperature. In space, the human body adjusts to microgravity, which triggers various reactions in, for instance, our cardiovascular system, metabolism, and heat regulation. The regulation of our body temperature is especially influenced by gravity changes. Except for a few results



Karen Nyberg, Fyodor Yurchikhin und Luca Parmitano trainieren am 27. November 2012 im Gagarin Cosmonaut Training Center in der Nähe von Moskau an einem Modell der Soyuz TMA Raumkapsel.

Karen Nyberg, Fyodor Yurchikhin, and Luca Parmitano, training on a model of the Soyuz TMA capsule on November 27, 2012 at the Gagarin Cosmonaut Training Center near Moscow.



Willkommen an Bord: Luca Parmitano schwebt in die ISS (links). Die Schwerelosigkeit verleitet „frische“ Astronauten oft dazu, Dinge im Weltall auszuprobieren, die auf der Erde unter Schwerkraft nicht möglich wären – so lassen die Neuankömmlinge Nyberg und Parmitano zum Beispiel Obst schweben.

Welcome on board: Luca Parmitano floats into the ISS. Microgravity often tempts novice astronauts into trying out things that would not be possible under terrestrial conditions – like the two newcomers Nyberg and Parmitano, who, for example, are having fun floating some fruit.



Stoffwechsel und beim Wärmehaushalt. Vor allem die Temperaturregulation wird durch veränderte Schwerkraftbedingungen nachhaltig beeinflusst. Bis auf einige Ergebnisse aus den lange zurückliegenden Skylab-Missionen der NASA sind entsprechende circadiane Temperaturverläufe bislang noch nicht beschrieben worden. Darum ist bislang unklar, ob die Rhythmik der Körperkerntemperatur – die als wichtiger Zeitgeber für verschiedene Systeme des Organismus wie zum Beispiel den Schlaf fungiert – bei Langzeitaufenthalten im Weltraum verändert ist. Tickt bei Langzeitaufenthalten im Weltraum unsere innere Uhr anders? Führt diese Veränderung zu einer negativen Beeinflussung der Schlafqualität, der Aufmerksamkeit und der mentalen Arbeitsleistung der Astronauten? Um diese Frage zu beantworten, werden diese Rhythmusveränderungen der Körperkerntemperatur in dem Langzeitexperiment „Circadian Rhythm“ an zwölf Astronauten während und nach ihrem ISS-Aufenthalt untersucht. Hierbei kommt der nicht-invasive Thermosensor THERMOLAB zum Einsatz, der inzwischen auch schon klinische Anwendung findet. Zusätzlich werden Urinproben gesammelt, um die Melatoninkonzentration zu messen.

“Volare – das steht für Italien, für meine Leidenschaft für das Fliegen als Pilot und für meine Reise zur ISS. Volare – das ist Teil meines Lebens.

Volare – the word symbolises Italy, my passion for flying as a pilot, and my journey to the ISS. Volare is part of my life.

from a number of Skylab missions run by NASA a long time ago, no circadian temperature cycles have been described so far. Therefore, it is not clear to this day whether the rhythm of the body core temperature – which controls the timing of various systems in our organism like sleeping, for instance – is modified by a long-term sojourn in space. Does a long-term exposure to space conditions cause our biological clock to tick differently?

Does this change have a negative impact on the quality of sleep, the alertness, and the mental performance of the astronauts? To answer these questions, twelve astronauts will be examined for changes in the rhythm of their body core temperature both during and after their stay on the ISS in a long-term experiment called Circadian Rhythm. These examinations will be done using the non-invasive thermo-sensor THERMOLAB, a device that is already widely applied in terrestrial

hospitals as well. In addition, urine samples will be taken to measure the concentration of melatonin.

#### The behaviour of liquids in space

If you pour oil and water together and give it a good shake, the oil will be distributed in the water in the form of tiny droplets, forming an emulsion. Such finely dispersed mixes play an important part in many industries. One difficulty with emulsions is to control their stability, which must be kept constant for a long time in food, cosmetics, and pharmaceutical products. Thanks to the fact that microgravity keeps the droplets in an emulsion from rising or sinking, the fluid dynamic behaviour of emulsions can now be investigated in the FASES experiment in the fluid science laboratory of the European Columbus module. The experiment box holds 44 small sample containers filled with various mixtures of high-purity water, paraffin, and hexane, as well as two diagnostic units and a conveyor system. It is hoped that the results from FASES will permit predictions relating to the production of customised emulsions for industrial applications.

#### An engineer in space

However, Parmitano's tasks include not only scientific experiments: being a flight engineer, his programme for June 15, for example, included monitoring the docking manoeuvre of the ATV-4 Albert Einstein transfer vehicle. Similarly, flight engineer Parmitano will be involved in capturing and docking the commercial space freighter Cygnus (scheduled for launch on September 12) and the Japanese HTV module (scheduled for launch on August 3) with the aid of the Canadian Space Station Remote Manipulator System (SSRMS). Moreover, a total of six Extra Vehicular Activities (EVAs) are scheduled for the duration



Luca Parmitano trainiert auf einem besonderen Laufband – dem Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill (COLBERT) T2. Astronauten halten sich auf diesem speziellen Sportgerät fit und führen medizinische Versuche durch.

Luca Parmitano, exercising on a very special gym machine – the Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill (COLBERT) T2, a piece of exercise equipment specifically made for training astronauts and for conducting medical experiments.



Gruppenbild kurz nach der Ankunft: Die Neuankömmlinge Karen Nyberg, Fyodor Yurchikhin und Luca Parmitano treffen auf Alexander Misurkin (Mitte), der schon seit Ende März auf der Raumstation lebt und forscht.

Group photograph taken shortly after arrival: the new crewmates Karen Nyberg, Fyodor Yurchikhin, and Luca Parmitano meet Alexander Misurkin (centre), who has been living and doing research on the Space Station since the end of March.

kanadischen Greifarm SSRMS (Space Station Remote Manipulator System) der Raumstation wird Parmitano ebenfalls als Flugingenieur beteiligt sein. Während seines Aufenthalts sind insgesamt sechs Außenbordeinsätze – die sogenannten Extra Vehicular Activities (EVA) – geplant. Zwei von den Außenbordeinsätzen wird er für den amerikanisch-europäischen Teil im amerikanischen Raumanzug EMU (Extravehicular Mobility Unit) ausführen – für Parmitano eine Premiere im All. Während des U.S. EVA-21 (voraussichtlich am 9. Juli) und des U.S. EVA-22 (voraussichtlich am 16. Juli) werden die Astronauten eine Außenkamera am japanischen Kibo-Modul reparieren und einige wissenschaftliche Experimente, die an der Außenhülle der ISS angebracht sind, wieder einholen. Luca Parmitano wird die Ankunft des russischen Multi-Purpose-Moduls vorbereiten, indem er einige Kabel verlegt. Einer der dringlichsten russischen Einsätze ist jedoch die Reparatur des Reflektors am Dockingport für den europäischen Raumfrachter ATV. Läuft alles nach Plan, dann wird Luca Parmitano am 10. November 2013 mit seiner Kollegin Karen Nyberg und seinem Kollegen Fyodor Yurchikhin wieder auf der Erde landen.

of his stay. On two of these outboard missions, he will be wearing the American space suit EMU (Extravehicular Mobility Unit) for the US-European section – a 'first' for Parmitano. During the US EVA-21 (scheduled for July 9) and the US EVA-22 (scheduled for July 16), the astronauts will repair an outboard camera on the Japanese Kibo module and retrieve a number of scientific experiments attached to the outer skin of the ISS. Moreover, Parmitano will prepare the arrival of the Russian multi-purpose module by re-routing some cables. However, one of the most urgent Russian missions is repairing the reflector at the docking port for the European transfer vehicle ATV. If everything goes according to plan, Luca Parmitano will return to Earth on November 10, 2013 together with his colleagues Karen Nyberg and Fyodor Yurchikhin.

#### Flüssigkeitsverhalten im Weltraum

Gießt man Öl und Wasser zusammen und schüttelt das Ganze kräftig, dann verteilt sich das Öl in Form von winzigen Tröpfchen im Wasser. Es bildet sich eine Emulsion. Diese fein verteilten Gemische spielen in vielen Bereichen der Industrie eine wichtige Rolle. Ein Problem bei Emulsionen ist die Kontrolle ihre Stabilität, die in Lebensmitteln, Kosmetika und pharmazeutischen Produkten lange Zeit konstant bleiben muss. Da in Schwerelosigkeit Auftrieb oder Absinken der emulgierten Tröpfchen verhindert werden, bietet das FASES-Experiment im Fluid Science Labor des europäischen Columbus-Moduls die Chance, das dynamischen Verhalten von Emulsionen zu erforschen. Die Experiment-Box beherbergt 44 kleine Probencontainer, die mit unterschiedlichen Gemischen aus hochreinem Wasser, Paraffin und Hexan gefüllt sind, zwei Diagnose-Einheiten und eine Fördereinrichtung. Die FASES-Ergebnisse sollen Vorhersagen zur Produktion maßgeschneiderter Emulsionen für industrielle Anwendungen möglich machen.

#### Ingenieur im All

Doch nicht nur wissenschaftliche Experimente gehören zu Parmitanos Aufgaben: So stand am 15. Juni das Docking-Manöver des Raumtransporters „ATV-4 Albert Einstein“ auf dem Programm, das er als Flugingenieur überwacht hat. Beim Einfangen und Andocken des kommerziellen Raumfrachters Cygnus (voraussichtlicher Start am 12. September) sowie des japanischen Moduls HTV (voraussichtlicher Start am 03. August) durch den

name of the experiment	in co-operation with	scientific facility/industry	further information
CARTILAGE	ESA	DSHS Cologne	human physiology
CIRCADIAN RHYTHM	ESA	Charité Berlin	human physiology
SARCOLAB	ESA	DLR, Cologne	human physiology
SKIN-B	ESA	DermaTronnier GmbH	human physiology
Pro_K	bilateral NASA	DLR, Cologne	human physiology
Nutrition	bilateral NASA		human physiology
SOLAR/SOLACES	ESA	Fraunhofer IPM, Freiburg	solar physics, physics of the ionosphere and the thermosphere
DOSIS-3D	ESA	DLR, Cologne; OHB, Bremen	radiation physics
AMS-02	international NASA	RWTH, Aix-la-Chapelle	astrophysics
MSL Batch 2a/CETSOL-2	ESA	ACCESS e. V., Aix-la-Chapelle, EADS Astrium, Friedrichshafen/Hydro AI GmbH, GROHNO Guss GmbH, Düren	material sciences
MSL Batch 2a/MICAST-2	ESA	DLR Köln, ACCESS e. V., Aix-la-Chapelle/Hydro AI GmbH	material sciences
AgXX	bilateral Roscosmos	Universität Freiburg, Largentec GmbH, DLR RFM	microbiology
FASES	ESA	MPI, Potsdam-Golm, EADS Astrium, Friedrichshafen, EC SINTERFACE Technologies	fluid sciences
Vessel ID System	ESA industry	EADS Space Transportation, Bremen	technology demonstration
Nightpod update	ESA	Astro- und Feinwerktechnik GmbH, Berlin	taking images of the Earth
Education			train like an astronaut



# Flutkatastrophe

Das DLR unterstützt Hilfskräfte vor Ort

Von Jens Danzeglocke

Erst Passau, dann Grimma, Deggendorf, Dresden und dann Magdeburg – heftige und langandauernde Regenfälle haben Deutschland nach nur elf Jahren das nächste katastrophale Hochwasser beschert. Die Regenmassen haben die Nebenflüsse der Donau und der Elbe prall gefüllt und so diese beiden großen deutschen Wasseradern zu riesigen Strömen anschwellen lassen. Ganze Landstriche wurden überschwemmt und in eine Seenlandschaft verwandelt. Viele Städte und Landkreise haben den Katastrophen-Notstand ausgerufen. Diese Situation hat dazu geführt, dass das Gemeinsame Lagezentrum des Bundes und der Länder (GMLZ) die Internationale Charta „Space and Major Disasters“ aktiviert hat. Das Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) des DLR erstellt Lageinformationen auf Basis von Satelliten- und Luftaufnahmen für die vom Hochwasser am stärksten betroffenen Gebiete, um die Helfer vor Ort zu unterstützen.

## Flood disaster

DLR Aids Local Emergency Teams

By Jens Danzeglocke

First Passau, then Grimma, Deggendorf, Dresden, and then Magdeburg – extreme, torrential rainfall has caused this catastrophic flood in Germany in no more than eleven years. The rain has filled the tributaries of the rivers Danube and Elbe to the brim, transforming the two large German waterways into raging flood waters, devastating entire districts and turning dry land into lakes. Many cities and districts have formally declared a state of emergency. This prompted the Joint Information and Situation Centre (GMLZ) of the Federal and State Administrations to activate the International Charter ‘Space and Major Disasters’, and to commission DLR’s Centre for Satellite Based Crisis Information (ZKI) to provide situational data based on satellite and aerial images of the most affected regions to support disaster response teams on the ground.

Passau unter Wasser: Heftige und andauernde Regenfälle haben die „Dreiflüssestadt“, wo Inn und Ilz in die Donau fließen, nahezu vollständig überschwemmt. Retter des Roten Kreuzes evakuieren die Bewohner am 4. Juni 2013 aus der Innenstadt.

The ‘City of Three Rivers’ under water. Heavy, persistent rainfall has almost completely inundated Passau, the city where the Rivers Inn and Ilz flow into the Danube. Red Cross emergency teams evacuate residents of the inner city on June 4, 2013.



Autor: Diplom-Geograph **Jens Danzeglocke** arbeitet im DLR Raumfahrtmanagement und vertritt das DLR im „Executive Secretariat“ der „International Charter Space and Major Disasters“. Dieses Gremium ist für die Koordination und Umsetzung der Charta-Aktivitäten zuständig.

Author: Geographer **Jens Danzeglocke** works for the DLR Space Administration and represents DLR in the ‘Executive Secretariat’ of the ‘International Charter Space and Major Disasters’. This group is responsible for the coordination and implementation of Charter activities.

Welche Straßen oder Brücken sind noch passierbar? Welche Häuser oder Siedlungen sind beschädigt? Wo müssen Flussabschnitte stärker gesichert werden? Um diese Fragen zu beantworten und so die Katastrophenhelfer vor Ort zu unterstützen, erstellen zehn Mitarbeiter im ZKI am DLR-Standort in Oberpfaffenhofen seit dem 3. Juni 2013 unermüdlich Karten von den Überschwemmungsgebieten. Die ersten Karten von Passau lieferte das ZKI in den frühen Morgenstunden des 4. Juni 2013. Hierfür wurden Aufnahmen des deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X genutzt, die erst etwa zehn Stunden zuvor erstellt wurden und am 3. Juni gegen 23 Uhr vorlagen.

Nach dem Notruf aus dem GMLZ wurden sofort neue Kommandos zu dem deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X gesendet, der die Erde in 514 Kilometern Höhe umkreist. Die Radar-Pulse dieses Satelliten funktionieren wetterunabhängig. Selbst durch eine dichte Wolkendecke hindurch kann er die Signale senden und wieder empfangen – ein unbezahlbarer Vorteil bei der Wetterlage in den Überschwemmungsgebieten. Für die Aufnahmen der Flutgebiete wurde der Satelliten zum Teil geschwenkt, um eine ideale Ausrichtung zu erreichen. Zudem kann er Aufnahmen in unterschiedlichen Auflösungen erstellen und überflutete Bereiche sehr gut von anderen Flächen unterscheiden. So wurde Passau unter anderem im sogenannten Spotlight Modus, der ein kleines Gebiet mit einer hohen räumlichen Auflösung von 1,5 Metern aufnimmt, beobachtet. Die Radardaten wurden dann mit Kartenmaterial zusammengeführt. Dadurch lässt sich genau erkennen, welche Fläche überflutet und welche Straße oder Brücke noch passierbar ist.

Which roads and bridges are still passable? How many houses or residential estates have been damaged? Which parts of a river bank need additional flood protection? To answer these questions and to support the helpers on the ground, ten ZKI staff members at DLR’s Oberpfaffenhofen site have been busy producing maps of the deluged areas since June 3, 2012. ZKI delivered the first few maps of Passau in the early hours of June 4, 2013, based on images taken by Germany’s TerraSAR-X radar satellite only about ten hours before and made accessible around 11 p.m. on June 3.

Immediately following the GMLZ’s emergency call, the German radar satellite TerraSAR-X that orbits the Earth at an altitude of 514 kilometres received its new orders. The good thing about this particular satellite is that its radar pulses work in any weather. It can transmit and receive signals even through a thick cloud cover – an invaluable benefit due to the former weather conditions in the flooded areas. To achieve an optimised focus, the angle of the satellite has been partly changed. Moreover, it can generate images in different resolutions and very clearly distinguish between flooded and non-flooded areas. Passau, for example, was scanned in what is known as ‘spotlight mode’, which is chosen when a small area needs to be observed in a high resolution of 1.5 metres. The radar data were subsequently combined with maps, from which users could see exactly what areas were flooded and which roads or bridges were still passable.

The Joint Information and Situation Centre, an institution run by the Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance



Luftbildaufnahmen am 31. Mai 2011 zeigen ein Gebiet im Süden Dresdens vor der Flut. Der französische Erdbeobachtungssatellit Pléiades hat am 5. Juni 2013 das gleiche Gebiet beobachtet. Ein Vergleich der beiden Bilder macht das Ausmaß der Überflutungen deutlich.

Aerial images taken on May 31, 2011, showing part of the city of Dresden prior to the flood. Pléiades, the French Earth observation satellite, scanned the same area on June 5, 2013. A comparison of the two images shows the extent of the flooded terrain.

Das GMLZ, eine Einrichtung des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), hatte am 2. Juni die Internationale Charta "Space and Major Disasters" aktiviert. Dieser Verbund von 15 Raumfahrtagenturen stellt Satellitendaten von Katastrophengebieten schnell und kostenlos zur Verfügung. Das DLR hat als deutsches Mitglied der Charta das Projektmanagement für diese Charta-Aktivierung übernommen und stellt als Datenlieferant TerraSAR-X-Aufnahmen sowie Bilder der optischen RapidEye-Satelliten zur Verfügung. Auch von den internationalen Partnern wurden wichtige Aufnahmen verfügbar gemacht, wie zum Beispiel französische Pleiades-, britische DMC- und kanadische Radarsat2-Aufnahmen. Die Kartierungsarbeiten werden im Rahmen des Anfang 2013 etablierten nationalen Dienstes ZKI-DE geleistet, der den im Zivilschutz agierenden Bundesbehörden Zugang zu satellitenbasierten Kriseninformationen des DLR gewährleistet.

Die deutsche Beteiligung in der Charta wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) ermöglicht und durch das DLR Raumfahrtmanagement und das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum des DLR in Arbeitsteilung umgesetzt. Im April hat das DLR erstmals für sechs Monate den Vorsitz in der Charta übernommen.

(Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, BBK), had requested assistance under the International Charter 'Space and Major Disasters' on June 2. The Charter is a body of 15 space agencies, which, in an emergency, provide satellite data on the respective disaster area swiftly and free of charge. DLR as the Charter's German member agency is responsible for project management for this particular activation of the Charter, and makes available data from TerraSAR-X as well as images from the optical satellite, RapidEye. International partners, too, contributed important material, such as images from the French Pléiades, the British DMC and the Canadian Radarsat2 satellites. Map generation is carried out by a national service that was established early in 2013, ZKI-DE. Its task is to give German disaster management authorities access to satellite-based crisis information.

Germany's participation in the Charter is enabled by the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi) and implemented jointly by the DLR Space Administration and the German Remote Sensing Data Center, which is equally operated by DLR. In April, DLR took over its first six-month presidency of the Charter.

**Satellitenkarte von Passau: In der niederbayerischen Stadt wurde am 3. Juni mit 12,66 Metern der höchste Pegelstand der Donau seit dem Jahr 1501 gemessen. Die in der Karte dargestellten Wasserflächen wurden aus einer TerraSAR-X-Szene abgeleitet, die um 19:08 Uhr aufgenommen wurde. Luftbilder ergänzen den räumlichen Hintergrund. Besonders dramatisch ist die Situation an der Mündung des Inn in die Donau. Diese Landzunge, auf der sich Teile der Altstadt von Passau erstrecken, wurde vollständig überschwemmt. Die roten Linien markieren die nicht mehr befahrbaren Straßen.**

A satellite map of Passau. On June 3, 2013, the water level in the city in Lower Bavaria was at its highest since 1501. The flooded areas marked on the map were derived from a TerraSAR-X scene shot at 19.08. Additional aerial images provide the 3D background. A particularly dramatic situation evolved where the River Inn joins the Danube. This narrow wedge of land which holds part of Passau's historic centre was completely deluged. The red lines show the impassable roads.



Andreas Gebert/dpa



Peter Kneffel/dpa



Jens Wolff/dpa

**Lutz Trümper, Oberbürgermeister der Stadt Magdeburg, informiert am 7. Juni 2013 die Öffentlichkeit. Er verlässt sich im Krisenstab auch auf Karteninformationen vom DLR.**

Lutz Trümper, Magdeburg's Lord Mayor, speaking to the public on June 7, 2013. He and his crisis team also rely on information from DLR maps.



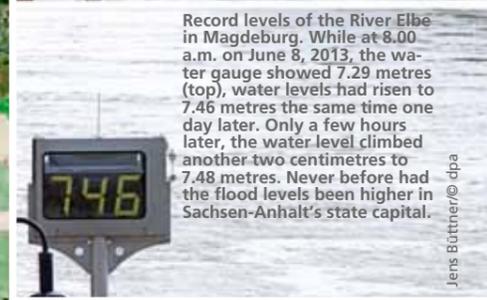
Jens Wolff/dpa

**Das steigende Hochwasser der Elbe am 9. Juni – dem Tag des Pegelhöchststandes – in Magdeburg**

The rising floods of the River Elbe on June 9, 2013, the day of the peak of the flood in the city of Magdeburg



**Höchster Pegelstand der Elbe in Magdeburg: Wurden am 8. Juni gegen 8:00 Uhr noch 7,29 Meter angezeigt (oben), stieg das Wasser einen Tag später zur selben Zeit auf 7,46 Meter (unten). Der Pegel kletterte an diesem Tag um weitere zwei Zentimeter auf 7,48 Meter. Nie zuvor hatte das Wasser in der Landeshauptstadt Sachsen-Anhalts höher gestanden.**



Record levels of the River Elbe in Magdeburg. While at 8.00 a.m. on June 8, 2013, the water gauge showed 7.29 metres (top), water levels had risen to 7.46 metres the same time one day later. Only a few hours later, the water level climbed another two centimetres to 7.48 metres. Never before had the flood levels been higher in Sachsen-Anhalt's state capital.

Jens Büttner/dpa

Explosion im Weltraum: Bis heute fanden rund 200 Explosionen und rund fünf Kollisionen im Weltraum statt. Weitere Ereignisse sind sehr wahrscheinlich.

So far, about 200 explosions and at least five collisions in space have occurred. Further explosions and collisions are very likely.

## Space Debris

Nemesis Weltraumschrott

Von Dr. Manuel Metz und Dr. Holger Krag

**Die Vision einer der legendärsten Fernsehserie aller Zeiten kann schon direkt vor der eigenen Haustür scheitern. Aus heutiger Sicht müsste der berühmte Star-Trek-Vorspann umgeschrieben werden: „Der Erdborbit, unendlich viel Schrott. Wir schreiben das Jahr 2013. Dies sind die Abenteuer der Weltraumorganisationen, die Jahrzehnte brauchen werden, um den Weltraummüll aus einem halben Jahrhundert Raumfahrtgeschichte vor der eigenen Haustür zu entfernen, alte Raumfahrtrückstände und neue Riesenprobleme. Nur ein paar hundert Kilometer von der Erde entfernt müssen wir Trümmerteile wegräumen, die nie ein Mensch zuvor wahrhaben wollte.“ Schaffen wir es nicht, die Weltraumschrottkomplexität in den Griff zu bekommen, dann wird die USS Enterprise NCC 1701-E im 24. Jahrhundert nicht einmal über den Erdborbit hinauskommen, um den Weltraum und seine unendlichen Weiten zu erforschen.**

### Space Debris

An Orbiting Nemesis

By Dr Manuel Metz and Dr Holger Krag

The vision of one of the most imaginary TV series of all times may find a sudden ending right in front of our own doorstep. As things stand today, the famous line in the trailer should be re-written to read: 'Earth's orbit – the final scrapheap. This is the year 2013. These are the adventures of Earth's space organisations. It will take these organisations and their experts decades to remove the debris outside their front door that has been left behind by half a century's spaceflight activities. Old debris will create new problems. Only a few hundred kilometres away from Earth we have to clear away objects that never a man has spent a thought on before.' Unless we manage to come to grips with the space debris issue, the USS Enterprise NCC 1701-E in the 24th century will not even make it beyond the Earth's orbit to explore deep space and its final frontiers.



Autoren: **Dr. Manuel Metz (l.)** ist Experte für Weltraummüll beim Raumfahrtmanagement des DLR und war Ko-Moderator der Space Debris Konferenz in Darmstadt. **Dr. Holger Krag** ist in der Abteilung für Raumfahrtrückstände der ESA in Darmstadt unter anderem mit der operativen Kollisionsvermeidung für ESA-Satelliten, der Erfassung der Trümmerpopulation im All, sowie der Analyse von Vermeidungsmaßnahmen beschäftigt.

Authors: **Dr Manuel Metz** is an expert for space debris at DLR Space Administration and the co-moderator during the Space Debris Conference in Darmstadt. **Dr Holger Krag**, as a member of ESA's space debris office in Darmstadt, is working in the areas of operational collision avoidance for ESA's satellites, an improved understanding of the object environment in space, and the analysis of space debris mitigation measures.

Ende April 2013 trafen sich mehr als 300 Experten im Raumfahrtkontrollzentrum der ESA in Darmstadt, um Lösungen für das Problem Weltraumschrott zu finden. Neben rund 1.100 aktiven Satelliten kreisen schon jetzt geschätzt 29.000 Objekte von mehr als zehn Zentimetern Größe, 750.000 Objekte größer als ein Zentimeter und 150 Millionen Teile ab einem Millimeter mit Geschwindigkeiten von meist über 25.000 Kilometern pro Stunde um die Erde – eine dichte Wolke, die die Zukunft der Raumfahrt entscheidend gefährden kann. Dass die Gefahr im Erdborbit nicht nur theoretischer Natur ist, zeigte die Kollision des US-amerikanischen Kommunikationssatelliten Iridium 33 mit dem abgeschalteten russischen Satelliten Kosmos 2251. Am 10. Februar 2009 stießen beide Satelliten zusammen und hinterließen noch mehr Rückstände im Orbit. Bei der Kollision entstanden zwei Trümmervolken mit insgesamt rund 2.200 größeren Bruchstücken, die erfasst werden konnten, und viele weitere kleine und nicht katalogisierte Teile. Die Trümmer wurden durch die bei der Kollision freigesetzte Energie von der alten Umlaufbahn sowohl auf höhere wie auch auf tiefere Umlaufbahnen verteilt. Damit gefährden sie Satelliten auf anderen Umlaufbahnen und verteilen sich im Laufe der Zeit über große Bereiche des Erdborbits.

#### Satelliten in Gefahr

Nicht erst seit jener Kollision aus dem Jahr 2009 werden Satelliten im Orbit überwacht. So auch der in der Zwischenzeit ausgefallene Umweltsatellit Envisat – einer der größten und teuersten, die je in Europa gebaut wurden: Acht Tonnen schwer, 2,3 Milliarden Euro Gesamtkosten. Immer wieder kommen ihm Teile bedrohlich nahe. Dann, am 18. Januar 2010, erhalten der Leiter des ESA-Büros für Weltraumrückstände, Prof. Heiner Klinkrad, und seine Kollegen am europäischen Raumflugkontrollzentrum ESOC in Darmstadt eine weitere Kollisionswarnung. Eine fast vier Tonnen schwere, ausgediente chinesische Raketenoberstufe wird die Flugbahn von Envisat mit kleinem Abstand kreuzen. Um die Kollisionsgefahr einschätzen zu können, braucht das Team genauere Bahndaten der Raketenoberstufe. Zwei Tage vor dem drohenden Kollisionsereignis holen sie sich Hilfe aus Wachtberg bei Bonn: Mit dem deutschen TIRA-Radar soll herausgefunden werden, wie nah sich Satellit und die ausgebrannte Raketenoberstufe tatsächlich kommen werden. Die Bahndaten von Envisat sind der ESA als Betreiber bekannt. Die der chinesischen Raketenstufe werden durch das USSTRATCOM, einer amerikanischen Dienststelle, in einem Bahndatenkatalog veröffentlicht – allerdings nicht genau genug für eine Kollisionsvermeidung. Mit TIRA spüren die Wissenschaftler das Schrotstück auf und verfolgen seine Flugbahn während fünf Passagen. Diese Beobachtungen erlauben, die Vorbeifluggeometrie und die entsprechenden Unsicherheiten besser abzuschätzen und die Kollisionswahrscheinlichkeit zu ermitteln.

Die Datenanalyse der Vorbeifluggeometrie ergibt: Die Flugobjekte drohen nicht frontal, sondern seitlich mit einer Relativgeschwindigkeit von weniger als zwei Kilometern pro Sekunde aufeinander zu prallen. Letzte Berechnungen ergaben einen Vorbeiflug mit einer Gesamtdistanz von weniger als 50 Meter,

At the end of April 2013, more than 300 experts met at ESA's space operations centre in Darmstadt to discuss the space debris issue. In addition to about 1,100 active satellites, an estimated 29,000 objects larger than 10 centimetres, 750,000 objects larger than one centimetre and 150 million pieces large than 1 millimetre are hurtling around the planet, most of them at a speed of over 25,000 kilometres per hour – a dense cloud of objects that can put the future of space at a severe risk. The fact that this risk is not merely a theoretical one was demonstrated by the collision between Iridium 33, a US-American communications satellite, and an out-of-service Russian satellite, Cosmos 2251. On February 10, 2009, the two satellites crashed into each other, leaving behind a vast amount of debris floating in orbit. In fact, the collision resulted in two clouds of debris, consisting of some 2,200 larger catalogued fragments and a large number of smaller pieces that cannot be monitored from the ground. The energy of the collision expelled the fragments away from their original orbit into higher and lower orbits, thus endangering other satellites. With time, they have gradually spread out over ever larger areas of the Earth's orbit.

#### Satellites in danger

Orbiting satellites are being continuously monitored and have been, long before the 2009 crash. This also holds true for Envisat, an environmental satellite that is now inactive – one of the largest and most expensive ones ever built in Europe. It weighs eight tons and its total cost was 2.3 billion euros. Envisat is frequently threatened by close passages of debris objects. Then, on January 18, 2010, Prof. Heiner Klinkrad, the head of ESA's Space Debris Office, and his colleagues at the Darmstadt-based European Space Operations Centre, ESOC, received another conjunction warning. The defunct upper stage of a Chinese rocket weighing nearly four tons was to cross Envisat's orbit at a close distance. In order to estimate the collision probability, the team required accurate orbital data of the upper stage. Two days before the imminent event they called for help from a radar station at Wachtberg near Bonn: Germany's TIRA radar system was to assist predictions on the actual flyby distance between the satellite and the upper stage. The exact orbital data of Envisat are obviously known to ESA since ESA is its owner. Those of the Chinese rocket stage, though published in a catalogue kept by the US Strategic Command (USSTRATCOM) were not accurate enough to help avoid a collision. TIRA scientists succeeded in tracking down the object in question, and subsequently watched it during five of its overflights. The observation data were used to calculate the exact flyby geometry and estimate the uncertainties involved in the prediction of the close passage. Based on this information, the actual collision probability was calculated.

From an analysis of the flyby geometry, ESA knew that the two flying objects would not collide head-on, but pass each other laterally at a relative velocity of less than two kilometres per second. The last analysis yielded an estimated total distance of less



© ESA

Was passiert nach einer Explosion im Weltraum? Ein geostationärer Satellit fliegt mit einer Geschwindigkeit von rund 11.000 Kilometer pro Stunde. Wird er getroffen, dann bewegen sich die Splitter mit einer geringeren Geschwindigkeit. Sie bilden zunächst eine Wolke, die sich nur langsam auflöst. Die Fragmente verteilen sich nach knapp zwei Tagen und formieren sich zu einem dichten Ring im Geostationären Orbit – der Umlaufbahn mit der höchsten Satellitendichte überhaupt.



© ESA

What happens after an explosion in space? A geostationary satellite travels at a speed of about 11,000 kilometres per second. If it is hit, its pieces will travel at a somewhat lower speed. They will form a cloud which dissolves only very slowly. After two days, the fragments will have settled in a dense ring in the geostationary orbit, the area with the highest satellite traffic.

tische radiale Distanz sogar nur rund 15 Meter betrug – praktisch nichts. Das Kollisionsrisiko wird zu groß. Die ESA entscheidet sich für ein Ausweichmanöver. Das Ausweichen kostet zwar Treibstoff und somit auch Lebensdauer des Satelliten. Im Vergleich zu einer Kollision mit dem omnibusgroßen Envisat, dem damit einhergehenden Missionsverlust und den möglicherweise dramatischen Konsequenzen für die Umgebung ist das aber das geringere Übel.

### Der Kessler-Effekt

Genau hier liegt auch das Hauptproblem: Noch aktive Satelliten können Weltraumschrott ausweichen. Jedoch sind nur sieben Prozent aller Objekte, die regelmäßig vom Boden aus verfolgt werden, tatsächlich aktiv. Es können auf diese Weise also nur einige wenige Kollisionen verhindert werden. Fragmente aus Explosionen und Kollisionen steigern die Wahrscheinlichkeit für zukünftige Kollisionsereignisse. Diese werden erneut Fragmente freisetzen – eine Kettenreaktion entsteht. Eine derartige Kollisions-Kaskade könnte einige Regionen im All für zukünftige Missionen unbrauchbar machen. Dieser Effekt wurde nach dem NASA-Wissenschaftler Donald J. Kessler benannt, der bereits in den späten 70er-Jahren den Beginn eines Kollisions-Kaskaden-Effekts im Erdbit um das Jahr 2000 prognostizierte. Zusammenstöße wie die von Iridium 33 mit Cosmos 2251 scheinen Kessler Recht zu geben: Sie erzeugen tausende neue Teile, die wiederum andere Satelliten oder die Internationale Raumstation ISS gefährden. Mit solchen Zusammenstößen, bei denen große Raumfahrtobjekte vollständig zersplittern, ist nach einer aktuellen Untersuchung des Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) in etwa allen fünf bis zehn Jahren zu rechnen.

### Weltraumschrott vermeiden

Die Weltraumagenturen arbeiten daran, dass die Situation im erdnahen Weltraum nicht noch prekärer wird und Kesslers Prophezeiungen doch nicht eintreten. Die wichtigste Maßnahme ist, die Erzeugung von Weltraumschrott zu vermeiden. Ein Problem ist die lange Lebensdauer der Objekte: Ist der Schrott erst einmal im Orbit unterwegs, dauert es aufgrund der geringen Luftdichte oft mehr als 100 Jahre, bevor die Rückstände wieder in die Erdatmosphäre eintreten und dort verglühen. Auch kam es in der Vergangenheit zu Explosionen – häufig von Raketenoberstufen durch Selbstentzündung von Resttreibstoffen ausgelöst. Es müssen Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Beispielsweise kann die Lebensdauer von Satelliten durch Absenken des Orbits nach Ende ihrer Mission verringert werden. Die höhere Luftdichte in tieferen Höhen bremst das Raumfahrzeug stärker ab und führt idealerweise zum Eintritt in die Erdatmosphäre innerhalb von 25 Jahren – ein Grenzwert, den eine internationale Expertengruppe empfohlen hat. Explosionsgefahren können reduziert werden, wenn Treibstoffe nach dem Betrieb vollständig verbraucht oder abgelassen werden. Die Betreiber von Satelliten im geostationären Orbit sind dazu angehalten, ihre Objekte auf eine Friedhofsbahn zu befördern, die etwa 300 Kilometer oberhalb des geostationären Orbits liegt. Während vor zehn Jahren nur jeder dritte Betreiber seinen Satelliten in eine Friedhofsbahn befördert hat, hält sich inzwischen jeder zweite daran.

Doch solche Weltraumschrott-Vermeidungsmaßnahmen können nur Erfolg haben, wenn sie international koordiniert ablaufen. Hiermit beschäftigt sich auf internationaler, politischer Ebene

than 50 metres, with the critical radial distance being no more than 15 metres – i.e. practically nothing. The risk of a collision was too high. ESA decided to go for an avoidance manoeuvre, although this would cost fuel and reduce the satellite's operational lifetime. Compared to the financial consequences of a total loss of the mission and the potentially dramatic environmental impact, this was definitely the lesser evil.

### The Kessler effect

This is the root cause of the problem: as long as a satellite is actively controlled, a single piece of debris can be evaded. However, only 7 per cent of all objects that are regularly monitored from ground are actually under control. Hence, only a few collisions can be prevented in this way. Fragments of break-ups and collisions will increase the likelihood for future collision events. These, in turn, will again generate new fragments – a chain reaction sets in. Such a collisional cascade threatens to render some regions of space unusable for future spaceflight activities. This effect was named after the NASA scientist Donald J. Kessler who predicted as early as in the late seventies that a cascade of collisions between space objects in the near-Earth orbit would start around the year 2000. Collisions like that of Iridium 33 with Cosmos 2251 seem to prove Kessler right. Such collisions generate thousands of new pieces which will endanger other satellites or put the International Space Station ISS at risk. According to a current study published by the Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC), such collisions in which a large space object fragments into pieces are to be expected every five to ten years.

### Space Debris Mitigation

In an effort to avert the perils of Kessler's prophesy, space agencies are working to prevent the situation in the near-Earth orbit from getting even more precarious. The most important first step is to avoid creating even more debris. One problem here is the longevity of space debris. Given the low air density, it can take more than 100 years before an object orbiting the Earth or its remnants will re-enter the atmosphere and burn up. Another issue is the hazard of in-orbit explosions, often caused by the self-ignition of residual fuel left in upper rocket stages. Action is called for. For example, it would be possible to reduce a decommissioned satellite's time in space by lowering its orbital altitude once the mission has ended. The higher air density at lower altitudes will decelerate the spacecraft at a much faster rate, ideally leading to a re-entry into the atmosphere within 25 years – a limit for the orbital lifetime that has been specified by a group of international experts. To lower the risk of explosions, fuel must be either used up or completely drained from the tank after operations. The operators of geostationary satellites are required to manoeuvre their satellites to a graveyard orbit about 300 km above the geostationary orbit. While ten years ago only every third operator sent his satellites to that orbit, meanwhile every second operator follows this voluntary guideline.

Space debris mitigation measures can only work if they are internationally coordinated. At a political level, this matter is handled by the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UN COPUOS). Another body called the Inter-

das United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UN COPUOS). Außerdem wurde das IADC ins Leben gerufen, um gemeinsam mit heute zwölf Raumfahrtagenturen an Forschungsprojekten zu Weltraummüll zu arbeiten und geeignete Maßnahmen zum Schutz des Orbits zu entwickeln.

### Es ist an der Zeit, aufzuräumen

Der Ernst der Lage wurde von den Raumfahrtagenturen erkannt. Trotz allem werden Vermeidungs-Maßnahmen nicht ausreichend sein, um das Einsetzen des Kessler-Effekts verlässlich zu unterdrücken. Deshalb wurden in Darmstadt auch viele technische Ansätze diskutiert, um Weltraumschrott aktiv zu entfernen. Man muss große Satelliten und Oberstufen aus dem Orbit entfernen, da diese wie Zielscheiben sind: Werden sie getroffen, entstehen tausende neue Trümmer. Rendezvous-Missionen könnten an dem zu entsorgenden Satelliten oder an der Oberstufe andocken und ein Deorbit-Kit fixieren, das den Objekten einen großen Schub verleiht und sie so in die Atmosphäre befördert. Andere Konzepte sehen vor, Satelliten mit einem Netz oder einer Art Harpune einzufangen und dann verbunden mit einem langen Abschleppseil kontrolliert in die Erdatmosphäre zu schleppen. Ausgediente kleinere Satelliten könnten mit speziell ausgestatteten, ionengetriebenen Raumfahrzeugen angeblasen und durch diesen künstlichen Luftwiderstand abgebremst werden. Diese Aufgabe könnte auch ein großes Segel oder ein Ballon übernehmen, der an einem Satelliten angebracht wird. Einmal entfaltet, erhöht deren Fläche den Luftwiderstand und verkürzt dadurch die Aufenthaltsdauer des Satelliten in der Umlaufbahn. Alle Projekte sind aber noch in einer Untersuchungsphase und noch nicht getestet.

### Neue Konzepte für die Zukunft

Das DLR Raumfahrtmanagement hat erste Schritte in diese Richtung unternommen und die Deutsche Orbitale Servicing Mission (DEOS) ins Leben gerufen. DEOS erprobt und verifiziert die nötige Technologie, um die Lebenszeiten von Satelliten zu verlängern und um große nicht-kooperierende Objekte aus der Umlaufbahn zu entfernen. Ein Wartungssatellit soll unkontrollierbare Satelliten sicher anfliegen und einfangen. Ist der havarierte Zielsatellit angekoppelt, kann der Service-Satellit an diesem Inspektionen, Wartungs- und Reparaturarbeiten durchführen oder, falls eine Instandsetzung nicht mehr möglich ist, einen kontrollierten Wiedereintritt über unbewohnten Gebieten herbeiführen.

Sowohl die Steuerung als auch das Andock-Manöver stellen hohe Anforderungen an die Technik: Der Service-Satellit muss sich dem unkontrolliert fliegenden Zielsatelliten bis auf kurze Distanz annähern, den taumelnden Satelliten mit einem Roboterarm sicher greifen und andocken. Für diese Aufgabe wird der Arm mit einem Greifer, einer Stereokamera inklusive Beleuchtung und einem Hochgeschwindigkeitsdatenbus ausgestattet. Der Service-Satellit muss schließlich in der Lage sein, elektrische Kontakte bis hin zu komplexen Datenverbindungen herzustellen. Ist eine Reparatur nicht möglich, so soll der ausgediente Satellit zumindest aus dem Erdbit entfernt werden, in die Erdatmosphäre eintauchen und dabei verglühen. Systemlösungen, um havarierte Satelliten aus den überfüllten Umlaufbahnen zu bergen, fehlen bislang. Das Projekt DEOS soll hier Abhilfe schaffen. Derzeit laufen die notwendigen Missionsvorbereitungen für den für Ende 2017 geplanten Missions-Start.

Nach rund 5.000 Raketenstarts seit Beginn des Raumfahrt-Zeitalters ist viel Müll im Weltraum zurückgeblieben. Rund 6.500 Tonnen Weltraumschrott umkreisen unseren Planeten. 65 Prozent der katalogisierten Objekte stammen aus rund 240 Explosionen und mehr als zehn Kollisionen. Die Experten schätzen die Zahl der Trümmer größer als zehn Zentimeter auf 29.000, Teile größer als ein Zentimeter auf 670.000 und Fragmente größer als ein Millimeter auf 170 Millionen.

After about 5,000 rocket launches since the beginning of the space age, a lot of unwanted material has been left floating in space. There are about 6,500 tons of debris orbiting our planet. 65 per cent of the catalogued objects stem from some 240 explosions and more than ten collisions. Experts estimate 29,000 fragments to be there measuring ten centimetres and more, 670,000 objects larger than one centimetre, and 170 million pieces larger than one millimetre.

Agency Space Debris Coordination Committee was put in place to commission research projects and develop suitable action plans to protect the Earth's orbits in collaboration with, currently, twelve space agencies.

### Time to clean up

Space organisations have understood how serious the matter is. Yet, mitigation measures alone will not be enough to definitely suppress the setting in of the Kessler effect. This is why experts at the Darmstadt meeting discussed many technical options of actively removing the debris. What should be tackled first is large debris, intact satellites and upper rocket stages, since these are the most likely collision targets for smaller objects. Once hit, they break apart and produce thousands of new pieces of debris. Rendezvous missions could approach a defunct satellite or rocket stage, attach a de-orbiting kit, which will give the object a big push that will see it off into the atmosphere. Another concept would be to catch a satellite with a kind of fishing net or a harpoon and then, in a controlled manner, tow it into the atmosphere on a long tether. Smaller defunct satellites could be nudged downwards by a specially equipped ion-propelled spacecraft impinging its beam at the target, and then left to be decelerated by the air drag. The same effect could also be reached by attaching a large sail or a balloon to the satellite. Once unfolded, its large surface would increase the air drag and thus shorten the satellite's time in orbit. All these methods, however, are still only under investigation and none of them has yet been tested.

### New concepts for the future

DLR Space Administration has taken first steps towards mitigation by initiating a mission called DEOS (German Orbital Servicing Mission). The purpose of DEOS is to demonstrate and verify technology for the prolongation of the service life of satellites and for the removal of large uncooperative objects from orbit. A servicer satellite is to safely approach and capture a non-cooperating spacecraft. As soon as the broken-down target satellite is firmly attached, the servicing platform can carry out inspections, maintenance and repair work, or perform a controlled de-orbit into uninhabited ocean areas in cases where the spacecraft could not be recovered.

Providing proper control technology and carrying out such docking manoeuvres are a huge technological challenge. The servicing satellite must be able to approach the uncontrollable target satellite to a close distance, then securely grip the tumbling satellite with its robotic arm, and complete the rendezvous. For this purpose, the arm will be fitted with a gripper, a stereo camera complete with a light source, and a high-speed data bus. After all, the service satellite must be able to do anything from a simple electrical contact to a complex data connection. If the satellite is beyond repair, the least thing that can be done is to de-orbit it and make it re-enter the Earth's atmosphere to burn up. So far there are no systematic solutions as to how to salvage broken-down satellites in the overcrowded orbits. The DEOS project is to fill that gap. Mission preparations are under way now, and the start of the mission is scheduled for late 2017.

# Herschel

Erfolgreiches Teleskop geht in den Ruhestand

Von Dr.-Ing. Christian Gritzner und Dr. Albrecht Poglitsch

Am 29. April 2013 ging nach fast vier Jahren die Betriebsphase der ESA-Mission Herschel planmäßig zu Ende. Hauptaufgabe des Weltraumteleskops und seiner Schwestersonde Planck war die Beobachtung des Weltraums im bislang kaum erforschten Mikrowellen- und Submillimeter-Bereich (siehe COUNTDOWN 9). Herschel blickte so in den Kreißaal des Universums und lieferte Daten zur Geburt von Sternen. Dafür mussten Instrumentenoptik und Sensoren mit 2.300 Liter flüssigem Helium auf Temperaturen knapp über dem absoluten Nullpunkt heruntergekühlt werden. Weil dieses Edelgas in der ersten Kühlstufe langsam verdampft und nach der letzten Kühlstufe in den Weltraum entweichen musste, ist es nun vollends aufgebraucht worden, wodurch die aktive Missionsphase nun beendet ist. Der Start von Herschel und Planck auf einer Ariane 5 ECA Trägerrakete fand am 14. Mai 2009 vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou statt. Das 7,50 Meter hohe und 3,4 Tonnen schwere Infrarot-Teleskop Herschel wurde in eine Umlaufbahn um den Lagrange-Punkt 2 in rund 1,5 Millionen Kilometer Entfernung von der Erde gebracht.

## Herschel

Successful Telescope Retired

By Dr.-Ing. Christian Gritzner and Dr Albrecht Poglitsch

On April 29, 2013, the operational phase of ESA's Herschel mission ended on schedule after almost four years. The key task of the space telescope and its sister satellite, Planck, was to observe the Universe in the microwave and sub-millimetre ranges that had hardly been explored before (see COUNTDOWN 9). Looking right into the labour ward of the Universe, Herschel supplied data on the birth of stars. To achieve the necessary sensitivity, its optical systems and sensors needed to be cooled to almost absolute zero by – initially – 2,300 litres of liquid helium. Because this noble gas had to evaporate slowly in the first cooling stage and, finally, escape into space after the last cooling stage, reserves are now exhausted completely, so that the active phase of the mission has now ended. Herschel and Planck were launched by an Ariane 5 ECA from the European space port of Kourou on May 14, 2009. 7.5 metres long and weighing 3.4 tons, the Herschel infrared telescope was put into an orbit around the second Lagrangian point at a distance of around 1.5 million kilometres from Earth.

Herschel beobachtete den Rosette Nebel. In diesem 5000 Lichtjahre entfernten Gebiet entstehen Sterne. Diese als helle Punkte erkennbaren Protosterne sind rund 10-mal schwerer als unsere Sonne.

Star-gazing in the Rosette nebula. Located about 5,000 light-years from Earth, this is an area where stars are born. Herschel spotted these proto-stars, visible as bright spots, which are about ten times heavier than our Sun.



Autoren: **Dr.-Ing. Christian Gritzner (l.)** ist in der Abteilung Extraterrestrik im DLR Raumfahrtmanagement zuständig für die deutschen Beteiligungen an den ESA-Missionen Herschel, MarsExpress und JUICE. **Dr. Albrecht Poglitsch** arbeitet am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik und ist der „Principal Investigator“ für das PACS-Instrument auf Herschel.

Authors: **Dr.-Ing. Christian Gritzner (l.)** works for the DLR Space Administration's Space Science Programme. He is in charge of Germany's participation in the ESA missions Herschel, MarsExpress, and JUICE. Working at the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, **Dr Albrecht Poglitsch** is the principal investigator for the PACS instrument on Herschel.

Insgesamt arbeitete Herschel hervorragend und konnte große Mengen Beobachtungsdaten zur Erde senden. Einziger Wermutstropfen war der zeitweilige Ausfall des Spektrometers HIFI zu Beginn der Mission. Kosmische Strahlung verursachte einen Speicherfehler, der zu einer Notabschaltung von HIFI führte, wobei ein Bauteil beschädigt wurde. Da die komplette Elektronik-Kette aus Sicherheitsgründen doppelt vorhanden war, konnte HIFI nach einer Fehleranalyse und Software-Optimierung mit der Reserve-Elektronik wieder in Betrieb genommen werden. Beobachtungszeit ging dabei nicht verloren: Die anderen beiden Instrumente PACS und SPIRE nutzten die Zeit für eigene Messungen und gaben HIFI dafür später wieder Beobachtungszeit zurück.

### Aufgabenteilung unter Geschwistern

Während Planck den gesamten Himmel in einem angrenzenden Wellenlängenbereich mehrfach aufnahm, beobachtete Herschel ausgewählte Bereiche des Himmels in höherer Auflösung, so zum Beispiel Galaxien, Sternentstehungsgebiete, aber auch Planeten und Kometen in unserem Sonnensystem. Dadurch konnte eine enorme Datenmenge in bislang ungekannter Detailtiefe gewonnen werden.

Die wissenschaftlichen Instrumente an Bord von Herschel und Planck waren so ausgelegt, dass sie zwar unterschiedliche Wellenlängenbereiche erfassen, sich jedoch im Grenzbereich ein klein wenig überdeckten. Dank dieser Überlagerung können die Messdaten beider Sonden abgeglichen und wie ein Puzzle aneinandergesetzt werden. Was sich zunächst einfach anhört, ist in der Realität allerdings ein enormer Aufwand.

### Blick in ein verborgenes Universum

In den fast vier Jahren Betrieb hat Herschel einen neuen Blick auf ein verborgenes Universum geworfen. Mit seinen Instrumenten schaute es in verschiedenen Wellenlängen durch Staub- und Gaswolken. Das erlaubte auch Aufnahmen durch Nebel hindurch, die etwa im optischen Bereich des Lichts undurchdringlich sind. So hat Herschel eine große Zahl neuer Entdeckungen gemacht, einige Theorien bestätigt und andere widerlegt.

Die Raumsonden Herschel und Planck wurden unter Leitung der ESA entwickelt, woran sich Deutschland mit fast 22 Prozent der Kosten beteiligte. Da diese beiden Missionen eng miteinander verbunden waren, wurden sie bei ESA als ein Projekt geführt und finanziert. Aufgrund des nationalen Rückflusses erhielt die deutsche Raumfahrtindustrie nach einer Ausschreibung durch die ESA rund 22 Prozent der Aufträge zur Entwicklung und Fertigung der beiden Weltraumteleskope. Beteiligt waren hieran unter anderem EADS Astrium, Linde, Teldix, EADS Eurocopter, EADS Space Transportation, Kayser-Threde, IABG sowie ETS, Phoenix, Rembe, RWE, BOC Edwards, Cryovac, Stoehr, Terma, Vitrociset und Zeiss.

Die Entwicklung der Messinstrumente auf Herschel und Planck erfolgte durch die beteiligten ESA-Mitgliedstaaten. In Deutsch-

All in all, Herschel did an excellent job, sending observation data to Earth in large quantities. The only glitch was the temporary failure of the HIFI spectrometer at the beginning of the mission. Cosmic radiation caused a memory malfunction which led to an emergency shutdown of HIFI, by which a component was damaged. As the entire electronic chain had been redundant for safety reasons, HIFI was able to start operations again after fault analysis and software repair, using the backup electronics. No observation time was lost: the other two instruments, PACS and PIRE, used the time to conduct other measurements, returning observation time to HIFI later on by way of compensation.

### Shared duties among siblings

While Planck produced images of the entire firmament several times in an adjacent wavelength range, Herschel made high-resolution observations of selected sectors, such as galaxies and star nurseries as well as planets and comets in our own solar system. The end result was an enormous volume of data in unprecedented depth of detail.

The scientific instruments on board Herschel and Planck were designed to scan different wavelength ranges, which, however, overlapped a little at the boundaries. This superposition enables scientists to match the data of the two probes against each other and put them together like a puzzle. This may look simple at first glance, but it involves an immense effort in reality.

### A glimpse of a hidden universe

In its almost four years of operation, Herschel has taken a fresh look at a hidden universe, using its instruments to peep through clouds of dust and gas at various wavelengths. It was even able to take images of the interior of nebulae which are entirely impenetrable in the optical range of light. Thus, Herschel made a large number of new discoveries, confirming some theories and confounding others.

The Herschel and Planck space probes were developed under the direction of ESA, with Germany contributing almost 22 per cent of the cost. As the two missions were closely connected, ESA managed and financed them as a single project. In a public tender process, ESA awarded around 22 per cent of the orders relating to the development and construction of the two space telescopes to the German space industry. Participating companies included EADS Astrium, Linde, Teldix, EADS Eurocopter, EADS Space Transportation, Kayser-Threde, IABG, ETS, Phoenix, Rembe, RWE, BOC Edwards, Cryovac, Stoehr, Terma, Vitrociset, and Zeiss.

The measuring instruments on board Herschel and Planck were developed by participating ESA member states. In Germany, the DLR Space Administration used funds of the Federal Ministry of Economics and Technology to support the development and operation of two of Herschel's scientific instruments, PACS and HIFI. Germany was not actively involved in the third instrument, SPIRE.

land förderte das DLR Raumfahrtmanagement aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie die Entwicklung und den Betrieb der zwei wissenschaftlichen Herschel-Instrumente PACS und HIFI – am dritten Instrument SPIRE war Deutschland nicht aktiv beteiligt.

PACS wurde als sogenanntes PI-Instrument (PI – Principal Investigator) federführend durch das Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching mit Beteiligung des Max-Planck-Instituts für Astronomie (MPIA) in Heidelberg entwickelt. Unteraufträge erhielten Kayser-Threde, ASTEQ und die Carl Zeiss AG. Bei HIFI waren die Universitäten Köln, Bonn und das Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) in Katlenburg-Lindau beteiligt. Zudem übernahm Deutschland den größten Anteil am Instrument Control Center (ICC) für PACS, das den Betrieb des Instruments während der Mission sicherstellte, und beteiligte sich am ICC für HIFI.

An die aktive Betriebsphase, schließt sich eine mehrjährige Datenaufbereitungs- und Archivierungsphase an. Die gewonnenen Daten werden nachkalibriert und zur Nutzung so aufbereitet, dass die internationale Wissenschaftsgemeinschaft noch lange Zeit auf sie zurückgreifen und Erkenntnisse daraus gewinnen kann.

### Herschel macht neuen Satelliten Platz

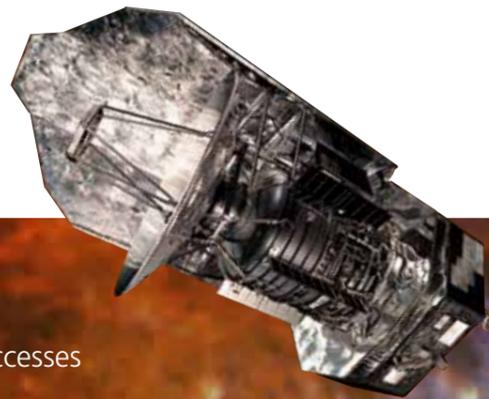
Kurz vor Missionsende herrschte eine leichte Unsicherheit über das genaue Enddatum der aktiven Betriebsphase. Man konnte zwar den Heliumverbrauch während der Mission sehr genau ermitteln. Allerdings hatte man keine exakte Angabe über den Füllstand des Helium-Tanks beim Start, da aus diesem während des Countdowns und Starts eine unbekannte Menge Helium verdampfte und somit für die Mission verloren ging. Die Ariane 5 hob allerdings planmäßig zu Beginn des Startfensters ins Weltall ab, so dass nur sehr wenig Helium verloren ging. Konservative Schätzungen wurden zur Freude der Wissenschaftler um rund fünf Wochen übertroffen, in denen der Forschungsbetrieb des Teleskops erfolgreich weiterlief.

The development of PACS, a so-called PI instrument (PI: Principal Investigator), was co-ordinated by the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) in Garching in collaboration with the Max Planck Institute for Astronomy (MPIA) in Heidelberg as well as with partner institutes from all over Europe. Sub-contracts were awarded to Kayser-Threde, ASTEQ, and Carl Zeiss AG. The universities of Cologne and Bonn as well as the Max Planck Institute for Solar System Research in Katlenburg-Lindau participated in the development of HIFI. Furthermore, Germany paid most of the expense for the PACS Instrument Control Centre (ICC) which ensures the instrument's operation during the mission, besides contributing to the HIFI ICC.

The phase of active operation will be followed by a data processing and archiving phase that will take several years. The data that have been gathered will be re-calibrated and processed so that the international science community will be able to use them for a long time as a reference database for new discoveries.

### Herschel makes room for new satellites

Shortly before the end of the mission, there was some uncertainty as to when the phase of active operation would end exactly. While it was possible to determine the consumption of helium very precisely during the mission, there was no precise information about the level of helium left in the tank after the launch, because during the countdown and the launch itself, an unknown quantity of helium had evaporated and been lost to the mission. However, Ariane 5 lifted off on schedule at the beginning of the launch window, so that only very little helium was actually lost. Scientists were happy to note that their conservative estimates were exceeded by around five weeks in which the telescope's research operations continued successfully.

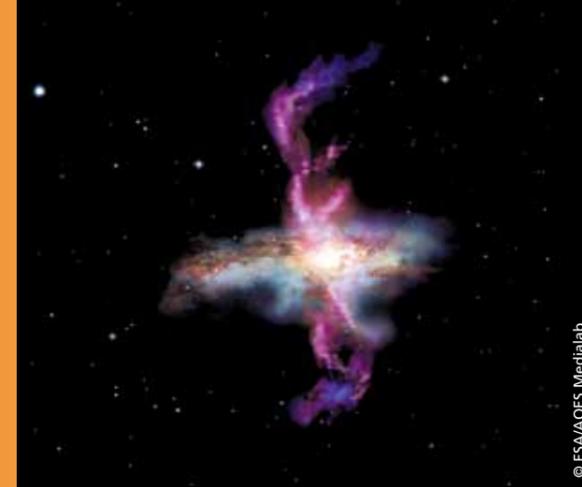


## Wissenschaftliche Erfolge

- In der Frühzeit des Universums bildeten Galaxien mehr neue Sterne als heute. Diese frühen Sternengeburten sind nicht etwa das Resultat einer höheren Kollisionsrate der Galaxien. Diese Sterne entstanden hauptsächlich, weil ihnen sehr viel „Baumaterial“ in Form von Gasen zur Verfügung stand. Dank der bislang unerreichten Auflösung der kosmischen Infrarot-Hintergrundstrahlung in ihrem zentralen Wellenlängenbereich konnte Herschel hier Licht ins Dunkel bringen.
- In unserer eigenen Galaxie – der Milchstraße – hat Herschel ein Geflecht von Filamenten entdeckt. Diese verdichteten Materieschläuche sind offensichtlich eine Voraussetzung dafür, dass überhaupt Sterne entstehen können. Denn Herschel konnte nur in diesen Filamenten sogenannte „Cores“ – eine Vorstufe von Sternen – finden. Nur sie erlauben, dass sich die Materie überhaupt weiter zu Protosternen verdichten kann. Erstmals gelang auch die Bestimmung der Masseverteilung solcher „Cores“. Die Wissenschaftler stießen dabei auf eine ähnliche Verteilung wie bei „fertigen“ Sternen. Die Masse der Sterne scheint also bereits durch die Zusammensetzung des Gases als Baumaterial der Sterne vorbestimmt zu sein, welche in einem komplizierten Wechselspiel aus Turbulenz, Magnetfeldern und Gravitation festgelegt wird.

## Scientific successes

- In earlier epochs of the universe, galaxies used to form more new stars than they do today. However, these early star births are not the result of a higher collision rate between galaxies. These stars were mainly born because a great deal of 'building material' in the form of gas was available. Thanks to its unique ability to resolve the cosmic infrared background radiation in its central wavelength range, Herschel was able to shed some light on the darkness.
- In our own galaxy, the Milky Way, Herschel has discovered a mesh of filaments. Apparently, these tubes of condensed matter are indispensable if a star is to be born. For it was only within these filaments that Herschel was able to find so-called cores – star embryos. Only they enable matter to condense in the first place. Another first was Herschel's success in determining the mass distribution within such cores, which was found to resemble that prevailing in 'finished' stars. It appears, therefore, that the mass of a star is pre-determined by the way in which gas, the material of which it is made, is fragmented in a complex interplay of turbulences, magnetic fields, and gravitation.

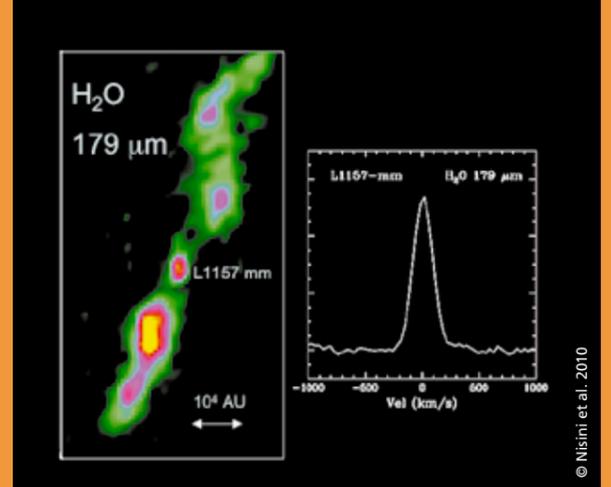


Herschel hat Gasstürme entdeckt, die mit 1.000 Kilometern pro Sekunde, also 10.000 Mal schneller als irdische Stürme, von Galaxien wegströmen. Dadurch verlieren Galaxien „Baumaterial“ für neue Sterne, so dass die Bildung von Sternen nach einigen Millionen Jahren zum Erliegen kommen kann. Die in dieser Zeichnung dargestellten Gasströme entsprechen einem Verlust der 1.200 fachen Sonnenmasse pro Jahr.

Herschel discovered gas storms emanating from galaxies at a speed of 1,000 kilometres per second, 10,000 times faster than storms on Planet Earth. This is how galaxies lose some of their 'building material' from which new stars can form, which means that the formation of new stars may end after a few million years. The gas flows shown in this illustration correspond to a loss of 1,200 times the mass of our Sun per year.

Nach der Betriebsphase wird das Teleskop Herschel in einer Umlaufbahn um die Sonne geparkt, um den Lagrange-Punkt 2 für nachfolgende Missionen frei zu geben. Erst dann wird diese erfolgreiche Wissenschaftsmision definitiv beendet sein. Zuvor gab es Überlegungen, das Teleskop gezielt auf den Mond stürzen zu lassen, um Wassereis in den Polregionen aufzuwirbeln oder zu verdampfen. Die ESA hatte sich aber dagegen ausgesprochen, da dieses Manöver recht aufwändig gewesen wäre und der Erfolg fraglich war. Man hat sich schließlich aus Sicherheitsgründen dafür entschieden, Herschel in eine Sonnenumlaufbahn zu lenken.

- Herschel konnte feststellen, dass Schwarze Löcher im Zentrum von Galaxien riesige Gasmengen aus der Galaxie heraus „blasen“. Sie stoppen so die Sternentstehung, weil dann nicht mehr genügend Materie für deren Entwicklung zur Verfügung steht. Schwarze Löcher verdichten und erhitzen durch ihre starke Anziehungskraft Gas und Staub in ihrer unmittelbaren Umgebung extrem, so dass diese Materie Strahlung abgibt. Der entstandene Strahlungsdruck „bläst“ dann weiter entferntes Gas vom Galaxienzentrum fort.
- Wasser – wie wir es als Grundvoraussetzung für Leben von der Erde kennen – ist prinzipiell überall im Universum vorhanden ist. Das konnte Herschel zeigen, in dem das Teleskop Wasser im prästellaren Kern L1544 nachweisen konnte, aus dem sich ein neues Sonnensystem formt. Die vorhandene Menge wird auf eine Masse von rund 2.000 Erdozeanen geschätzt. Nach chemischen Modellen kann sie sogar bei drei Millionen Erdozeanen liegen.
- In der Jupiter-Atmosphäre konnte Herschel Wasserdampf nachweisen, der zum Großteil vom Kometen Shoemaker-Levy-9 (SL9) stammt. Dessen Bruchstücke drangen 1994 in die Jupiter-Atmosphäre ein. SL9 war ein Jahr zuvor nahe am größten Planeten unseres Sonnensystems vorbei geflogen und durch dessen Gezeitenkräfte in über 21 Teile zerbrochen, die auf eine Kollisionsbahn umgelenkt wurden. Alle Einschläge fanden damals auf der Südhalbkugel statt – genau dort, wo Herschel eine stark erhöhte Wasserdampf-Konzentration nachweisen konnte.



Diese PACS-Aufnahme zeigt die Verteilung von Wasser um den jungen sonnenähnlichen Stern L1157. Gut zu erkennen ist der Ausstoß von Materie in entgegengesetzte Richtungen. Das Diagramm zeigt die Geschwindigkeiten der Gasemissionen in Bezug zur großen ruhenden Masse des Sterns in der Mitte.

This PACS image shows how water is distributed around the adolescent, Sun-like star L1157. Notice the clearly visible expulsion of matter in opposite directions. The diagram illustrates the velocity of gas expansion in relation to the large, steady mass of the star in the centre.

After the end of the operating phase, the Herschel telescope will be parked in an orbit around the Sun so that the second Lagrangian point can be occupied by subsequent missions. Only then will this successful science mission be definitely over. Previously, it had been suggested to crash the telescope deliberately on the Moon in order to blow up or vaporise water particles in the polar region. However, ESA objected because the manoeuvre would have been quite elaborate and its success was questionable. It was for safety reasons, then, that it was decided to direct Herschel into a solar orbit.

# GREAT

## Teil 2: Neue Zutaten in der Ursuppe des Universums

Von Dr. Dietmar Lilienthal

**Wie entstehen und vergehen Sterne? Um diese Frage zu beantworten, muss man vor allem die Materie zwischen den Sternen beobachten – das sogenannte Interstellare Medium. Hier tummeln sich geladene Teilchen, Atome, Moleküle sowie Staubkörner, die miteinander reagieren. Um diesen galaktischen Mix und seine Phänomene zu verstehen und somit mehr über die Entstehungsgeschichte von Sternen zu erfahren, beobachtet der German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies (GREAT) die Vorgänge im Interstellaren Medium. GREAT ist ein moderner Empfänger für Infrarot-Astronomie, der auf der fliegenden Sternwarte SOFIA, einem Kooperationsprojekt zwischen dem DLR und der NASA, zum Einsatz kommt. Aus rund zwölf bis 14 Kilometern Höhe lässt er den störenden Wasserdampf unter sich und blickt so mit Hilfe des auf SOFIA montierten 2,7-Meter- Teleskops direkt in die Sternentstehungsgebiete. Der Empfänger mit seiner hohen spektralen Auflösung hat viele Daten gesammelt, die uns einen Einblick in die Lebensgeschichte von Sternen erlauben. In einer vierteiligen Artikelserie sind wir mit dem deutschen Instrument der Geburt und dem Tod im Weltall auf der Spur.**

## GREAT

### Part 2: New Ingredients in the Primordial Soup of the Universe

By Dr Dietmar Lilienthal

**How are stars born, and how do they pass away? To answer that question, we must begin with observing the space between the stars, the so-called interstellar medium. This is where charged particles, atoms, molecules, and grains of dust romp about and react with each other. To enable us to understand this galactic mix and its various phenomena and learn more about the evolutionary history of stars, the German Receiver for Astronomy at Terahertz Frequencies (GREAT) watches what is happening in the interstellar medium. GREAT is an advanced infrared astronomy receiver deployed on SOFIA, the flying observatory – a cooperation between DLR and NASA. Travelling at an altitude of around 12 to 14 kilometres, beyond the reach of water vapour, it uses SOFIA's 2.7-metre telescope to look directly into star nurseries. With its high spectral resolution, the receiver has collected a large volume of data that give us an insight into the life history of the stars. In a series of four articles we will present some of the clues we have gathered about birth and death in space with the aid of this German-built instrument.**



Autor: **Dr. Dietmar Lilienthal** ist Physiker und Astronom und in der Abteilung Extraterrestrik im DLR Raumfahrtmanagement. Während der Gründung des Deutschen SOFIA-Instituts (DSI) und dem Aufbau des SOFIA-Betriebszentrums des NASA Dryden Flight Research Centers in Südkalifornien war er Projektleiter und betreut weiterhin die deutschen SOFIA-Instrumente.

Author: **Dr Dietmar Lilienthal** is a physicist and an astronomer, working at the Space Research unit of DLR Space Administration. He was in charge as SOFIA project coordinator when the German SOFIA Institute (DSI) was founded and when a SOFIA operating centre was set up at NASA's Dryden Flight Research Center in Southern California. He still supervises Germany's instruments and their scientific operation on SOFIA.

Der Raum zwischen den Sternen ist nicht leer, sondern gefüllt mit geladenen Teilchen, Atomen, Molekülen und Staubkörnern. In der ursprünglichen Zusammensetzung gab es noch keine schweren Elemente, nur leichte Atome wie Wasserstoff. Schwere Elemente wie zum Beispiel Sauerstoff, Kohlenstoff oder Stickstoff wurden erst durch extreme Energie bei einer Kernfusion geboren. Strahlung von Sternen, stellare Explosionen, Gravitationseffekte und Magnetfelder nehmen also Einfluss auf diesen galaktischen Mix – das sogenannte Interstellare Medium (ISM). Seine Bedeutung für die Entwicklung der Galaxien ist enorm, denn hier werden Sterne geboren. In dieser Ursuppe des Universums und der Galaxien finden sich die Staubkörner und organischen Moleküle, aus denen später Planeten und Leben entstehen können. Bis heute gibt es jedoch noch viele ungelöste Fragen zur Struktur und Entwicklung des ISM. Daran soll das deutsche Instrument GREAT nun etwas ändern.

Für Astronomen ist es schwer, direkte Informationen über die Orte der Sternentstehung in den Molekülwolken zu erlangen, da das Interstellare Medium für das Licht kurzer Wellenlängen undurchsichtig ist. Mit GREAT lässt sich jedoch die infrarote Strahlung der Quellen im Innern der Molekülwolken beobachten, da sie vom Staub nur wenig aufgehalten wird. In vielen Fällen werden die ausgesendeten Spektrallinien der heißen Quellen von den kühlen Molekülwolken im Vordergrund wieder absorbiert. Diese Absorption zeigt sich als Linieneinsenkung in den Spektren des interstellaren Mediums (zur Absorption und Selbstabsorption siehe Ausgabe 21 der COUNTDOWN). Auf diese Weise haben Wissenschaftler erstmals neue Zutaten in der Interstellaren Materie nachgewiesen. Mit GREAT wurden etwa zwei Dutzend verschiedene Forschungsvorhaben durchgeführt und zahlreiche Objekte auf ihre Struktur, Bewegung und Zusammensetzung hin untersucht. So spürte GREAT zum ersten Mal zwei leichte Hybride im Interstellaren Gas auf: Sulfonyl und Deuteriertes Hydroxyl. Diese beiden Zutaten enthalten Wasserstoff, Sauerstoff und Schwefel. Damit sind sie die Anfangsprodukte chemischer Netzwerke, die wiederum für die Entstehung komplexer Moleküle verantwortlich sind – Moleküle, aus denen Leben entstehen kann.

### Schwefelwasserstoff im Überfluss

Bisher wurden im Weltall circa 170 mehr oder weniger komplexe Moleküle gefunden. Nun wurde erstmals das interstellare Sulfonyl mit GREAT nachgewiesen. Das Licht stammt von W49N – eine der leuchtkräftigsten Regionen aktiver Sternentstehung in der galaktischen Ebene, die rund 37.200 Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Weil die angeregten Zustände des Sulfonyls zu kurzlebig sind, befindet es sich nahezu vollständig im Grundzustand. Geht das Molekül allerdings vom angeregten Zustand in den Grundzustand über, bildet sich unter anderem Schwefelwasserstoff – eine Zutat der frühen Erdatmosphäre. Bei ihren Beobachtungen stießen die Forscher auf eine echte Überraschung: Es entsteht etwa 100-mal mehr Schwefelwasserstoff im Interstellaren Medium als durch die Phasenübergänge des Sulfonyls eigentlich freierwerden dürfte. Um dieses neue Rätsel für die Ast-

Space between the stars is not empty; rather, it is full of charged particles, atoms, molecules, and grains of dust. That mix, in its original composition, contained no heavy elements as yet, but only light atoms like hydrogen. The heavier elements, such as oxygen, carbon, and nitrogen, only came into being through the extreme energy of nuclear fusion. The galactic mix – called the interstellar medium (ISM) – is influenced by the radiation emitted by stars, stellar explosions, gravitational effects, and magnetic fields. The ISM is of enormous significance for the development of galaxies, for it gives birth to stars. It is in this primordial soup of the universe and its galaxies that we find the dust grains and organic molecules from which planets and life can evolve. To this day, however, there are still many open questions about the structure and evolution of the ISM. An instrument built in Germany, GREAT, is about to answer some of them.

Astronomers have difficulties obtaining direct information about the places where stars are born in molecular clouds because the interstellar medium is impenetrable to light in short wavelengths. GREAT, however, is able to observe the infrared radiation emitted by sources in the interior of molecular clouds because infrared radiation is not held up by dust. In many cases, the spectral lines emitted by hot sources are re-absorbed by cool molecular clouds in the foreground. The effect of such absorptions is a dip in the spectral lines of the interstellar medium (about absorption and self-absorption, see COUNTDOWN 21). For the first time now, scientists have identified new ingredients in the interstellar matter. With the help of GREAT, they carried out about two dozen different research projects, investigating the structure, motion, and composition of numerous objects. Thus, for example, GREAT has tracked down two light hybrids in the interstellar gas for the first time: sulfonyl and deuterated hydroxyl. These two ingredients contain hydrogen, oxygen, and sulphur. This makes them precursor products for further chemical networks which, in turn, are responsible for the evolution of complex molecules – molecules that can give birth to life.

### Abundance of hydrogen sulphite

So far, about 170 more or less complex molecules have been identified in the interstellar space. GREAT recently detected the presence of interstellar sulfonyl for the first time. The light came from W49N: situated in the galactic plane at a distance of about 37,200 light-years from Earth, this is one of the brightest regions of active star birth. Because sulfonyl in its excited state is very short-lived, almost all of it is in the normal state. However, when the molecule changes from the excited to the normal state, one of the substances that form in the process is hydrogen sulphite – one of the ingredients of the early terrestrial atmosphere. In the course of their observations, researchers were well and truly surprised to find that the interstellar medium produces about 100 times more hydrogen sulphite than could theoretically be released by the phase changes of sulfonyl. To solve this new astrophysical riddle, GREAT will now look for other sources of hydrogen sulphite.

Die fliegende Sternwarte SOFIA im Mondlicht während eines Aufenthalts in der kalifornischen Mojave Wüste

The flying observatory SOFIA in the light of a full moon shining over California's Mojave Desert

rophysik zu lösen, soll GREAT nun nach weiteren Quellen von Schwefelwasserstoff Ausschau halten.

**Wasser – Quelle des Lebens**

In Sternentstehungsgebieten findet man häufig Wasser. Doch wie ist diese Quelle des Lebens entstanden? Wissenschaftler vermuten, in dem von GREAT gefundenen Deuterierten Hydroxyl die Lösung dieses Rätsels gefunden zu haben. In diesem Molekül tritt Wasserstoff als sogenanntes Isotop auf, da im Kern neben dem Proton auch ein Neutron vorhanden ist. Er hat also ein höheres Atomgewicht. Dieser schwere, deuterierte Wasserstoff (Deuterium) entstand ausschließlich in der Phase des Urknalls. Deuterium wird zur Kernfusion benötigt – die Energiequelle im Kreißaal der Sterne. Im Laufe der Entwicklung des Universums wird die Menge des Deuteriums in den Galaxien immer geringer, wobei das Verhältnis von Deuterium zu Wasserstoff vom Urknallmodell abhängt. Mit GREAT wollen die Forscher nun – bildlich gesprochen – in die Phase des Urknalls schauen, um mehr über die Entstehung von Sternen herauszufinden. Das Instrument entdeckte in der Hülle des massearmen, 400 Lichtjahre von der Erde entfernten Protosterns IRAS 16293-2422 erstmals Deuteriertes Hydroxyl außerhalb unseres Sonnensystems. Das beobachtete Objekt gehört zu einem Doppelsternsystem, dessen Hauptkomponente etwa die gleiche Masse wie unsere Sonne besitzt. Hier wurde mit dem Atacama Large Milli-

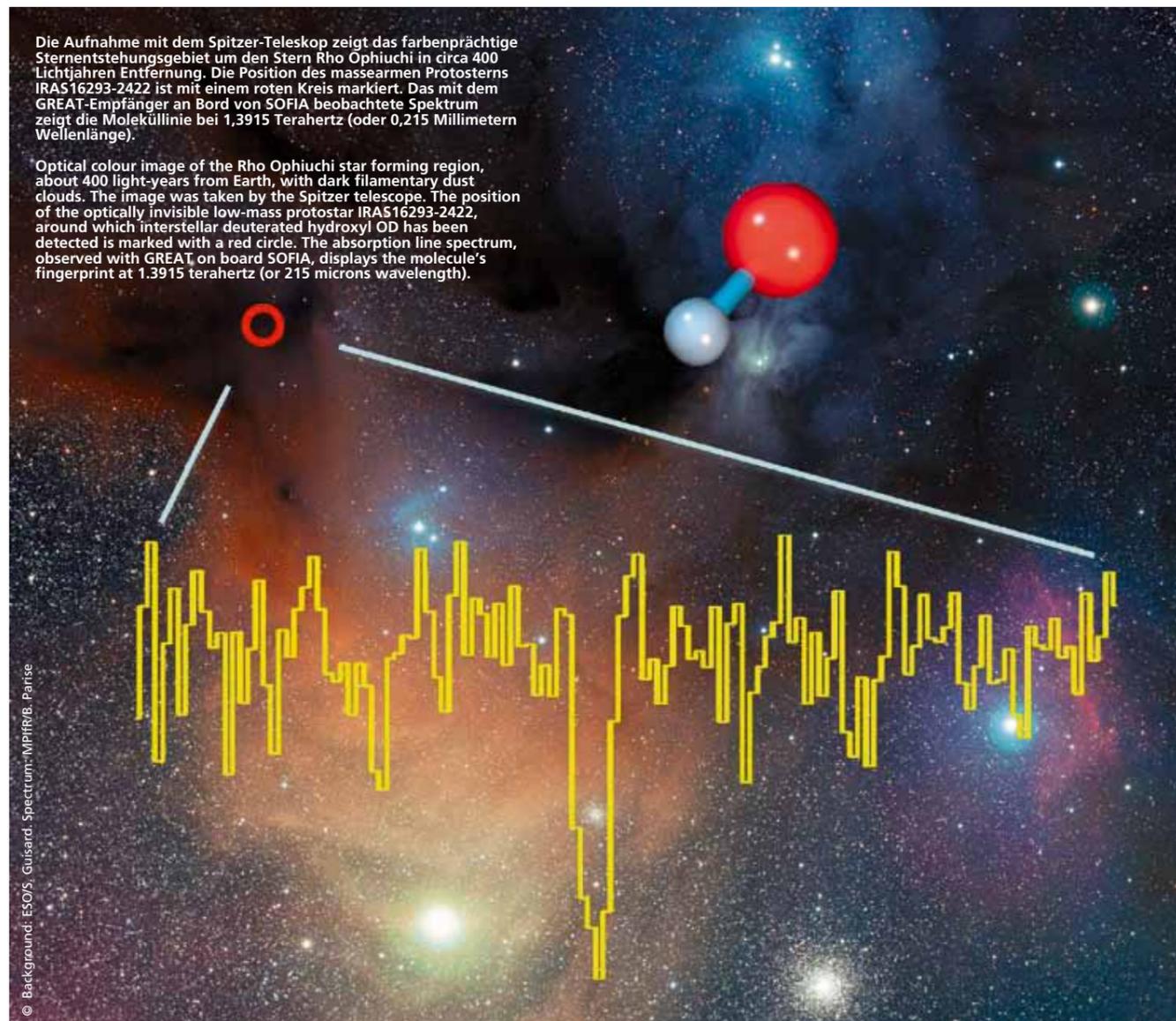
**Water – the source of life**

In places where stars are born, water is found frequently. But how did this source of life originate? Scientists think they have found the solution to this enigma in the deuterated hydroxyl which GREAT discovered. In this molecule, hydrogen appears as a so-called isotope whose nucleus contains not only a proton but a neutron as well, which gives it a greater atomic mass. This heavier deuterated hydrogen (deuterium) was formed exclusively during the Big Bang phase. Deuterium is needed for nuclear fusion, the source of energy in any star nursery. As the universe evolves, the quantity of deuterium contained in the galaxies gets smaller, with the deuterium-to-hydrogen ratio depending on which Big Bang model one applies. Researchers now intend to use GREAT to – figuratively speaking – take a look at the Big Bang phase in order to learn more about the origin of stars. In the atmosphere of IRAS 16293-2422, a low-mass protostar 400 light-years distant from Earth, the instrument has discovered the first evidence of deuterated hydroxyl outside our solar system. The object in question is part of a twin-star system whose main component has about the same mass as our Sun. In the same location, the Atacama Large Millimetre Array (ALMA) radio telescope in Chile has already demonstrated the presence of glycol aldehyde, a sugar molecule that is one of the basic components of ribonucleic acid (RNA) and thus one of the fundamental constituents of life.

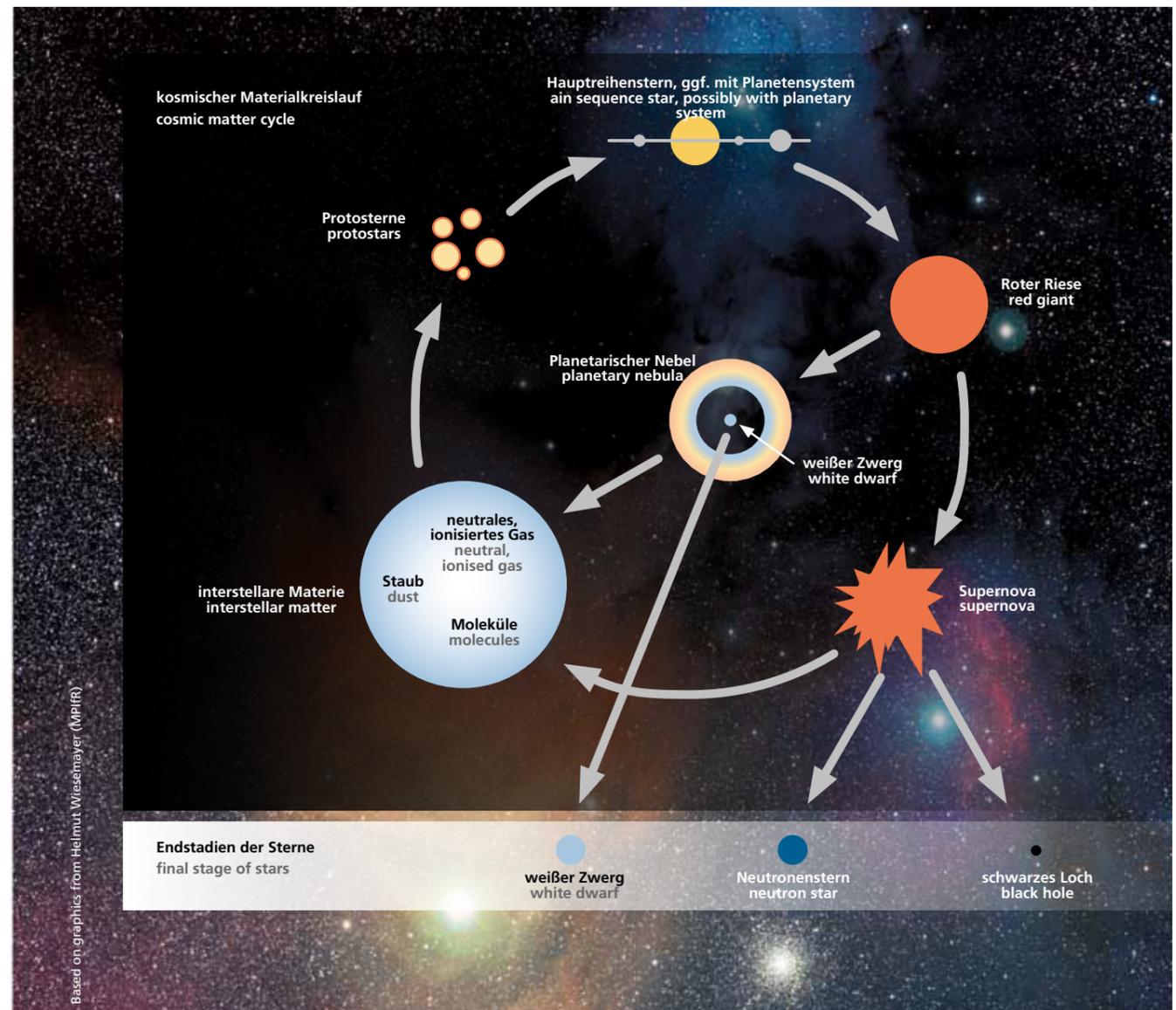
meter Array (ALMA)-Radioteleskop in Chile bereits das Zuckermolekül Glycolaldehyd nachgewiesen, das zu den Grundbausteinen der Ribonukleinsäure (RNA) und damit zu den Grundlagen des Lebens gehört.

Ein Protostern ist die Vorstufe zu einem Stern innerhalb einer kollabierenden, interstellaren Wolke. Dank seines Schwerefeldes zieht er immer mehr Teile aus der ihn umgebenden Wolke an, gewinnt so immer mehr Masse, bis er sich schließlich zu einem Stern entwickelt hat. Während er sich langsam zusammenzieht, setzt er Gravitationsenergie in Wärme um, die in Form von Infrarotstrahlung abgestrahlt wird. GREAT hat dabei Strahlung von Deuteriertem Hydroxyl als Absorption in der Hülle gemessen. Diese Messergebnisse wurden mit von dem Atacama Pathfinder Experiment (APEX-) Teleskop in der chilenischen Wüste gewonnenen Daten zu Schwerem Wasser verglichen. Dieser Datenvergleich gibt über die Temperaturen in der umgebenden Hülle des Protosterns und über die Mengenverteilung von Deuteriertem Hydroxyl und Schwerem Wasser Aufschluss. Stammen die Absorptionen beider Molekülarnten aus der gleichen Region, dann tritt das von GREAT beobachtete Deuterierte Hydroxyl deutlich häufiger als Schweres Wasser auf. Die Forscher haben für dieses Phänomen noch keine abschließende Erklärung parat. Weitere Beobachtungen mit GREAT sind notwendig, um mehr über die Geburt von Sternen und die chemischen Netzwerke zu erfahren.

A protostar is a star embryo within a collapsing interstellar cloud. Its gravitational field attracts more and more matter from the cloud that surrounds it, thus increasing its mass until it ultimately evolves into a star proper. During its slow contraction, it transforms gravitational energy into heat which it emits as infrared radiation. GREAT has measured the radiation of deuterated hydroxyl as an absorption in the atmosphere. These results have been compared with the heavy-water data gathered by the Atacama Pathfinder Experiment (APEX) telescope in the Chilean desert. This comparison has yielded information about the temperatures prevailing in the atmosphere that surrounds the protostar and the quantitative distribution of deuterated hydroxyl and heavy water. If the absorption lines of the two molecule types should come from the same region, the deuterated hydroxyl observed by GREAT occurs considerably more frequently than heavy water. As yet, researchers have no conclusive explanation to offer for this phenomenon. Further observations by GREAT will be necessary to learn more about the birth of stars and the relevant chemical networks.



© Background: ESO/S. Guisard. Spectrum: MPIPRB, Paris





## KMU

**Wegbereiter der Raumfahrt**  
**Teil 5: HPS GmbH und Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH**

Von Dr.-Ing. Ernst K. Pfeiffer und Maik Hartmann

Denkt man an Raumfahrttechnik in Deutschland, zum Beispiel an das Columbus-Labor der Internationalen Raumstation oder die Satellitenmissionen TerraSAR-X, TanDEM-X und Galileo, dann erscheinen sofort die Namen der Hauptauftragnehmer EADS Astrium GmbH und OHB AG. Doch diese beiden Unternehmen sind nicht alleine im Raumfahrtgeschäft. Ohne kleine und mittlere Unternehmen – den sogenannten KMU – wären diese Missionen nicht möglich, denn sie sind wichtige und unentbehrliche Zulieferer für Hauptauftragnehmer. Der Arbeitskreis Raumfahrt KMU im DLR Raumfahrtmanagement am Standort Bonn ist die Stimme dieser Unternehmen. Er sorgt dafür, dass die deutschen Raumfahrt-KMU besser in die nationalen sowie ESA- und EU-Raumfahrtprogramme eingebunden werden und stärkt damit ihre Wettbewerbsfähigkeit im industriellen Umfeld. Grundsatz hierbei: Hilfe zur Selbsthilfe – keine dauerhaften Subventionen. Diese Artikelserie stellt die 30 KMU und ihre Zusammenarbeit mit dem DLR vor. In diesem Heft lesen Sie mehr über die Firmen High Performance Space Structure Systems (HPS) GmbH und die Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.

### SMEs

**Trailblazers in the Space Sector**  
**Part 5: HPS GmbH and Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH**

By Dr.-Ing. Ernst K. Pfeiffer and Maik Hartmann

A lot of big enterprises sustain their position in space. Thinking of programmes in Germany such as the Columbus laboratory on the International Space Station, or the TerraSAR-X, TanDEM-X, and Galileo satellite missions, the names that immediately appear at the horizon are those of the big firms, EADS Astrium and OHB Systems. Yet these two players are not alone in the space sector. Big missions would not be possible without small and medium-sized enterprises – or, for short, SMEs – sending innumerable parts down the main contractor's supply chain. The voice of these firms in Germany is a group called AKRK (Arbeitskreis Raumfahrt KMU, or SME Working Group on Space Technology). The body aims to ensure that small German space industry suppliers get a fair share of business out of German, ESA, and EU space programmes and helps them become more competitive within the sector. It operates under the 'aid for selfhelp' principle and awards no long-term subsidies. This series of articles will present 30 SMEs and the part they play in DLR projects. In this issue you can read more about High Performance Space Structure Systems (HPS) GmbH and Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.



### Die Großen im Kleinen stärken

Der Raumfahrtmarkt ist auf der Ebene der großen Hersteller mehr oder weniger klar strukturiert. Doch für Zulieferer aus dem KMU-Umfeld mit eigener Entwicklungskapazität, die mit smarten Lösungen die Stärke ihrer großen Auftraggeber am Markt nachhaltig ausbauen, bietet er immer noch Platz. Ein Beispiel: Die High Performance Space Structure Systems (HPS) GmbH aus München. Das Unternehmen ist seit dem Jahr 2000 am Markt und bietet unter anderem:

- 1) Ultraleichte Strukturen für Hochleistungsantennen und Satelliten
- 2) Thermalschutz für Satelliten und Wiedereintrittskörper (MLI und Ablatoren)

Das Unternehmen setzt dabei auf intelligente und neue Materialien, einen Mitarbeitermix aus jungen Mitarbeitern und „alten Hasen“, sowie auf ein großes und internationales Netzwerk von Unterauftragnehmern. Ein Beispiel ist eine spezielle Version des karbonverstärkten Kunststoffes (CFK), den das Unternehmen bei der Konstruktion von Hochleistungsantennen einsetzt. ESA- und DLR-finanzierte Programme trugen bei HPS in Zusammenarbeit mit INVENT und der TU München zur Entwicklung und Herstellung eines hochstabilen CFK-Reflektors bei. Ein solcher Reflektor, dem eine neue Formel des Verhältnisses von Leichtigkeit zu Steifigkeit und thermisch bedingter Verformungsbegrenzung zugrunde liegt, wird vor allem im boomenden Markt der Satellitenkommunikation benötigt. Unsere moderne Gesellschaft zeichnet sich durch einen immensen Informationsbedarf aus: Neue Anwendungen wie 3D- und HD-TV sorgen für enorm wachsende Datenraten. Neue Technologien werden benötigt, um diesen riesigen Datenhunger zu stillen. Sowohl die Hochfrequenztests (ESA und FH München) als auch die mechanisch-thermische Qualifizierung (IABG) zeigen, dass hier – auch unter Beratung durch EADS Astrium-Antennenexperten – der Schlüssel gefunden wurde, um die enorm wachsenden Datenraten auf höheren Frequenzen mit äußerster Genauigkeit über Ka- beziehungsweise Q/V-Band bereitzustellen. Konzentriert auf nur 1,1 Meter Durchmesser wird diese Technologie im Ka-Band im Rahmen der Satellitenkommunikationsmission Heinrich-Hertz des DLR Raumfahrtmanagements in 36.000 Kilometer Höhe unter Realbedingungen getestet. Verläuft die finale Verifikation im Weltraum auf dem von OHB und TESAT gebauten Heinrich-Hertz-Satelliten erfolgreich, dann wird HPS künftig die großen deutschen und internationalen Satelliten- und Nutzlast-Hersteller mit vielen Variationen dieser Neuentwicklung beliefern.

Auch in der thermischen Isolierung von Satelliten ist das Unternehmen tätig. Zwar macht die Isolierung nur rund ein Prozent der Herstellungskosten aus. Dennoch werden allein in ESA- und DLR-Programmen für rund ein Dutzend neuer Satelliten und Raumfahrzeugen in den nächsten fünf Jahren – von zum Beispiel Sentinel-4, über EnMAP, Heinrich Hertz, Euclid bis ExoMars – nach herkömmlicher Rechnung immerhin Multilayer Insulations (MLI)-

Autoren: **Dr.-Ing. Ernst K. Pfeiffer** (l.) ist der CEO der High Performance Space Structure Systems (HPS) GmbH. Er leitet das mittelständische Unternehmen mit 40 Mitarbeitern in München und Porto. **Maik Hartmann** ist Prokurist und für die Programmierung im Hause der Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH zuständig. Er betreut in dieser Funktion unter anderem zahlreiche Raumfahrtprojekte in der Initialphase. Vor 19 Jahren war er einer der Mitgründer. Authors: **Dr.-Ing. Ernst K. Pfeiffer** (l.) is CEO of the High Performance Space Structure (HPS) GmbH. He heads the company of 40 employees in Munich and Porto. **Maik Hartmann** of Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH is authorised signatory of his company and in charge of programme planning. In that capacity, he supervises, among other things, numerous space projects in their initial phase. He was one of the co-founders of the company 19 years ago.

### Small and Smart – Supporting the Big Five

At the level of primes and institutional system developers, the space market is structured pretty clearly. But there is still room for suppliers from the SME sector with its own engineering capacities to provide smart solutions and thus strengthen the market position of their big clients sustainably. One case in point is the High Performance Space Structure Systems (HPS) GmbH of Munich. Since the year 2000, the company has been active in the market and offers, amongst other things, the following products:

- 1) Ultra-lightweight structures for high-performance antennas and satellites
- 2) Thermal protection for satellites and re-entry vehicles (MLI and ablaters)

The company with its workforce comprising young employees as well as 'old hands' and a large international network of subcontractors, relies on intelligent and new materials. Just one example: it uses high-quality and very conductive carbon fibre reinforced composite (CFRP) to build high-performance antennas. In collaboration with INVENT and TU Munich, programmes funded by ESA and DLR assisted HPS in developing and building an extremely stable reflector made out of CFRP. The reflector is based on a new formula describing the relationship between low weight, stiffness, and an extreme limitation of thermal deformation, and is needed particularly urgently in the booming satellite communication market. Our modern society is characterised by an immense demand for information: new applications like 3D and HD television are causing an enormous increase in data rates. New technologies are needed to still this immense hunger for data. High-frequency tests (ESA and Munich FH) as well as thermo-mechanical qualification experiments (IABG) have shown that, with the help of antenna experts from EADS Astrium, a key formula has indeed been found to accommodating the swiftly growing data rates with extreme precision on the Ka and/or Q/V Band in the higher frequencies. Concentrated within a diameter of no more than 1.1 metres, this technology will be tested under real-life conditions in the Ka band as part of the DLR Space Administrations' Heinrich Hertz satellite communication mission at an altitude of 36,000 kilometres. After final verification in space on the Heinrich Hertz satellite – built by OHB and TESAT –, HPS will be supplying many variations of this new piece of technology to the big German and international satellite and payload manufacturers.

Thermal satellite insulation is another field in which the company is active. Although insulation accounts for no more than one per cent of the cost of manufacture, the dozen or so new satellites and space vehicles which ESA and DLR alone are planning under their own programmes for the next five years – Sentinel-4, EnMAP, Heinrich Hertz, Euclid, ExoMars, etc. – will need multi-

Kosten von mehr als 20 Millionen Euro anfallen, die HPS für seine Auftraggeber deutlich unterschreiten kann. Denn das Unternehmen entwickelt in München, die Fertigung erfolgt jedoch über die Tochterfirma in Portugal. Bereits im vergangenen Jahr wurden von dem Unternehmen im Auftrag des MPE Garching die letzten Maßanfertigungen des Thermalschutzes für das drei Meter hohe deutsche Weltraumteleskop eROSITA – eingebaut in den russischen „Spektrum-Röntgen-Gamma“ (SRG-) Satelliten – angelegt. Zudem haben ESA und ThalesAleniaSpace Turin (TAS) jüngst im Rahmen des Reviews für das MLI des ExoMars-Landmoduls das deutsch-portugiesische Unternehmen als Zulieferer bestätigt und TAS hat HPS in den Rang des „preferred suppliers“ erhoben.

Mit der Grundphilosophie, die Großen im Kleinen zu stärken, hat sich HPS von einer kleinen Ausgründung aus Kayser-Threde zu einem Unternehmen mit 40 Mitarbeitern an drei Standorten – München, Braunschweig und Porto – entwickelt. Das Auftragsbuch laufender Projekte umfasst derzeit gesamt knapp acht Millionen Euro. Für ein Ordervolumen von rund fünf weiteren Millionen hat HPS bereits den Hut in den Ring des Wettbewerbs geworfen.

#### Komplexe Technologie auf kleinstem Raum

Die Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH hat als Dienstleistungsunternehmen langjährige Erfahrungen in der Entwicklung, Fertigung, Qualifizierung beziehungsweise Akzeptanztests für Raumfahrtanwendungen gesammelt. Produkte des Berliner Unternehmens kreisen in den Umlaufbahnen der Venus, der Erde, des Mars und des Saturns. Mit dem Start der europäisch-japanischen Mission BepiColombo werden die Berliner im Sommer 2015 auch bei der Erkundung des Merkurs dabei sein. Hervorgegangen aus dem Berliner Standort des DLR ist das Unternehmen an vielen europäischen und internationalen Raumfahrt-Projekten beteiligt.

Spezialisiert hat sich das Unternehmen auf Raumfahrtbauteile bis hin zur Entwicklung und den Bau von Satellitenbussen. Auf diese Erfahrung griff das DLR Raumfahrtmanagement auch bei der Technologie-Demonstrationsmission TET-1 zurück. Der Kleinsatellit wurde am 22. Juli 2012 gestartet und erprobt seitdem neue Technologie direkt im All unter den schwierigen Bedingungen des Weltraums. Diese DLR-Mission ist ein gutes Beispiel für die enge Zusammenarbeit zwischen den KMU und dem Raumfahrtmanagement im Rahmen des „Nationalen Programms“: In dessen Auftrag wurde der Satellitenbus vom Unternehmen entwickelt, hergestellt und getestet. Der Auftraggeber stellt hier hohe Anforderungen: Die Bauteile müssen eine hohe Qualität aufweisen und den Normen des European Committee on Space Standardization (ECSS) entsprechen. Ein großer Teil der Wertschöpfungskette, darunter die feinmechanische Bearbeitung der

layer insulation (MLI) that will cost more than 20 million euros by conventional reckoning, a sum which HPS will be able to undercut markedly: the company does its development in Munich and its manufacturing through a Portuguese subsidiary. End of last year, the company fitted on behalf of the MPE Garching the three-metre German space telescope eROSITA – installed in the Russian SRG (spectrum X-ray gamma) satellite – with the last customised and tailored thermal insulation elements. Reviewing the MLI of the ExoMars lander, moreover, ESA and ThalesAleniaSpace of Turin (TAS) recently confirmed the German-Portuguese enterprise as a supplier, and HPS was raised to the rank of preferred supplier by TAS.

Its philosophy of supporting the big players with smart solutions has enabled HPS to grow from a small Kayser-Threde spin-off into a company employing 40 people at three locations – Munich, Braunschweig, and Porto. At present, the order book of current projects is worth almost eight million euros. There is another five million order on the horizon for which HPS has already thrown down the gauntlet into the competition.

#### Complex technology, tightly packed

As a service provider, Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH has for many years been gathering experience in developing, producing, qualifying, and acceptance-testing space applications. Products made by the Berlin-based company orbit Venus, Earth, Mars, and Saturn. When the European-Japanese BepiColombo mission will be launched in the summer of 2015, the Berliners will have a stake in the exploration of Mercury, too. A spin-off of DLR's Berlin site, the company is involved in numerous European and international space projects.

The company specialises in space components, including the development and construction of satellite buses. The DLR Space Administration made use of the company's experience in the technology demonstrator mission TET-1. Launched on July 22, 2012, the small satellite has been testing new technologies under the difficult conditions prevailing in space. This DLR mission is a good example of close co-operation between SMEs and the Space Administration under the National Programme, for which the company developed, built, and tested the satellite bus. The customer's requirements in this case were strict: components had to be of high quality and conform to the standards of the European Committee on Space Standardization (ECSS). A major proportion of the output chain is being implemented at Berlin-Adlershof, including precision-machining structural components as well as other ECSS-certified processes. The TET-1 multi-function bus is distinguished by high

Strukturbauteile und andere ECSS-zertifizierte Prozesse, werden in Berlin Adlershof umgesetzt. Der TET-1-Multifunktionsbus zeichnet sich durch eine hohe Zuverlässigkeit über 14 Monate Missionsdauer bei einem hervorragenden Nutzlast-Gesamtmasse-Verhältnis aus. Sein hochentwickeltes Lageregelungssystem richtet den Satelliten in seinem Orbit hoch präzise aus.

Um so ein modernes Lageregelungssystem entwerfen zu können, benötigt man das „richtige Werkzeug“: Ein selbstentwickeltes Simulationstool unterstützt den Entwicklungsprozess der Lageregelung sowie weiterer Subsysteme eines Satellitenbusses. Es zeigt in kurzer Zeit, wie die vorgegebenen Missionsanforderungen für den zu planenden Satelliten umgesetzt werden können. Nach einer ersten Simulation des Systems wird es in späteren Projektphasen in einem komplexen Lageregelungsteststand mit Sonnen- und Erdmagnetfeldsimulation unter „realen Welt-raumbedingungen“ getestet.

Bei den Raumfahrtbauteilen existiert eine feste Produktpalette an Lagerregelungskomponenten speziell für Satelliten im Low Earth Orbit. Das Raumfahrtmanagement unterstützte die Erweiterung und strategische Ausrichtung des Portfolios. Die Produktfamilie der Reaktionsräder deckt die Lageregelung von Pico-Satelliten mit einer Masse von einem Kilogramm bis zu Mikro-Satelliten mit einer Gesamtmasse bis 250 Kilogramm ab. Mit dem erfolgreichen TET-1-Start wurden auch die Messeinheit zur Trägheitsnavigation (Inertial Measurement Unit IMU) und die Magnetometer im Orbit getestet und erreichten damit den höchsten Technologie-Reifegrad TRL9.

Weitere Fähigkeiten wie Struktur- und Thermalanalyse tragen zu erfolgreichen Instrumenten- und Kleinsatellitenaktivitäten bei. Neben funktionalen Tests kann eine breite Palette von mechanischen Umwelttests erbracht werden. Für den Instrumentenbau werden strahlungsresistente, asphärische und athermalisierte Optiken entwickelt. Das Know-How für komplexe Systeme wird durch Hardware-nahe Programmierung und kompetentes Elektronikdesign abgerundet.

Ein Produktsicherungsteam unterstützt die hauseigene Entwicklung, Produktion sowie Umweltsimulation und Test. Es sichert die Zuverlässigkeit der Systeme. Analysen sowie die kritische Überwachung der Projekte bilden die Basis. Gut gerüstet mit einem Qualitätsmanagement System nach EN 9100 wagte das Unternehmen im Jahr 2005 den Sprung vom Weltraum in den Luftraum: Die Berliner sind zugelassener Lieferant für nicht klassifizierte fliegende Teile im Bereich Triebwerke und profitieren von den oft zur Raumfahrt verschobenen konjunkturellen Zyklen.

reliability throughout the 14-month mission and an outstanding payload-to-total-mass ratio. Its sophisticated attitude control system ensures that the satellite remains precisely aligned in orbit.

To design one of these modern attitude control systems, you need to have the proper 'kit': a simulation tool developed in-house supports the process by which the attitude control and other sub-systems of a satellite bus are developed. The tool shows within a very short time how the specific mission requirements of a satellite to be designed can be met. After its first simulation, the system will be tested in subsequent project phases under 'real' space conditions on a complex attitude control test stand, which simulates the magnetic fields of the Sun and the Earth.

The company has a standard product portfolio of attitude control components specially designed for satellites in a low Earth orbit. The DLR Space Administration assisted the company in enlarging and strategically focussing that portfolio. The reaction wheel product family covers attitude control in anything from pico-satellites with a mass of one kilogramme to micro-satellites with a total mass of up to 250 kilogrammes. After the successful launch of TET-1, the inertial navigation measurement unit (IMU) as well as the magnetometers were tested in orbit, thus reaching the highest degree of technological maturity, TRL 9.

The success of the company's instrument and small-satellite activities is further enhanced by capabilities such as structural analysis and thermal analysis. Besides functional tests, the enterprise offers a widely spread range of mechanical environmental testing. For its clients in the instrument manufacturing sector, the company develops radiation-resistant, aspherical and athermalised optical systems. Its expertise in complex systems is complemented by hardware-oriented programming and electronic design skills.

In-house development, production, and environmental simulation and testing activities are supported by a product assurance team which safeguards system reliability on the basis of analyses and critical project monitoring. Well-prepared with a quality management system conforming to EN 9100:2009 for new challenges, the company ventured from outer space to aviation in 2005: as approved suppliers of non-classified flying engine components, the Berlin company benefits from the offset business cycles of the space and aircraft industries.



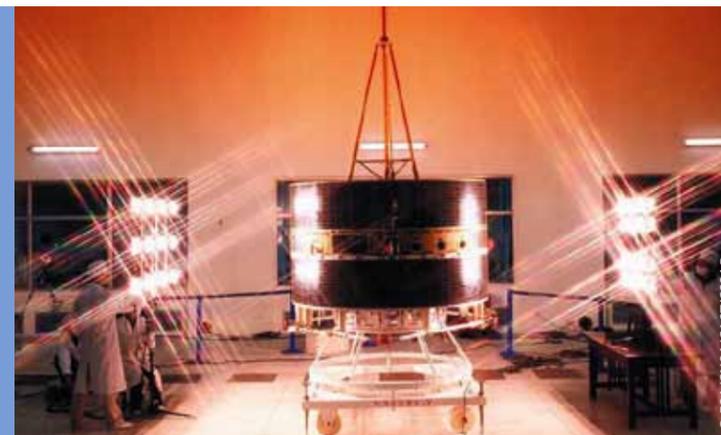
MLI-Fertigung bei HPS: Die Firma entwickelt, fertigt und integriert unter anderem die Isolation für das deutsche Teleskop eROSITA von MPE.

MLI production at HPS: The enterprise develops, manufactures, and integrates, amongst other things, the thermal insulators of the German telescope eROSITA developed at MPE.



Im Auftrag der Kayser-Threde GmbH hat HPS dieses optische Leichtgewicht-Baffle für die deutsche EnMAP-Mission entwickelt.

By order of Kayser-Threde GmbH, HPS developed this optical lightweight baffle for the German EnMAP mission.



DOUBLE STAR TC-2-Satellit während eines Sonnensimulationstests: Die Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH war an Entwicklung, Bau und Verifikation der entfaltbaren Booms des Satelliten beteiligt.

Double Star TC-2 satellite during a Sun simulation test: Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH took part in the development, construction, and verification process of the deployable booms of this satellite.



Mitarbeiter der Qualitätssicherung bei rechnergestützter 3D-Vermessung

Quality assurance staff member making a computer-based 3D measurement

# Die Geschichte der ESA-Ministerratskonferenzen

Teil 2: Von 1995 bis heute

Von Dr. Niklas Reinke

**Vor mehr als 50 Jahren wurden zwei Weltraumorganisationen ins Leben gerufen, die 1962 den Grundstein für die heute eng verwobene europäische Raumfahrt legten: die wissenschaftlich ausgerichtete European Space Research Organisation (ESRO) und die auf den Bau einer gemeinsamen Trägerrakete zielende European Launcher Development Organisation (ELDO). Früh zeigte sich, dass regelmäßige politische und programmatische Abstimmungen auf höchster Ebene unverzichtbar für den europäischen Erfolg in der Raumfahrt waren.**

## The History of ESA Ministerial Conferences

Part 2: From 1995 until now

By Dr Niklas Reinke

**In 1962, a little more than 50 years ago, two newly-founded space organisations laid the groundwork for the entire complex fabric of today's European space activities: the science-oriented European Space Research Organisation (ESRO), and the European Launcher Development Organisation (ELDO) which planned to build a joint launch vehicle. It soon became clear that regular political and programmatic coordination at the top level was indispensable for the success of any European space-flight effort.**

**Kurz vor dem Start: Am 14. Mai 2009 brachte eine Ariane-5-Rakete die beiden Weltraumteleskope Herschel und Planck ins All. Beide Satelliten sind die letzten Missionen, die im Rahmen des ESA-Langzeitprogramms Horizon 2000 gestartet wurden.**

The moment before launch: on May 14, 2009, Ariane-5 carried two space telescopes, Herschel and Planck, into space. The two satellites are ESA's last two missions launched under its long-term research programme, Horizon 2000.



Autor: **Dr. Niklas Reinke** ist Politikwissenschaftler und Historiker. Von 2004 bis 2009 leitete er die Öffentlichkeitsarbeit des DLR Raumfahrtmanagements. Seit 2013 leitet er das DLR-Büro in Tokio. Weiterhin vertritt er das DLR im IAA Committee on History.

Author: **Dr Niklas Reinke** is a political scientist and a historian. From 2004 to 2009, he headed the DLR Space Administration's Public Relations department. Since 2013, he has been heading the DLR office in Tokyo. Furthermore, he represents DLR at the IAA Committee on History.

Auf dem ESA-Ministerrat vom 18. bis 20. Oktober 1995 in Toulouse wurde anstelle des bemannten Raumgleiters Hermes das Automated Transfer Vehicle (ATV) als unbemannter Frachter zur jetzt auch mit Russland als Partner verhandelten Raumstation „Alpha“ beschlossen. Das angedockte europäische Raumlabor wurde auf ein Drittel seiner ursprünglichen Größe geschrumpft – über ein zweites Modul wurde gar nicht mehr gesprochen. Stattdessen wurde eine Studie für ein Crew Transport Vehicle (CTV) mit den USA als zweites „Rettungsboot“ neben der russischen Sojus vereinbart. Die Entwicklung des Datenrelais-Satelliten DRS-1 hingegen verlor an Priorität, da neben den USA auch Russland ein Datenrelaisystem für die Kommunikation mit der Raumstation anzubieten hatte. Um eine bessere Finanzplanung zu erreichen, beschlossen die Minister zudem, den ECU als Währungseinheit der ESA einzuführen. Er wurde später durch den Euro ersetzt. Weiterhin wurden neue Vorhaben in der Erdbeobachtung und Telekommunikation, Studien zu einem möglichen europäischen Mondprogramm und künftigen Trägersystemen sowie wissenschaftliche Klein-Missionen beschlossen.

Diese Programmrevision fiel deutlich gegen die französischen Interessen aus. Um Paris versöhnlich zu stimmen, versuchte Bundesforschungsminister Dr. Jürgen Rüttgers einen Interessenausgleich durch die Koppelung der Beschlüsse zu den Raumstationsbeiträgen mit der Verabschiedung des Ariane-Begleitprogramms zu erreichen. Dieses sollte die Erhöhung der Schubkraft sowie aufgrund der veränderten Marktsituation notwendige Einführungshilfen für den Übergang von Ariane-4 zu Ariane-5 beinhalten. Mit diesem mühsam zwischen Deutschland und Frankreich ausgehandelten Beschluss konnte die europäische Beteiligung an der Raumstation gesichert werden. Darüber hinaus war es gelungen, Italien entgegen der Tendenz vor der Konferenz ebenfalls zu einem substantiellen Beitrag zu bewegen.

Das nächste Mal trafen sich die ESA-Delegierten am 4. März 1997 in Paris, um insbesondere die Industriepolitik der Organisation neu auszurichten. Um die europäische Raumfahrtindustrie weltweit wettbewerbsfähig zu halten, beschloss der Ministerrat eine kontinuierliche Fortführung technologischer Programme. Weiterhin wurden strategische Partnerschaftsabkommen mit der

When the ESA Ministerial Council met in Toulouse from October 18 to 20, 1995, it was decided to replace the Hermes orbital glider by the Automated Transfer Vehicle (ATV) as an uncrewed freighter to the Alpha space station, about which negotiations were going on with Russia at the time. The European space laboratory was shrunk to a third of its original size, and a second module was not even discussed any longer. Instead, it was agreed with the USA to develop a study for a Crew Transport Vehicle (CTV) as a second 'lifeboat' besides the Russian Soyuz. At the same time, the development of the data relay satellite DRS-1 lost priority because not only the USA but also Russia already had a data relay system for communicating with the space station. To improve the quality of financial planning, moreover, the ministers decided to introduce the ECU as ESA's currency. It was replaced by the Euro at a later date. Furthermore, the delegates approved new projects in Earth observation and telecommunication, studies relating to a possible European lunar programme and future launcher systems, and some minor scientific missions.

This revised programme clashed with the interests of France. To mollify Paris, the Federal Minister of Research, Dr Jürgen Rüttgers, attempted to strike a balance by linking the decisions on space station contributions to the adoption of the Ariane accompaniment programme. The latter proposed increasing the rocket's thrust and introducing measures to help along the transition from Ariane-4 to Ariane-5, which had become necessary because of the changing market situation. Adopted after laborious negotiations between Germany and France, this decision secured Europe's participation in the space station. Furthermore, Italy had been successfully persuaded to make a substantial contribution, contrary to the trend prevailing before the conference.

The next time the ESA delegates met was in Paris on March 4, 1997, their purpose being to realign the organisation's industrial policy. To keep Europe's space sector competitive on a global scale, the Ministerial Council decided that technological programmes should be continued on an on-going basis. Furthermore, it was decided to conclude strategic partnership agreements with the European space industry, one of the objectives being to use existing industrial structures more efficiently.



**Künstlerische Darstellung der ESA Earth-Explorer-Satelliten: die GOCE-Mission zur Erkundung des Erdmagnetfelds (Start: 17. März 2009); die Swarm-Mission zur Erkundung des Erdmagnetfelds (Geplanter Start: Sommer 2013); die ADM-Aeolus-Mission zur Erforschung der Windfelder (Geplanter Start: 2014); die CryoSat-2-Mission zur Erkundung des Meereises (Start: 8. April 2010); die EarthCARE-Mission zur Beobachtung von Wolken und der Aerosolschicht (Geplanter Start 2015); und die SMOS-Mission zur Beobachtung des Salzgehalts in den Weltmeeren (Start: 2. November 2009)**

Artist's view of ESA's Earth Explorer satellites: the GOCE gravity mission (launched on March 17, 2009); the magnetic field mission Swarm (scheduled launch: 2013); the ADM-Aeolus wind mission (scheduled launch: 2014); the CryoSat ice mission (launched on April 8, 2010); the cloud, aerosol and radiation mission EarthCARE (scheduled launch: 2015); and the SMOS water mission (launched on November 2, 2009)

europäischen Raumfahrtindustrie verabredet. Hierzu zählte auch, bestehende Industriestrukturen effizienter zu nutzen.

Zudem begannen die europäischen Partner auf deutschen Vorschlag hin, ihre Raumfahrteinrichtungen zu einem engeren und transparenteren Netz unabhängiger Zentren zusammenzuschließen, um hier ebenfalls Synergie zu erlangen. Dieser Prozess ist aufgrund von starken nationalen Interessen sowie unterschiedlicher Finanz- und Programmvorstellungen kaum in Gang gekommen. Er wurde aber auf den ESA-Ministerratskonferenzen in Brüssel (11. bis 12. Mai 1999) und Edinburgh (14. bis 15. November 2001) wiederholt als Ziel hervorgehoben. Für die weitere Zusammenarbeit arbeitete der Ministerrat vier allgemeine Schwerpunkte heraus: Ausbau spezifischer Erkenntnisse über Erde und All, Verbesserung der Lebensqualität durch Raumfahrt-dienstleistungen wie Galileo oder neue Kommunikationssysteme und Stärkung der eigenständigen europäischen wissenschaftlichen sowie industriellen Kapazitäten. All diese Vorhaben zielten auf direkten Nutzen und Kommerzialisierung der Raumfahrt ab. Konkret umgesetzt werden sollte dies in der Telekommunikation mit dem ARTES-Programm für neue Multimedia- und Informationssysteme. In der Erdbeobachtung wurde das Programm „Lebender Planet“ initiiert, in dessen Rahmen man sich Gedanken über kleinere und flexiblere Folgemissionen des damals noch vor dem Start stehenden großen Umweltsatelliten Envisat machte. Das Verstehen des Systems Erde war das inhaltliche Ziel. Bei den Trägern wurden Entwicklungsprogramme beschlossen, um die Kapazität der Ariane-5 bis 2006 auf zwölf Tonnen zu steigern sowie eine wiederzündbare Oberstufe für das Aussetzen von Satelliten auf unterschiedlichen Orbits. Schwerpunkt im Wissenschaftsprogramm blieb zunächst die Astrophysik mit dem seinerzeit leistungsstärksten Röntgenobservatorium der Welt, XMM-Newton, dem Gammastrahlenobservatorium Integral, Herschel zur Infrarotforschung und Planck zum Studium der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung. Weiterhin verstärkte die ESA ihre Aktivitäten bei der Erforschung der solar-terrestrischen Beziehungen sowie der Planetenforschung, in der sie bis dahin kaum aktiv gewesen war.

Das nächste Mal tagte der ESA-Ministerrat vom 5. bis zum 6. Dezember 2005 in Berlin. Ein wesentlicher Erfolg war hier die jährliche Steigerung des Beitrags zum gemeinsamen Wissenschaftsprogramm um 2,5 Prozent. Für die Erdkundung wurde die erste Phase von GMES beschlossen, an der Deutschland mit 31 Prozent am höchsten zeichnete. Die Bundesrepublik behielt zudem die Führung in der wissenschaftlichen Erdkundung. Für die Kommunikation wurde ein neues Programm für kompakte Nachrichtensatelliten mit einer maximalen Nutzlastmasse von 300 Kilogramm beschlossen (ARTES-11). Bezüglich der europäischen Raketensysteme verständigten sich die Minister auf das Konzept einer Trägerfamilie bestehend aus Ariane-5, Vega und Sojus von Kourou. Hiermit sicherte sich Europa den unabhängigen Zugang zum Weltraum für alle wesentlichen Nutzlastgrößen. Schließlich konnte Deutschland seine Partner dafür gewinnen, den bisherigen Kurs zum Ausbau der nun Internationalen Raumstation (ISS) für bis zu sechs Astronauten fortzuführen. Im Rahmen des ESA-Programms war Deutschland zu 41 Prozent am Aufbau und zu etwa 38 Prozent an den europäischen ISS-Betriebskosten beteiligt.

Vom 25. bis zum 26. November 2008 trafen sich die zuständigen Minister in Den Haag, um die Berliner Beschlüsse weiterzuentwickeln. Eine wichtige Entscheidung dieser ESA-Ministerratskonferenz war die dritte Generation des Wettersatelliten Meteosat. Das „European Programme for Life and Physical Sciences in Space“ (ELIPS) ging in die dritte Verlängerung und sollte die wissenschaftliche Nutzung der ISS mit dem kurz zuvor angedockten europäischen Raumlabor Columbus in Medizin, Biologie, Materialwissenschaften und Physik gewährleisten. Diese Entscheidung war insbesondere für Deutschland wichtig, da mehr als 40 Prozent der europäischen ISS-Experimente von

Following a German proposal, moreover, the European partners began merging their space facilities into a tighter and more transparent network of independent centres in order to obtain synergy effects. Hindered by powerful national interests and divergent funding and programme concepts, this process hardly got off the ground. However, it was repeatedly highlighted as an objective at the conferences of the ESA Ministerial Council in Brussels (May 11 to 12, 1999) and Edinburgh (November 14 to 15, 2001). Regarding future collaboration, the Ministerial Council defined four priority research areas: developing our knowledge about the Earth, investigating outer space, improving the quality of our life by space services like Galileo or new communication systems, and strengthening Europe's own scientific and industrial capacities. The ultimate vision behind all this was to exploit and commercialise the space sector. In telecommunications, this was to be implemented through the ARTES programme for new-media and information systems. In Earth observation, the Living Planet programme was initiated to consider smaller and more flexible follow-up missions to the large Envisat environmental satellite, whose launch was still pending at the time. In substance, the programme aimed at understanding the Earth system. Regarding launchers, engineering projects were adopted to increase the capacity of Ariane-5 to twelve tons by 2006 and design a re-ignitable upper stage for releasing satellites on different orbits. The science programme continued to focus on astrophysics for the time being, using XMM-Newton, the world's most powerful X-ray observatory of its day, the Integral gamma-ray observatory, Herschel for infrared research, and Planck to study the background microwave radiation. Furthermore, ESA decided to step up its activities in the exploration of solar-terrestrial relations as well as in planetary research, where it had hardly been active at all until then.

The next meeting of the ESA Ministerial Council took place in Berlin from December 5 to 6, 2005. One of its essential achievements was the adoption of an increase in the contribution towards the joint science programme by 2.5 per cent annually. In Earth exploration, the meeting adopted the first phase of GMES, with Germany subscribing the highest share at 31 per cent. At the same time, the Federal Republic retained its leading role in scientific Earth exploration. In the field of telecommunications, it was decided to launch a new programme for compact communications satellites with a maximum payload mass of 300 kilograms (ARTES-11). Regarding Europe's rocket systems, the ministers agreed on the concept of a launcher family comprising Ariane-5, Vega, and Soyuz out of Kourou, thus making sure that Europe would have autonomous access to space in all essential payload categories. Lastly, Germany was able to convince its partners that they should continue on their present course for extending the capacity of the International Space Station (ISS) to up to six astronauts. Under the ESA programme, Germany contributed 41 per cent to the construction and about 38 per cent to the European share in the cost of operating the ISS.

From November 25 to 26, 2008, the space ministers met at The Hague to develop the decisions made in Berlin. One important resolution taken at that conference of the ESA Ministerial Council was the go-ahead for the third generation of the Meteosat weather satellites. The European Programme for Life and Physical Sciences in Space (ELIPS) was extended for the third time, the intention being to underpin the scientific exploitation of the ISS and the recently docked European space laboratory, Columbus, in the fields of medicine, biology, materials sciences, and physics. This decision was of particular importance to Germany because more than 40 per cent of the ISS experiments had been proposed by German scientists. Another success was the decision to increase the budget for the obligatory space research programme by 3.5 per cent annually. Lastly, a decision of strategic importance was made when the Ministerial Council resolved to endorse once again a European data-relay satellite system in a geostationary orbit. By improving data links to ground stations and computing centres, it was intended, among other things, to speed up the utilisation of GMES data as well as any decisions that might be necessary regarding the environmental and security situation. In The Hague, Germany subscribed for the first time around one quarter of all contributions, the biggest new pledge entered by any of the member states.

deutschen Wissenschaftlern stammen. Zudem gelang es, das obligatorische Programm für die Weltraumforschung um 3,5 Prozent jährlich zu steigern. Von strategischer Bedeutung war schließlich der erneute Ministerbeschluss für ein europäisches Daten-Relais-Satellitensystem im geostationären Orbit. Durch die bessere Datenanbindung an Bodenstationen und Rechenzentren sollen unter anderem die GMES-Daten rascher genutzt und notwendige Entscheidungen zur Umwelt- und Sicherheitslage schneller gefällt werden können. In Den Haag zeichnete Deutschland erstmals mit rund einem Viertel aller Beiträge die größten neuen Verpflichtungen aller Partnerstaaten.

Am 20. und 21. November 2012 tagten die ESA-Delegierten im italienischen Neapel. Der Beginn der ESA-Präsidentschaft der Schweiz und Luxemburgs war durch eine intensive und erfolgsorientierte Verhandlungsführung gekennzeichnet. Die deutschen Positionen zur Zukunft der europäischen Träger-Rakete Ariane ME und der ISS bis 2020, verbunden mit der Entwicklung eines europäischen Servicemoduls für das zukünftige amerikanische Orion-Raumerschiff, konnten umgesetzt werden. Basis dafür waren gemeinsame deutsch-französische Gespräche. Insgesamt wurden Raumfahrtprogramme im Wert von rund zehn Milliarden Euro beschlossen. Die Bundesregierung zeichnete für die nächsten Jahre insgesamt rund 2,6 Milliarden Euro, ist damit der beitragsstärkste ESA-Partner und hält auch die meisten Programm-Anteile. Deutschland ist bei der Wetter- und Klimabeobachtung, in der Katastrophenvorhersage und in Sicherheitsfragen sehr gut aufgestellt und behält zudem die Führung in der wissenschaftlichen Erdfernerkundung. Deutschland führt mit 37 Prozent die gemeinsame Initiative von ESA und EU zur Umwelt- und Sicherheitspolitik Copernicus. Auch im Wissenschaftsprogramm ist die Bundesrepublik mit 19,8 Prozent größter Beitragszahler und wesentlicher Partner des Langfrist-Programms "Cosmic Vision 2015 - 2025". Bis 2017 investieren die ESA-Staaten rund 3,8 Milliarden Euro in das Wissenschaftsprogramm. Bis zum Jahr 2022 plant die ESA sieben Missionen zur Erforschung des Weltraums und der Planeten.

On November 20/21, 2012, the ESA delegates met in the Italian city of Naples. At the beginning of the presidency of Switzerland and Luxembourg, negotiations were conducted intensively and with a focus on success. Germany was able to assert its positions regarding the future of the European Ariane 5 ME launcher and the ISS until 2020 as well as the development of a European service model for the future American Orion spaceship. The foundations for this were laid in German-French consultations. The total value of the space programmes adopted amounted to around 10 billion euros. The Federal Government subscribed around 2.6 billion euros for the years to come, making Germany the biggest contributor to ESA and the recipient of the biggest programme shares. Germany is very well set up in weather and climate monitoring, disaster prediction, and security issues. Moreover, it retains its leading role in scientific Earth exploration. At a share of 37 per cent, Germany leads the Copernicus programme, a joint initiative by ESA and the EU in environmental and security policy. Moreover, the Federal Republic is the biggest contributor to the science programme at 19.8 per cent and an essential partner in the long-term programme Cosmic Vision 2015-2025. Until 2017, ESA's member states will invest around 3.8 billion euros in the science programme. ESA plans launching seven missions to explore outer space and the planets before 2022.



**Die ESA Ministerratskonferenz im Dezember 2005 in Berlin**

The ESA Ministerial Council in Berlin in December 2005



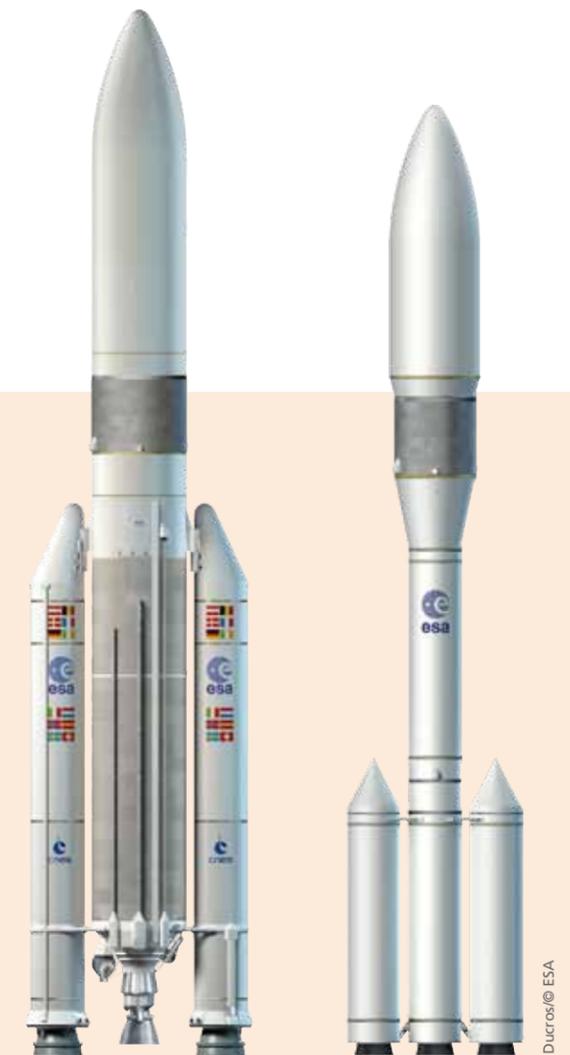
**Die ESA Ministerratskonferenz im November 2008 in Den Haag**

The ESA Ministerial Council in The Hague in November 2008



**ESA Ministerratskonferenz im November 2012 in Neapel**

The ESA Ministerial Council in Naples in November 2012



**Der von Deutschland und Frankreich gemeinsam vorgeschlagene und von der Ministerratskonferenz 2012 verabschiedete Beschluss, dass die Weiterentwicklung der Ariane 5 zur Version ME parallel zum Start eines Studienprogramms der Ariane 6 erfolgen soll, sichert die erfolgreiche europäische Position im weltweiten Trägermarkt.**

A resolution adopted by the 2012 Ministerial Council meeting following a joint proposal of Germany and France to upgrade Ariane 5 as an ME version while at the same time initiating a study programme in preparation of Ariane 6 will secure Europe's successful position on the global launcher market.

# Business Launch

Wichtiger Vertragsabschluss zwischen ESA und DLR am 19. Juni 2013 auf der Pariser Luft- und Raumfahrtmesse Le Bourget: Magali Vaissière, ESA-Direktorin für Telekommunikation, und DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe unterzeichnen einen Vertrag für eine Technologiedemonstrations-Nutzlast auf dem europäischen Kommunikationssatelliten Alphasat.

Settling an important agreement between ESA and DLR at the Paris Air Show at Le Bourget on June 19, 2013: Magali Vaissière, ESA Director of Telecommunications and Integrated Applications, and Dr Gerd Gruppe, member of the DLR Executive Board, sign a contract concerning a technology demonstration payload to be flown on the European telecommunications satellite, Alphasat.



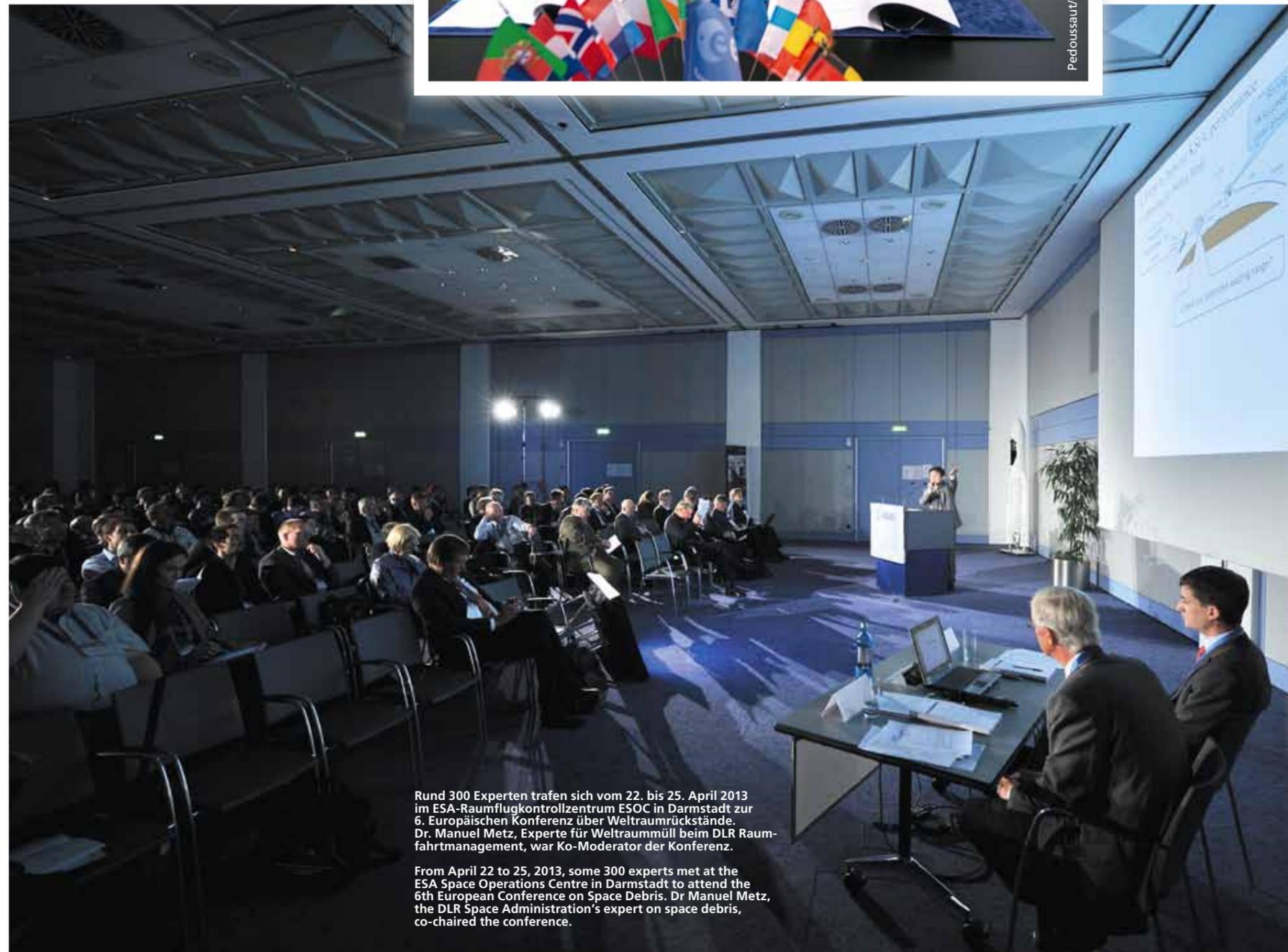
Pedoussaut© ESA



© Fraunhofer-IML

DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe hielt anlässlich der Veranstaltung „10 Jahre Fraunhofer Allianz Verkehr“ einen Vortrag zum Thema „Wie Raumfahrt Mobilität schafft“. Die Veranstaltung, die im Stadion von Borussia Dortmund stattfand, stand unter dem Motto „Forschen für eine Welt in Bewegung“.

Speaking at the conference on 'Ten Years of Fraunhofer Allianz Verkehr', Dr Gerd Gruppe, member of the DLR Executive Board, gave a lecture entitled 'How space promotes mobility'. The event took place at the Borussia Dortmund stadium under the motto: 'Research for a World in Motion'.



Rund 300 Experten trafen sich vom 22. bis 25. April 2013 im ESA-Raumflugkontrollzentrum ESOC in Darmstadt zur 6. Europäischen Konferenz über Weltraumrückstände. Dr. Manuel Metz, Experte für Weltraummüll beim DLR Raumfahrtmanagement, war Ko-Moderator der Konferenz.

From April 22 to 25, 2013, some 300 experts met at the ESA Space Operations Centre in Darmstadt to attend the 6th European Conference on Space Debris. Dr Manuel Metz, the DLR Space Administration's expert on space debris, co-chaired the conference.



© Fraunhofer-IML

DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe (l.) traf sich anlässlich der Veranstaltung „10 Jahre Fraunhofer Allianz Verkehr“ mit der Bundestagsabgeordneten Ulla Burchardt, die sich im Bereich Bildungs- und Forschungspolitik engagiert.

On the occasion of the conference 'Ten Years of Fraunhofer Allianz Verkehr', Dr Gerd Gruppe, member of the DLR Executive Board (left), met with Ulla Burchardt MP, a member of the German Federal Parliament with a policy focus on education and research.

Mai© ESA

# Raumfahrtkalender

Termin Ereignis

## 2013

12.-30. Juli	Stratosphären-Observatorium SOFIA: Erste Beobachtungskampagne auf der Südhalbkugel (Drei Wochen Neuseeland mit Instrument GREAT)
24. Juli	Start Progress 52P von Baikonur (Versorgung ISS)
25. Juli	Start Ariane 5ECA von Kourou mit den Kommunikationssatelliten Inmarsat-XL (Alphasat) und Insat-3D
4. August	Start Raumtransporter HTV-4 "Kounotori-4" vom japanischen Raumfahrtzentrum Tanegashima
13.-18. August	MAKS 2013, Internationale Messe für Luft- und Raumfahrt (Moskau)
2.-14. September	23. DLR-Parabelflug in Bordeaux
22. September	Tag der Luft- und Raumfahrt des DLR in Köln-Porz
23.-27. September	64. International Astronautical Congress in Beijing (China)
25. September	Start Sojus 36S von Baikonur (Versorgung ISS)
29. September	Start Satellitenmission Gaia mit Sojus STB von Kourou
4. Quartal	Start Sojus STB von Kourou mit den ersten beiden OHB Galileo-Satelliten
Oktober	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 16/17 in Esrange (Schweden)
4. Oktober	Start der ESA Earth-Explorer-Mission SWARM mit Rockot von Plesetsk
16. Oktober	Start Progress 53P von Baikonur (Versorgung ISS)
Anfang November	Start TEXUS 51 (DLR) von Esrange mit vier deutschen Experimenten
11. November	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, 3. ISS-Versorgungsflug (Dragon CRS-3)
18. November	Start Mars Science Orbiters (MAVEN) mit Atlas V von Cape Canaveral
25. November	Start Sojus 37S von Baikonur (Versorgung ISS)
Dezember	Start Progress 54P von Baikonur (Versorgung ISS)
11. Dezember	Start Proton 3R von Baikonur (MPLM mit Roboterarm ERA) zur ISS

## 2014

Januar	Start EU/ESA-Copernicus-Mission Sentinel-1A mit Sojus von Kourou
--------	--

# Space Calendar

Date Event

## 2013

July 12 - 30	Launch of the first observation cycle with the Stratospheric Observatory for Infrared Astronomy SOFIA over the southern hemisphere (three weeks New Zealand with the German Instrument GREAT)
July 24	Launch of Progress 52P from Baikonur (ISS logistics)
July 25	Launch of Ariane 5ECA from Kourou; carrying the communication satellites Inmarsat-XL (Alphasat) and Insat-3D
August 4	Launch of the space transport vehicle HTV-4 'Kounotori-4' from the Japanese spaceport Tanegashima
August 13 - 18	MAKS 2013, Moscow Air Show (Russia)
September 2 - 14	23rd DLR parabolic flight campaign in Bordeaux (France)
September 22	German Aerospace Day 2013 of DLR in Cologne-Porz (Germany)
September 23 - 27	64th International Astronautical Congress in Beijing (China)
September 25	Launch of Soyuz 36S from Baikonur (ISS Expedition)
September 29	Launch of Soyuz STB from Kourou; carrying the European satellite Gaia
4th quarter	Launch of Soyuz STB from Kourou; carrying the first two OHB Galileo satellites
October	Student balloon campaign BEXUS 16/17 in Esrange
October 4	Launch of the ESA Earth Explorer Mission SWARM with Rockot from Plesetsk (Russia)
October 16	Launch of Progress 53P from Baikonur (ISS logistics)
Beginning of November	Launch of TEXUS 51 (DLR) from Esrange; carrying four German experiments
November 11	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA), 3rd ISS logistics flight (Dragon CRS-3)
November 18	Launch of Atlas V from Cape Canaveral; carrying the Mars Science Orbiters (MAVEN)
November 25	Launch of Sojus 37S from Baikonur (ISS Expedition)
December	Launch of Progress 54P from Baikonur (ISS logistics)
December 11	Launch of Proton 3R from Baikonur; carrying the MPLM with the robot arm ERA to the ISS

## 2014

January	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the EU/ESA Copernicus Mission satellite Sentinel-1A
---------	---



**Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt**

## Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.400 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

## Impressum

Newsletter COUNTDOWN – Aktuelles aus dem DLR Raumfahrtmanagement  
Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Sabine Hoffmann  
Leiterin DLR-Kommunikation  
(ViSdP)

Redaktion:  
Elisabeth Mittelbach (Teamleitung)  
Martin Fleischmann (Redaktionsleitung)  
Diana Gonzalez (Raumfahrtkalender)

Hausanschrift:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn  
Telefon: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-Mail: [martin.fleischmann@dlr.de](mailto:martin.fleischmann@dlr.de)  
[www.DLR.de/rd](http://www.DLR.de/rd)

Mitarbeiter der Ausgabe: Andreas Schütz

Druck: KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH  
53117 Bonn-Buschdorf

Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf  
[www.cdonline.de](http://www.cdonline.de)

ISSN 2190-7072

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

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## DLR at a glance

DLR is the national aeronautics and space research centre of the Federal Republic of Germany. Its extensive research and development work in aeronautics, space, energy, transport, and security is integrated into national and international cooperative ventures. In addition to its own research, as Germany's space agency, DLR has been given responsibility by the federal government for the planning and implementation of the German space programme. DLR is also the umbrella organisation for the nation's largest project execution organisation.

DLR has approximately 7400 employees at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo, and Washington D.C.

## Imprint

Newsletter COUNTDOWN – Topics from the DLR Space Administration  
Publisher: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Sabine Hoffmann  
Director DLR Corporate Communications  
(responsible according to the press law)

Editorial office:  
Elisabeth Mittelbach (Team Leader)  
Martin Fleischmann (Editor in Chief)  
Diana Gonzalez (Space Calendar)

Postal address:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn, Germany  
Telephone: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-mail: [martin.fleischmann@dlr.de](mailto:martin.fleischmann@dlr.de)  
[www.DLR.de/rd](http://www.DLR.de/rd)

Assistant for this edition: Andreas Schütz

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

Layout: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf, Germany  
[www.cdonline.de](http://www.cdonline.de)

ISSN 2190-7072

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

Supported by:



Federal Ministry  
of Economics  
and Technology

on the basis of a decision  
by the German Bundestag