

# COUNTDOWN [4]

## FORSCHUNG UNTER WELTRAUMBEDINGUNGEN

Schwerelos forschen beim DLR-Parabelflug

### RESEARCH UNDER SPACE CONDITIONS

Microgravity Research on DLR Parabolic Flights | 8



### EDITORIAL

Raumfahrttechnik auf dem Prüfstand  
**Editorial:**  
 Space Technology on the Test Bed | 2

### SATELLITEN-KOMMUNIKATION

SmallGeo – Die neue Kleinsatelliten-Generation  
**Satellite Communications:**  
 SmallGeo – The new Generation of Small Satellites | 36



### RAUMTRANSPORT

Ariane 5 und der globale Launchermarkt  
**Space Transport:**  
 Ariane 5 and the Global Launcher Market | 3

### GESCHICHTE

Die deutsche Raumfahrt 1945-55  
**History:**  
 German Astronautics 1945-55 | 40



### KOMMERZIELLE NUTZUNG DER ISS

Die DLR GoSpace-Initiative  
**Commercial ISS Use:**  
 DLR's GoSpace initiative | 28

### RAUMFAHRT-KALENDER

Space Calendar | 50

## Zuverlässig ins All

Raumfahrttechnik auf dem Prüfstand

Raumfahrtanwendungen sind heute mit großer Selbstverständlichkeit in unseren Alltag eingebunden. Wir empfangen Fernsehprogramme via Satellit, telefonieren problemlos mit unseren Freunden in Übersee oder lassen uns vom PKW-Navigationsgerät zielsicher in unseren Urlaubsort bringen. Dabei wissen wir meist ziemlich genau, wie das Wetter dort in den nächsten Tagen sein wird.



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

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

Als Raumfahrt-Agentur bereiten wir Raumfahrtmissionen technologisch vor, verbessern die Verfügbarkeit strategisch wichtiger Bauteile und entwickeln Langzeitvisionen. Dabei konzentrieren wir unsere Aktivitäten auf Technologien mit hohem Anwendungs- und Nutzungspotenzial. Wir erarbeiten für jedes ausgewählte Thema eine Roadmap, die den Weg des Projektes bis hin zur Einsatzreife aufzeigt. Hiermit bündeln wir die vorhandenen Ressourcen effektiv im nationalen und internationalen Rahmen. Die Umsetzung erfolgt in den verschiedenen Programmen der ESA oder innerhalb des Nationalen Raumfahrtprogramms.

Um eine möglichst hohe Zuverlässigkeit für Technologien im All zu garantieren, haben wir ein Programm mit dem Namen On-Orbit-Verification Programm (OOV) gestartet. Mit ihm ermöglichen wir Testflüge für innovative Materialien und Instrumente unter realen Weltraumbedingungen. Wir nutzen dafür sowohl die deutsche Kleinsatellitenplattform TET als auch andere internationale Fluggelegenheiten. Zu diesem Zweck haben wir mit der russischen Raumfahrtagentur Roskosmos Ende August eine Vereinbarung unterzeichnet. Hierin verständigen sich beide Seiten über die Umsetzung von Projekten zur Technologieerprobung auf Basis des deutschen OOV-Programms.

OOV bildet einen Eckpfeiler unseres Technologieentwicklungsprogramms. Gemeinsam mit unseren Partnern im In- und Ausland unternehmen wir alles für dessen Erfolg. Wir sind überzeugt, mit den aufgezeigten Maßnahmen entscheidend zur Stärkung des Technologiestandortes Deutschland beizutragen.

## Safely Into Space

Space Technology on the Test Bed

Today, we use space as just an ordinary part of our everyday lives. We receive TV programs via satellite, telephone our friends all over the world without difficulty and use navigation systems to get ourselves safely to our destination. And we usually know more or less what the weather is going to be like for the next few days.

It's only when we look more closely that we realise just how much technology and work this involves. Space is not a nice, pleasant place – neither for people nor technology: extreme temperature differences, vacuum, hard radiation, huge distances, high speeds – and not many power sockets either. In short, space is the ultimate challenge to the engineer! Together with the DLR Space Agency, German research organizations and the space industry are taking on the mission of 'technology in space'.

As a space agency, we get the technology ready for space missions, improve the availability of strategically important components and develop long-term vision. Our focus is on activities in technologies where the potential applications and uses are high. For each selected topic we draw up a roadmap, showing us the directions the project must take until it is ready for use, and bringing effectively together the available resources as part of national and international efforts. These are then implemented in the various ESA programme, or as part of our national space programme.

We have started a program called the On-Orbit Verification Program, or OOV, to ensure that technology in space is as reliable as possible. We use this to enable test flights for innovative materials and instruments under real space conditions, using both the German small satellite platform TET and other international flight facilities. With this in mind, in late August we signed an agreement with the Russian space agency Roskosmos, in which both sides agreed on the implementation of projects to test out technology based on the German OOV program.

OOV is a key pillar of our technology development programme. Together with our partners in Germany and abroad, we are doing everything we can to ensure its success. We're convinced these steps are essential to the strengthening of Germany as a technology base.

Ludwig Baumgarten

## Ariane 5 und der globale Launcher-Markt

Von Dr. Thilo Kranz

Die 47. Luft- und Raumfahrtmesse im französischen Le Bourget wird bei Arianespace, der Vermarktungsgesellschaft für die europäischen Trägerraketen, sicher noch lange als guter Jahrgang in Erinnerung bleiben. Im Laufe der Veranstaltung im Juni 2007 konnte Arianespace einen Rahmenvertrag über fünf Starts mit dem Satellitenbetreiber SES sowie Einzelverträge mit vier weiteren Kunden abschließen. Seit ihrer Markteinführung ist die Nachfrage nach der Ariane 5 so gut wie nie. Arianespace kann wieder an den Erfolg vergangener Tage anknüpfen, als sie mit der Ariane 4 unangefochtener Marktführer im kommerziellen Raumtransportgeschäft war. Der Run auf die Ariane hat das Unternehmen mittlerweile sogar veranlasst, bei dem industriellen Hauptauftragnehmer, EADS Astrium Space Transportation, eine Erhöhung der Produktionsrate in Auftrag zu geben. Mittelfristig soll die Startrate von zuletzt fünf Trägern auf sieben oder acht pro Jahr gesteigert werden.

Solch positive Nachrichten sorgen insbesondere nach den „Kinderkrankheiten“ der Ariane 5 in der jüngeren Vergangenheit für eine deutliche Entspannung auf dem europäischen Trägersektor. Sowohl der Umsatz als auch die Beschäftigungssituation im Raumtransportsektor stabilisieren sich wieder auf zufriedenstellendem Niveau. Allerdings unterscheidet sich das Geschäftsmodell rund um den Raumtransport grundlegend von dem anderer Branchen. So wird der kommerzielle Erfolg der Ariane erst durch einen ständigen substanziellen Einsatz öffentlicher Gelder möglich. Um vor diesem Hintergrund den Verkauf von Startdienstleistungen an rein privatwirtschaftliche Kunden rechtfertigen zu können, muss man das Konzept, das hinter dem Erhalt eines autonomen europäischen Weltraumzugangs steht, betrachten.

Der jüngste Start der Ariane 5 von Kourou fand am 14. November 2007 um 19:06 Uhr Ortszeit statt (ESA)

The recent launch of Ariane-5 from Kourou took place on November 14, 2007, at 7:06 pm local time (ESA)



## Ariane 5 and the Global Launcher Market

By Dr. Thilo Kranz

Undoubtedly, the 47th aerospace Salon at Le Bourget in France will be remembered for a long time as being a good year at Arianespace, the company marketing the European launch vehicles. At this event in June 2007, Arianespace signed a framework contract for five launches with satellite operator SES and individual contracts with another four clients. Demand for Ariane 5 is stronger than ever since its market debut. After its great success with Ariane 4, Arianespace is back as the undisputed market leader in the commercial space transport business. Ariane's popularity has prompted Arianespace to order its industrial prime contractor, EADS Astrium Space Transportation, to step up production. In the medium term, the launch rate is set to increase from five most recently to seven or eight launches a year.

Such good news is putting the European launcher sector much more at ease, following the phase of Ariane 5's in recent years. Both sales and employment in the space transportation sector are once again settling down to a satisfactory level. On the other hand, the business model for space transportation is fundamentally different to other industries. Ariane would never have become a commercial success without a constant and significant inflow of public money. In the light of this, justifying the sale of launch services to private clients, requires to consider the underlying concept of guaranteed autonomous European access to space.

**The 1970s: Born out of necessity** Europe's desire for independent access to space dates back to not long after the spaceflight era started. A few countries made some successful attempts in this direction; but it proved too costly to sustain in the long term. Initial attempts to create the "Europa" launch system on the basis of European cooperation failed in the early 1970s due to lack of a dedicated system management. Following a series of failures, the project was shelved. This decision led to consequences also for other programmes, in particular the Franco-German "Symphonie" project, which aimed at establishing the technological and industrial foundations for operating telecommunications satellites in geostationary orbits. The Symphonie

### 1970er-Jahre: Geburt aus der „Not“ heraus

Der Wunsch Europas nach einem eigenen Weltraumzugang nahm schon bald nach Beginn des Raumfahrtzeitalters Formen an. Die zum Teil erfolgreichen Vorstöße einzelner Staaten in diese Richtung erwiesen sich aber als zu kostspielig, um auf Dauer Bestand zu haben. Erste Bemühungen, in europäischer Kooperation das Trägersystem „Europa“ zum Erfolg zu bringen, scheiterten Anfang der 1970-er Jahre: Es fehlte eine ausgewiesene Systemführung. Als Konsequenz einer Reihe von Fehlschlägen wurde das Vorhaben eingestellt. Dies hatte unmittelbare Auswirkungen auf andere Programme: Im Rahmen des deutsch-französischen Projekts „Symphonie“ wurden zu dieser Zeit die technologischen und industriellen Grundlagen für geostationär operierende Telekommunikationssatelliten erarbeitet. Die Symphonie-Satelliten waren bis dahin die technisch modernsten Nachrichtensatelliten. Nachdem die Europa-Raketen nicht, wie ursprünglich geplant, für den Start zur Verfügung standen, mussten die Satelliten mit einer US-amerikanischen Delta-Trägerrakete gestartet werden.

Allerdings machte die US-Regierung Deutschland und Frankreich zur Auflage, dass die Satelliten lediglich zur Technologiedemonstration und nicht kommerziell eingesetzt würden. Sie wollten das eigene Monopol für Kommunikationssatelliten schützen. Für die europäischen Staaten war diese überaus unbefriedigende Situation der Anlass, einen Neuanfang bei der Trägerentwicklung zu beschließen. 1973 gab Europa grünes Licht für den neuen Vorstoß unter französischer Systemführung: das Ariane-Programm.

Der Erstflug der Ariane 1 am 24. Dezember 1979 verlief erfolgreich. Seither verfügt Europa über einen eigenständigen Zugang zum Weltraum. Europa ist mittlerweile sowohl auf dem Gebiet der Trägerraketen als auch im Bereich der Telekommunikationssatelliten weltweit konkurrenzfähig – und unabhängig in seiner Planung im Hinblick auf eine Nutzung des Weltraums. Nach der erfolgreichen Flugqualifikation der Ariane stellte sich allerdings unmittelbar die Frage nach dem Erhalt der neu erworbenen Kompetenz und dem Nutzungsszenario der notwendigen Infrastruktur, sowohl am Startplatz in Kourou als auch in den Raumfahrtfirmen in Europa. Es war klar, dass der Bedarf an Startdienstleistungen für institutionelle Satellitenprojekte aus dem europäischen Raum nicht ausreichen würde, um eine Auslastung der Ressourcen zu erreichen. Mit einem oder manchmal auch zwei Starts jährlich konnte dies nicht gelingen. Hier kommt der kommerzielle Markt ins Spiel.

### 1980er-Jahre: Plötzlich konkurrenzlos

Die Aufnahme des regulären Ariane-Flugbetriebs fiel in eine günstige Zeit, zumindest aus europäischer Sicht. In den USA galten die konventionellen Delta- und Atlas-Trägersysteme als Auslaufmodelle. Gleichzeitig zeichnete sich ab, dass das Space Shuttle in punkto Flugraten und Startkosten hinter den Erwartungen zurückblieb. Der Erfolg des Ariane-Programms zog mehr und mehr die Aufmerksamkeit des aufkeimenden Markts der kommerziellen Satellitenbetreiber auf sich. So hatte Ariane bereits mehrere kommerzielle Telekommunikationssatelliten gestartet, als die Challenger-Katastrophe 1986 das Shuttle-Programm unterbrach und zum Rückzug der NASA aus dem kommerziellen Satellitentransport führte. Amerikanische Träger standen kaum mehr zur Verfügung; russische Träger waren dem Westen noch nicht zugänglich. Die



Ariane SECA (ESA)

Ariane SECA (ESA)

satellites were state of the art at that time; but once the Europa rockets were no longer available for launch services, the satellites had to be launched using US "Deltas".

As a consequence, the US government was in the position to dictate that France and Germany could use their satellites only to demonstrate their technology, but not use them for commercial purposes. They wanted to protect their own monopoly on communications satellites. For the European countries, this very dissatisfying situation prompted activities to restart launcher development as soon as possible. In 1973, Europe gave the green light to the new approach, this time to be led by the French: the Ariane programme was born.

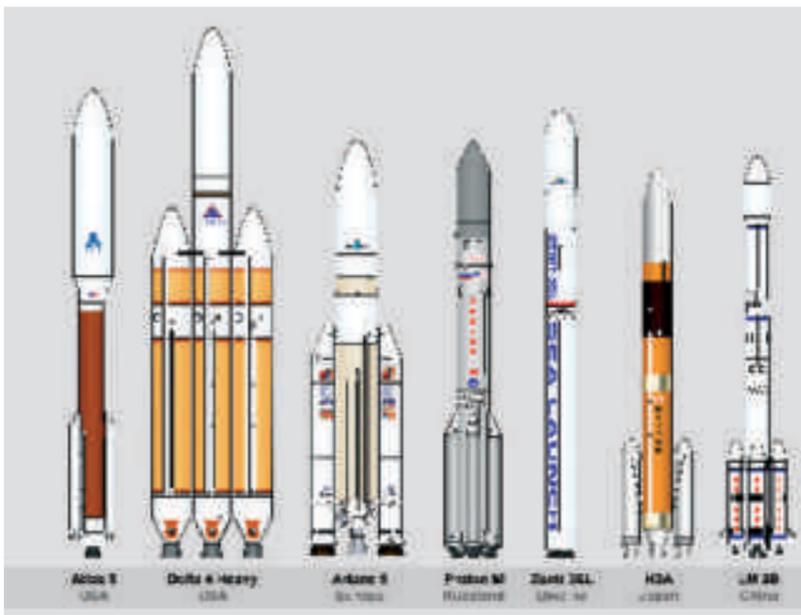
Ariane 1's maiden flight, on December 24, 1979, was a great success. Since then, Europe had its own independent access to space. Europe is now globally competitive, both in terms of launch vehicles and telecommunications satellites – and is independent when it comes to the utilization of space. After the successful flight qualification of Ariane, however, the next question was how to maintain the newly acquired competences and what usage scenario should be applied to the required infrastructure, both at the launch site in Kourou and at the aerospace companies in Europe. Clearly, the demand for launch services coming from European institutional satellite missions would not be enough to adequately employ the necessary resources. Just one or two launches a year would not be enough. Here, the commercial market segment comes into play.

### The 1980s: sudden lack of competition

Ariane's entry in the commercial business came at a favourable period, at least as far as Europe was concerned. In the US, the expendable "Delta" and "Atlas" launcher systems were in the process of being phased out. At the same time, it was becoming apparent that the Space Shuttle was falling short of expectations when it came to flight rates and launch costs. The success of the Ariane programme increasingly drew

the attention of commercial satellite operators in a burgeoning market. As a result Ariane had already launched a number of commercial telecom satellites when the Challenger disaster put the shuttle programme on hold in 1986 and led NASA to pulling out of commercial satellite launch business. There were only few American rockets still in stock, and Russian ones weren't as yet available to the West. Arianespace, founded in 1980, suddenly found itself in a monopoly in which marketing the Ariane launch system was easy.

But what does 'marketing' mean in this context? In a purely commercial business all design, development, production and marketing costs must be covered by the income from the sale of its products: any surplus will be reported as profit. This obviously cannot apply to space transportation. The main point of having a European launcher system is to maintain European independence in the use of space. With this in mind, European governments have financed the whole cost of both developing the vehicle and of building the production facilities in which to fabricate those rockets. They also built a launch site with the corresponding infrastructure as well as a global ground network to receive telemetry data. Furthermore, they fund support programmes required to maintain the launch system's flight qualification. In addition, many countries also have their own space agencies and technical centres supervising the work of contract industries. In Germany, DLR assumes this role.



Aktuell auf dem Weltmarkt verfügbare Trägerraketen im Größenvergleich

Launch vehicles available on today's world market in comparison of size

1980 gegründete Arianespace war plötzlich in einer Monopol-situation, in der es ein Leichtes war, die Ariane zu vermarkten.

Doch was bedeutet „Vermarktung“ in diesem Zusammenhang? In einem rein privatwirtschaftlich operierenden Unternehmen müssen sämtliche, bei der Entwicklung, Produktion und Vermarktung entstehende Kosten durch die Einnahmen aus dem Verkauf des Produkts gedeckt werden. Der verbleibende Überschuss kann als Gewinn verbucht werden. Für Trägerraketen kann dieses Prinzip offensichtlich nicht gelten. Der primäre Zweck eines Trägersystems in Europa ist die Gewähr der Autonomie bei der Nutzung des Weltraums. Zu diesem Ziel haben die europäischen Staaten die Entwicklung der Trägerrakete samt Produktionsanlagen in voller Höhe öffentlich finanziert. Darüber hinaus haben sie einen Startplatz mit der entsprechenden Infrastruktur sowie ein umfassendes Bodensegment zum Empfang der Telemetriedaten aufgebaut. Nicht zuletzt finanzieren sie die notwendigen Begleitprogramme zum Erhalt der Flugqualifikation. Auch unterhalten viele Staaten eigene Raumfahrtagenturen und technische Zentren, welche die Arbeit der beauftragten Industrie überwachen. In Deutschland übernimmt das DLR diese Funktionen.

Innerhalb dieser Rahmenbedingungen bedeutet die Vermarktung eines Trägersystems allenfalls den Verkauf einer Startdienstleistung zu einem Preis, der die unmittelbar mit Produktion und Betrieb zusammenhängenden Kosten abdeckt. Alle übrigen Kosten werden weiterhin öffentlich finanziert. Der Kunde bezahlt letztlich nicht die realen Kosten, die in einem rein marktwirtschaftlich arbeitenden System anfallen würden. Allerdings bietet dieser Ansatz auch für die europäischen Staaten und die institutionelle Nutzung des Weltraumzugangs große Vorteile. Die kommerziellen Kunden leisten über ihre Nutzung der Ariane-Raketen gegen Bezahlung einen substanziellen Deckungsbeitrag für die laufenden Kosten. Sie finanzieren in Wesentlichen die gesamte Produktionslinie und garantieren eine konstante Nachfrage.

Eine überaus wichtige Konsequenz daraus ist die gesteigerte Flugrate, die sich unmittelbar auf die Zuverlässigkeit des Trägersystems auswirkt. Die Erfahrung zeigt, dass neue und selten im Einsatz befindliche Träger eine geringere Zuverlässigkeit haben, als solche, die sich im regelmäßigen Betrieb befinden. Grund hierfür: Eingespielte Teams und bekannte Prozesse, in denen Erfahrungswerte helfen, Fehler frühzeitig zu bemerken und zu beheben. Für die

In the light of this, marketing of a launcher system means selling launch services at a price which at best covers the direct production and operational costs involved. Governments continue to fund the rest. In the end this means clients do not pay the actual costs they would incur in a purely market economy. However, this approach also offers major benefits to European governments and to the institutions using access to space: by using Ariane rockets, commercial clients make a substantial contribution to running expenses, essentially financing the whole production line and guaranteeing a constant demand.

One truly important consequence of this is the increased flight rate, which has an immediate effect on the launch system's reliability. Experience shows that new and rarely used launch vehicles are less reliable than those which are used on a regular basis. The reason for this: well practiced teams and known processes help to spot technical problems and correct them faster. That in turn means users not only have a more reliable system they can call on, but one that is also more cost-effective. As constant commercial demand allows ordering large batches, the cost of each rocket is cut considerably. Ariane 4 ended up being ordered in batches of fifty; and an order for 35 Ariane 5s is being negotiated at present. Their marketing is thus a win-win situation for all partners involved: government users (ESA, Eumetsat and member states), the European space industry and commercial clients.

### The 1990s: New rivals from the East

Marketing carrier rockets on a quasi-commercial basis also induces financial risks, however. In offering launch services on the worldwide market, Arianespace exposes itself to price competition from rival launcher systems. Also its competitors are counting on commercial orders to take up some of their production capacity. This aspect became increasingly important in the 1990s, as Eastern space transportation became available in the West.

The first supplier to appear from behind what once had been the 'Iron Curtain' was the People's Republic of China, which launched its first foreign client on a purely commercially marketed "Long March 3" in April 1990. China's career in the business of commercial launch services was short-lived, however: the USA accused it of engaging in industrial espionage in space technology, and imposed a strict ban on the export of US satellite technology to China from 1999. This embargo, which is still in place, placed an

Nutzerprogramme steht deshalb also nicht nur ein zuverlässigeres Trägersystem zur Verfügung, sondern auch ein preisgünstigeres. Denn über den kommerziellen Deckungsanteil können die Trägersysteme in großen Stückzahlen bestellt werden, was den Preis einer einzelnen Rakete deutlich senkt. So wurden von der Ariane 4 zuletzt Großbestellungen zu 50 Stück geordert. Von der Ariane 5 wird aktuell eine Bestellung von 35 Trägern ausgehandelt. Deren Vermarktung erweist sich folglich für alle Partner – die staatlich finanzierten Nutzer (ESA, Eumetsat und Mitgliedstaaten), die europäische Raumfahrtindustrie und die kommerziellen Kunden – als vorteilhaft.

#### 1990er-Jahre: Neue Wettbewerber aus dem Osten

Allerdings birgt die quasi-kommerzielle Vermarktung der Trägerraketen auch wirtschaftliche Risiken. Über das Angebot von Startdienstleistungen auf dem Weltmarkt setzt sich Arianespace dem Preiskampf konkurrierender Trägersysteme aus. Die Wettbewerber kalkulieren ebenfalls mit Beiträgen zur Produktionsauslastung aus dem kommerziellen Geschäft. Dieser Aspekt gewann in den 1990er-Jahren zunehmend an Bedeutung, nachdem östliche Träger im Westen verfügbar geworden waren.

Als erster Anbieter jenseits des inzwischen gefallenen „Eisernen Vorhangs“ drängte die Volksrepublik China auf den Markt. Im April 1990 startete der erste ausländische Kunde auf einem rein kommerziell vermarkteten Träger des Typs „Langer Marsch 3“. Allerdings war Chinas Auftritt als Anbieter kommerzieller Startdienstleistungen nur von kurzer Dauer. Vorwürfe der USA, dass China Industriespionage auf dem Gebiet der Raumfahrttechnologie betreibt, führten ab 1999 zu einem strikten Exportverbot amerikanischer Satellitentechnologie nach China. Dieses bis heute gültige Embargo führte zu einem fast vollständigen Stopp der kommerziellen Raumtransportaktivitäten Chinas, weil bis auf wenige Ausnahmen alle kommerziellen Satelliten amerikanische Bauteile und Technologie verwenden.

Sehr erfolgreich agierten allerdings russische und ukrainische Anbieter: Bereits unmittelbar nach dem Zerfall der Sowjetunion begannen westliche Unternehmen Nutzungsverträge mit russischen und ukrainischen Herstellerfirmen von Trägerraketen auszuhandeln, um die Träger im Westen zu vermarkten. Zu starken Konkurrenten von Arianespace entwickelten sich die US-Anbieter „International Launch Services“ (ILS) und „SeaLaunch“. Ab Mitte der 1990er Jahre bescherte vor allem die in Baikonur startende Proton ILS aufgrund guter Leistungen und attraktiver Preise einen ständig wachsenden Marktanteil. 1999 folgten die von einer umgebauten Ölbohrplattform startenden Zenit-Raketen des SeaLaunch-Konsortiums mit demselben Konzept. In Europa sicherten sich EADS und Arianespace die Vermarktungsrechte an den Sojus-Trägerraketen und gründeten mit den russischen Partnern die Firma „Starsem“.

#### Preisdumping zu Beginn des neuen Jahrtausends

Die zunehmende Konkurrenz auf dem Trägermarkt führte zu einem wachsenden Preisdruck auf dem kommerziellen Markt. Insbesondere der dramatische Rückgang an staatlichen Budgets für die russische Raumfahrt machte die Firmen abhängig von kommerziellen Einnahmen. Hinzu kam der Umstand, dass die in der ehemaligen UdSSR konstruierten Träger nicht nach marktwirtschaftlichen Prinzipien gefertigt wurden. Startpreise wurden flexibel verhandelt. Die Situation führte zu einem konstanten Rückgang der Erlöse: Diese erreichten etwa im Jahr 2003 ihren Tiefpunkt. Somit war an eine lukrative Vermarktung der Ariane vorerst nicht mehr zu denken – der Deckungsbeitrag aus dem kommerziellen Geschäft hatte sich beträchtlich verringert. In dieser schwierigen Situation musste das europäische Ariane-Programm zusätzlich mit technischen Problemen kämpfen: Der Verlust der leistungsgesteigerten Ariane 5ECA bei ihrem Erstflug im Dezember 2002 war ein herber Rückschlag.

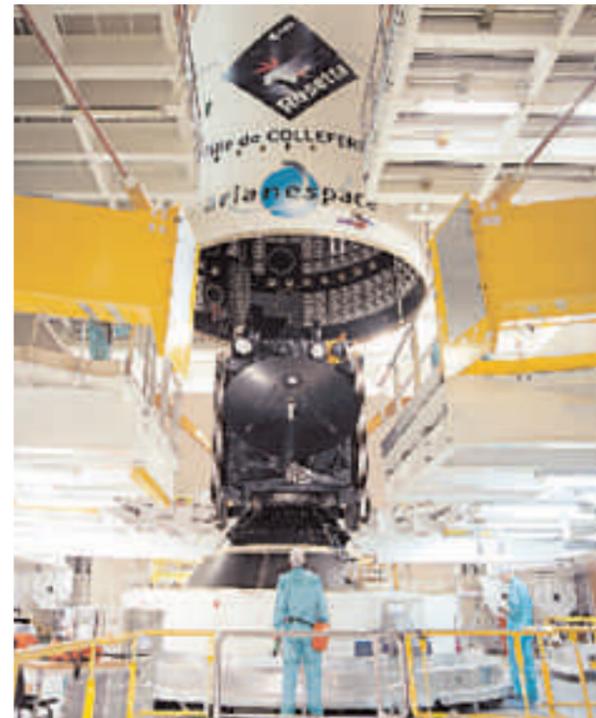
Dieser Absturz hatte weitreichende Konsequenzen auf dem europäischen Trägersektor. Sowohl die öffentlichen als auch die indus-

almost total stop on China's commercial space transportation activities, since with few exceptions all commercial satellites use American components and technology.

Russian and Ukrainian providers on the other hand have been extremely successful. As soon as the Soviet Union disintegrated, Western companies began negotiating joint ventures with Russian and Ukrainian manufacturers to market their carrier rockets in the West. US suppliers International Launch Services (ILS) and SeaLaunch started a serious competition with Arianespace. From the mid-1990s the Protons which lifted off from Baikonur provided ILS a steadily growing market share, due to the launcher's good performance and attractive prices. In 1999, the Zenit rockets followed, which the SeaLaunch consortium launched from a converted oil rig, using the same strategy. In Europe, EADS and Arianespace secured the marketing rights to the Soyuz carrier rockets, and founded the Starsem joint venture with their Russian partners.

#### Price dumping at the beginning of the new century

Increasing competition in the commercial launch services business put prices under pressure. As the Russian government slashed its space budget, companies became dependent on commercial earnings. Besides, launch vehicles produced in the former USSR were not manufactured according to western economic standards. Thus, launch prices could be negotiated flexibly. As a result earnings plummeted, reaching their all-time-low around 2003. A successful marketing of the Ariane launcher system was increasingly difficult – commercial business margins were down badly. Adding to this tough situation, the European Ariane programme was also experiencing technical problems: when the Ariane-5ECA, with its increased power, was lost on its maiden flight in December 2002, it was a bitter blow.



Integration des Rosetta-Satelliten in Ariane 5 (ESA/CNES/ARIANESPACE/Service Optique Guayane)

Integration of the Rosetta satellite in Ariane-5 (ESA/CNES/ARIANESPACE/Service Optique Guayane)

triellen Verantwortungsstrukturen wurden neu organisiert: Auf dem öffentlichen Sektor wurde die Rolle der ESA auf dem Gebiet der Trägeraktivitäten deutlich gestärkt. Bei der Industrie wurde Astrium als industrieller Hauptauftragnehmer etabliert. Zur weiteren kommerziellen Vermarktung der Ariane konnten mit Astrium und seinen Zulieferern eine drastische Preissenkung bei der Produktion ausgehandelt werden. Im Gegenzug beschlossen die europäischen Staaten das „European Guaranteed Access to Space“-Programm, mit dem zusätzliche Fixkosten bei der Produktion gedeckt werden. Durch dieses Programm erhielt Arianespace mehr Flexibilität beim Verkauf der Ariane auf dem Weltmarkt.

#### Erfolgsgarant Ariane 5ECA

Unter dem Strich haben sich diese Maßnahmen zweifellos bewährt. 2005 wurde die Ariane 5ECA nach zwei erfolgreichen Demonstrationsflügen für betriebsbereit erklärt. Seither hat diese stärkste Konfiguration der Ariane 5 die zentrale Rolle im Arianespace-Business Plan eingenommen. Sie erlaubt heutzutage planmäßige Starts. Mit der Ariane 5ECA konnte Arianespace wichtige Marktanteile zurückerobert. Arianespace ist gegenwärtig hervorragend aufgestellt.

#### Übersicht: Einsatz-Zeiträume und Startzahlen der Ariane-Generationen

Träger	Einsatzperiode	Erfolgte Starts
Ariane 1	1979 – 1986	11
Ariane 2	1986 – 1989	6
Ariane 3	1984 – 1989	11
Ariane 4	1988 – 2003	116
Ariane 5G	1996 – heute	23
Ariane 5ECA	2002 – heute	12

Stand: 01.09.2007

#### Die Entwicklung muss weitergehen

Allerdings ergab sich aus der Notwendigkeit, die Ariane 5ECA neu zu qualifizieren, im Jahr 2003 der Entwicklungsstopp der endgültigen Ausbaustufe. Ziel des ursprünglichen Plans war eine kryogene Oberstufe der zweiten Generation, welche die Trägerrakete mit zusätzlicher Nutzlastkapazität und Missionsflexibilität ausgestattet hätte. Letztere sollte über ein Triebwerk realisiert werden, das zu mehreren Zündungen fähig war. Dies hätte vor allem für die staatliche Nutzung der Ariane entscheidende Vorteile gehabt. Sowohl für zukünftige Starts des ISS-Zubringers ATV als auch beim Aufbau der Galileo-Navigationssatellitenkonstellation war der Einsatz der verbesserten Ariane-Version geplant. Seit dem Stopp der Aktivitäten läuft die Entwicklung auf Technologielevel in kleinem Rahmen weiter. So erlaubt heute das „Future Launcher Preparatory Program“ der ESA eine Fortsetzung der Auslegung und Tests des „Vinci“-Oberstufentriebwerks, das für den Antrieb der neuen Ariane vorgesehen war.

Zur Deckung der aktuellen Nachfrage ist die Leistungsfähigkeit der Ariane 5ECA groß genug. Arianespace verhandelt derzeit mit Astrium über eine Lieferung von insgesamt 35 Trägern. Dies wird ausreichen, um die europäische Raumtransportindustrie bis etwa zum Jahr 2015 auszulasten und die Ariane als Garant für den unabhängigen europäischen Weltraumzugang verfügbar zu halten. Betrachtet man jedoch die Trends auf dem kommerziellen Satellitensektor und den zunehmenden Bedarf nach einer flexibel einsetzbaren Oberstufe, so ist bereits jetzt klar, dass mittelfristig die 2003 unterbrochene Weiterentwicklung der Ariane 5 wieder aufgenommen und abgeschlossen werden muss. Erste Schritte in diese Richtung könnten bereits auf der nächsten ESA-Ministerrat-Konferenz Ende 2008 auf den Weg gebracht werden.

Dr. Thilo Kranz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Trägersysteme in der DLR Raumfahrt-Agentur.

This crash had far-reaching consequences for the European launcher sector. Responsibilities were reorganised, in both the public and private sectors. In the public sector, ESA was given a more responsible role in launcher activities; on the private side, Astrium was established as the industrial prime contractor. In order to continue marketing Ariane commercially, drastic price cuts on production were negotiated with Astrium and its suppliers. In return, European governments set up the “European Guaranteed Access to Space Programme” covering additional fixed costs in production. This programme gave Arianespace more flexibility when selling Ariane on the world market.

#### Ariane 5ECA ensures success

As it turns out, these measures have had the desired effect. The Ariane 5ECA was declared operational in 2005, after two successful demonstration flights. Since then, this most powerful configuration within the Ariane 5 family has played a key role in Arianespace's business plan. The Ariane 5ECA has enabled Arianespace to win back its major position on the world market that Ariane lost temporarily. The European launcher now enjoys an outstanding reputation.

#### Overview: Ariane generations, periods of usage and number of starts

Carrier	Used	Successful launches
Ariane 1	1979–1986	11
Ariane 2	1986–1989	6
Ariane 3	1984–1989	11
Ariane 4	1988–2003	116
Ariane 5G	1996–today	23
Ariane 5ECA	2002–today	12

Status as of 01.09.2007

#### Development must go on

The need to requalify Ariane 5ECA put on hold the program to develop the ultimate Ariane 5ECB configuration in 2003. With this second-generation cryogenic upper stage Ariane would have been provided with more payload capacity and increased mission flexibility. The latter was to be achieved via a re-ignitable upper stage engine. Main beneficiary of this evolution would have been government use of Ariane. It was planned to use this new, improved version of Ariane in future flights of the ISS logistics module, ATV, and in launching the Galileo constellation of navigation satellites. Since the end of the major evolution activities concerning the Ariane launcher system, technology development takes place on a smaller level only. Today, ESA's “Future Launcher Preparatory Program” is making it possible to continue designing and testing the “Vinci” upper stage motor, which was intended to power the new Ariane.

Ariane 5ECA has enough performance to meet current demand. Arianespace is currently negotiating with Astrium to supply 35 Ariane 5ECA vehicles: that will be enough to keep the European space transportation industry's production lines busy until around 2015. Thus, Ariane will be guaranteeing Europe's independent access to space for the years to come. But if current trends in the commercial satellite sector and the increasing need for a flexible-use upper stage are considered, it becomes clear that further development of the Ariane 5 must be resumed and completed in the medium run. The first steps towards this new evolution could be taken as soon as the next ESA Council of Ministers conference in late 2008.

Dr. Thilo Kranz is research associate at the launcher department of the DLR Space Agency.

## Parabelflug: Schwerelos forschen

Forschung in der Schwerelosigkeit

## Parabolic Flights: Researching weightlessly

Microgravity Research



## 10. DLR-PARABELFLUG

Airbus A300 ZERO-G in der Aufwärtsbewegung, kurz vor Erreichen der Mikrogravitationsphase (Novespace)

The ZERO-G Airbus A300 in upward motion, short-time before reaching the microgravity phase (Novespace)



Von Dr. Ulrike Friedrich

Wissenschaftler erforschen im Tauchboot die Tiefsee, mit dem Flugzeug die Atmosphäre, im Labor fast alles, was auf der Erde erforschbar ist. Aber: Die Erdschwerkraft ist immer präsent. Sie beeinflusst, überdeckt oder stört chemische und physikalische Prozesse. Andererseits orientieren sich Pflanzen- und Körperzellen am Schwerkraftvektor, der deshalb in der Evolution eine bedeutende Größe ist.

Es gibt eine große Zahl an Fragen aus Physik, Materialforschung, Biologie und Humanphysiologie, zu deren Lösung man den Parameter Schwerkraft variieren oder ausschließen möchte. Mit Zentrifugen wird die Beschleunigung erhöht. Die Richtung der Einwirkung der Erdschwerkraft variiert man, indem man zum Beispiel eine Pflanze waagrecht oder in einen bestimmten Winkel legt. Aber wie schaltet man im Labor auf der Erde die Wirkung der Schwerkraft aus?

By Dr. Ulrike Friedrich

Scientists explore the deep sea in submarines, the Earth's atmosphere in aircraft and almost everything that is explorable on Earth in their laboratories. However, the Earth's gravity is always present, influencing, camouflaging, or interfering with chemical and physical processes. At the same time, plants, animals and the human body sense the direction of gravity and use it for orientation, which is why gravity is such an important factor in the evolution of life.

In physics, materials research, biology and human physiology, there are a great many of questions which could be answered only if we vary or exclude gravity as a parameter. Centrifuges can be used to increase acceleration, and the direction in which gravity acts can be varied by positioning a plant horizontally or at a specific angle. But how to eliminate the impact of gravity in a laboratory on Earth?

Verschiedene Methoden simulieren die Schwerelosigkeit, zum Beispiel kann dies durch gleichmäßiges Drehen einer Pflanze um eine horizontale Achse (Klinostat), durch elektromagnetisches In-der-Schwebe-Halten eines Metalls (Levitation) erreicht werden. Beim Menschen entstehen einige Effekte von Schwerelosigkeit durch eine Tieflage des Kopfes und durch Bettruhe. Aber wirkliche Schwerelosigkeit erhalten wir auf der Erde nur im freien Fall. Dies funktioniert für wenige Sekunden in luftleeren Röhren, beispielsweise im Fallturm in Bremen, für einige Minuten auf Raketen, die Deutschland in Lappland startet, und für Tage bis Monate in einem Forschungs-satelliten oder auf der Internationalen Raumstation, die um die Erde herum „fallen“. Aber als Wissenschaftler selbst im eigenen Forschungsgebiet in Schwerelosigkeit forschen, selbst dabei schwerelos zu sein: Das funktioniert nur in einem Flugzeug, das Parabeln fliegt.

### Unendliche Leichtigkeit

Früh morgens treffen wir uns alle, ziehen unsere speziellen Fliegeroveralls an, nehmen unsere Medikamente gegen Reisekrankheit ein. Wir, das sind 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Journalisten, Projektmanager, begleitet von einem französischen Team aus Schwerelosigkeits-erfahrenen Helfern als Cabin Crew. Die Forscher prüfen zum letzten Mal ihre Versuchsgeräte, für medizinische Untersuchungen werden Elektroden geklebt und Kanülen gelegt, kleine Fische werden in Mini-Aquarien ins Flugzeug transportiert. Nach einem umfangreichen technischen Check startet das Flugzeug – ein Airbus A300 ZERO-G – und fliegt zum Testfluggebiet, das speziell für die Parabelmanöver vorgesehen und für andere Flugzeuge gesperrt ist. Hat das Flugzeug die Reiseflughöhe erreicht, treffen alle letzte Vorbereitungen an ihren Experimenten.

Die erste Parabel wird einige Minuten vorher angekündigt, dann die Sekunden rückwärts gezählt bis zum Pull up. Zwanzig lange Sekunden dauert der steile Aufstieg des Flugzeugs, wobei wir alle – doppelt so schwer als beim Normalflug – auf den Boden des Flugzeugs gepresst werden. Man atmet gegen den Druck an und bewegt sich möglichst nicht. Dann kommt die Durchsage „Injection“ und plötzlich ist sie da, die unendliche Leichtigkeit, das Schweben, kein Druck mehr auf dem Körper! Aber wo ist unten, wo ist oben? Viele beschreiben das Gefühl der Schwerelosigkeit als das Schönste, Beeindruckendste, Erhebendste, was man erleben kann. Man fühlt sich völlig frei! Ein Ball schwebt langsam auf mich zu, wie in Zeitlupe, dabei völlig geradlinig, das entspricht absolut nicht unserer Erfahrungswelt auf der Erde. Entweder wir werfen einen Ball langsam, dann beschreibt er eine Wurfparabel und landet schnell auf dem Boden, oder wir schmettern ihn, dann fliegt er fast geradlinig, aber sehr schnell.

22 Sekunden Schwerelosigkeit können sehr kurz, aber im Erleben auch richtig lang sein. Man sollte auf die Ansagen achten, die das Ende der Schwerelosigkeit ankündigen und damit den raschen Übergang in die Doppel-Schwerkraftphase beim Abfangen (Pull-Out) der Maschine. Wieder werden wir auf den Boden gepresst, doppelt so schwer wie normal, bis wir nach circa 20 Sekunden wieder den Normalflug und damit die normale Schwerkraft erreichen.

Weightlessness can be simulated in various ways, for instance by steadily rotating a plant around a horizontal axis (clinostat) or keeping metal hovering in an electromagnetic field (levitation). In humans, some of the effects of weightlessness can be simulated by placing the head in a low position or putting the body in a horizontal position. True weightlessness, however, is obtainable on Earth only in free fall, lasting for a few seconds in an airless tube such as that of the Bremen drop tower, for a few minutes on rockets such as those launched by Germany from Lapland, and for days or even months in research satellites or on the International Space Station which 'fall' around the Earth. But if you as a scientist want to do research in your own field in weightlessness while being weightless yourself, you have to resort to an aircraft on a parabolic flight.

### Infinite lightness

Early in the morning, we meet to put on our special flight overalls and take our medication against travel sickness. We are a group of 40 scientists, journalists and project managers accompanied by a French cabin crew with a lot of zero-gravity experience. Researchers make their final equipment tests, electrodes are glued on and cannulas are inserted for medical tests, and small fishes are carried into the aircraft in mini-aquariums. After a comprehensive technical checkup, the Airbus A300 ZERO-G takes off for its flight to the test area which is reserved for parabolic flights only and is off limits to other aircraft. Once the plane has reached its cruising altitude, everyone puts the finishing touches to their experiments.

The parabola is announced a few minutes in advance, followed by a countdown which ends with the pull-up. For 20 long seconds, the aircraft climbs steeply, pressing us all to the floor, doubling our weight compared to a regular flight. Breathing against the pressure, you try to avoid moving if possible. Finally, a loudspeaker says 'injection', and suddenly there it all is – infinite lightness, floating on air, no more pressure on your body! But where is up – or down? There are many who describe the feeling of weightlessness as the most beautiful, impressive and elating experience you can have. You feel so completely free! A ball slowly floats towards me, moving in slow motion yet traveling in a completely straight line, totally unlike as on Earth. There, either we throw a ball slowly, in which case it follows a parabola and lands on the ground quickly, or we slam it, in which case it will travel almost straight but very swiftly.

While 22 seconds of weightlessness may be very brief, the experience may seem very lengthy. You should watch out for the announcement signaling the end of weightlessness and the beginning of the transition to the double-gravity phase as the plane pulls out. Once again, we are pressed to the floor with double weight until the plane returns to regular flight – and we to normal gravity after about 20 seconds.

Although everyone on board experiences the same, scientists concentrate on their experiments, observing physical processes, floating drops of metal, fishes moving in circles, and changes in the circulation of blood through the skin of the forehead and calf.

Auch wenn jeder an Bord dies erlebt, konzentrieren sich die Wissenschaftler auf ihre Experimente, beobachten die physikalischen Prozesse, den schwebenden Metalltropfen, die im Kreis schwimmenden Fische und die veränderte Hautdurchblutung an Stirn und Schienbein.

Die Parabeln dauern jeweils 60 Sekunden mit jeweils 20 bis 22 Sekunden Schwerelosigkeit. Zwischen zwei Parabeln geht das Flugzeug für eine Dauer von zwei Minuten in den Horizontalflug über. Zwischen Fünfer-Blöcken sind vier bis acht Minuten Pause, damit Forscher ihre Experimente neu einstellen, Mediziner ihre Testpersonen austauschen können. Insgesamt werden 31 Parabeln an einem Tag absolviert.

#### Biologische, medizinische und physikalische Experimente in Schwerelosigkeit

Biological, medical and physical experiments in microgravity



Nach drei bis vier Stunden Flug kehrt das Flugzeug zum Heimatflughafen zurück. Während des Mittagessens werden die Erlebnisse ausgetauscht und die wissenschaftlichen Beobachtungen diskutiert. Bei einem Debriefing berichten die Forscher über Ablauf und Erfolg ihrer Experimente. Piloten erläutern den Flugablauf und die meteorologischen Verhältnisse im Testfluggebiet. Details zum nächsten Flugtag werden diskutiert. Nachmittags laden die Wissenschaftler die Experimentdaten auf ihre Laptops und führen erste Analysen durch. Daraufhin legen sie die Experimentparameter für den nächsten Flugtag fest und bereiten die Proben entsprechend vor. Die eigentlichen umfangreichen Analysen erfolgen in den anschließenden Wochen und Monaten im Heimatlabor.

#### Vorbereitung auf große Weltraumexperimente

Die Experimente stammen zu etwa 40 Prozent aus den Fachbereichen Biologie, Medizin (Humanphysiologie), Psychologie, und zu 60 Prozent aus Grundlagenphysik, Materialforschung und Technologie. Wissenschaftler und Ingenieure aus deutschen Forschungsinstitutionen wie Universitäten, Instituten der Max-Planck-Gesellschaft, Fraunhofer-Gemeinschaft, aber auch aus der deutschen Industrie senden ihre Experimentvorschläge an das DLR, wo sie fachlich begutachtet werden. Nach positiver Beurteilung wird die geeignete Forschungsplattform durch das DLR zur Verfügung gestellt. Für Parabelflug-Experimente bedeutet das, dass sie für einen festen Starttermin innerhalb von sechs bis zwölf Monaten vorgemerkt werden.

Each parabola lasts 60 seconds, offering 20 to 22 seconds of zero gravity. Between parabolas, the aircraft remains in normal flight modus for two minutes. A set of five parabolas is followed by a break of four to eight minutes to permit researchers to readjust their experiments and medical men to change their test subjects. All in all, 31 parabolas are flown every day.

After a flight of three to four hours, the aircraft returns to its home base. During lunch, experiences are exchanged and scientific observations are discussed. At the following debriefing session, scientists report on the progress and success of their experiments, and pilots explain the course of the flight and the meteorological conditions prevailing in the test area. Details relating to the subsequent flight

day are discussed. In the afternoon, scientists store experimental data on their laptops and analyze them tentatively. On that basis, they define the experiment parameters for the next flight day and prepare their specimens accordingly. Comprehensive analyses will follow in their home laboratories during the next weeks or months.

#### Preparing for large-scale space experiments

Biology, medicine (human physiology) and psychology account for about 40 percent of the experiments, while the other 60 percent relate to basic research in physics, materials research, and technology. Scientists and engineers from German research institutions, such as universities and institutes of the Max Planck and Fraunhofer societies as well as others who work for the industry in Germany submit their experiment proposals to DLR where they are reviewed by experts. If approved, a suitable research platform will be provided by DLR. Any parabolic-flight experiments will be scheduled for a campaign date six to twelve months ahead. Of course, only those experiments will be taken into consideration which can be safely conducted within 20 to 22 seconds of weightlessness and are meaningful in spite of the residual accelerations in the order of 10-2g. Many experiments are separate investigations complementing terrestrial research projects, some of which include drop tower tests. Others address subordinate aspects of major space experiments that will be or have been conducted on rockets and satellites or on the Space Station. In quite a number of experiments, newly-developed equipment was tested to see whether it

Natürlich kommen nur solche Experimentvorschläge in Betracht, bei denen Schwerelosigkeitsphasen von 20 bis 22 Sekunden für die Untersuchungen ausreichen und die mit den Restbeschleunigungen im Bereich von 10-2 xg leben können. Bei vielen Experimenten handelt es sich um eigenständige Untersuchungen in Ergänzung zur terrestrischen Forschung, eventuell begleitet von Versuchen im Fallturm. Andere behandeln Teilaspekte von „großen“ Weltraumexperimenten, die auf Raketen, Satelliten und besonders auf der Raumstation durchgeführt werden sollen oder bereits wurden. Bei etlichen Experimenten werden neu entwickelte Geräte geprüft, ob sie, wie vorhergesagt, auch in Schwerelosigkeit funktionieren. Gleichzeitig können mit diesen neuen Geräten die Einstellungen für bestimmte wissenschaftliche Proben optimiert werden. Mit derart erprobten Geräten und durchgetesteten Parametern ist die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass das große Weltraumexperiment erfolgreich sein wird.

Einige Beispiele für Parabelflug-Experimente: Ein umfangreiches Forschungsgebiet stellt das Materialdesign von Metalllegierungen dar. Seit Mitte der 1980er Jahre hat das DLR ein weltweit einzigartiges Experimentiergerät entwickelt, in dem schmelzflüssige und unterkühlte Metalle und Legierungen in der Schwebelage untersucht werden können. Das Gerät „TEMPUS“ („Tiegelfreies elektromagnetisches Positionieren unter Schwerelosigkeit“) hält Metalltropfen durch hochfrequente elektromagnetische Felder in der Schwebelage, ohne dass das Material mit einer Behälterwand in Berührung kommt. In Schwerelosigkeit können präziser und über einen wesentlich weiteren Temperaturbereich thermophysikalische Eigenschaften der Metalle gemessen werden, als es auf der Erde möglich ist. Die neuen Erkenntnisse werden für die Modellierung von Gieß- und Erstarrungsverhalten in der industriellen Produktion, zum Beispiel beim Guss von Automotoren verwendet. Auch für stationäre Gasturbinen in Kraftwerken müssen die Turbinenschaufeln in ihren physikalischen und mechanischen Eigenschaften optimiert werden. Die Forschung in Schwerelosigkeit liefert hierzu einen wichtigen Beitrag.

#### Drei Jahrzehnte Parabelflug-Kompetenz beim DLR

Die Ära der Parabelflüge für wissenschaftliche Zwecke begann bereits in den fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts. Zuerst fanden medizinische Untersuchungen für Piloten und Astronauten statt, dann erprobten Astronauten Aktivitäten wie Wechsel ihres Fliegeranzuges oder technische Vorgänge in Schwerelosigkeit. Besonders in den USA, Frankreich und der Sowjetunion fanden regelmäßig Parabelflüge mit verschiedenen Flugzeugtypen statt (Boeing KC-135, Caravelle ZERO-G, Ilyushin 76 MDK und kleinere Maschinen).

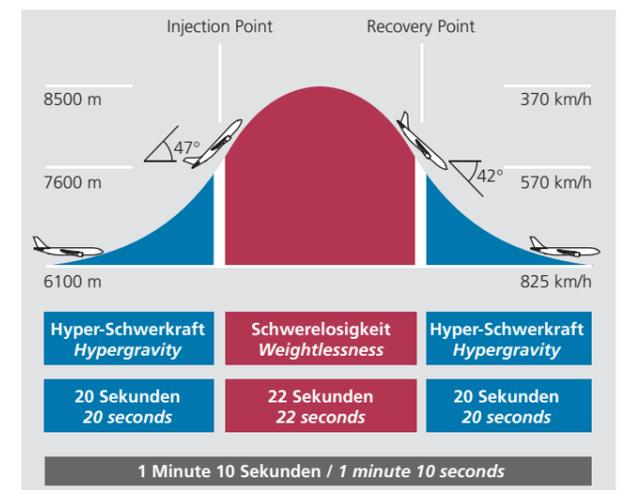
Seit den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts beteiligte sich das DLR regelmäßig an Flügen der NASA und nutzte gelegentlich ein sowjetisches Flugzeug. Deutsche Wissenschaftler experimentieren seit langem auf von der ESA organisierten Parabelflügen, die seit 1997 mit dem französischen Airbus A300 ZERO-G stattfinden. Der Bedarf der Wissenschaftler an Parabelflügen stieg stetig an, sodass das DLR 1999 entschied, eigene Parabelflüge zu veranstalten. Seitdem finden ein bis zwei Parabelflug-Kampagnen pro Jahr statt.

Basisstandort ist Bordeaux, einige Kampagnen wurden jedoch auch in Deutschland mit Start am Flughafen Köln/Bonn durchgeführt. Das DLR beauftragt für die Durchführung die französische Firma Novespace, die Eigentümerin des Airbus ist. Novespace berät die Wissenschaftler beim Bau ihrer Experimentiergeräte, sorgt für die Einhaltung aller Sicherheitsbestimmungen für experimentelle Testflüge. Das französische Testflugzentrum CentrÉ d'Essays en Vol (CEV) stellt die Crew (Piloten, Flug- und Testingenieure, Flugbegleiter) und hat die Oberaufsicht für die Testflüge. Die Firma Sogerma wartet und pflegt den Airbus.

Findet ein Parabelflug in Deutschland statt, so sorgt die Deutsche Flugsicherung DFS für reservierte Fluggebiete. Der Flughafen Köln/Bonn stellt für zwei Wochen Kampagnendauer großzügig ein Terminal für das Projektteam und für die Wissenschaftler zur Expe-

would function in zero gravity as predicted. At the same time, the parameters of certain scientific samples may be optimized while new equipment is being tested. Using equipment and parameters that have been proven and thoroughly tested in this way will materially increase the chances of success of major space experiments.

Some examples of parabolic flight experiments: Material design for metal alloys constitutes a wide field of research. In the mid-1980s, DLR developed an experimental device that is unique in the world. It serves to study molten and undercooled metals and alloys in a levitated state. Called TEMPUS (crucible-free electromagnetic positioning in zero gravity), the device employs high-frequency electromagnetic fields to keep drops of metal in suspension without coming into contact with container walls. Zero gravity permits



#### Schematische Darstellung einer Flugparabel

Diagram of a flight parabola

measuring the thermophysical properties of metals more precisely and over a much wider range of temperatures than on Earth. The knowledge thus gained is used to model casting and solidification processes in industrial production such as, for instance, the casting of car engines. Similarly, the blades of stationary gas turbines in power plants need to be optimized in their physical and mechanical properties. Research in weightlessness provides much-needed assistance in this context.

#### Three decades of DLR competence in parabolic flights

The era of parabolic flights for scientific purposes began in the 1950s. At first, they served to conduct medical tests on pilots and astronauts. Later, astronauts tested their ability to handle activities like changing flight overalls or operating technical processes in weightlessness. Especially in the USA, France and the Soviet Union, various aircraft types (Boeing KC-135, Caravelle ZERO-G, Ilyushin 76 MDK and smaller planes) were regularly employed on parabolic flights.

In the 1980s, DLR began participating in NASA flights on a regular basis, using Soviet aircraft occasionally. German scientists have been experimenting for a long time on parabolic flights organized by ESA, for which the French Airbus A300 ZERO-G has been used since 1997. As the scientific demand for parabolic flights was steadily growing, DLR decided in 1999 to organize its own parabolic flights. Since that time, one or two parabolic flight campaigns have been run every year.

## Von der Idee in die Schwerelosigkeit

Vor dem Parabelflug	Aktivität
12 Monate	Einreichen eines Experimentvorschlages
10 – 12 Monate	Begutachtung
6 Monate	Auswahl der Experimente für eine spezielle Flugkampagne
5 Monate	Erstellen einer technischen Beschreibung und ggf. eines medizinischen Versuchsprotokolls
4 Monate	Besuch und Beratung durch Ingenieure der Firma Novespace
4 – 1 Monate	Bau der Experimentanlagen, technische, wissenschaftliche, organisatorische Vorbereitung des Parabelflugexperimentes; flugmedizinische Untersuchung aller für den Mitflug vorgesehenen Wissenschaftler

Die Parabelflug-Kampagne	Aktivität
Dienstag, 1. Woche	Anreise der Wissenschaftler
Mittwoch – Freitag, 1. Woche	Aufbau der Experimentanlagen und Einbau in den Airbus
Montag, 2. Woche	Sicherheitsüberprüfung der Experimentanlagen im Airbus Sicherheitseinweisung für alle Passagiere mit Erläuterung der Flugmanöver und des Experimentalprogramms
Dienstag – Donnerstag, 2. Woche	Drei Flugtage
Freitag, 2. Woche	Reserveflugtag; Ausbau der Experimentanlagen aus dem A300 ZERO-G und Rückreise der Wissenschaftler

imentvorbereitung zur Verfügung und unterstützt die Bodenaktivitäten mit seiner Infrastruktur. Die deutsche Luftwaffe mit ihrer Flugbereitschaft in Köln-Wahn unterstützt die Parabelflugkampagne logistisch. Das Nutzerunterstützungszentrum des DLR bietet Wissenschaftlern gut eingerichtete Labors und personelle Unterstützung. Bis zu 150 Wissenschaftler, Techniker, Ingenieure und andere Projektbeteiligte leben für zwei Wochen am Kampagnenort, bauen in der ersten Woche ihre Experimentieranlagen vor Ort zusammen, prüfen deren Funktion, montieren sie in der Kabine des Airbus. Ein französisches Reviewteam prüft die Sicherheit des Aufbaus und gibt das endgültige „Go“ für den Mitflug.

In der zweiten Woche findet für alle Teilnehmer eine Sicherheitseinweisung statt, in welcher der Flugkapitän den Parabelflug mit den speziellen Manövern erläutert. Der Fliegerarzt gibt Verhaltensregeln und erläutert die Medikation. Das DLR informiert über das Programm „Forschung unter Weltraumbedingungen“, und die Wissenschaftler stellen ihre Experimente vor. Es folgen drei, gelegentlich vier oder fünf Flugtage. Danach werden die Experimente wieder ausgebaut und zum Heimatlabor der Forscher transportiert.

Der beim Parabelflug verwendete Airbus A300 ZERO-G ist der dritte jemals gebaute A300. Er wurde immer nur als Testflugzeug für die Prüfung von Turbinen, Flugzeug-Software und für andere technische Tests eingesetzt. Seit 1997 ist er für Parabelflüge zugelassen. Das solide, mit starken Turbinen ausgestattete Flugzeug benötigte kaum Veränderungen für diesen Spezialeinsatz. Es gibt einige Sensoren zusätzlich, mit denen hydraulische Drücke und Beschleunigungen in allen Raumrichtungen beobachtet und aufgezeichnet werden. Der zentrale Bereich der Passagierkabine ist leer geräumt und mit vielen Steckdosen versehen, damit dort die Experimente betrieben werden können. Schaumstoffpolster an den Wänden schützen vor Verletzungen.

Although the aircraft is based in Bordeaux, some campaigns have been conducted from Köln Bonn Airport in Germany. Novespace, a French company which owns this Airbus plane, is regularly commissioned by DLR to implement these campaigns. Novespace advises scientists on the construction of their experimental equipment and monitors compliance with all safety regulations applying to experimental flights. The French test flight center Centre d'Essays en Vol (CEV) provides the crew (pilots, flight and test engineers, flight attendants) and oversees the test flights. The Sogerma company is maintaining the plane.

When a campaign is conducted in Germany, test flight zones are reserved by the German air traffic control (DFS). Köln Bonn Airport generously provides a terminal for the two weeks' duration of a flight campaign to accommodate the project team and enable scientists to prepare their experiments. The airport also supports ground activities with its infrastructure. From its operations center at Köln-Wahn, the German air force provides logistical support. The DLR user support center offers scientists well-equipped laboratories as well as personal assistance. On occasion, up to 150 scientists, technicians, engineers and others involved in the project live at the site of the campaign for two weeks, assembling their experimental units, testing their function and installing them in the Airbus cabin in the first week. Having reviewed the installations for safety defects, a French team finally gives the go signal for the flight.

In the second week, all participants attend a safety instruction course at which the flight captain explains parabolic flights and their specific maneuvers and the flight doctor discusses medication and rules of behavior. DLR presents information about its 'Research under Space Conditions' program, and scientists present their experiments. Next in line are three and sometimes four or five flight days, after which the experiments will be dismantled and transported back to the researchers' home laboratories.

## From an Idea to Weightlessness

Before the flight	Activity
12 months	Submission of an experiment proposal
10-12 months	Review
6 months	Selection of experiments for a specific flight campaign
5 months	Development of a technical description and, if necessary, a medical test protocol
4 months	Visit and consultation by Novespace engineers
4-1 months	Construction of the experimental apparatus; technical, scientific, organizational preparations for the parabolic-flight experiment; aeromedical examination of all scientists scheduled for the flight

The parabolic-flight campaign	Activity
Tuesday, week 1	Arrivals
Wednesday – Friday, week 1	Assembly of the experimental apparatus and installation in the Airbus
Monday, week 2	Safety check of the experimental apparatus in the Airbus Safety instructions for all passengers, explanation of flight maneuvers and the experimental program
Tuesday to Thursday, week 2	Three flight days
Friday, week 2	Reserve flight day; removal of experimental apparatus from the A300 ZERO-G; departures

### Auch der Nachwuchs forscht in Schwerelosigkeit

Zwischen 1999 und September 2007 hat das DLR zehn Parabelflug-Kampagnen veranstaltet. Dabei wurden mehr als 170 Experimente durchgeführt: 36 biologische Experimente, 34 Experimente aus dem Bereich Humanphysiologie, 28 grundlagenphysikalische und 68 materialwissenschaftliche Experimente. Sieben Experimente waren rein technologische Tests.

Neben vielen interessanten wissenschaftlichen Ergebnissen gab es auch zahlreiche Highlights: Im September 2004 – und nun auch wieder im September 2007 – wurde die Parabelflug-Kampagne zeitlich mit dem Tag der Luft- und Raumfahrt verknüpft. Es fanden spezielle, kürzere Flüge mit Gästen aus Politik, Wirtschaft und Medien statt. Tausende von Besuchern konnten den Airbus A300 ZERO-G besuchen und wurden über die Forschungsprojekte informiert. Im Mai 2006 haben wir den Airbus auf der Internationalen Luft- und Raumfahrttausstellung ILA in Berlin der Öffentlichkeit präsentiert.

Seit Jahren dürfen bei ausgewählten Flügen auch Schülerinnen und Schüler dabei sein. Hierbei handelt es sich entweder um Schulklassen oder Leistungskurse von Gymnasien, die von einem der teilnehmenden Forscher in ihr wissenschaftliches Projekt mit einbezogen werden. Es können auch mehrere Schulen an einem biologischen Experiment des Schoollabs am DLR-Standort Köln-Forst mitarbeiten. Die Jugendlichen halten Vorträge zu Themen der Schwerelosigkeitsforschung, beschäftigen sich mit „ihrem“ Experiment, lernen die Handhabung. Ausgewählte Schülerinnen und Schüler ab 18 Jahren dürfen sogar beim Parabelflug mitfliegen, was ein herausragendes Ereignis ist. Aber auch für alle anderen Beteiligten ist die Teilnahme an einem solchen besonderen Projekt ein Erlebnis: Der Kontakt zu Wissenschaftlern ist möglich, alles wird hoch technologisch und äußerst professionell gehandhabt. Man kann sich den Airbus und selbst das Cockpit von innen anschauen

The ZERO-G Airbus A300 that is employed on parabolic flights is the third of its type ever built. Initially, it was used exclusively to test turbines, flight software and other technical items. In 1997, it was approved for parabolic flights. Solidly constructed and equipped with powerful turbines, the aircraft hardly needed any modifications at all for this special mission. A few additional sensors were installed to monitor and record hydraulic pressures and accelerations in all spatial directions. The central part of the cabin has been cleared and studded with sockets to provide electricity for experiments. Walls are padded with foamed plastic to prevent injuries.

### A chance for young scientists

From 1999 to September 2007, ten parabolic flight campaigns were organized by DLR. More than 170 experiments were conducted, of which 36 were related to biology, 34 to human physiology, 28 to basic research in physics and 68 to materials science. Seven experiments were basically technological tests.

In addition to the large number of interesting scientific results produced, there were many highlights: In September 2004, and again in September 2007, a parabolic flight campaign was scheduled to coincide with the Aerospace Day. Special flights were organized for guests from politics, economy and media. Thousands of visitors took advantage of the opportunity to visit the Airbus A300 ZERO-G and learn about its research projects. In May 2006, we presented the Airbus to the public at the International Aerospace Show ILA in Berlin.

For years, school students have been permitted to participate in certain flight campaigns. Invited by participating researchers to join in their scientific projects, they may belong either to a class or an intensified course at a senior high school. As an alternative, school students may collaborate on a biological experiment of the



**Bernd Johannes und Luis Beck vom DLR-Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin untersuchen Raumkrankheit und Gleichgewichtstörungen beim Menschen**

Bernd Johannes and Luis Beck from DLR's Institute of Aerospace Medicine examining human space disease and disturbance of equilibrium

und befasst sich mit einem ausgefallenen wissenschaftlichen Thema. Dafür „opfern“ viele Jugendliche gerne ihre Freizeit.

Zahlreiche Journalisten dokumentieren die Aktivitäten und berichten in den Medien über die wissenschaftlichen Themen und das Erleben Schwerelosigkeit. Beim 10. Parabelflug waren sogar erstmals Künstler dabei, die eine Verbindung von Wissenschaft und Kunst herstellen.

#### Breitgefächertes Programm auch beim Jubiläumsflug

Die an der 10. DLR-Parabelflugkampagne im September teilnehmenden Wissenschaftler haben wieder viele verschiedene Fragen untersucht. Beispielsweise behandelten zwei Experimente den Einfluss von Schwerelosigkeit oder des Parabelfluges insgesamt auf das Immunsystem und andere Stoffwechselprozesse des Menschen beziehungsweise auf Zellen des Immunsystems. Es ist bekannt, dass sich das Immunsystem von Astronauten bei längeren Aufenthalten im Orbit verändert. Die Forscher gehen der Hypothese nach, dass die Raumfahrtbedingungen – besonders die Schwerelosigkeit – eine Stress-Antwort des Körpers zur Folge haben und damit die Infektabwehr unterdrücken. Hier geht es um ein besseres Verständnis der Wechselwirkung von Psyche und Immunsystem, wofür auch neue Messmethoden entwickelt werden. Dieses Wissen kann schließlich auch für die Therapie von Patienten vorteilhaft sein, die sich während einer intensiv-medizinischen Behandlung unter erheblichem Stress befinden.

Eine weitere Experimentserie beschäftigt sich damit, herauszufinden, was bei dem Aufprall von Spraytropfen auf beheizte Oberflächen passiert, wie hydrodynamische und Wärmeübertragungsprozesse verlaufen. Wenn man diese Prozesse, die auch von der Schwerkraft beeinflusst werden, besser versteht, kann man die Modellierung solcher Vorgänge verbessern, die bei der Kühlung elektronischer Komponenten und beim kryogenen Kühlen menschlicher Zellen eine Rolle spielen.

School Lab at the DLR Köln-Porz location. These young people give presentations on issues of zero-gravity research, busy themselves with 'their' experiments and learn how to handle them. Selected students aged 18 and over may even be allowed to join in an actual parabolic flight, for them an outstanding event. However, participating in such a special project is an experience for everyone else involved as well: The young people get in touch with scientists, and everything is done in a highly technical and professional manner. For an opportunity to view the Airbus and even its cockpit from inside and investigate unusual scientific problems, many young people are glad to 'sacrifice' their spare time.

Numerous journalists document these activities and report in their media about scientific subjects and the experience of weightlessness. On the 10th parabolic flight campaign, there will even be artists to forge a link between science and arts for the first time.

#### A large program range for the jubilee campaign

Once again, the scientists participating in the 10th DLR parabolic flight campaign in September will investigate many different questions. For example, two experiments will address the influence exerted by weightlessness and/or the general parabolic flight conditions on the human immune system and other metabolic processes as well as on immune system cells. It is a known fact that the immune systems of astronauts change during prolonged stays in orbit. Researchers are investigating the theory that the conditions prevailing in space and especially weightlessness induce a stress-related response in the body which suppresses its defense against infections. In this context, we need to improve our understanding of the interaction between the mind and the immune system, for which purpose new measuring methods are being developed. Ultimately, such insights may serve to improve the therapy of patients who are under intensive medical treatment and suffer considerable stress in consequence.

Another series of experiments aims to find out what happens when spray droplets impinge on heated surfaces, and what course the hydrodynamic and heat-transfer processes involved actually take. Playing a role in cooling electronic components and the cryogenic treatment of human cells, these processes are also influenced by gravity, and if we understand them better, we can improve their mathematical models.

#### Teilnehmer des letzten Flugtages bei der 10. DLR-Parabelflugkampagne in Köln

Participants of the final flight day during DLR's 10th parabolic flight campaign in Cologne



Die Dauer der Schwerelosigkeitsphase ist beim Parabelflug mit 20 bis 22 Sekunden recht kurz. In der Summe kommen jedoch bei einer dreitägigen Kampagne immerhin fast 35 Minuten Schwerelosigkeit zusammen. Der Vorteil für das Experimentieren ist, dass zwischen den Schwerelosigkeitsphasen sowie zwischen den Flugtagen experimentelle Parameter oder Proben verändert werden können, und dass der Wissenschaftler selbst sein Experiment bedienen, beobachten und beurteilen kann. Für humanphysiologische Forschung ist es immer wichtig, möglichst viele Testpersonen untersuchen zu können, um zu statistisch abgesicherten Aussagen zu kommen. Das ist bei einem Parabelflug leichter möglich als zum Beispiel auf der Raumstation. Da deutsche Wissenschaftler sowohl an DLR- als auch an ESA-Kampagnen teilnehmen können, erreichen die Forscher innerhalb weniger Jahre genügend Daten für gute Publikationen in angesehenen Zeitschriften.

#### Die Parabelflüge helfen, die Ziele der Forschung unter Weltraumbedingungen zu erreichen:

- grundlegende Lebensfunktionen zu untersuchen,
- neue Diagnostikmethoden und Therapien in der Medizin zu finden
- die Horizonte in der Physik zu erweitern und
- innovative Materialien zu erforschen.

Das Forschen in Schwerelosigkeit ergänzt die Forschung auf der Erde und im Weltraum – und das Erleben der Schwerelosigkeit über den Wolken bleibt ein unvergessliches Erlebnis obendrein!

*Dr. Ulrike Friedrich ist verantwortlich für das Parabelflug-Programm in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen der DLR Raumfahrt-Agentur.*

On a parabolic flight, the duration of the zero-gravity phase is quite brief at no more than 20 to 22 seconds. All in all, however, a three-day campaign yields almost 35 minutes of weightlessness. For experimenters, the advantage lies in the fact that the breaks between phases of weightlessness as well as between flight days permit them to modify their experimental parameters or their specimens, and that they themselves can operate, observe and judge their experiments. For research in human physiology, it is always important to examine as many subjects as possible so as to arrive at statistically secure results. This is easier to arrange on a parabolic flight than on the space station, for example. Able to participate in DLR as well as in ESA campaigns, German scientists can amass enough data within a few years to produce good-quality publications in renowned journals.

#### Parabolic flights assist research under space conditions in attaining its objectives, namely

- to investigate basic vital functions,
- to develop new methods of diagnosis and therapy in medicine,
- to expand the horizons of physics, and
- to conduct innovative materials research.

Research in zero gravity supplements research on Earth and in space – and to cap it all, experiencing weightlessness above the clouds is an unforgettable adventure!

*Dr. Ulrike Friedrich is in charge of the parabolic flight program in the Department of Research Under Space Conditions at the DLR Space Agency.*

## Foton-M3 Mission erfolgreich

Auswertung der Experimente hat begonnen

Von Michael Müller und Maria Roth

Am 26. September 2007 um 13:58 Uhr Ortszeit landete die Wiedereintrittskapsel des russischen „Foton“-Satelliten 150 Kilometer südlich der kasachischen Stadt Kustanay – präziser gesagt, sie schlug, von einem Fallschirm gebremst, mit einer Geschwindigkeit von fünf Metern pro Sekunde auf dem Steppenboden auf. Wenig später barg eine russische Hubschrauberbesatzung die wertvolle Fracht mit wissenschaftlichen Experimenten aus den Bereichen Gravitationsbiologie, Exobiologie (einschließlich Strahlendosismetrie) Materialwissenschaften und Fluidphysik. Zwölf Tage lang hatte sie in annähernder Schwerelosigkeit die Erde in einem Orbit zwischen 260 und 370 Kilometern Höhe insgesamt 60 Mal umrundet.

Einige hochsensible Forschungsobjekte wie lebende Kleinstorganismen wurden bereits an der Landestelle von den betreuenden Wissenschaftlern ausgepackt und erstversorgt. Die restlichen Experimente nahmen den Weg zurück über das Forschungs- und Technologiezentrum der Europäischen Weltraumagentur ESA im niederländischen Noordwijk in die Labors der Wissenschaftler. Es folgt nun die Phase der Auswertung. Manche Forscherteams arbeiten parallel bereits an der Vorbereitung anderer Experimente, so zum Beispiel für die 11. Parabelflugkampagne des DLR Ende November 2007 in Bordeaux. Die Bedingungen dort sind andere als bei Foton: Kurze Phasen der Schwerelosigkeit werden eingegrenzt von einigen Sekunden, in denen „2g“, also doppelte Schwerkraft, wirkt. Dort untersucht man bevorzugt schnelle Reaktionen und Phänomene.

### Deutsche Experimente seit 1989 an Bord

Foton ist ein Programm der russischen Raumfahrt-Agentur Roskosmos. Das Raumfahrzeug ist eine Weiterentwicklung von „Vostok“, in dem der sowjetische Ausnahme-Kosmonaut Gagarin 1961 die Erde umkreiste. Gebaut wird es – ebenso wie die Soyuz-Trägerrakete – von der staatlichen Firma ZSKB in Samara, die ebenfalls Start und Bergung durchführt. Foton besteht aus drei Sektionen: Die kugelförmige Landekapsel mit einem Durchmesser von circa 2,4 Metern und einem Volumen von rund 4,5 Kubikmetern befindet sich zwischen dem konisch auslaufenden Kontroll- und Steuerungsmodul und dem zylindrischen Batterie-Modul. 1985 fand der Erstflug von Foton statt. Seit 1989 sind bei jeder Kampagne auch deutsche Experimente dabei. Den größten Teil der wissenschaftlichen Nutzlast stellt inzwischen die ESA, die sich seit 1991 beteiligt. Nach dem Flug von Foton 12 unterzogen russische Ingenieure Foton 1999 einer Modernisierung. Steuerungssysteme und thermische Kontrolle wurden verbessert, die verfügbare elektrische Leistung auf 800 Watt erhöht. Die Nummerierung begann wieder bei „1“, der Zahl jeweils vorangestellt wird seitdem ein „M“. Hier dürfte auch der Aberglaube mitgespielt haben: Ein Start unter dem Namen „Foton 13“ brachte Unglück, hieß es auf russischer Seite. Der neue Name schien allerdings nicht geholfen zu haben: Foton-M1 ging 2002 beim Fehlstart der Soyuz-Rakete verloren. Drei Jahre später konnte man mit M2 einen Erfolg verbuchen. Die diesjährige, ebenso erfolgreiche Foton-Mission trug den Namen M3. Auf ihr befanden sich 43 europäische Experimente mit einem Gesamtgewicht von 400 Kilogramm.

Im Inneren von Foton herrscht ein erdähnlicher Luftdruck von etwa einem Bar, die Temperatur liegt zwischen zehn und 30 Grad Celsius. Die „Indoor“-Experimente sind Schwerelosigkeit und Weltraumstrahlung ausgesetzt. Die in einer Anlage namens BIO-

## Foton-M3 Mission successful

Analysis of Experiments and Data in Progress

By Michael Müller and Maria Roth

On September 26, 2007 at 13:58 local time, the re-entry capsule of the Russian 'Foton' satellite landed 150 kilometers south of the town of Kustanay in Kazakhstan – or more precisely, slowed down by a parachute. It hit the grassland at a speed of five meters per second. Soon afterwards, a Russian helicopter crew started recovery of the precious payload containing scientific experiments in gravitational biology, exobiology (including radiation dosimetry), materials science and fluid physics. The capsule orbited the Earth 60 times in twelve days at an altitude between 260 and 370 kilometers.

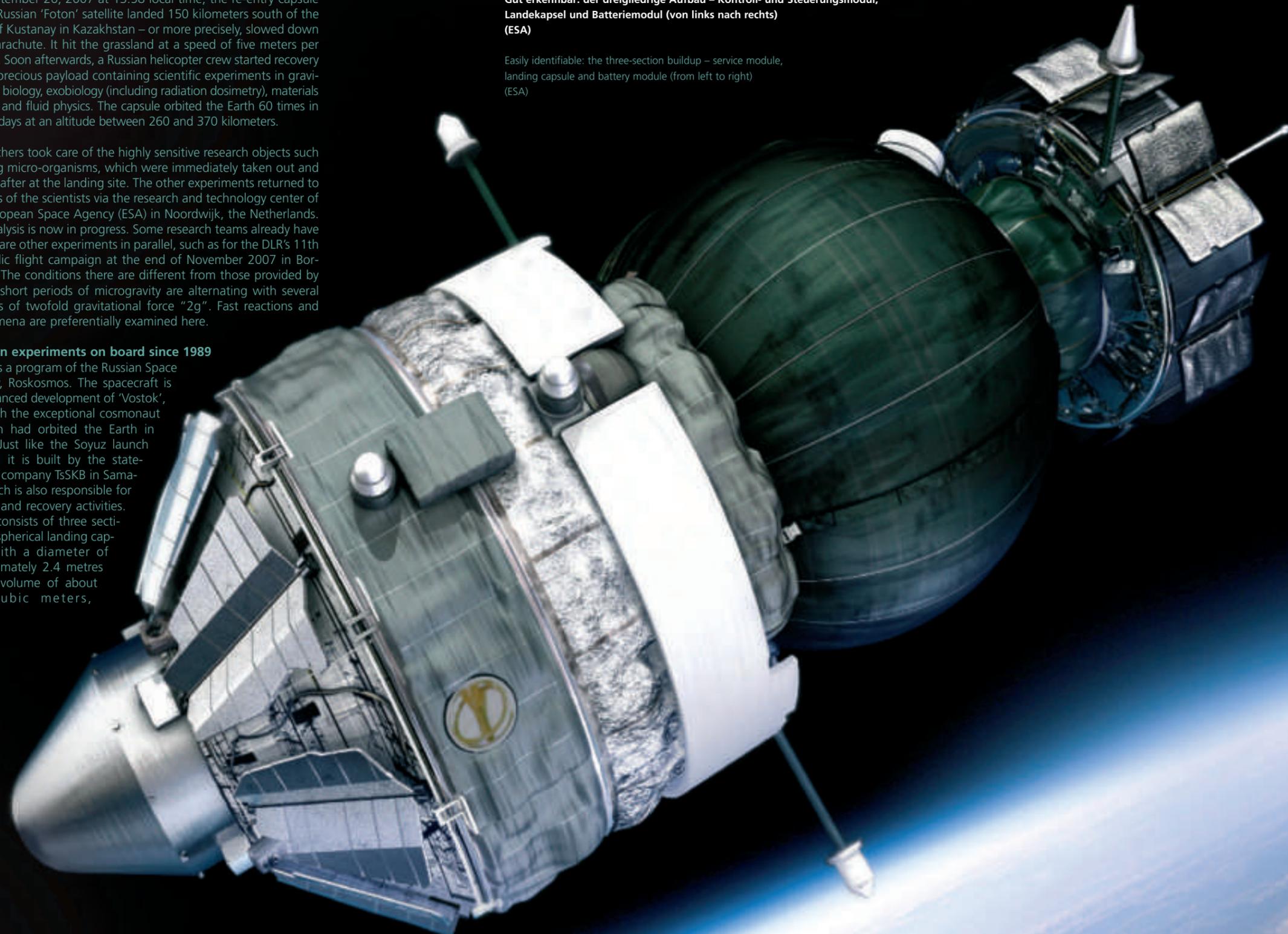
Researchers took care of the highly sensitive research objects such as living micro-organisms, which were immediately taken out and looked after at the landing site. The other experiments returned to the labs of the scientists via the research and technology center of the European Space Agency (ESA) in Noordwijk, the Netherlands. The analysis is now in progress. Some research teams already have to prepare other experiments in parallel, such as for the DLR's 11th parabolic flight campaign at the end of November 2007 in Bordeaux. The conditions there are different from those provided by Foton: short periods of microgravity are alternating with several seconds of twofold gravitational force "2g". Fast reactions and phenomena are preferentially examined here.

### German experiments on board since 1989

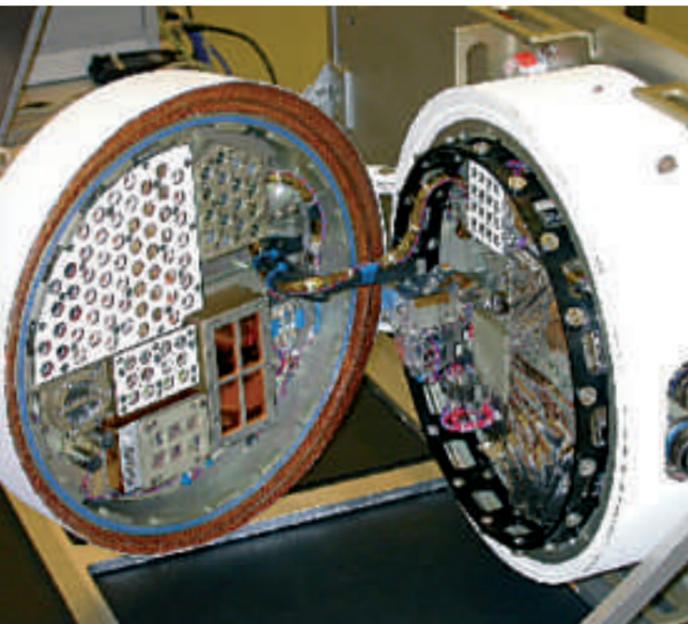
Foton is a program of the Russian Space Agency, Roskosmos. The spacecraft is an advanced development of 'Vostok', in which the exceptional cosmonaut Gagarin had orbited the Earth in 1961. Just like the Soyuz launch vehicle, it is built by the state-owned company TSSKB in Samara, which is also responsible for launch and recovery activities. Foton consists of three sections: a spherical landing capsule with a diameter of approximately 2.4 metres and a volume of about 4.5 cubic meters,

Gut erkennbar: der dreigliedrige Aufbau – Kontroll- und Steuerungsmodul, Landekapsel und Batteriemodul (von links nach rechts) (ESA)

Easily identifiable: the three-section buildup – service module, landing capsule and battery module (from left to right) (ESA)



PAN integrierten oder im Hitzeschild der Kapsel angebrachten „Outdoor“-Versuche trotz zusätzlich solarer UV-Strahlung, großer Hitze beziehungsweise Kälte und dem Vakuum. Fotons Flugparameter werden vom Bodenkontrollzentrum ZUP in Moskau aus überwacht. Auch der Betrieb der Experimente wird von hier aus – sowie vom schwedischen Raketenstartplatz Esrange bei Kiruna – gesteuert. Mit dem Telesupport-System der ESA ist von Kiruna aus eine interaktive Experimentdurchführung einige Male am Tag für circa sechs Minuten während des Überflugs von Foton möglich.



Die BIOPAN-Apparatur, in der die biologischen Proben den harten Bedingungen des Weltraums ausgesetzt sind

The BIOPAN device, in which the biological samples are exposed to the harsh conditions in space

### Algen und Halbleiterkristalle im All

Die strahlenbiologische Abteilung des DLR-Institutes für Luft- und Raumfahrtmedizin beteiligte sich an mehreren Experimenten auf Foton-M3. Im „MARSTOX II“-Experiment ging es um das Thema Planetenschutz. Die dahinter stehende Frage lautet: Können Mikroorganismen, die auf dem Mars durch landende Raumschiffe eingeschleppt werden, dort im Boden überleben? Als Versuchssubjekt diente das sehr stabile Bodenbakterium *Bacillus subtilis*. Neben dem Einfluss solarer UV-Strahlung und eventuell toxischen Effekten von Marsböden wurden bei Foton M3 erstmals auch die Auswirkungen von verschiedenen dicken, vor Strahlen schützenden Staubschichten und Wasserspuren auf die Bakterienkultur simuliert. Nach dem Flug untersuchen die Wissenschaftler nun, wie viele Bakterien den Ausflug in den Weltraum überlebt haben, ob ihr genetisches Material Schäden und Veränderungen erfahren hat und wenn ja, welcher Art sie sind. Die Ergebnisse werden dazu beitragen, bei der Konstruktion zukünftiger Mars Lander geeignete Schutzvorrichtungen zu integrieren, um eine drohende Kontamination des Roten Planeten mit Lebewesen, die dort nicht heimisch sind, zu verhindern.

Leben kann durch den Transport auf oder in einem Meteoriten von Planet zu Planet übertragen werden. Das ist die Grundannahme der sogenannten Lithopanspermia-Theorie, an deren Verifizierung das Kölner DLR-Institut ebenfalls mitarbeitet. Die Testorganismen *Rhizocarpon geographicum* und *Xanthoria elegans* – zwei

embraced by a conically shaped control and service module and a cylindrical battery module. Foton's first flight took place in 1985. German experiments have been part of each campaign since 1989. The majority of the scientific payload is now supplied by ESA, which first participated in 1991. After the Foton-12 mission, Russian scientists modernized the Foton spacecraft in 1999. Control systems and thermal control were improved and the available electrical power was increased to 800 watts.

Numbering was then restarted with '1', preceded by the letter 'M'. Some superstition certainly seems to have been involved here: the Russians worried that a 'Foton 13' flight would be unlucky. However the new name did not help either: Foton-M1 was lost in 2002 due to a Soyuz launcher failure. M2 was completed successfully three years later as well as this year's Foton-M3 mission was, too. It carried 43 European experiments with a total weight of 400 kilograms.

The air pressure of 1 bar inside Foton is similar to that on Earth, the temperature ranging between 10 to 30 degrees Celsius. The 'indoor' experiments are performed under conditions of microgravity and exposure to space radiation. The 'outdoor' experiments integrated in a facility called BIOPAN or in the heat shield of the capsule additionally have to resist solar UV radiation, intense heat or cold and vacuum. Foton's flight parameters are monitored from the ground control center TsUP in Moscow. Experiments are also controlled from there, as well as from the Swedish rocket launch site Esrange near Kiruna. ESA's telesupport system allows interactive telepresence procedures for about six minutes several times a day from Kiruna during a Foton passage.

### Algae and semi-conductor crystals in space

The radiation biology department of DLR's Institute of Aerospace Medicine was involved in several experiments on Foton-M3. The 'MARSTOX II' experiment deals with the subject of planetary protection, basing on the question: could micro-organisms introduced to Mars by spaceships survive in the soil? The very stable soil bacterium *Bacillus subtilis* served as an experimental object. In addition to the influence of solar UV radiation and possibly toxic effects of Mars soils, the influence of various thicknesses of radiation-protecting dust layers and water traces on the bacteria culture was simulated for the first time. After the flight, scientists are analyzing how many bacteria survived the trip to space, whether the genetic material of the bacteria suffered any damage or mutation and if yes, what kind. The results will support the development of suitable protection devices in future Mars landers, thereby preventing the risk of contamination of the Red Planet with non-indigenous living organisms.

Life can be transferred from one planet to the other by transportation on or in a meteorite. This is the basic assumption of the lithopanspermia theory. The DLR Institute in Cologne is also involved in the verification of this theory. Two species of lichen, *Rhizocarpon geographicum* and *Xanthoria elegans*, used as test organisms, already showed a high resistance to vacuum and extraterrestrial UV radiation in earlier experiments. Together with congeneric ground control samples, this year's outer space lichen generation is also going to be analyzed with respect to metabolic activity as well as germination and growth.

'OmegaHAB' is the name of a life support system integrated in Foton M3, which was developed by experts at the Universities of Stuttgart-Hohenheim and Erlangen-Nuremberg. The system is based on an aquarium with a capacity of three liters. Its two chambers are separated by a membrane. On board Foton-M3, one of the chambers contained Mozambique tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*), while the other contained a motile unicellular flagellate (*Euglena gracilis*). The algae fed on metabolites of the fish – ammonia – while producing oxygen required by the fish to

survive. At the present stage of the experiment, fish nutrition has to be added. The Erlangen team wants to find out if the growth and aging processes of *Euglena* under microgravity differ from those observed on Earth. The Stuttgart team is focussing on the otoliths in the inner ear of the fish. As for humans, these are responsible for the sense of balance. The scientists assume that an asymmetric growth of the crystals will be observed under microgravity conditions. If they successfully demonstrate that this process is controlled by the brain, this could open up new vistas for treating the Ménière's syndrome. About one percent of the world population is estimated to suffer from this disease, characterized by sudden dizziness and disorientation.

„OmegaHAB“ ist der Name eines in Foton M3 integrierten Lebenserhaltungssystems, das Experten der Universitäten Stuttgart-Hohenheim und Erlangen-Nürnberg entwickelt haben. Es handelt sich um ein 3-Liter-Aquarium, dessen zwei Kammern durch eine Membran getrennt sind. In einer davon befanden sich auf Foton-M3 Buntbarsch-Larven (*Oreochromis mossambicus*), in der anderen eine als „Augentierchen“ (*Euglena gracilis*) bezeichnete Algenart. Die Algen ernährten sich vom Ausscheidungsprodukt der Fische – Ammoniak – und produzierten selbst Sauerstoff, den die Fische zum Überleben benötigten. Das Fischfutter muss allerdings im derzeitigen Experimentstadium noch von außen hinzugegeben werden. Das Erlanger Team will herausfinden, ob Wachstums- und Alterungsprozesse der Augentierchen unter Mikrogravitation anders als auf der Erde verlaufen. Der Fokus der Stuttgarter ist auf die Schweresteinchen (Otolithen) im Innenohr der Fische gerichtet. Diese sind wie beim Menschen für den Gleichgewichtssinn verantwortlich. Die Forscher nehmen an, dass die Steinchen in der Schwerelosigkeit asymmetrisch wachsen. Sollte ihnen der Nachweis gelingen, dass das Gehirn diesen Prozess steuert, wäre das ein neuer Ansatz zur Therapie des Ménière'schen Syndroms. Unter dieser Krankheit, deren Symptome plötzlich auftretender Schwindel und Orientierungslosigkeit sind, leidet schätzungsweise ein Prozent der Weltbevölkerung.

Wissenschaftler aus Halle gehen der Frage nach, wie sich mittels zielgerichteter Evolution die Photosynthese-Leistung einer Grünalgen-Art (*Chlamydomonas reinhardtii*) an Weltraumbedingungen anpassen lässt. „Normale“ – das heißt an terrestrische Bedingungen gewöhnte – Grünalgen sind im All erhöhter Strahlenbelastung ausgesetzt. Durch Auswahl überlebender Kulturen und gezielter Produktion von Mutanten wollen die beteiligten Forscher deutlich resistere Grünalgen züchten, die möglicherweise in Zukunft bei längeren Weltraummissionen für eine sauerstoffreiche Atmosphäre sorgen und zusätzlich als wertvolle Astronautennahrung dienen könnten.

Weitere Beispiele für die starke deutsche Präsenz auf Foton M3 sind die Kristallzüchtungsexperimente der Universitäten Freiburg/Breisgau und Freiberg/Sachsen sowie des Freiburger Materialforschungszentrums mit Gallium-dotiertem Germanium und Germanium-Silizium nach dem Bridgman-Verfahren. Im Fokus steht immer die Verbesserung der Kristallqualität für technische Anwendungen. Bei dem Kristallisationsprozess treten in der Schmelze Temperaturunterschiede auf, die zu Konvektionsströmungen mit ungleichmäßigen Wärme- und Materialtransport und damit zu Kristallen minderer Qualität führen können. Diese störenden Strömungen setzen sich aus einer durch die Schwerkraft und einer durch Unterschiede in der Oberflächenspannung getriebene Komponente zusammen. Die eine kann in Schwerelosigkeit „abgeschaltet“ werden. Die andere, die sogenannte Marangoni-Konvektion tritt jetzt „unmaskiert“ auf. Durch statische oder rotierende Magnetfelder sowie Vibrationsvorrichtungen kontrollierten die Forscher die Strömung während der Mission so, dass sie zu einem homogenen Materialtransport und damit zu guten Kristallen führte. Diese unter optimalen Bedingungen gewachsenen Kristalle dienen als Benchmark-Materialien für Simulationsrechnungen und zur Optimierung terrestrischer Prozesse. Für Experimente im Weltraum braucht man speziell gefertigte Anlagen. Die

Geglückte Landung: Bergung der Foton M3-Kapsel in der kasachischen Steppe

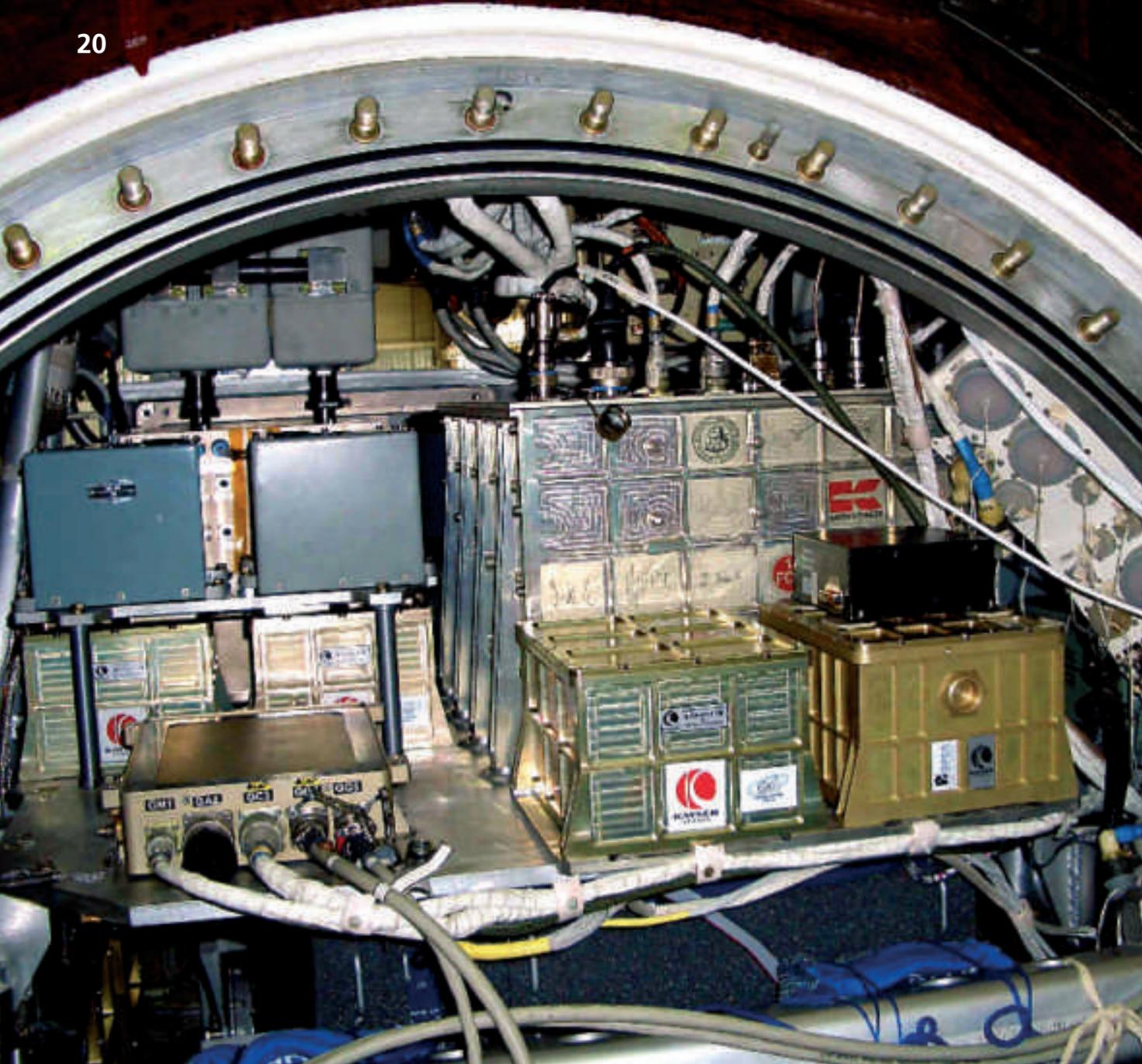
Touchdown successful: recovery of the Foton M3-capsule in the steppe of Kazakhstan

survive. At the present stage of the experiment, fish nutrition has to be added. The Erlangen team wants to find out if the growth and aging processes of *Euglena* under microgravity differ from those observed on Earth. The Stuttgart team is focussing on the otoliths in the inner ear of the fish. As for humans, these are responsible for the sense of balance. The scientists assume that an asymmetric growth of the crystals will be observed under microgravity conditions. If they successfully demonstrate that this process is controlled by the brain, this could open up new vistas for treating the Ménière's syndrome. About one percent of the world population is estimated to suffer from this disease, characterized by sudden dizziness and disorientation.

Scientists from Halle, Germany, are studying how the photosynthetic capacity of a type of green alga (*Chlamydomonas reinhardtii*) can be adapted to outer space conditions by means of target-oriented evolution. 'Regular' green algae – i.e. those that are adapted to terrestrial conditions – are exposed to space radiation. By cultivation of mutants from surviving cultures, the researchers try to produce significantly more resistant green algae. These could possibly provide an oxygen-rich atmosphere during longer space missions in future, as well as serving as valuable nutrition for astronauts.

Further examples of the prominent German representation on Foton-M3 include crystal growth experiments by the Universities of Freiburg/Breisgau and Freiberg/Saxony as well as the Materials Research Center (MFZ) in Freiburg. The Detached Bridgman method is used to grow gallium-doped germanium, germanium-silicon and cadmium zinc telluride crystals. Improvement of the crystal quality for technical applications is the primary aim. Temperature gradients that occur in the melt during the crystallization process can generate convection flows with inhomogeneous transport of thermal energy and material, thereby leading to poorer crystal quality. These interfering flow effects are composed of a gravity-induced component as well as a component due to differences in the surface tension. The first component can be 'switched off' in microgravity. The other, so called Marangoni convection is then observed 'unmasked'. The scientists influenced this convection during the mission by static or rotating magnetic fields as well as vibrating devices to control the convection in a way that results in a homogeneous material transport and therefore in high-quality crystals. These crystals grown under optimal conditions serve as benchmark materials for simulations and for optimization of terrestrial processes.





Das Innere von Foton: Experimentanordnung, in der Mitte das OmegaHab-Aquarium

Inside Foton: array of experiments with the OmegaHab-Aquarium in the middle

für Foton eingesetzten Geräte wurden im Auftrag der ESA in mehreren europäischen Staaten geplant und gebaut. Auch deutsche Unternehmen waren mit von der Partie: Neben der Bremer OHB-System AG, mitverantwortlich für das Gelingen des „Gradient Driven Fluctuations Experiment“ (GRADFLEX), ist vor allem die Firma Kayser-Threde in München zu nennen. Die OHB-Tochterfirma betreute maßgeblich die Kristallisations-Experimente im POLIZON-Ofen. Darüber hinaus zeichnete Kayser-Threde für die Entwicklung und den Bau des temperaturkontrollierten OmegaHAB und BIOPAN verantwortlich. Seit ihrem Ersteinsatz im Jahr 1990 kontinuierlich weiterentwickelt, flog im September die inzwischen sechste BIOPAN-Generation.

Special equipment is required for research in space. The facilities used for the Foton mission were designed and manufactured by companies from several European countries on commission by ESA. These also included German companies: in addition to OHB-System AG based in Bremen, having part in the success of the 'Gradient Driven Fluctuations Experiment' (GRADFLEX), Kayser-Threde based in Munich played a significant part. This OHB affiliate supervised the crystallization experiments in the POLIZON furnace. Kayser-Threde was furthermore responsible for the development and construction of the temperature-control for OmegaHAB and the BIOPAN equipment. Since its first use in 1990, the sixth advanced BIOPAN generation flew in September.

## Überblick: Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen an Foton M3 (Forschungsapparatur)

### Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg

Wandabgelöste Züchtung von Germanium-Silicium-Kristallen, vibrationsgetriebene Konvektion bei gerichteter Erstarrung, Gallium-Segregation in Germanium unter definierten Strömungsbedingungen (POLIZON)

### DLR Bremen

Stabilitätstests von Life Marker Chip-Komponenten unter Weltraumbedingungen (BIOPAN-6)

### DLR Köln

Marsboden, solare UV-Strahlung und Sporen: Staub und Wasser; Lithopanspermia: Studien zum interplanetaren Transfer von Mikroorganismen, die im und auf Gestein leben; Dosimetrie für das Lithopanspermia-Experiment; Tardigraden (einzellige Bärtierchen) im Weltraum; Strahlungshochresistente, nicht-sporenbildende Bakterien und Archebakterien im Weltraum (alle BIOPAN-6)

### Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Die Alge *Euglena gracilis* als Komponente des aquatischen Lebenserhaltungssystems (OmegaHAB), Strahlungsrisiko-Radiometer/Dosimeter (BIOPAN-6)

### Freie Universität Berlin

Kristallisation des Proteins Photosystem II unter Mikrogravitation (GRANADA)

### Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Humboldt-Universität zu Berlin

Lithopanspermia: Studien zum interplanetaren Transfer von Mikroorganismen, die im und auf Gestein leben (BIOPAN-6)

### Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Venerologie, Universität zu Köln

Beteiligung von Rho-GTPasen an der zellulären Antwort auf mechanische Belastung und Schwerkraft (BIOBOX-6)

### Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Gerichtete Evolution von Photosystem II zur Erhöhung der Stresstoleranz des Photosyntheseapparates unter Weltraumbedingungen (BIOPAN-6)

### Materialforschungszentrum, Freiburg

Wandabgelöste Bridgman-Züchtung von Cadmiumzinktellurid bei Anwendung von rotierenden Magnetfeldern, Züchtung von (Cd, Zn) Te aus der Gasphase (POLIZON)

### Technische Universität – Bergakademie Freiberg

Gallium-Segregation in Germanium unter definierten Strömungsbedingungen (POLIZON)

### Universität Hamburg

Kristallisation eines Ribosom-blockierenden Proteins (GRANADA)

### Universität des Saarlandes

Studien der biologischen Wirksamkeit der Weltraumstrahlung im niedrigen Erdborbit (BIOPAN-6)

### Universität Stuttgart-Hohenheim

Untersuchung des Wachstums von Schwersteinchen im Gleichgewichtsorgan von Fischen unter Schwerelosigkeit (OmegaHAB), Tardigraden (einzellige Bärtierchen) im Weltraum (BIOPAN-6)

*Maria Roth ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Forschung unter Weltraum-Bedingungen der DLR Raumfahrt-Agentur.*

*Michael Müller ist Mitarbeiter im Bereich Unternehmenskommunikation der DLR Raumfahrt-Agentur.*

## Summary: Participation of German Research Institutions in Foton M3 (research equipment)

### University of Freiburg

Detached growth of germanium-silicon crystals; vibration-induced convection during directional solidification; gallium segregation in germanium under controlled flow conditions; (POLIZON)

### DLR Bremen

Testing the stability of the Life Marker Chip components during space flight (BIOPAN-6)

### DLR Cologne

Martian soil, solar UV radiation and spores: dust and water; Lithopanspermia: Studies of the interplanetary transfer of epi- and endolithic microbial communities; Tardigrades in space; highly radiation-resistant, non-spore forming bacteria and archaea in space (all BIOPAN-6)

### Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nuremberg

The alga *Euglena gracilis* as a component of the aquatic life support system (OmegaHAB), radiation risks radiometer-dosimeter for BIOPAN (BIOPAN-6)

### Freie Universität Berlin

Crystallization of the protein photosystem II in microgravity (GRANADA)

### University of Düsseldorf, Humboldt University of Berlin

Lithopanspermia: Studies of the interplanetary transfer of epi- and endolithic microbial communities (BIOPAN-6)

### Clinic and Polyclinic for Dermatology and Venerology, University of Cologne

Involvement of Rho GTPases in the cellular response to mechanical load and gravity (BIOBOX-6)

### Martin-Luther University of Halle-Wittenberg

Increase of the stress tolerance of the photosynthetic apparatus under space conditions by directed evolution of photosystem II (BIOPAN-6)

### Freiburg Materials Research Center

Detached Bridgman growth of cadmium zinc telluride without and with rotating magnetic field application for melt-mixing at the beginning of the homogenization phase; growth of cadmium zinc telluride from the gas phase (POLIZON)

### TU Bergakademie Freiberg

Gallium segregation in germanium under controlled flow conditions (POLIZON)

### University of Hamburg

Crystallization of a ribosome-inhibiting protein (GRANADA)

### Saarland University

Studies on the biological effectiveness of space radiation in low Earth orbit (BIOPAN-6)

### University of Stuttgart-Hohenheim

Study of the growth of otoliths in the vestibular organ of fish in microgravity (OmegaHAB), Tardigrades (unicellular water bears) in outer space (BIOPAN-6)

*Maria Roth is research associate with the DLR Space Agency's Department of Research Under Space Conditions.*

*Michael Müller is active in the company communications area of the DLR Space Agency.*

## 30 Jahre TEXUS

Schwerelos in Schweden

Von Dr. Otfried Joop und Dr. Niklas Reinke

Es ist klirrend kalt, minus 30 Grad Celsius, vielleicht. Irgendwann sind ein paar Grad mehr oder weniger nicht mehr von Bedeutung. Der Frost kriecht die Beine hinauf, trotz dicker Winterkleidung. Es dämmt – ewig schon. Wie in Zeitlupe müht sich die Sonne über die Baumkronen. Nadelgehölz bis zum Horizont, verpackt im Schnee, am Ende weiß bedeckte Berge. Irgendwo dazwischen liegen überfrorene Seen und Flüsse, deren Gurgeln dumpf unter dem Eispanzer hervor dringt. Die Forscher blicken den Hügel hinab zum Startturm, der sich wie ein pyramidenförmiges Metallsilo unter ihnen erhebt. Der Countdown läuft. Etwa zwei Jahre an Vorbereitung haben sie in ihre Experimente investiert. Jetzt heißt es warten. Dann dringt grelles Licht aus den geöffneten Lüftungsklappen der „Pyramide“, ein tiefes Grollen ertönt – und plötzlich geht alles ganz schnell. Auf einem Feuerstrahl steigt die Rakete aus dem Startturm heraus in den polaren Morgenhimmel, höher und höher, bis sie außer Sichtweite ist. Eine dichte Rauchsäule markiert den Pfad ihres Himmelsritts, rötlich schimmernd in der schwachen Sonne. Wieder einmal ist ein Start geglückt.

Forschung in Schwerelosigkeit auf Raketen, die bis zu 250 Kilometer hoch aufsteigen – das ist Deutschlands erfolgreiches TEXUS-Programm. 30 Jahre sind vergangen, seitdem am 13. Dezember 1977 die erste TEXUS-Rakete vom Polarkreis aus Forschung in den Welt- raum und wieder zurück trug. Der Start im schwedischen Kiruna war der Auftakt eines jahrzehntelang erfolgreichen Wissenschafts- programm. Auch im vierten Jahrzehnt seines Bestehens hat TEXUS (Technologische Experimente unter Schwerelosigkeit) nichts von seiner Faszination verloren. TEXUS ist eine unverzichtbare Fluggelegen- heit sowohl für die eigenständige Forschung als auch für die Vorber- eitung von längerfristigen Weltraumexperimenten etwa auf der Internationalen Raumstation ISS geworden.

Auf bis zu zwei TEXUS-Flügen pro Jahr untersuchen Wissenschaft- ler von Universitäten, anderen Forschungseinrichtungen und Indus- trie Phänomene aus Biologie, Physik und Materialwissenschaft. Das DLR und die ESA stellen diese Flüge für ausgewählte Experi- mente bereit. In Deutschland wird das Programm, für das anfäng- lich das Bundesforschungsministerium verantwortlich war, seit Ende 2005 vom Bundeswirtschaftsministerium über die DLR Raumfahrt-Agentur in Bonn gefördert.

## 30 years of TEXUS

Weightless in Sweden

By Dr. Otfried Joop and Dr. Niklas Reinke

It's freezing cold here, - 30 degrees Celsius maybe; a few degrees more or less are no longer deciding. The frost creeps up your legs, even though you've got thick winter clothing on. Dawn is just breaking, and seems to have been breaking for all eternity. The sun struggles up over the treetops, as if in slow motion. Pine forests as far as the horizon, packed with snow, ending in white- covered mountains. Somewhere in between, frozen lakes and rivers; you can hear them gurgling dully under their armor of ice. The researchers look down the hill towards the launch platform, towering like a pyramidal metal silo. The countdown is running. They've invested around two years preparing their experiments. Now they can only wait. Then a blast of light emerges from the open air vents of the 'pyramid', there's a profound rumbling – and suddenly everything speeds up. Rising on a pillar of fire, the rocket leaves the launch pad, into the polar morning sky, higher and higher, until it's out of sight. A dense column of smoke marks the path of its ascension to heaven, flickering reddish in the feeble sun. Another successful launch.

Microgravity research using rockets climbing up to 250 kilometers – that's Germany's successful TEXUS program. Thirty years have passed since the first TEXUS rocket, launched on December 13, 1977, from the Arctic Circle, performed research into space and returned. That launch at Kiruna, Sweden, was the start of a suc- cessful scientific program which has lasted for decades. TEXUS (Technologische Experimente unter Schwerelosigkeit – Technologi- cal experiments in microgravity) may now be in its forties, but it has not at all lost its fascination. TEXUS is an essential flight oppor- tunity, both for its own research and for preparing longer-term space experiments, on the International Space Station (ISS), for instance.

There are up to two TEXUS flights a year, with scientists from uni- versities, other research establishments and industry studying phe- nomena in the fields of biology, physics and materials science. DLR and ESA offer these flights for selected experiments. In Germany, the program was originally under the aegis of the Federal Ministry of Research, but since the end of 2005 has been sponsored by the Federal Ministry of Economics and Technology via the DLR Space Agency in Bonn.

### Sechs Minuten Schwerelosigkeit

Die TEXUS-Missionen starten vom europäischen Raketenstartplatz ESRANGE bei Kiruna in Nordschweden. Die wissenschaftlichen Experimente befinden sich in übereinander liegenden Modulen innerhalb der Rakete. Die Forscher können dabei vom Boden aus ihre Versuche durch Telecommanding und Videoübertragung direkt steuern und überwachen. Die wissenschaftlichen Daten werden während des Fluges per Telemetrie übertragen oder nach der Bergung der Nutzlast gesichert.

#### Merkmale des TEXUS-Programms sind:

- regelmäßiger Zugang zur Schwerelosigkeit
- relativ kostengünstige Durchführung
- relativ kurze Vorbereitungs- und Zugriffszeiten
- geringere Sicherheitsanforderungen als bei bemannten Missionen
- weitgehende Wiederverwendbarkeit der Nutzlasten

Die Programmverantwortung für TEXUS liegt seit 1987 bei den ausführenden Industriefirmen unter Federführung der EADS Astrium GmbH in Bremen. Außerdem sind die Mobile Raketen-Basis (MORABA) des DLR in Oberpfaffenhofen und die Firma Kayser- Threde in München beteiligt.

Von 1977 bis 2004 erfolgten die TEXUS-Flüge beinahe ausschließ- lich mit der von British Aerospace gebauten zweistufigen For- schungsrakete Skylark 7, die von DLR-MORABA und ihren Partnern auch in anderen nationalen und internationalen Forschungsprogram- men eingesetzt wurde. Nach dem Produktionsende der Skylark 7 wurde ab 2005 ein neuer Träger benötigt: Zusammen mit DLR- MORABA und der Swedish Space Corporation (SSC) entwickelten das brasilianische Centro Técnico Aeroespacial (CTA) und das Insti- tuto de Aeronáutica e Espaço (IAE) die VSB-30. Bei ihr handelt es sich ebenfalls um eine zweistufige Feststoff-Forschungsrakete mit, im Vergleich zur Skylark 7, stärkerer Leistung und verbesserten Flugeigenschaften. Nach dem erfolgreichen Testflug im Oktober 2004 wird die VSB-30 seit Dezember 2005 im TEXUS-Programm eingesetzt. Sie kann eine Nutzlast von etwa 400 Kilogramm in eine Höhe von bis zu 300 Kilometer befördern. Das ist fast so hoch wie die Flugbahn der Internationalen Raumstation ISS.

### Six minutes of "Zero G"

TEXUS missions take off from the ESRANGE European rocket base at Kiruna in northern Sweden. Scientific experiments are stacked in modules inside the rocket itself; researchers can control and monitor them directly from the ground during their trials via remote control and video transmission. During the flight, scientific data is transmit- ted via telemetry or is secured once the payload is recovered.

#### The TEXUS program offers the following characteristics:

- Regular access to microgravity
- Relatively cost-effective flights
- Relatively short preparation and access times
- Less safety requirements than in human missions
- Largely reusable payloads

Of the industrial companies involved, since 1987 overall responsi- bility for TEXUS has been in the hands of EADS Astrium GmbH, Bremen. The DLR's Mobile Rocket Base (MORABA) at Oberpfaffen- hofen and the Kayser-Threde company, Munich, are also involved.

From 1977 to 2004, just about all TEXUS flights used British Aero- space's two-stage Skylark 7 research rocket, which DLR-MORABA and its partners also utilized in other national and international research programs. Once the Skylark 7 ceased production a new carrier was needed from 2005 on: the Centro Técnico Aeroespacial (CTA) and the Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE) of Brazil developed the VSB-30 together with DLR-MORABA and the Swedish Space Corporation (SSC). This, once again, is a two-stage research rocket with better performance and flight characteristics than the Skylark 7. Following its successful test flight in October 2004, the VSB-30 has been used in the TEXUS programme since December 2005. It can take a payload of around 400 kilograms to an altitude of up to 300 kilometers, almost as high as the ISS orbit.

**VSB-30: Technische Daten** (am Beispiel TEXUS 42)

	Masse (kg)	Länge (m)	Durchmesser (m)	Brenndauer (sec)
<b>Nutzlast</b>	372	4,57	0,44	---
<b>2. Stufe</b>	2.104	4,09	0,56	29 sec
<b>1. Stufe</b>	1.656	3,31	0,56	15 sec
<b>Gesamt</b>	4.132	11,97		44 sec

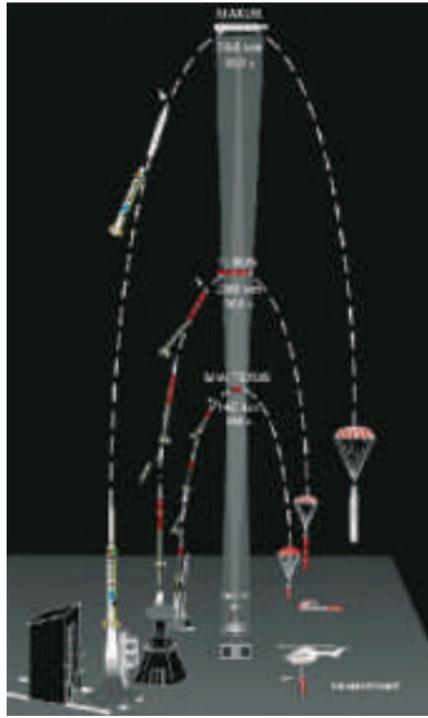
**Der Flug in den freien Fall**

Mit achtfacher Erd-Beschleunigung (8g) katapultiert TEXUS seine Fracht hinauf ins All. Nach zwölf Sekunden ist die erste Raketenstufe ausgebrannt. Sie wird abgetrennt und fällt zurück zur Erde. Doch die zweite Stufe ist bereits gezündet und gibt der Nutzlast einen zusätzlichen Kick: Mit 12g schießt die Rakete 30 weitere Sekunden auf 100 Kilometer Höhe – bis in die höchsten Schichten unserer Atmosphäre.

Hier nun, nach nur einer knappen Minute Flug, wird die Nutzlast gänzlich vom Antrieb getrennt. Die Rakete hatte schon nach dem Start eine Eigenrotation um ihre Längsachse erhalten, die für die Stabilisierung ihrer Flugbahn notwendig ist. Für die nun beginnende Forschungsphase muss die Drehung jedoch wieder abgebaut werden. Dies geschieht mit Hilfe von an Seilen hängenden Gewichten. Nach demselben Prinzip bremsen sich auch Eiskunstläuferinnen bei Pirouetten mit ihren ausgestreckten Armen ab. Wenig später dreht sich die Nutzlast nicht mehr; die Gewichte werden abgeworfen. Acht mit Stickstoff angetriebene Düsen übernehmen im Anschluss die Feinjustierung der Flugbahn.

Jetzt herrscht Schwerelosigkeit, etwa 360 Sekunden lang. Die Nutzlast befindet sich im freien Fall. Während die Raketenstange zunächst noch weiter hinauf in das Weltall steigt, beginnen im Inneren die Versuche. Ganz allein gelassen sind sie dabei aber nicht, denn per Telemetrie können die Wissenschaftler jederzeit vom Kontrollraum in den Ablauf ihrer Experimente eingreifen. Unweigerlich kehrt sich in etwa 250 Kilometern Höhe die Flugbahn um, der höchste Punkt der Wurfparabel ist erreicht, von nun an fällt die Nutzlast wieder gen Erde.

Bis zum Wiedereintritt in die dichteren Schichten der Atmosphäre in etwa 100 Kilometern Höhe ist sie immer noch schwerelos, dann bremsen sie der Luftwiderstand von 2.000 auf 120 Meter pro Sekunde ab. Nach 9,5 Minuten, etwa vier Kilometer über dem Zielgebiet, lässt die Rakete ihren Bremsfallschirm frei. 30 Sekunden später, in etwa drei Kilometern Höhe, entfaltet sich schließlich der Hauptfallschirm. Fünf Minuten später, schon eine Viertelstunde nach dem Start, setzt die Nutzlast mit nur noch ungefähr 30 Kilometern pro Stunde „weich“ im Schnee Nordschwedens auf. Das Hubschrauberteam findet die rote Kapsel hier leicht und bringt sie innerhalb von einer Stunde zurück zum Startplatz. Dort warten die Wissenschaftler bereits ungeduldig auf die mit High-Science gefüllte Metallhülle, um sich an die Auswertung ihres Weltraumexperiments zu begeben.



Schematische Darstellung der Texus-Flugparabel im Vergleich mit anderen Höhenforschungsraketen (EADS Astrium)

Diagram of the Texus flight parabola in comparison with different types of sounding rockets (EADS Astrium)

**VSB-30: Technical data** (Example used here: TEXUS 42)

	Weight (kg)	Length (m)	Diameter (m)	Combustion period (sec)
<b>Payload</b>	372	4.57	0.44	---
<b>2nd stage</b>	2,104	4.09	0.56	29 sec
<b>1st stage</b>	1,656	3.31	0.56	15 sec
<b>Total</b>	4,132	11.97		44 sec

**Flight into free fall**

Accelerating at 8g, TEXUS catapults its payload into space. After twelve seconds, the first stage stops burning, separates and falls back to Earth. The second stage has already ignited, giving the payload an extra kick: now at 12g, the rocket shoots up to 100 kilometers up in another 30 seconds – up into the topmost layers of our atmosphere.

Now, after just a minute's flight, the payload separates completely from the motor. Just after it took off, the rocket was made to rotate around its longitudinal axis, which is essential to stabilize its trajectory; but that rotation now has to be eliminated for the research phase which is now starting. This is done using weights on lines, employing the same principle as an ice skater braking after pirouetting by swinging her arms out. The payload soon stops rotating, and the weights are released. Eight nitrogen-powered jets then fine-tune the trajectory.

Now, microgravity rules for around 360 seconds. The payload is in free fall. While the rocket's nosecone continues climbing into space, inside the experiments start operating. They're not left alone, however, as the scientists can use telemetry to intervene in their experiments from the mission control room at any time. Inevitably, at an altitude of about 250 kilometers, the trajectory reverses itself, having reached the zenith of its parabola. From now on, the payload is falling back to Earth. Until it re-enters the denser layers of the atmosphere at approximately around 100 kilometers in height, it remains weightless; air resistance then brakes it from 2,000 down to just 120 meters per second. After nine and a half minutes, around four kilometers over the target area the rocket releases its brake parachute. Thirty seconds later, at around three kilometers up, the main parachute finally unfurls. Five minutes after that, just a quarter of an hour after takeoff, the payload makes a 'soft' landing in the snows of northern Sweden travelling now at no more than around 30 kilometres per hour. Here, the helicopter team easily locates the red capsule and returns it to the launch pad within an hour, where the scientists already are impatiently awaiting the metal container full of high science. They immediately start to analyze the results of their space experiments.

DLR and ESA fly their TEXUS missions mainly in late fall or late spring, because TEXUS needs low temperatures and sufficient daylight. The ground and all bodies of water in the countryside north of ESRANGE should be frozen and, if possible, covered in snow, so the payload doesn't sink into the ground (or water) when it lands. It also makes locating the capsule much easier once it has

landed, and it contributes to a soft landing on the ground. And, lastly, the weather conditions are more stable in late fall and spring, with little precipitation and wind, which also helps during the landing and recovery process. The helicopter team also needs daylight in order to locate the payload as fast as possible.

When TEXUS started

**When TEXUS started**

Until the mid-1970s, there had been little in the way of scientific experimentation under microgravity. While some scientists had already realised that weightlessness was an interesting factor in scientific research, the main players in space were more interested in showing what they could do in terms of technology: building rockets, monitoring the Earth, establishing satellite communications and putting Man on the Moon were political status symbols of the Cold War. But things gradually changed, with the Russian Salyut space station (1971) and the US SKYLAB space station (1974), the US-Russian Apollo-Soyuz program (1975) and the US SPAR research rocket program (1976).

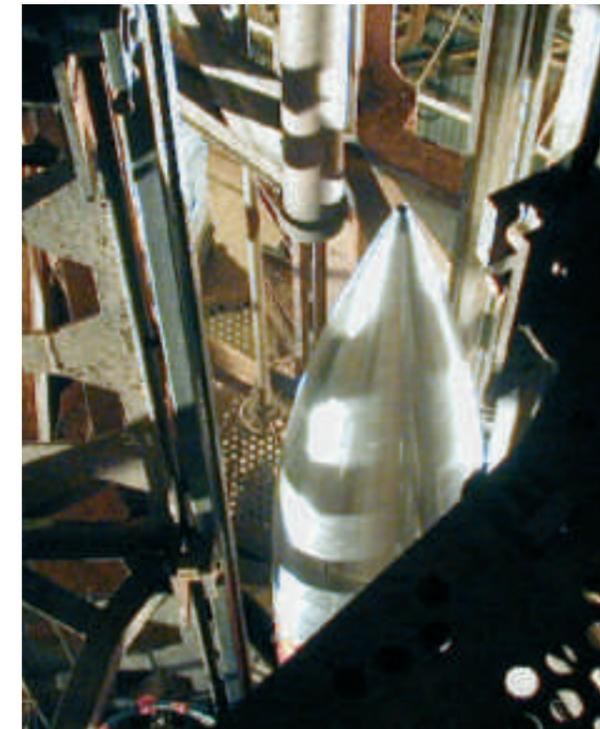
With the US Apollo program expiring, the space race between the superpowers, the US and the USSR, eased off allowing research to become more important; however there was little experience with experimental technology under microgravity, especially in handling liquids. Europe saw this as a major opportunity to develop its own skills, and, with Germany in the lead, developed SPACELAB for use in the Space Shuttle. This provided European astronauts with the opportunity to conduct research for the Earth in space. Scientists have put forward many experimental proposals for this project.

**Der Anfang des TEXUS-Programms**

Bis Mitte der 1970er Jahre waren nur wenige naturwissenschaftliche Experimente unter Mikrogravitation durchgeführt worden. Zwar hatten einige Wissenschaftler die Schwerelosigkeit bereits als interessanten Faktor für die naturwissenschaftliche Forschung erkannt, doch lag das Augenmerk der Weltraummächte zunächst auf der Demonstration ihrer technologischen Möglichkeiten: Raketenbau, Erdbeobachtung, Satellitenkommunikation und der Mann auf dem Mond waren politische Statussymbole des Kalten Krieges. Dies änderte sich allmählich mit der russischen Raumstation Salyut (1971) und der amerikanischen Raumstation SKYLAB (1974), dem amerikanisch-russischem Apollo-Soyuz-Programm (1975) und durch das amerikanische Forschungsraketen-Programm SPAR (1976).

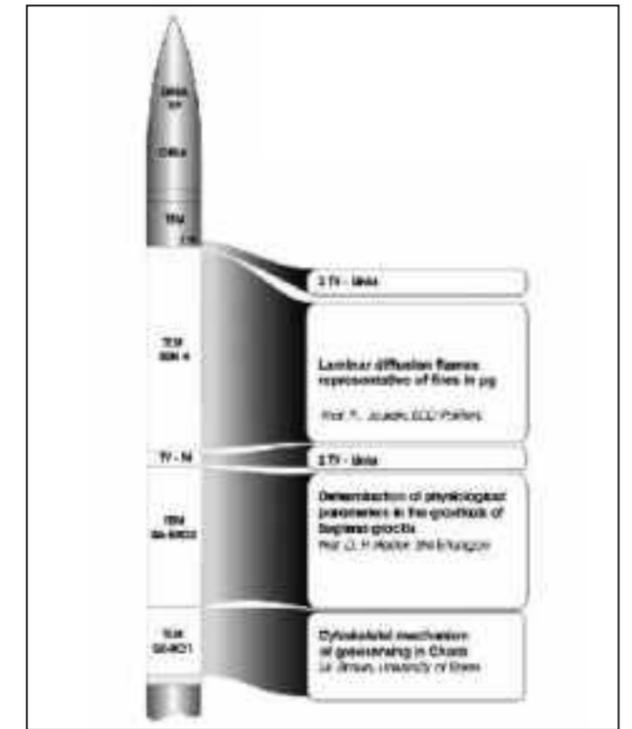
Nach Ende des amerikanischen Apollo-Programms entspannte sich der Wettstreit der Supermächte USA und UdSSR in der Raumfahrt, so dass die Forschung immer stärker an Gewicht gewinnen konnte. Erfahrungen mit Experimentiertechniken unter den Bedin-

The German TEXUS program was created to pave the way for using SPACELAB: the first two-stage research rocket flew on December 13, 1977. Until the first SPACELAB mission in 1983, TEXUS flights were the only way that German scientists could



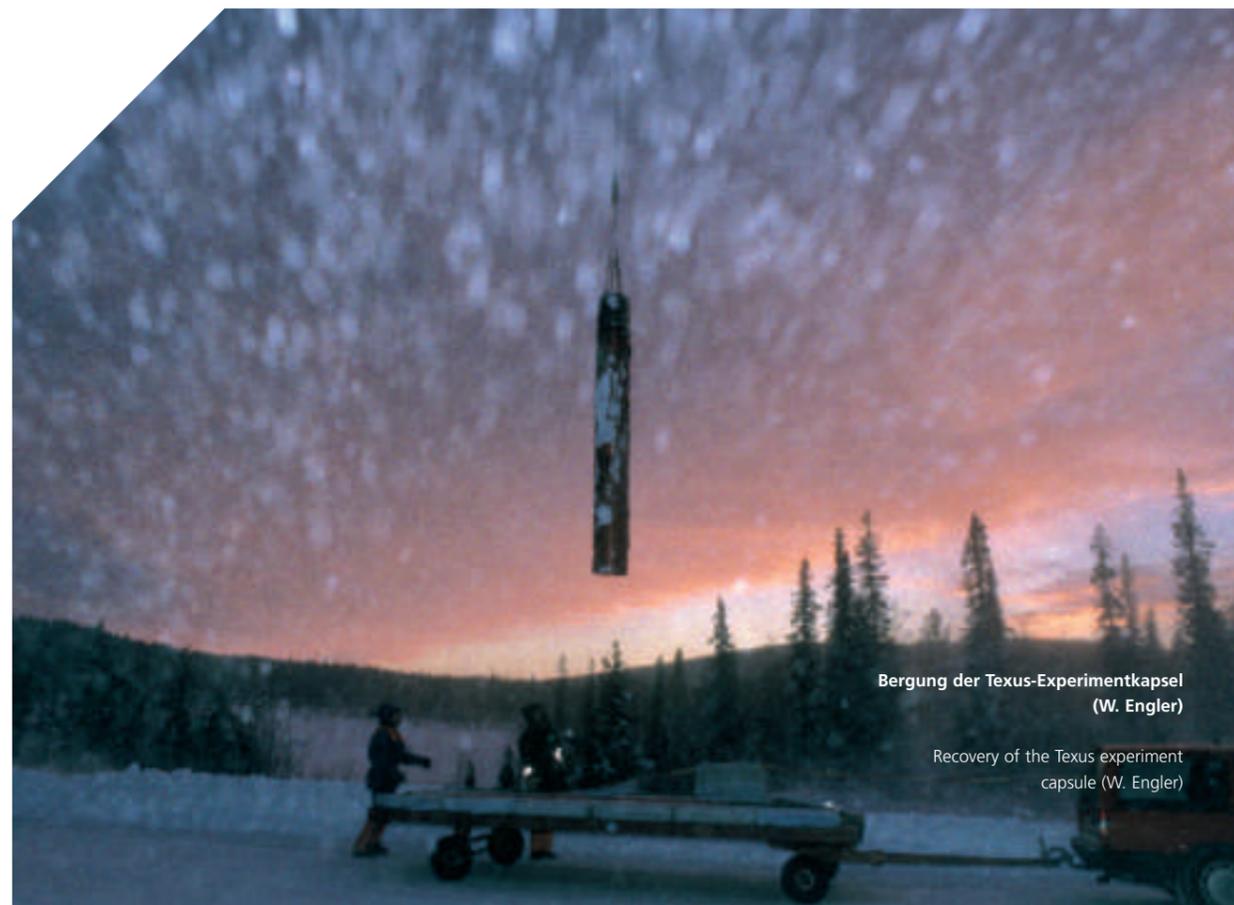
Spitze der Texus-Rakete im Silo kurz vor dem Start

Head of the Texus rocket short-time before launch



Experimente an Bord von Texus 43 (EADS Astrium)

Experiments on board Texus 43 (EADS Astrium)



Bergung der Texus-Experimentkapsel  
(W. Engler)

Recovery of the Texus experiment  
capsule (W. Engler)

gungen der Schwerelosigkeit, insbesondere der Umgang mit Flüssigkeiten, lagen damals jedoch kaum vor. Europa sah hierin eine große Chance, eigene Kompetenzen herauszuarbeiten und entwickelte unter deutscher Leitung das Weltraumlabor SPACELAB für den amerikanischen Space Shuttle. Europäische Astronauten erhielten somit die Chance, im Weltraum für die Erde zu forschen. Hierfür hatten Wissenschaftler eine Vielzahl von Experimentvorschlägen unterbreitet.

Zur Vorbereitung der SPACELAB-Nutzung wurde das deutsche TEXUS-Programm ins Leben gerufen. Der erste Flug einer zweistufigen Forschungsrakete fand am 13. Dezember 1977 statt. Bis zum Start der ersten SPACELAB-Mission 1983 blieben TEXUS-Flüge für deutsche Wissenschaftler die einzige regelmäßige Forschungsmöglichkeit unter Schwerelosigkeit. Während zunächst hauptsächlich materialwissenschaftliche Experimente durchgeführt wurden, gewann ab Mitte der 1980er Jahre die biologische und biotechnologische Forschung mehr und mehr an Bedeutung.

#### TEXUS 44 und 45 mit deutschen Experimenten

Auch im kommenden Jahr startet TEXUS wieder von Kiruna, und das gleich zweimal. Am 31. Januar 2008 schickt die Europäische Weltraumorganisation ESA die Rakete auch mit einem deutschen Experiment in die Schwerelosigkeit, am 7. Februar startet das DLR seinen Flug. Dies wird die 45. TEXUS-Mission werden. Wie immer in den vergangenen Jahren wurden auch bei dieser „Doppelkampagne“ die Flugexperimente in enger Kooperation zwischen beiden Agenturen abgestimmt. Zwei Missionen innerhalb weniger Tage ergeben für die Partner Synergieeffekte, die nicht zuletzt zu wesentlichen Kosteneinsparungen führen.

Auf dieser ESA-Mission werden in den drei übereinander liegenden Experiment-Anlagen insgesamt fünf Versuche aus den Bereichen Materialwissenschaften und Biologie durchgeführt.

regularly conduct research under microgravity conditions. Most of the experiments conducted mainly had to do with materials science, but biological and biotechnology research became increasingly important from the mid-1980s on.

#### TEXUS 44 and 45 with German experiments

Early in 2008, TEXUS again takes off from Kiruna; twice in fact: On January 31, the European Space Agency ESA sends the rocket with a German experiment into microgravity, and DLR will launch its flight on February 7. This will be TEXUS's 45th mission. As in past years, the two agencies will be working closely together to coordinate experiments in flight. Two missions in a few days produce synergy effects for the partners, resulting last but not least in considerable savings on costs.

In the ESA mission, the three experiment packages stacked on top of one another will in all carry five experiments in the fields of materials science and biology, with the ESA's electromagnetic levitation unit (EML) being the 'heavyweight' (174 kilograms) of the three payloads. Here, scientists from Ulm University and the DLR Institute of Material Physics in Cologne will be observing how molten metal alloys behave, with the aim of obtaining high-precision data which can subsequently be used on Earth. This package will be in space for the second time after first flying in late 2005.

The biological experiment conducted by scientists from the University of Udine, Italy, aims to study the effects of microgravity on simple models of thyroid gland cell cultures. In the second experiment on gravitational biology, scientists from the Bonn University are monitoring the gravity perception of plants as an impulse and what signals they use in responding to it. Identifying the cell structures, genes and proteins involved will help us understand how other biological impulse processing and regulation mechanisms work.

Dabei ist die Elektromagnetische Levitations-Anlage (EML) der ESA mit 174 Kilogramm das „Schwergewicht“ unter den drei Nutzlasten. Wissenschaftler der Universität Ulm und aus dem Kölner DLR-Institut für Materialphysik im Weltraum untersuchen darin die Eigenschaften geschmolzener Metalllegierungen mit dem Ziel, hochpräzise Daten für spätere industrielle Anwendungen auf der Erde zu gewinnen. Nach ihrem Erstflug Ende 2005 kommt diese Experiment-Anlage dabei zum zweiten Mal zum Einsatz.

Im biologischen Experiment der Universität Udine (Italien) sollen die Auswirkungen der Schwerelosigkeit beispielhaft am einfachen Modellsystem von Schilddrüsen-Zellkulturen untersucht werden.

Im zweiten Experiment zur Gravitationsbiologie gehen Wissenschaftler der Universität Bonn der Frage nach, wie der Schwerkraftreiz von Pflanzen wahrgenommen wird und über welche Signalwege die Reizverarbeitung erfolgt. Die Identifizierung von Zellstrukturen, Genen und Proteinen, die dabei eine Rolle spielen, wird zu einem besseren Verständnis auch anderer biologischer Reizverarbeitungs- und Regulationsmechanismen führen.

Eine Woche nach dem TEXUS-Flug der ESA soll die DLR-Mission TEXUS 45 mit insgesamt drei Experimenten durchgeführt werden. In einem biologischen Experiment werden Wissenschaftler der Universität Stuttgart-Hohenheim die Fähigkeit und die Mechanismen der Anpassung von Organismen an veränderte Schwerkraftbedingungen untersuchen. Als Modellsystem dienen hierbei Larven einer Buntbarsch-Art, deren Verhalten in Schwerelosigkeit aufgezeichnet und deren Schwerkraft wahrnehmende Systeme analysiert werden sollen. Dadurch hoffen die Forscher auch Erkenntnisse gewinnen zu können, die zur Aufklärung und Therapie von Krankheiten beim Menschen, zum Beispiel bestimmter Reisekrankheiten („Seekrankheit“) beitragen.

Im zweiten Experiment führt eine Arbeitsgruppe der Technischen Universität Darmstadt Untersuchungen zur Kühlung von Oberflächen mit Sprays durch. Unbeeinflusst von der Schwerkraft können dabei bestimmte physikalische Parameter besser untersucht werden, mit dem Ziel, die computergestützte Modellierung der Spraykühlung zu verbessern. Dies ist die Grundlage für eine optimale Anwendung in der Praxis, etwa in der Metallerzeugung oder bei der Kühlung elektronischer Bauteile und menschlichen Gewebes. Mit der Physik von Flüssigkeiten beschäftigt sich auch das dritte Experiment. Wissenschaftler der Universitäten in Toulouse (Frankreich) und Bremen untersuchen die in schmalen Kanälen auftretenden Strömungen, die durch sogenannte Kapillarkräfte angetrieben werden. Das Verständnis dieser Vorgänge ist beispielsweise für die Handhabung von Treibstoff in Satellitentanks und Raketenoberstufen wichtig.

*Dr. Otfried Joop ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen in der DLR Raumfahrt-Agentur.*

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

A week after ESA's TEXUS flight, the DLR's TEXUS 45 mission will take off with three experiments on board. In one biological experiment, scientists from the University of Stuttgart-Hohenheim will look at organisms' ability and mechanisms to adjust to changing gravity conditions. The system they will be using are larvae of a cichlid species, seeing how they behave when weightless and analyzing their gravity perception systems. Through this, the researchers also hope to make discoveries which could help identifying and curing human disorders such as certain travel illnesses ("seasickness").

In the second experiment, a working group from the Technical University of Darmstadt will be experimenting on the cooling of surfaces using sprays. Without gravity getting in the way they will gain more information about certain physical parameters, with the aim of improving computer-assisted spray cooling models. This will provide the foundations for optimizing practical application, such as in metal production or in refrigerating electronic components and human tissues. The third experiment also deals with the physics of liquids: scientists from the Universities of Toulouse, France, and Bremen will be looking at narrow channel streams, driven by what is known as capillary action. Understanding these processes is important in dealing with fuel in satellite tanks and upper rocket stages, for example.

*Dr. Otfried Joop is a research associate at the department of research under space conditions at the DLR Space Agency.*

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



Erste Inspektion nach dem Flug

First post-flight inspection

## GoSpace – Industrielle Forschung in Schwerelosigkeit

Integriertes Projektteam neu aufgestellt

Von Dr. Hartmut Ripken

Die DLR-Initiative GoSpace baut auf der 1998 ins Leben gerufenen Initiative „Promotion industrieller Nutzung“ (PIN) auf und erweitert deren bisherige Dienstleistungen. In den vergangenen Jahren wurde eine Reihe von Pilotprojekten erfolgreich umgesetzt. Kommerzielle Forschungsprojekte in Schwerelosigkeit aus allen Industriezweigen sollen nun folgen. Denn nach dem in Kürze erwarteten Start des COLUMBUS-Moduls wird Europa erstmals über eigene Ressourcen an Bord der Internationalen Raumstation ISS verfügen.

Ziel von GoSpace ist es, industrielle Kunden aus dem Bereich kleinerer und mittlerer Unternehmen zu gewinnen, die von der Nutzung der Schwerelosigkeit profitieren können und Produkte oder Verfahren entwickeln, die eine kurz- oder mittelfristige Rendite versprechen. GoSpace hat dazu ein Team aus Experten der industrierelevanten Schwerpunktthemen „Lebens- und Materialwissenschaften“ gebildet und durch Kommunikationsexperten ergänzt. Was dieses Team besonders auszeichnet, ist das Gesamtangebot aus Beratung, Projektentwicklung und Unterstützung bei der Umsetzung eines Forschungsvorhabens – alles aus einer Hand. Als Hauptauftragnehmer des DLR leitet die Aktionsgemeinschaft luft- und raumfahrtorientierter Unternehmen in Deutschland e.V. (ALROUND) die Initiative GoSpace. Als Experten für GoSpace konnte man den Leiter des Zentrums für Weltraummedizin Berlin an der Charité, Prof. Dr. Hanns-Christian Gunga, den Geschäftsführer des Zentrums für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation an der Universität Bremen, Prof. Dr. Hannsjörg Dittus, sowie Jürgen K. von der Lippe von der Firma vdlconsult aus Hannover gewinnen. Das wissenschaftliche Controlling im Projekt wird von Dr. Horst Binnenbruck, vormals Leiter der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen in der DLR Raumfahrt-Agentur übernommen. Das Design Büro oh! Kommunikation bringt seine Kompetenzen in Sachen Öffentlichkeitsarbeit und Marketing mit ein.

## GoSpace – Industrial Research in Microgravity

New Project Team offers ISS as a “Tool” to Users

By Dr. Hartmut Ripken

The DLR initiative “GoSpace” is continuing the activities of the ‘Promotion of Industrial Utilization’ (PIN) initiative of 1998, building on its experiences and refining the services provided formerly. After a successful realization of a number of pilot projects in the past years, industrial research projects based on microgravity are now expected from many branches of industry. With the imminent launch of the COLUMBUS laboratory, Europe will have its own resources available on board of the International Space Station for the first time.

The aim of GoSpace is to identify industrial clients from a range of smaller and medium-size companies that could benefit from an utilization of microgravity, helping these companies to develop products or methods that promise short- or medium-term profits. For this purpose, GoSpace has formed a team composed of experts in the industry-relevant areas of life and materials sciences, complemented by communication experts. The special feature of this team is that the services in the fields of consultation, project development, and support in research project realization are available from one source. As the main contractor of DLR, the ‘Aktionsgemeinschaft luft- und raumfahrtorientierter Unternehmen in Deutschland e.V.’ (ALROUND) manages the GoSpace initiative. Participating GoSpace experts include the head of the Center for Space Medicine Berlin (ZWMB) at the Charité, Prof Dr Hanns-Christian Gunga, the managing director of the Center of Applied Space Technology and Microgravity (ZARM) at the University of Bremen, Prof Dr. Hannsjörg Dittus, as well as Jürgen K. von der Lippe of vdlconsult in Hanover. Dr Horst Binnenbruck, former head of the Department of Research Under Space Conditions of the DLR Space Agency is responsible for scientific controlling of the project. Public relations and marketing are being managed by oh! Kommunikation. The activities of this integrated project team will focus on contacting,



Dieses integrierte Projektteam wird zum einen die Ansprache, Beratung und Unterstützung potenzieller Nutzer übernehmen. Zum anderen geht es im Bereich der Kommunikation darum, die Marke GoSpace im Bewusstsein der Zielgruppe zu etablieren und Netzwerke mit Verbänden und Organisationen auszubauen. Die Koordination der Arbeiten mit DLR, der europäischen Raumfahrtorganisation ESA sowie deren Commercial Agents runden das Dienstleistungsangebot ab.

### ZERO G-Forschung auf der Erde

#### ZARM: Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation in Bremen

Seit 1990 bietet der Fallturm des ZARM Wissenschaftlern aus aller Welt die Möglichkeit, unter kurzzeitiger Schwerelosigkeit zu experimentieren. Der Fallturm ist damit eine kostengünstige und permanent verfügbare Alternative zur Forschung im Weltall. Die Qualität der Mikrogravitation im Bremer Fallturm ermöglicht eine hervorragende Vorbereitung auf Experimente auf längeren Satellitenmissionen oder an Bord der ISS. Die relativ kurzen Vorlaufzeiten vor Beginn jedes Versuches erlauben eine optimale Ausnutzung der Experimentierzeit und die kurzfristige Veränderung einzelner Parameter.

Genutzt wird das in Europa einmalige Großlabor Fallturm zum Beispiel für Verbrennungsexperimente, bei denen die Wissenschaftler das Brennverhalten von Flüssigkeiten erforschen. Dies dient der Automobil- und Luftfahrtindustrie beim Optimieren von Treibstoff sparenden Motoren. Außerdem untersucht man dort den Transport mehrphasiger Flüssigkeiten, die Wärmeübertragung bei verschiedenen Produktionsprozessen sowie spezielle Strömungsvorgänge und Strukturbildungen in Schmelzen.

consulting and supporting potential users. Prime task of the communication experts is to establish an awareness of the GoSpace brand and activities and to develop networks with associations and organizations. The range of services provided is rounded off by coordinating the projects with the European Space Organization ESA as well as its Commercial Agents for life and materials sciences.

### Earth-bound ZERO G research

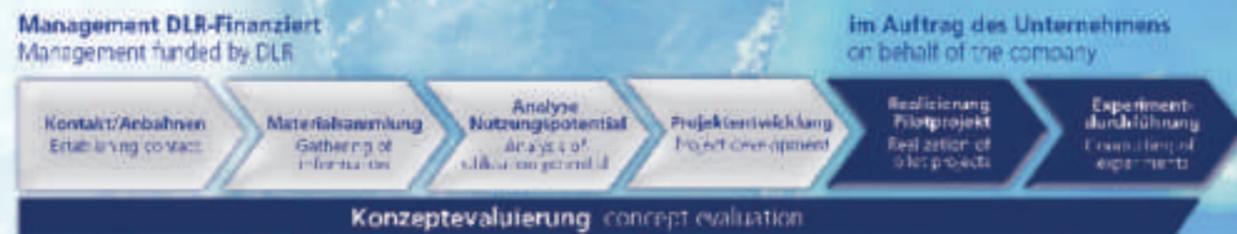
#### ZARM: Center of Applied Space Technology and Microgravity in Bremen

Since 1990, ZARM's Drop Tower provides scientists from all over the world with a facility for experimentation under short-term conditions of microgravity. This makes the Drop Tower a less expensive and permanently available alternative to research in space. The quality of the microgravity in the Drop Tower in Bremen allows excellent preparation of experiments during longer satellite missions or on board the ISS. Relatively short lead times prior to each experiment allow optimum utilization of test times as well as short-term modifications of individual parameters.

The Drop Tower, a unique lab facility in Europe, is used for instance to conduct combustion experiments, allowing scientists to study the characteristics of ignited fluids. This is particularly interesting for optimization of fuel-saving engines in the automotive and aviation industries. Studies also include transportation of multi-phase fluids, heat transfer in various production processes, and special flow processes and structure formation in molten materials.

### Vom Erstkontakt bis zur Realisierung: DLR-finanziertes GoSpace-Projektmanagement

All the way from first approach to implementation  
GoSpace project funded by DLR



### Alles aus einer Hand – GoSpace-Projektmanagement für die industrielle Forschung in Schwerelosigkeit

From one source – GoSpace project management for  
industrial research in microgravity



#### ZWMB: Zentrum für Weltraummedizin Berlin

Das ZWMB als Teil der Freien Universität Berlin untersucht die Auswirkungen der Schwerkraft auf den menschlichen Organismus unter medizinisch-physiologischen und psychologischen Aspekten. Zum seinem Forschungsspektrum gehören die Auswirkungen der Gravitation beziehungsweise deren Abwesenheit auf das Skelett und die Muskulatur, das Wachstumsverhalten von Krebszellen, die Herz-Kreislauf-funktion, die Blutbildung und Blutvolumenregulation des menschlichen Körpers. Insgesamt waren Wissenschaftler der FU Berlin in den vergangenen 20 Jahren an über 30 weltraummedizinischen Studien beteiligt, unter anderem im Space Shuttle, auf der MIR-Station und aktuell auf der ISS.

GoSpace unterstützt ein Unternehmen bei seinem Experiment in Schwerelosigkeit von der Idee über die Experimentvorbereitung bis hin zur Durchführung und Auswertung. Dabei berät GoSpace das Unternehmen bezüglich der Ausgestaltung seiner Forschungs-idee, recherchiert Fakten und stellt mögliche Missionsmodelle vor. Sowohl der Zugriff auf das Wissen des DLR und der ESA, als auch die Kontakte zur Raumfahrt-Industrie und zu internationalen Partnern ermöglichen es GoSpace, den Firmen zu helfen, ihr Forschungsvorhaben zügig umzusetzen.

Nach der positiven Analyse des Nutzungspotenzials arbeitet GoSpace das Projekt gemeinsam mit dem Unternehmen aus. Anschließend erfolgt die Bewertung durch die DLR Raumfahrt-Agentur mit dem Ziel, dem Vorhaben eine konkrete Mission zuzuweisen. Dabei wird festgelegt, welche Experimentanlage – Fall-turm, Parabelflug, Forschungsrakete bzw. -kapsel oder ISS – zum Einsatz kommt. Bis zu diesem Zeitpunkt sind die GoSpace-Leistungen über das DLR abgedeckt. In den anschließenden Phasen der Umsetzung (Bau und Test des Experimentaufbaus sowie zugehöriger bodengebundener Vorarbeiten) arbeitet das GoSpace-Team im Auftrag des Unternehmens.

#### Umsetzung von Erkenntnissen – ein Überblick

Die Forschung in Schwerelosigkeit ist keine eigenständige Disziplin; sie ist eingebettet in erdgebundene Forschungsaktivitäten. Innovationen sind daher in der Regel im Zusammenhang mit entsprechenden terrestrischen Ergebnissen zu betrachten.

#### ZWMB: Center for Space Medicine Berlin

As part of the FU Berlin, the ZWMB studies medical, physical, and psychological aspects of the influence of gravity on the human organism. The scope of research activities includes effects on the skeleton and muscles, growth of cancer cells, cardiovascular functions, and blood formation and blood volume regulation of the human body. FU Berlin scientists were involved in over 30 space medicine studies over the past 20 years, conducted on space shuttle, aboard MIR space station, and currently on ISS.

GoSpace actively supports the microgravity experiment of a company, from the phase of experiment preparation to experiment execution and analysis. GoSpace provides assistance in developing the research idea, helps with necessary information gathering, and presents possible mission scenarios. Accessing the knowledge pool of DLR and ESA, coupled with establishing contacts to the space industry and to international partners, enables GoSpace to assist companies in an efficient realization of their research projects.

After a positive analysis of the intended experiment, GoSpace builds up the project in conjunction with the company. When implemented and finalized, it is followed by an evaluation by the DLR Space Agency with the objective of assigning an appropriate and concrete flight opportunity to the project – drop tower, parabolic flight, sounding rocket, orbital capsule or ISS. The services provided by GoSpace are financially covered by DLR up to this stage. The GoSpace team works on commission by the company during the next phases of the realization process (developing, construction and testing the experiment as well as preparing and conducting ground related work).

#### Implementation of knowledge gained – a brief survey

Research activities in microgravity do not constitute an independent scientific discipline; they are an integral part of terrestrial science fields. Successful research in space is always preceded and accompanied by corresponding terrestrial research activities. Often space research results can directly be transformed into terrestrial innovations.

#### Einige Beispiele:

- Ein vertieftes Verständnis des Einflusses der Thermokonvektion (schwerkraftgetriebener Transport) auf das Mikrogefüge bei der Erstarrung von Metallschmelzen führte zur Verbesserung von Werkstoffeigenschaften, insbesondere bei Aluminiumlegierungen.
- Genauere Daten thermophysikalischer Eigenschaften von Metallschmelzen haben Eingang gefunden in die mathematische Modellierung von Erstarrungsprozessen.
- Ein verbessertes Verständnis des Kristallwachstums elektronischer Halbleiter hat die Entwicklung von neuen Technologien auf der Erde ermöglicht, unter anderem die Anwendung von Magnetfeldern zur Dämpfung konvektiver Prozesse. Durch eine genauere Kenntnis der Auswirkungen der Marangoni-Konvektion, die durch eine Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung hervorgerufen wird, konnte der Silizium-Produktionsprozess verbessert werden.
- In der Verbrennungsforschung haben Ergebnisse in der mathematischen Simulation technischer Verbrennungsvorgänge Eingang gefunden. Während der Verbrennung von Einzeltropfen wird eine flammenspektroskopische Untersuchung der Flammen durchgeführt. Die Flammen senden ein charakteristisches Licht (Spektrallinien) aus, das Rückschlüsse auf die Einzelheiten des Verbrennungsprozesses erlauben.
- Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Humanphysiologie haben in den Forschungsfeldern "Herz-Kreislauf-Physiologie" und "Wasser-Salz-Haushalt" wichtige Beiträge zu einem verbesserten Verständnis der Abläufe im menschlichen Körper und deren krankhafter Veränderungen geliefert. Darüber hinaus haben Untersuchungen des Gleichgewichtssystems und des Muskel-Skelett-Systems, insbesondere des Kalzium-Stoffwechsels, zur unmittelbaren Optimierung der Behandlungsqualität bei Osteoporose und Muskel-Atrophie geführt.

*Dr. Hartmut Ripken ist Koordinator der Nutzungsvorbereitung der ISS und Projektverantwortlicher für GoSpace in der Abteilung Bemannte Raumfahrt, ISS und Exploration in der DLR Raumfahrt-Agentur.*

#### Some Examples:

- a deeper understanding of the influence of thermoconvection (gravity-driven transport) on the microstructure during solidification of molten metals helped in improving material properties, i.e. for aluminium alloys.
- More precise data concerning thermophysical properties of molten metals have been integrated into a better mathematical modeling of solidification processes.
- An improved understanding of the crystal growth of electronic semiconductors has facilitated the development of new technologies on Earth, including the application of magnetic fields to dampen convection processes. A more detailed knowledge of Marangoni convection effects, which are caused by a temperature dependence of surface tension, made an improvement of the silicon production process possible.
- In combustion research, results have been applied to the mathematical simulation of technical combustion processes. The flames were analyzed spectroscopically during combustion of single drops. The flames emit a characteristic light (spectral lines) allowing to draw conclusions about the details of the combustion process.
- Research results in the area of human physiology have yielded especially in the fields of cardiovascular physiology and water-and-salt-balance – important contributions to a better understanding of processes in the human body and of pathological changes. Studies on the vestibular system and the musculoskeletal system, especially regarding calcium metabolism, have led to a direct optimization of the osteoporosis and muscular atrophy treatment.

*Dr. Hartmut Ripken is Coordinator of ISS utilization preparation and responsible for GoSpace projects in the DLR Space Agency's department of manned spaceflight, ISS and Exploration.*

## Kulturpflicht Raumfahrt

Ein Kommentar zum Thema Exploration

Von Dr. Niklas Reinke

1897 konfrontierte der Philosoph und Naturwissenschaftler Kurt Laßwitz die deutsche Öffentlichkeit mit einer unerhörten Vision: Die Menschheit erhält Besuch von ihren technologisch höher entwickelten Nachbarn vom Mars. Die Lebensweise der Menschen ist für sie ein interessantes Studienobjekt, die Menschen selbst primitive Geschöpfe. Zwei Möglichkeiten sehen die Marsianer für ihren Umgang mit den Erdbewohnern: Ausbildung oder Unterdrückung. Nachdem es im Wesentlichen zu Letzteren kommt, solidarisieren sich die Menschen, um einen dritten Weg zu gehen: die Befreiung von den außerirdischen Nachbarn und die kulturell selbstständige Entwicklung.

„Auf zwei Planeten“ war der erste deutsche Science Fiction-Roman. Auch wenn dem Autor die Utopie seiner Geschichte durchaus bewusst war, so gelangte er – deutlich vor dem ersten Vorstoß einer Rakete ins Weltall 1942 – zu dem Schluss, dass Raumfahrt keine „Tollkühnheit“ sei, sondern „dringende Kultur-aufgabe“. Sie erweitere die Perspektive, die Möglichkeiten, das Verständnis. Der Roman erreichte in kürzester Zeit eine Auflage von mehreren hunderttausend Stück. So beflügelte er etwa auch die Fantasie eines Jungen namens Wernher von Braun.

Wir können heute gelassen davon ausgehen, dass es keine Mars-Bewohner gibt. Dennoch bleibt die Frage nach Leben jenseits der Erde, etwa in Form von Mikroorganismen, eine der wichtigen Fragen, denen Forscher heute nachgehen. Sie betrifft die Kultur, das Selbstverständnis der Menschheit direkt: Bis ins 20. Jahrhundert hinein gingen Naturwissenschaftler, Philosophen und Theologen davon aus, dass das Leben auf der Erde eine Einmaligkeit im Universum sei. Raumfahrt erweitert also den geistigen Horizont und physischen Aktionsradius der Menschen, drastischer als jemals zuvor in der Geschichte.

Raumfahrt ist ein Mittel für viele Ziele – und selten durch nur eines zu begründen. Sie hilft der Wissenschaft zu neuen Erkenntnissen, unterstützt die Entwicklung von Hochtechnologie und damit auch das Wachstum der Volkswirtschaft. Raumfahrt ist weiterhin unverzichtbar für die Wahrung unserer Sicherheit, für die globale Kommunikation, Wettervorhersage und den Klimaschutz. Durch ihre Komplexität ist sie ein wichtiges, positiv besetztes Instrument der internationalen Beziehungen und insbesondere der Europapolitik. In wenigen anderen Bereichen hat Europa als politische Größe ähnliche gemeinschaftliche Erfolge gefeiert, die jeder einzelne Staat alleine niemals hätte erreichen können. Raumfahrt ist gerade deshalb und darüber hinaus zu einer kulturpolitischen Verantwortung geworden.

Kultur bezeichnet allgemein den Komplex von Kenntnissen, Glaubensvorstellungen, Kunst, Moralauffassung, Recht, Bräuchen und allen anderen Fähigkeiten und Sitten einer Gesellschaft. Kultur ist letztlich ein Synonym für die Beherrschung der Welt durch den Menschen. Dass Raumfahrt längst zu einem wichtigen Bestandteil

## Astronautics as Cultural Imperative

Commentary on the Subject of Exploration

By Dr. Niklas Reinke

In 1897, the philosopher and natural scientist Kurt Lasswitz presented an unheard-of vision to the German public: Mankind being visited by its more advanced neighbors from Mars. They were interested in studying the human way of life. When it came to dealing with "Earthlings", the Martians saw two options: education or suppression. They decided largely on the latter. At the same time, humans came together to follow a third way: liberation from their extraterrestrial neighbors and development of their own civilization.

"Auf zwei Planeten" (On two planets) was the first German science fiction novel. The author, being aware that his story was fiction, concluded – well before the first rocket was launched into space in 1942 – that astronautics was not a mad adventure, but a cultural imperative. It broadened humanity's horizons, its capabilities, its level of understanding. The novel soon became a bestseller, and eventually gave wings to the imagination of a young man named Wernher von Braun.

Today, we can safely assume there is no life on Mars; however, that still leaves the question: is there any life in outer space? It may exist in the form of micro-organisms, one of the most important questions being explored by researchers today. It is about human civilization, how humans perceive themselves: Until the early twentieth century, scientists, philosophers and theologians assumed that life on Earth was unique in the Universe. Thus, astronautics expanded our spiritual horizons and operating range, far more dramatically than anything before in history.

Spaceflight is a means to many ends – and can rarely be justified by one of those alone. It helps science in making new discoveries, assists in developing advanced technology and thus contributes to economic growth. Space is also essential to our security, global communications, weather forecast and climate protection. Being complex like that, it is an important, highly-regarded tool in international relations and in particular in European politics. In few other areas Europe as a political entity has celebrated such joint successes, which no single nation could ever have achieved by itself. Precisely the reason spaceflight has become a responsibility of cultural policy.

'Culture' means generally the complex of knowledge, beliefs, art, morals, law, customs and other abilities that accompany a society. Ultimately, 'culture' is a synonym for the mastery of the world by mankind. Astro-

unserer Gegenwartskultur geworden ist, zeigt bereits die Tatsache, dass sie weithin als selbstverständlich angesehen wird. Deutlich wird dies, wenn man sich unser Leben ohne Raumfahrt vorzustellen versucht: Vielfältiges Wissen über die Entstehung des Universums und Entwicklung unseres Sonnensystems wäre ohne die Flotte internationaler Forschungssatelliten der vergangenen Jahrzehnte nicht vorhanden. Die gerade erst begonnene Suche nach nicht-irdischem Leben dürfte, erst recht im Erfolgsfall, die philosophischen und religiösen Weltbilder massiv beeinflussen. Einige der größten kommerziellen Erfolge Hollywoods wie „2001 – Odyssee im Weltraum“, „E.T.“, „Star Wars“ oder „Star Trek“, die ihrerseits die Popkultur nachhaltig prägten, wären ohne den Raumfahrtgedanken niemals entstanden. Und ohne die spektakulären Fotografien der Apollo-Astronauten über die wüste Oberfläche des Mondes „hoch“ zu unserer Heimat Erde mit ihrer dünnen, lebenssichernden Atmosphäre wäre das ökologische Bewusstsein in seiner globalen Form zumindest deutlich langsamer gewachsen – ganz zu schweigen von Errungenschaften wie der TV-Direktübertragung, dem Seefunkdienst oder den Navigationsgeräten.

Der sicherlich wichtigste kulturelle Aspekt der Raumfahrt ist das Überschreiten von geistigen und physischen Grenzen. In seiner Bedeutung ist Raumfahrt ebenso fundamental für die menschliche Entwicklung wie die Hochseeschifffahrt, die Eisenbahn oder das Fliegen.

Stets waren Wissenschaft und Technik die wirksamsten Kräfte, mit denen Europa in die Weltgeschichte eingegriffen hat. Hierbei stand die Philosophie mit dem soziokulturellen Umfeld ihres jeweiligen Zeitalters in mehr oder weniger starker Wechselwirkung. Erstmals ist nun aber der technologische Fortschritt schneller als die Geisteswissenschaften, die sich bislang nur wenig zum rasanten und komplexen Erkenntnisgewinn etwa in der Kosmologie oder Quantenphysik geäußert haben.

Tatsächlich erweitert sich auch die Kluft zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Alltagswahrnehmungen immer stärker. Doch selbst die Mondlandung, eines der epochalen Ereignisse in der Entwicklungsgeschichte des Menschen, hat sich weder literarisch noch künstlerisch in beachtenswerter Form niedergeschlagen.

nautics has long time been an important part of our civilization – today, we are taking it for granted. Imagine how we would live without spaceflight: Without the fleet of international research satellites of the past decades we simply would not know much about how the Universe came into being and how our solar system developed. The search for extraterrestrial life has a massive effect on how we view the world both philosophically and religiously – even more so should it be successful. Some of Hollywood's greatest box-office successes, such as "2001 – A Space Odyssey", "E.T.", "Star Wars" or "Star Trek", which in their turn have left a lasting mark on popular culture, would never have existed without the idea of spaceflight. And without the spectacular photographs of our home, Earth, with its thin layer of life-sustaining atmosphere, taken by the Apollo astronauts high above the Moon's desert surface, ecological awareness would at least have come about more slowly – not to mention other achievements such as TV live broadcast, marine radio service or navigation systems.

But the most important aspect about astronautics is that it overcomes physical and psychological boundaries. In its significance, spaceflight is as fundamental to human development as shipping, railways or aviation. Science and technology have always been Europe's strongest assets when it came to playing a major role in world history. Philosophy interacted more or less strongly with the socio-cultural environment of its times. Now for the first time, however, technology is advancing faster than our philosophical sciences, which so far have had little to say on the surging and complex advances in knowledge, such as in cosmology or in quantum physics. And, in fact, the gulf between scientific discoveries and everyday perception is steadily growing. Even the Moon landings, one of the epoch-making events in human history, went largely unnoticed in literature or the arts.

Enhancing the interdisciplinary dialogue is absolutely necessary. Astronautics could do more than anything else to help people taking another look at their philosophical standards and ways of thinking. It could also provide new impetus to ethics, i.e. in the analysis of borderline experiences, practical self-awareness, stress tolerance, our introspectiveness and decision-making abilities. Conversely, the psychological sciences can provide support to astronautics in important ways. They can offer a general assessment of the impact of undertakings and provide a reasonable historical framework that can answer questions of relevance that are rarely asked by the natural sciences. Moreover it may enlighten the cultural environment of spaceflight. They can also help to handle politicians, authorities and media: space engineers who have no vision and do not believe that their projects make sense will convince neither politicians nor public.



Der interdisziplinäre Dialog muss hier sicherlich verstärkt werden. So kann die Raumfahrt wie kaum ein anderes Unternehmen zur Revision philosophischer Maßstäbe und Denkgewohnheiten beitragen. Auch kann sie der Ethik neue Impulse geben, etwa für die Analyse von Grenzerfahrungen, praxisorientierter Selbsterkenntnis, Belastbarkeit, Selbstprüfung oder Entscheidungsstärke. Umgekehrt kann die Geisteswissenschaft die Raumfahrt in wichtigen Fragen unterstützen. Sie kann die generelle Tragweite von Unternehmungen und Entdeckungen bewerten und ein angemessenes Geschichtsbewusstsein etablieren, die von Naturwissenschaftlern kaum gestellte Sinnfrage beantworten und das kulturelle Umfeld der Raumfahrt verdeutlichen. Sie kann weiterhin im Umgang mit Politik, Administration und Medien helfen. Denn Raumfahrtstechniker ohne Visionen und Glauben an den Sinn ihres Vorhabens werden weder Politik noch Öffentlichkeit überzeugen.

Raumfahrt bleibt neben allen industriepolitischen und wissenschaftlichen Begründungen auch ein großes Faszinosum insbesondere für junge Menschen. Gerade die geistige Nähe zwischen Forschung und Visionen der Science Fiction weckt ihr Interesse an Natur- und Ingenieurwissenschaften. Eine Volkswirtschaft wie Deutschland, die ohne nennenswerte Rohstoffe ein hohes ökonomisches Niveau mit beachtlichem gesellschaftlichem Wohlstand erreicht hat und halten will, ist hierauf angewiesen.

Schließlich bleibt der Aspekt des Prestiges oder, modern-nüchtern formuliert, die Standort-Frage. Viele Kompetenzen aus Wissenschaft und Technologie reizen Arbeitgeber zu Investitionen in einem bestimmten Land. Doch wenige Bereiche vermögen es wie die Raumfahrt, ein fortschrittliches Image zu vermitteln, das nahezu alle gesellschaftliche Aspekte umfasst. Dies war der Grund für den Sputnik-Schock 1957: Die westlichen Staaten, allen voran die USA, schätzten die UdSSR als gesellschaftlich rückständig ein. Der unverhoffte Start des ersten künstlichen Erd-Trabanten belegte der ganzen Welt unleugbar das Gegenteil. Die Sowjetunion hatte eindrucksvoll bewiesen, dass ihre gesamte Volkswirtschaft, der Verbund von Politik, Industrie, Universitäten und Militär, zu dieser Pionierleistung fähig war. Dies ist heute auch der Grund für die ambitionierten Raumfahrt-Pläne der Chinesen und Inder: Beide aufstrebende Industriestaaten wollen symbolisch ihre gesamtgesellschaftliche Kompetenz demonstrieren und tun dies erfolgreich. Forschungsergebnisse sind hier willkommener Spin-off.

Erst der Blick aus dem All hat die Erkenntnis erbracht, dass die Erde als ökologisch, wirtschaftlich und gesellschaftspolitisch geschlossenes System zu betrachten ist. Das weiterhin ungebremste Bevölkerungswachstum mit steigendem Bedarf nach Informationen, Mobilität, Sicherheit und wirtschaftlich nutzbaren Ressourcen, der natürliche Forschungsdrang sowie touristische Abenteuerlust (zunächst einer schwerreichen Elite) werden Raumfahrt immer stärker zum Vehikel menschlichen Handelns werden lassen. Hierfür spricht auch die ziemlich wahrscheinliche Errichtung eines menschlichen Außenpostens auf dem Mond noch in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts. Daneben regt die Raumfahrt schon heute zu skurrilen Nutzungsideen an: Firmenwerbung auf Trägerraketen, Raumfahrzeugen oder gar projiziert auf dem Mond, Fernsehshows im All, Weltraumbestattung.

Für all diese Bestrebungen werden auch in Europa weitere, sicherlich kosten- und insbesondere zeitintensive Entwicklungen neuartiger und vor allem billigerer Träger- und Rückkehrsysteme zu unternehmen sein. Mit der Erforschung von Plasma- und Ionenantrieben sowie Sonnensegeln beteiligt sich die deutsche Forschung bereits an der Suche nach verbesserten Weltraumantrieben für Tiefraumsonden. Parallel aber wird man sich vermehrt auch rechtliche sowie philosophische und ethische Gedanken über die Rolle des Menschen beim weiteren Vordringen in das Weltall, die neue

**„Raumfahrt erweitert den geistigen Horizont und Aktionsradius der Menschen, drastischer als je zuvor“**

**„Astronautics expand our scope of mind and operating range, far more dramatically than ever before“**

Aside from all the industrial politics and scientific rationale, spaceflight is fascinating in its own right, especially to the younger generation. It is precisely the spiritual closeness between research and science fiction concepts that can inflame their interest in sciences and engineering. An economy such as Germany's, which has no notable natural resources but which has achieved a high level of social welfare, is dependent on this.

terra incognita, machen müssen. ESA und UNESCO taten mit ihrer Schrift „Ethik in der Raumfahrt“ im August 2000 einen ersten, bedeutenden Schritt, um auch die kulturanthropologischen Aspekte der Raumfahrt zu thematisieren.

Raumfahrt ist keine Frage allein der Kultur oder des Prestiges, aber dieser Aspekt wird in Deutschland und Europa oft verkannt. Vieles spricht dafür, dass die Internationale Raumstation der erste Schritt der Spezies Homo Sapiens zur dauerhaften Präsenz im Weltraum ist. Es ist bemerkenswert, dass eine Entwicklung mit derartiger Tragweite in der Öffentlichkeit zwar bemerkt wird, aber weitgehend unbeachtet erfolgt. Es ist möglich, dass einige hundert Jahre in der Zukunft eine Gedenkstätte Bewohnern auf dem Mond anzeigen wird, wo einst der Mensch erstmalig einen fremden Himmelskörper betrat. Dies mag eine der ganz wenigen Leistungen sein, die

unsere Zeit überdauern wird – unvergänglich wie die Pyramiden oder die Akropolis. Dann wird sich erweisen, ob Europa auch auf diesem Gebiet die Bedeutung behalten hat, die es bis heute in der irdischen Kulturgeschichte besitzt.

*Dr. Niklas Reinke leitet die Unternehmenskommunikation in der DLR Raumfahrt-Agentur.*

And, finally, of course, there's the matter of prestige, or the question of location, as it tends to be clinically referred to today. If a country has many skilled scientists and engineers, employers are encouraged to invest there. However, there are few areas such as astronautics that produce such a progressive image covering just about all aspects of society. That, in 1957, was the reason for the Sputnik shock: the West – and the US in particular – believed the USSR to be a backward society. But the unexpected launch of the Earth's first artificial satellite undeniably proved the contrary. The Soviet Union demonstrated impressively that its whole economy – its complex of politics, industry, universities and the military – was capable of this pioneering performance. This is why nowadays the Chinese and Indians are also so keen on spaceflight: both consider themselves to be fully industrialized nations, and both are willing to demonstrate what their societies are capable of. And they are doing so successfully. Research results are welcomed as a spin-off.

It wasn't until humans looked down upon Earth from space that they realized it must be seen as a closed environmental, economic and social system. As population growth continues unabated – with increasing demands for information, mobility, security and economic resources, astronautics will increasingly become part of human endeavour as a result of the natural urge to explore and tourists' love of adventure (although for the moment limited to the seriously rich). This is reflected in the fact that humans will probably establish the first outpost on the Moon by the middle of the 21st century. But spaceflight also has its bizarre side: companies advertising on launch rockets, spaceships or even as a projection on the Moon surface, TV shows in space, and space burials.

All these endeavours will undoubtedly mean Europe has to keep on putting large amounts of money and, above all, time into the development of new, and most importantly cheaper, carrier and return systems. In researching plasma and ion drives and solar sails, German research is already playing its part into looking for better space drives for deep space probes. At the same time, however, there will be increasing legal, philosophical and ethical debates on humanity's role in penetrating further into the universe, the new "terra incognita". ESA's and UNESCO's publication in August 2000, "Ethics in spaceflight", represented a first major attempt at covering both the cultural and anthropological aspects of astronautics.

Spaceflight isn't just about culture or prestige, but these are the aspects that are often neglected in Germany and Europe. We could well say that the International Space Station is Homo sapiens' first step towards a permanent presence in space. Remarkably enough, the general public is often aware of developments of this scope and, at the same time, largely ignores them. A few hundred years from now there may be a memorial on the Moon showing residents where Man first set foot upon another world. This may be one of our very few achievements that will outlast our own times – eternal, like the pyramids or the Acropolis. Then we will see whether Europe has played as important a role in this field as it has in the history of culture on Earth to date.

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

## SmallGEO

### Die neue Kleinsatelliten-Generation

Von Dr. Roland Pleger

Seit einem halben Jahrhundert umkreisen Satelliten die Erde. Der erste, Sputnik, ähnelte einem großen Fußball. Lange Drähte bildeten die Antennen, die auf Kurzwellenfrequenz knappe Tonssequenzen ausstrahlten. Nach drei Wochen waren die Batterien erschöpft, und der Trabant verglühte zwei Monate später in der Erdatmosphäre. Heute erreichen Satelliten eine Lebensdauer von 15 Jahren und mehr. Der Kurzwellenfunk ist dem Mikrowellenbereich von 1 bis 40 Gigahertz gewichen. Solarelemente versorgen die Sender mit elektrischer Energie.

Auch heute umrunden Satelliten die Erde in einer Höhe zwischen 400 und mehreren Tausend Kilometern. Für einen Umlauf benötigen sie wenige Stunden. Dieser sogenannte LEO-Orbit (low earth orbit) ist die bevorzugte Flugbahn für Erdbeobachtungssatelliten. Je näher die Satelliten der Erde sind, desto detailreicher sind die Fotos, die sie machen. Andererseits bleibt während einer Erdumrundung das Zeitfenster für den Kontakt zwischen Satellit und Bodenstation nur circa 15 Minuten lang geöffnet. Bis zum nächsten Auftauchen auf dem Schirm können mehrere Stunden vergehen.

#### Geostationäre Satelliten in hoher Umlaufbahn

Für die Ausstrahlung von Rundfunksignalen wünscht man sich Satelliten, die scheinbar fest – geostationär – über der Erde stehen. 1963 gelang die erste Platzierung auf einer geostationären Umlaufbahn, zwei Jahre später folgte der erste kommerzielle GEO-Satellit. INTELSAT-I hatte eine Sendeleistung von 40 Watt und eine Lebensdauer von zwei Jahren. Mit einer Höhe von 36.000 Kilometern über dem Äquator ist eine GEO-Bahn 40 Mal weiter von der Erde entfernt als eine LEO-Bahn.

Üblicherweise erreicht ein Satellit seine geostationäre Bahn in mehreren Stufen: Die Träger Rakete platziert ihn zunächst auf einer kreisförmigen Umlaufbahn in wenigen 100 Kilometern Höhe. Von dort schießt ihn die zweite Raketenstufe auf eine hochelliptische Bahn, den sogenannten Transferorbit. Der höchste Punkt – das Apogäum – liegt bei 36.000 Kilometern, der niedrigste Punkt – das Perigäum – bei ungefähr 100 Kilometern. Manche Träger Raketen verfügen über eine weitere Stufe, die den Satelliten auf die kreisförmige GEO-Bahn transportieren. Oft besitzen die Satelliten einen eigenen Apogäumsmotor für diesen Transfer. Mehr als 70 Prozent der Satellitenmasse beim Start ist Treibstoff, was die hohen Startkosten für einen GEO-Satelliten erklärt.

#### Erdumlaufzeiten von Satelliten bei verschiedenen Bahnhöhen:

Orbit	Bahnform	Bahnhöhe	Umlaufzeit
Niedriger Satellitenorbit (LEO)	Kreisbahn	300-500 km	Wenige Stunden
Geotransferorbit (GTO)	Ellipsenbahn	300-36.000 km	24 Stunden
Geostationärer Orbit (GEO)	Kreisbahn	36.000 km	24 Stunden

## SmallGEO

### The New Small Satellite Generation

By Dr. Roland Pleger

Satellites have been orbiting Earth for half a century now. The first ever satellite, Sputnik, looked like a large football, with long wire antennae sending out brief audio sequences at short-wave frequencies. The batteries ran out after three weeks, and the satellite burned up in Earth's atmosphere two months later. Today, satellites last for fifteen years or more, and short wave radio has given way to the microwave range, from 1 to 40 Gigahertz, with solar panels providing electricity.

Today satellites orbit the Earth at heights between 400 and several thousand kilometers. Each orbit takes a few hours. These so-called LEOs (low earth orbits) are preferred for Earth monitoring satellites: the closer a satellite is to Earth, the more detailed are the photos it can take. On the other hand, the time slot during which satellite and ground station can talk to one another is only around fifteen minutes in each orbit. It may be several hours before it reappears on screen.

#### Geostationary satellites in high orbit

For broadcasting wireless signals, people want satellites which appear to be fixed in position above the Earth, or 'geostationary', as this is known. The first satellite was successfully put into a geostationary orbit in 1963; the first commercial GEO satellite followed two years later. INTELSAT-I had a transmission power of 40 watts, and lasted two years. At 36,000 kilometers over the Equator, a GEO orbit is forty times further away from Earth than a LEO.

A satellite normally reaches geostationary orbit in stages: initially, the first rocket stage puts it into a circular orbit a few hundred kilometers up. From here, the second stage puts it into a highly-elliptical orbit, known as the transfer orbit, with its highest point, or apogee, at 36,000 kilometers, and its lowest point, or perigee, at around 100 kilometers. Some carrier rockets have another stage, which puts the satellite into the circular GEO orbit. Many satellites have their own apogee motors for this transfer. More than 70 percent of a satellite's weight when it is launched is fuel, which explains why launching GEO satellites is so expensive.

#### Satellite orbit times at different heights:

Orbit	Orbit type	Orbit height	Orbit time
Low Earth orbit (LEO)	Circular	300-500km	A few hours
Geo transfer orbit (GTO)	Ellipse	300-36,000km	24 hours
Geostationary orbit (GEO)	Circular	36,000km	24 hours



#### GEO-Kommunikationssatelliten bieten länger geöffnete Kontakt-Zeitfenster und großflächigere Signal-Abdeckung

GEO communication satellites are providing time slots which are longer opened as well as more extensive signal coverage

Nach den USA begann auch Europa in den 1970er Jahren kommerzielle Nachrichtensatelliten zu entwickeln. In Deutschland endete diese Phase zunächst um 1990. Der letzte Kommunikationssatellit, an dem sich Deutschland mit den Firmen MBB und ERNO maßgeblich beteiligte, war DFS-Kopernikus. Bei der Gründung des europäischen Nachfolgeunternehmens EADS wurden die Fertigungshallen zur Integration von Satelliten nach Frankreich verlagert. Neben EADS Astrium ist das französisch-italienische Unternehmen Thales Alenia Space, vormals Alcatel Alenia Space, der zweite große Anbieter in Europa.

Following the US, Europe also started developing communications news satellites in the 1970s. In Germany, this phase originally ended around 1990: the last communications satellite in which Germany had any major stake, via the MBB and ERNO companies, was DFS-Kopernikus. When the European successor company, EADS, was founded, satellite integration production facilities were moved to France. After EADS Astrium, the Franco-Italian company Thales Alenia Space, formerly Alcatel Alenia Space, is the number two supplier in Europe.

### Wachsender Markt für kleine geostationäre Satelliten

Europa fertigt große und mittelgroße geostationäre Satelliten. Einen Anbieter, der einen geostationären Kleinsatelliten aus eigener Produktion liefern könnte, gibt es nicht. Seit 2005 bereitet sich ein neuer Wettbewerber darauf vor, geostationäre Satelliten auf dem Weltmarkt anzubieten. Mit Unterstützung der DLR Raumfahrt-Agentur und der Europäischen Weltraumorganisation ESA wies die Bremer Firma OHB System AG nach, dass es einen wachsenden Bedarf an geostationären Klein-Satelliten gibt. Diese sind einfacher aufgebaut und deshalb weniger störanfällig. Sie binden weniger Kapital und verringern das Investitionsrisiko. Zugeschnitten auf eine bestimmte Aufgabe, können sie schneller konzipiert und gefertigt werden. Innerhalb kurzer Zeit lässt sich die Konfiguration an wechselnde Marktbedürfnisse anpassen.

### Die neue Satellitenlinie SmallGEO

Auf Initiative von OHB und DLR hat die ESA eine neue Programmlinie innerhalb ihres ARTES-Programms geschaffen, das die Mitgliedsstaaten Schweden, Schweiz, Dänemark, Finnland, Österreich und Luxemburg 2005 anlässlich des ESA-Rates auf Ministeriebene verabschiedeten. Das neue ARTES 11-Programm fördert die Entwicklung der kleinen Satellitenplattform SmallGEO einschließlich seiner In-Orbit-Verifikation. Denn nur der Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Weltraum wird Kunden überzeugen, ein innovatives Produkt für eine Mission zu buchen.

Im März 2007 unterzeichneten ESA und OHB als Hauptauftragnehmer den Vertrag zur Entwicklung und zum Bau von SmallGEO. OHB kooperiert dabei eng mit den Unternehmen Swedish Space Cooperation aus Schweden, der Oerlikon Space AG aus der Schweiz und LuxSpace aus Luxemburg. Nach dem Abschluss der Designphase Ende 2007 wird der Betreiber ausgewählt. Er stellt die Nutzlast bereit, sorgt für den Start und vermarktet die Datenübertragungsdienste. Als letzte Stufe vor dem Start wird OHB die Nutzlast bis 2011 in den ersten SmallGEO integrieren. Nach mehr als 25 Jahren übernimmt damit erstmals wieder ein deutsches Unternehmen die Systemführung bei einem geostationären Satelliten.

#### Nutzlast und Plattform bei Satelliten

Die **Nutzlast** hängt von der Mission ab. Bei einem Kommunikationssatelliten besteht sie aus Antennen und Verstärkern. Die **Plattform** versorgt die Nutzlast mit allem, was für den Betrieb erforderlich ist. Sie stellt die Flächen bereit, auf denen die Antennen montiert werden und positioniert sie im Raum. Sie liefert die elektrische Energie und leitet die Verlustwärme ab. Hochleistungs-Sonnenpaneele erzeugen eine elektrische Leistung von drei Kilowatt. Lithium-Ionenbatterien speichern die Energie während der Sonnenabschattungsphasen, die im Herbst und Frühjahr an mehreren Tagen bis zu 70 Minuten dauern.

#### Ionentriebwerke: kleiner, leichter, günstiger

Üblicherweise verwendet man chemische Antriebe für die Lageregelung eines Satelliten. SmallGEO setzt Ionentriebwerke ein. Sie sind kleiner und sparen Gewicht. Die Energie liefert die Sonne. Sie braucht nicht in Form chemischer Treibstoffe mitgebracht zu werden. Der Satellitenbus ist für eine Nutzlast um 300 Kilogramm ausgelegt. Die modulare Bauweise ermöglicht eine schnelle Fertigung. Zwischen Auftragsingang und Lieferung liegen bei Abschluss der Entwicklung weniger als 18 Monate. Sojus, Zenit, Proton und – im Fall eines Doppelstartes – Ariane kommen als Trägerraketen in Frage. Der Satellit wird wahlweise auch ohne Apogäumsmotor geliefert und kann dadurch noch flexibler an Launcher und Mission angepasst werden.

### Growing market for small geostationary satellites

Europe makes medium to large geostationary satellites: there are no suppliers offering a small geostationary satellite that they fabricate themselves. Since 2005, however, a new competitor has been preparing to offer geostationary satellites in the world market. Assisted by the DLR Space Agency and the European Space Agency ESA, OHB System AG of Bremen demonstrated there was growing demand for small geostationary satellites, which are easier to build and thus tend to break down less. They tie up less capital and reduce investment risks. Designed for specific tasks, they are quicker to design and build, and they also can be reconfigured to meet changing market requirements very quickly.

### The new SmallGEO satellite range

At OHB's and the DLR's initiative, ESA has created a new range as part of its ARTES programme, which Member States Sweden, Switzerland, Denmark, Finland, Austria and Luxembourg approved when the ESA Council met at Minister level in 2005. The new ARTES 11 programme is another stage in development of the SmallGEO small satellite programme, including its in-orbit verification. Clients will only book an innovative product for their missions if they saw it working in space before.

ESA and OHB as main contractor signed agreements to design and build SmallGEO in March 2007. OHB is working closely on this with the Swedish Space Cooperation of Sweden, Oerlikon Space AG of Switzerland and LuxSpace of Luxembourg. The decision on choice of operator will be made once the design phase is completed at the end of 2007. The operator will provide the payload, handle the launch and market the data transmission services. As the final stage before launch, OHB will integrate the payload in the first SmallGEOs by 2011. For the first time in more than 25 years, a German company will be system manager on a geostationary satellite.

#### Satellite payloads and platforms

The **payload** depends on the mission. With a communications satellite, it is made up of antennae and amplifiers. The **platform** supports the payload with everything it needs to operate. It provides the surfaces on which the antennae are mounted, and positions them in space. It supplies the electricity with high-powered solar energy panels generating three kilowatts and manages the heat losses. Lithium ion batteries store energy while in shade from the sun, which can last up to 70 minutes on some days in spring and fall.

#### Ion drives: Smaller, lighter, cheaper

Satellites are normally positioned using chemical drives; however SmallGEO employs ion thrusters. They're smaller and save weight. Taking their energy from the Sun, they don't need to bring their own in the shape of chemical fuels. The satellite bus is designed for payloads up to 300kg. Its modular assembly method facilitates rapid production. Once development is complete, time from receipt of order to delivery will be less than eighteen months. Soyuz, Zenit, Proton and – for double launches – Ariane carrier rockets will be available. In order to increase the flexibility to launchers and missions, the satellites can be supplied without apogee engines as well.

### Vielfältige Einsatzgebiete denkbar

SmallGEO ist als moderner geostationärer Kleinsatellit konzipiert. Typische Anwendungen betreffen Kommunikationsdienste wie Breitband-Internet oder TV-Ausstrahlung für kommerzielle Betreiber. Die kompakte Plattform macht SmallGEO auch interessant für militärische Aufgaben. Ein mögliches Einsatzszenario: Mehrere Satelliten teilen sich begrenzte Aufgaben und werden je nach Anforderung auf die gewünschte geostationäre Position gebracht. Bei großen Satelliten wäre das Verschieben kostspielig, denn es ist kaum zu erreichen, dass seine gesamte Leistungsbreite auf der neuen Position genutzt werden kann. Es gibt Überlegungen, SmallGEOs mit Laserterminals auszustatten und auf optischem Weg eine Datenübertragungsrate von mehreren Gigabit pro Sekunde zu erreichen.

SmallGEO könnte in Zukunft unseren Flugverkehr sicherer machen. Als Relay für den Flugfunk könnte er Datenverbindungen aufbauen, auch wenn sich beispielsweise ein Flugzeug über dem Ozean und die nächste Bodenstation in 10.000 Kilometern Entfernung befindet. Wenn Empfangsstationen auf der Erde ausfallen, könnte die Flugführung den Datenaustausch einfach über den Satelliten an eine andere Kontrollstation weiterleiten.

Neben Datenübertragung und typischen Data Relay Aufgaben kann SmallGEO auch besondere Erdbeobachtungsaufgaben durchführen. Auf einem GEO-Orbit ist der Satellit zwar weit entfernt von der Erde, dafür erfasst er nahezu die gesamte Halbkugel. Mit geringfügigen Veränderungen erschließen sich auch ganz andere Einsatzgebiete: SmallGEO könnte die geeignete Grundstruktur für einen Orbiter um einen anderen Himmelskörper bilden und eines Tages den Mond oder Mars umkreisen.

*Dr. Roland Pleger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung ESA Querschnittsaufgaben der DLR Raumfahrt-Agentur.*

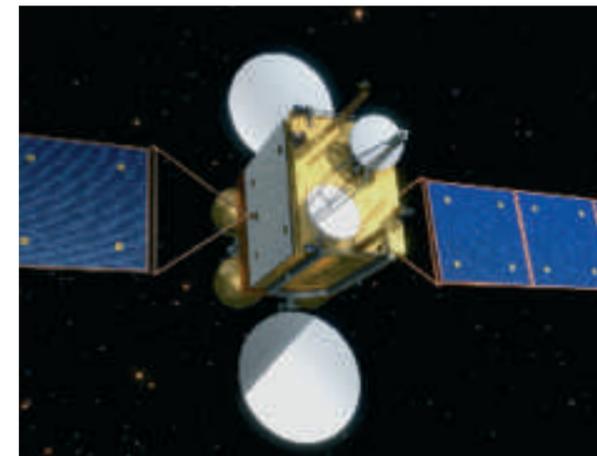
### Many applications conceivable

SmallGEO is designed to be the small geostationary satellite for today, with typical applications being communications services, such as broadband Internet or TV broadcasting for commercial operators. Its compact platform also makes SmallGEO of interest for military duty. One possible scenario here would be a number of satellites sharing limited tasks, put into a geostationary position in each case as desired. Large satellites are expensive to move once in orbit, because there is almost no way to ensure that their whole range of performance will be available once they have been repositioned. Some consideration is being given to the fitting of laser terminals to SmallGEOs and using optical paths to transmit data at several gigabits a second.

SmallGEO could make flying safer in the future make flying safer. As flight radio relays they could set up data links, even if an aircraft is crossing an ocean with the nearest ground station being 10,000 kilometers away. If one receiving station on Earth fails, pilots can simply reroute sending of data via a satellite to another controller.

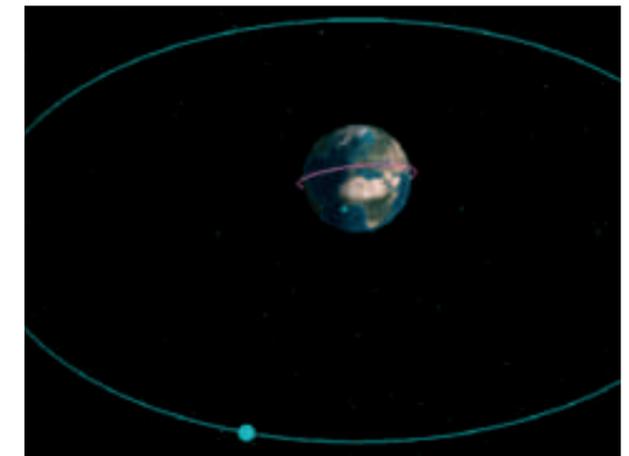
SmallGEO may handle certain Earth monitoring work. In a GEO orbit, the satellite may be far from Earth. But from there, it covers almost the whole hemisphere. After some slight changes, other applications are also possible. One day SmallGEOs may be orbiting Moon or Mars.

*Dr. Roland Pleger is a member of the scientific staff at the ESA department for cross-sectional tasks at the DLR Space Agency.*



**Einfacher Aufbau, geringe Störanfälligkeit: kompakter geostationärer Satellit (künstlerischer Darstellung)**

Simple construction, low dysfunction risk: a compact geostationary satellite (artist's view)



**Niedriger Erdorbit und geostationärer Orbit im Vergleich (OHB System AG)**

Low Earth orbit and geostationary orbit in comparison (OHB System AG)

## Geschichte der deutschen Raumfahrt

### Teil 3: Kriegsende, Demilitarisierung und Verbot der Raumfahrtforschung (1945-1955)

Von Dr. Niklas Reinke

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

#### Raketen als Kriegsbeute

In den Wirren der letzten Kriegsmonate ereilen die deutschen Raketeningenieure oft binnen Stundensfrist völlig widersprüchliche Befehle, so zur Verteidigung beziehungsweise Evakuierung Peenemündes am 31. Januar 1945. Die Evakuierung ist freilich schon seit längerem vorbereitet, wähen die Ingenieure Mitte Januar die Rote Armee doch – fälschlicherweise – bereits kurz vor Usedom. Bis Mitte März vollzieht sich der zerbombte Exodus über zerbrochene Straßen und Eisenbahnstrecken zunächst in den „Mittelraum“, später im April, als die ersten amerikanischen Panzer Thüringen erreichen, weiter in das „Ausweichquartier“ Oberammergau. Hier werden die fünfhundert wichtigsten Raketenexperten hinter Stacheldraht als Geiseln der SS gehalten.

Als ein Infanteriebataillon der 2. Weißrussischen Armee unter Major Anatolij Wawilow am 5. Mai 1945 Peenemünde erobert, findet es dort nur noch diejenigen Techniker vor, die freiwillig zurückgeblieben sind. Die wissenschaftliche Ausbeute bleibt gering, Forschungs- und Prüfstände werden auf Befehl des sowjetischen Kommandos vom Volkssturm gesprengt. Am 11. April befreit die 3. US-Panzerdivision das Mittelwerk, die Hauptproduktionsstätte der deutschen Raketen.



Impressionen vom dritten Internationalen Astronautischen Kongress in Stuttgart, 1952 (Süddeutsche Zeitung Bilderdienst)

Impressions from the 3rd International Astronautical Congress at Stuttgart, 1952 (Süddeutsche Zeitung Bilderdienst)

## German Astronautics – A History

### Part 3: End of the War, Demilitarization and the Ban on Aerospace Research (1945-1955)

By Dr. Niklas Reinke

Since the second half of the 20th century, astronautics has been associated with eminent technological achievements: Sputnik, humans on the Moon, interplanetary missions, the International Space Station. German engineers and scientists contributed considerably to all these successes. The development of astronautics will be described in this series of articles entitled “German Astronautics – A History”.

#### Rockets as the spoils of war

In the confusion of the last months of the war, German rocket scientists often received totally contradictory orders within just a few hours, such as to defend and then to evacuate Peenemünde on January 31, 1945. Admittedly, they had been planning the evacuation for some time: The scientists had believed – wrongly – that the Red Army was already just outside Usedom in mid-January. By the middle of March the laborious exodus was completed, via bomb-torn streets and railway lines, firstly into Thuringia in 'middle Germany' and then later in April, when the first American tanks arrived, into the 'escape area' at Oberammergau, Bavaria. Here the most important five hundred rocket experts were held hostage by the SS behind barbed wire.

When an infantry battalion of the Second White Russian Army, commanded by Major Anatoly Vavilov, took Peenemünde on May 5, 1945, the only engineers it found there were those who had volunteered to remain. The scientific yield was low, and research as well as test beds were blown up by the German territorial army on the orders of the Soviet commandos. On April 11, the third US Tank Division liberated the Mittelwerk, the main production plant for German rockets.



100 JAHRE  
Luft- und Raumfahrtforschung  
in Deutschland



Erste Versuche mit Postraketen, 1952 (Süddeutsche Zeitung Bilderdienst)

First postal rocket launch attempts, 1952 (Süddeutsche Zeitung Bilderdienst)

Der eigentlich entscheidende Befehl in dieser Zeit, in dem Hitler am 19. März 1945 unter dem zynisch-bürokratischen Titel „Zerstörungsmaßnahmen im Reichsgebiet“ die vollständige Vernichtung aller wichtigen militärischen, Verkehrs-, Nachrichten-, Industrie- und Versorgungsanlagen befiehlt, hätte auch das Raketenprogramm fundamental betroffen, doch Rüstungsminister Speer weigert sich, den Befehl auszuführen.

Den chaotischen Zuständen des im Niedergang befindlichen „Dritten Reichs“ verdanken es Wernher von Braun sowie seine Mitarbeiter Dieter Hurel und Bernhard Tessmann, dass sie die Dokumente des Raketenprogramms gegen Übergriffe der SS sichern können. Hurel und Tessmann verstecken das Peenemünder Archiv, 14 Tonnen Papier, in einem abgelegenen Bergwerk beim Dorf Dörnten im Harz, damit es ihnen nach Kriegsende als Pfand gegenüber den Alliierten dienen könne. Tatsächlich wird es von der amerikanischen „Special Mission V-2“ zusammen mit rund hundert deutschen Raketen auf abenteuerlichste Weise geborgen, noch bevor die britischen Truppen Straßensperren in ihrer Besatzungszone errichteten und die Rote Armee das Mittelwerk am 5. Juli 1945 besetzt. Von Braun, Dornberger und die meisten der fünfhundert in der bayerischen „Alpenfestung“ wartenden Wissenschaftler ergeben sich am 2. Mai einem amerikanischen Spähtrupp, andere sind bereits zuvor von den Franzosen aufgespürt worden.

Am Ende des Krieges herrscht also ein hektisches Wettrennen der Alliierten um die wissenschaftlichen Erkenntnisse des NS-Staates, wähen doch Größen wie Albert Einstein die Deutschen „auf vielen technischen Gebieten um zehn Jahre voraus“. Das Raketenprogramm erfährt dabei höchste Aufmerksamkeit, von Braun gilt in den USA schon bald als „wichtigster Gefangener des Zweiten Weltkriegs“.

Binnen anderthalb Jahren werden fast alle maßgeblichen Raketeningenieure als Kriegsgefangene aus Deutschland abgezogen, andere folgen später freiwillig. Die meisten von ihnen sind junge Männer Mitte Dreißig, die bestrebt sind, die Arbeiten fortzuführen, für die sie eine hervorragende Ausbildung besitzen und meist große Leidenschaft aufbringen. Das Nachkriegsdeutschland bietet hierfür jedoch keine Möglichkeit: Alle Entwicklungs- und Produktionsstätten sind zerstört oder demontiert, die notwendige industrielle Basis ist weggefallen und allein schon die Beschäftigung auf dem Gebiet des Raketenbaus, wie alle militärisch nutzbaren Wirtschafts- und Forschungsbereiche, durch die alliierte Hoheitskontrolle untersagt.

#### Mühsamer Neuanfang in Deutschland

Lediglich in privaten Zirkeln demonstrieren Raketenenthusiasten, hauptsächlich in West-Deutschland verbliebene ehemalige Mitarbeiter des Peenemünde-Projektes, ihr fortwährendes Engagement. Ihre Erfolge sind zwar wenig spektakulär, doch gewährleisten sie eine gewisse Kontinuität der Strahltriebwerksforschung in Deutschland

In fact the critical order was given on March 19, 1945, when Hitler ordered the total destruction of all important military, transport, communications, industry and supply facilities under the rather cynical bureaucratic title “Destruction measures in Reich’s territory”. In theory, this applied to the rocket program as well, however Armaments Minister Speer refused to follow it.

Thanks to the chaotic downfall of the Third Reich, Wernher von Braun and his colleagues Dieter Hurel and Bernhard Tessmann were able to save the rocket programme documentation from destruction by the SS. Hurel and Tessmann hid the Peenemünde archives, comprising 14 tons of paper, in a disused mine near the village of Dörnten in the Harz Mountains, as personal security vis-à-vis the Allies once the war ended. In fact, they were rather adventurously secured by the American “Special Mission V-2”, along with around one hundred German rockets, even before British troops set up road blocks in their occupation zone and the Red Army had occupied the Mittelwerk on July 5, 1945. On May 2, von Braun, Dornberger and most of the five hundred scientists waiting in the Bavarian ‘Alpine fortress’ surrendered to an American reconnaissance patrol; others had already been tracked down by the French.

### Von Braun gilt in den USA schon bald als "wichtigster Gefangener des Zweiten Weltkriegs"

Von Braun was soon known in the United States as "the most important prisoner of the Second World War"

At the end of the war the Allies were engaged in a frantic race for the scientific knowledge of the Nazi state. Eminent scientists like Albert Einstein believed the Germans were “ten years ahead in many areas of technology”. There was accordingly intense interest in the German rocket program, and von Braun was soon known in the United States as “the most important prisoner of the Second World War.”

In just eighteen months, almost all the important rocket scientists had been moved from Germany as war booty. Others followed later of their own accord. Most were young men in their thirties, intent on pursuing work for which they were highly trained and in which most of them were passionately interested. Such work was impossible in post-war Germany, where all research and production facilities had been destroyed or dismantled, the necessary industrial base was lacking, and rocket research and development, like all economic and research activity with potential military applications, was banned by the Allied authorities.

#### Germany’s tough restart

Rocket enthusiasts, mostly former members of the Peenemünde team who had remained in West Germany, were able to pursue their interest only in private circles. Their achievements, though unspectacular, did provide some continuity in German jet propulsion research and contributed to the emerging international exchange of scientific knowledge in the field. In the process, their efforts constantly strained the tolerance of the occupying powers to the limits.

und fördern den beginnenden internationalen wissenschaftlichen Austausch in diesem Bereich. Dabei fordern sie mit ihren Bestrebungen durchaus die Toleranz der Besatzungsmächte heraus.

Bereits 1947 diskutierte eine Gruppe an der Technischen Hochschule Stuttgart den Stand der Raketenentwicklung in den USA. Treibende Kraft ist der Maschinenbaustudent Heinz-Hermann Koelle, der in den 1960er Jahren nach einem längeren Aufenthalt am „Redstone Arsenal“ der US-Armee, der neuen Wirkungsstätte von Brauns, einer der Vordenker der bundesdeutschen Raumfahrtforschung werden wird. Da sich der Kreis bald eines wachsenden Interesses erfreute, rufen die Raketenenthusiasten Ende des Jahres in einer Stuttgarter Gaststätte die „Arbeitsgemeinschaft Weltraumfahrt“ ins Leben. Hierfür holten sie die Genehmigungen der Militärregierung und des Kultusministeriums ein und gründen am 5. August 1948 aus der Arbeitsgemeinschaft heraus die „Gesellschaft für Weltraumforschung“ (GfW) neu. Diese bestand bereits zwischen 1935 und 1945 in Berlin. Die GfW wird schnell zum Auffangbecken der in Deutschland verbliebenen Raketenfachleute.

Zunächst eine kleine Regionalgesellschaft, eröffnet sie bald eine Geschäftsstelle in Stuttgart und publiziert die Fachzeitschriften „Weltraumfahrt“ und „Raketentechnik und Raumfahrtforschung“ sowie Fachbücher und Forschungsberichte. Dabei geht es der GfW vornehmlich um die Rehabilitation der deutschen Raketenforschung, deren friedliche Anwendung sie proklamiert. 1949 leitet sie mit einer Resolution bei den astronautischen Gesellschaften des Auslands die Gründung der „Internationalen Astronautischen Föderation“ (IAF) ein und beteiligt bei der Einrichtung des seit 1950 jährlich tagenden „International Astronautical Congress“. 1952 kann sie diesen nach Stuttgart holen und verschafft sich durch ihre Einbindung in die internationale Raumfahrt-Interessengemeinschaft beträchtliches Ansehen. Ehrenpräsident der GfW ist seit 1948 Hermann Oberth, prominente Mitglieder sind unter anderem Eugen Sänger, der Pionier für Raketenflugzeuge und Präsident der IAF, dessen Schüler Dietrich E. Koelle, der spätere Projektleiter für die 3. Stufe der ELDO-Trägerrakete, sein Bruder, der bereits genannte Heinz-Hermann Koelle, und Ludwig Bölkow, einer der Pioniere der deutschen Luftfahrtindustrie.

Mit einem ähnlichen Motiv, nämlich die Raketentechnik, ihre angrenzenden Fachgebiete sowie „die friedliche Erforschung und Erschließung des Weltraumes“ zu fördern, rufen elf Bremer Ingenieure am 21. September 1952 die „Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik“ (AFRA, dann DAFRA, später Deutsche Raketen-Gesellschaft e.V.) ins Leben. Im Gegensatz zur GfW bleibt sie ein enger Kreis von Raketenbastlern, der kaum Förderung erfährt und sich auf Versuche im kleinen Rahmen beschränkt. Sie wird 1956 Mitglied der IAF.

Währenddessen erfreuen sich die abgezogenen deutschen Raketenfachleute im Ausland eines regen Interesses, einer vorzüglichen Behandlung und später eines meist guten Arbeitsvertrags. Inte-

As early as 1947 an enthusiastic group of students at the Stuttgart Technical Academy were discussing the state of rocket development in the United States. The driving force was Heinz-Hermann Koelle, a mechanical engineering student who later spent a considerable time with von Braun's team at Redstone Arsenal and in the 1960s went on to become one of the pioneers of space transport research in the Federal Republic. The Stuttgart discussions aroused growing interest, and a student organization called the Arbeitsgemeinschaft Weltraumfahrt (Astronautical Cooperative Association) was founded in a local inn at the end of 1947. After permission had been obtained from the military government and the Ministry of Education, the organisation reformed as the Gesellschaft für Weltraumforschung (GfW, Space Research Association), taking over the name of an organization that had been active in Berlin from 1935 to 1945. The GfW soon attracted the rocket scientists who had remained in Germany.

Beginning as a small regional society, it soon opened business premises in Stuttgart, publishing two technical journals, Weltraumfahrt (Astronautics) and Raketentechnik und Raumfahrtforschung (Rocket Technology and Astronautical Research), as well as specialized books and research reports. The GfW's main aim was to rehabilitate German rocket research, which it proclaimed was to be conducted exclusively for peaceful purposes. To this end it first attempted, though not consistently, to avoid using the taboo term 'rocket'. In 1949 the GfW put a resolution to foreign astronautical associations that led to the founding of the International Astronautical Federation (IAF). It also helped organize the International Astronautical Congress that met annually from 1950 onwards. In 1952 the Congress was held in Stuttgart, testifying to the considerable esteem which the GfW had won through its involvement in the international astronautical community. From 1948 the GfW's honorary chairman was Hermann Oberth. Prominent members included rocket-plane pioneer Eugen Sänger, who was president of the IAF; Dietrich Koelle, a student of Sänger's who later became project leader for the third stage of the ELDO launcher; Koelle's brother Heinz-Hermann, whom we have already mentioned; and Ludwig Bölkow, one of the pioneers of the German Aviation Industry.

On September 21, 1952 a group of eleven engineers in Bremen formed the Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik (AFRA, Rocket Technology Cooperative Association), later DAFRA, and subsequently the Deutsche Raketen Gesellschaft e.V. (German Rocketry Association). Its aims were similar to those of the GfW, namely to promote rocket technology and its associated disciplines and the 'peaceful investigation and exploration of space', but unlike the GfW it remained a small circle of rocket constructors that received little outside support and confined itself to tests on a limited scale. It became a member of the IAF in 1956.

Meanwhile, the German rocket experts taken abroad benefited from considerable interest, preferential treatment and later, for the most part, good employment contracts. Integrated into national research



Zweite Karriere: Expatriot Wernher von Braun auf dem Titel des Time Magazins (Redstone Archiv)

A second career: Expat Wernher von Braun on the Time magazine cover (Redstone Archive)



Raumfahrt-Pioniere im Nachkriegsdeutschland: Eugen Sänger (links), und Werner Koelle (NASA) (Süddeutsche Zeitung Bilderdienst)

Aerospace pioneers in post-war Germany: Eugen Sänger (on the left) and Werner Koelle (NASA) (Süddeutsche Zeitung Bilderdienst)

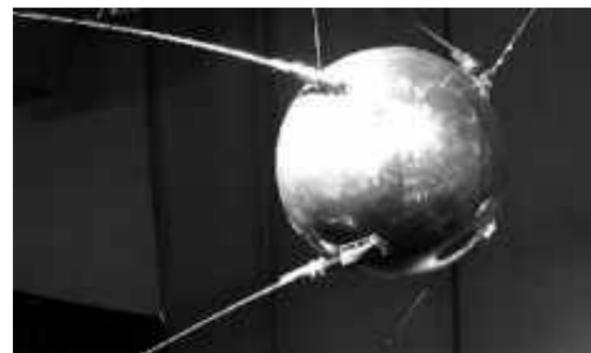
griert in die gegenüber der deutschen Forschung deutlich zurückliegende US-Forschung, führen sie zunächst die Erkenntnisse Peenemündes weiter und entwickelten sie später fort.

#### Deutsche Raketeningenieure im Ausland

Mit ungefähr dreißig führenden Wissenschaftlern kommt der Triebwerksfachmann Walter Riedel nach Großbritannien, wo es vor 1945 so gut wie keine Experimente mit Flüssigkeitsraketen gegeben hat. Den Briten fehlen aber die finanziellen Möglichkeiten, ein groß angelegtes Raketenprogramm zu initiieren, so dass sich die Arbeit der Peenemünder hier nicht voll entfalten kann. Ihnen wird jedoch die Mitarbeit bei der militärischen Rakete BLUE STREAK zugeschrieben, die in den 1960er Jahren als erste Stufe des europäischen Trägerprogramms dienen wird, sowie bei der leistungsstärkeren BLACK ARROW, die am 28. Oktober 1971 den ersten britischen Satelliten PROSPERO in eine polare Umlaufbahn bringt.

Im Gegensatz zu den Briten verfügen die Franzosen bereits über Erfahrungen auf dem Gebiet des Strahlantriebs. Gemeinsam mit etwa siebzig Peenemündern, hauptsächlich Triebwerksexperten, entwickeln sie nach dem Krieg im neu geschaffenen „Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques“ (LRBA) in Vernon die kleine Flüssigkeitsrakete VERONIQUE. Sie wird später sehr erfolgreich als Höhenforschungsrakete, ab 1954 auch für deutsche Versuchsreihen, eingesetzt. Die meisten Deutschen verlassen Frankreich nach 1956 wieder, einige jedoch bleiben. Sie sind später an der Triebwerkskonstruktion der Trägerraketen DIAMANT, deren erste Stufe von der A4 stammt, und ARIANE beteiligt. Nach dem Zweiten Weltkrieg arbeiten unter Eugen Sänger weitere etwa 50 Fachkräfte für das französische Luftfahrtministerium an Raketen- und Düsenflugzeugen.

Die meisten deutschen Techniker werden in die Sowjetunion überführt, wo es Beginn des 20. Jahrhunderts mit Konstantin E. Ziolkowski bereits eine lange Tradition der theoretischen und praktischen Raketenforschung gibt. Zwar können die Amerikaner die bedeutendsten Fachleute auf ihre Seite ziehen, doch die fast intakte Produktionsstätte verbleibt in Nordhausen in der sowjetischen Besatzungszone. Das alte Mittelwerk wird schnell wieder in Betrieb gesetzt, und bereits Ende 1945 testen die Sowjets die ersten A4. In der Nacht vom 21. auf den 22. Oktober 1946 lässt die Rote Armee mindestens 3.500 deutsche Fachkräfte und ihre Angehörigen, auf 92 Züge verteilt, in die UdSSR deportieren, das Werk



teams that lagged well behind German war-time research, they transmitted and further developed the knowledge acquired at Peenemünde.

#### German rocket engineers abroad

Together with thirty or so leading scientists, propulsion expert Walter Riedel arrived in Britain, where there had been practically no experiments with liquid-propellant rockets before 1945. Since the British lacked the financial resources for a large-scale rocket program, the scientists from Peenemünde were unable to develop their work to the full. They are nevertheless credited with work on BLUE STREAK, the military rocket that was to serve as the first stage of the European launcher program in the 1960s, and on BLACK ARROW, a more powerful rocket that placed the first British satellite, PROSPERO, in polar orbit on October 28, 1971.

Unlike the British, the French already had some experience in the field of jet propulsion. After the war, in conjunction with seventy former members of the Peenemünde team, mostly jet propulsion experts, they developed a small liquid-propellant rocket, VERONIQUE, at their new ballistics and aerodynamics research facility, the Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques (LRBA) in Vernon. From 1954, VERONIQUE was also used very successfully in a series of German tests. While most of the German experts left France after 1956, the remaining few were involved in the construction of the propulsion unit for the DIAMANT launcher, whose first stage was derived from the A4, and of ARIANE. Another 50 or so experts headed by the German propulsion specialist Sänger worked for the French aviation ministry on the development of rocket- and jet-propelled aircraft.

Most of the Peenemünde technicians were transferred to the Soviet Union, which had a long tradition of rocket research dating back to Tsiolkovsky's time. While the Americans were able to draw the most important specialists to their side, the production plant at Nordhausen, which was almost intact, remained in the Soviet occupation zone. The old Mittelwerk plant was soon put back into operation, and by the end of 1945 the Soviets had already tested their first A4. In the night of October 21 to 22, 1946 the Red Army deported at least 3,500 German specialists and their relatives to the USSR in 92 trains. The plant itself had been dismantled by the spring of 1948, and most of it was later blown up.

Auch von Deutschland wurde der Flug von Sputnik-1 aufmerksam beobachtet

The Sputnik-1 mission was as well observed from Germany with great attention

selbst wird bis zum Frühjahr 1948 demontiert und die Überreste später größtenteils gesprengt.

Da die Sowjets, anders als die westlichen Alliierten, die Techniker und Ingenieure auch nach Kriegsende noch als Gefangene ansehen, werden sie nicht in neue Raketenprojekte integriert. Vielmehr versuchen die sowjetischen Experten, lediglich deren Wissen abzuschöpfen, bevor man sie zurück nach Ost-Deutschland schickt. Eine Ausnahme bildet der Steuerungsspezialist Helmut Gröttrup, der mit einem Team von 200 Peenemündern in Kasachstan – auf dem Gelände des späteren „Kosmodrom Baikonur“ – die A4 testet und zwischen 1948 und 1950 die nie verwirklichte Mittelstreckenrakete R-14 entwirft. Deren Komponenten werden später jedoch ebenso wie die Grundideen der Blaupausen für die deutsche Interkontinentalrakete A9/10 in die erste sowjetische Interkontinentalrakete SS-6 übernommen, welche 1957 die ersten Satelliten in den Erdorbit bringen. An der Entwicklung des Sputnik haben Deutsche jedoch keinen Anteil mehr – nach 1955 hat wohl jeder von ihnen die Sowjetunion wieder verlassen.

Die größte Bedeutung behalten die 130 Ingenieure um von Braun und Dornberger, die Ende 1945 unter strengster Geheimhaltung in die USA gebracht werden (Operation „Overcast“). Zwar besitzen die Amerikaner seit Goddard eine dreißigjährige Tradition in der Raketenforschung, doch existiert 1946 noch kein amerikanisches Raumfahrtprogramm. So dominieren die Deutschen bald allein aufgrund ihrer Gruppenstärke die amerikanische Entwicklung.

Zunächst werden in New Mexico Versuche mit den überführten A4 unternommen, die am 17. Dezember 1946 mit rund 190 Kilometern die gleiche Höhe erreichen wie 1944 in Deutschland. Später, am 24. Februar 1949, erlangt eine auf der A4 basierende, zweistufige Höhenforschungsrakete die bis dahin größte Höhe von 402 Kilometern. Auch setzen die Ingenieure hier die in Peenemünde abgebrochenen Entwicklungsarbeiten an der Flugabwehrrakete fort.

Schnell stellen sich die Deutschen und der mit ihnen verbundene Technologietransfer in die USA als ausgesprochen wertvoll für das amerikanische Raketenprogramm heraus, so dass man ihnen und weiteren Fachkräften aus Deutschland zwischen 1946 und 1957 reguläre Arbeitsverträge der amerikanischen Streitkräfte anbietet (Unternehmen „Paperclip“). Die amerikanische Regierung schafft den Mythos, dass all jene Wissenschaftler im „Dritten Reich“ lediglich unpolitische Raumflugbegeisterte aus den Raketenforschungsgruppen der Weimarer Republik gewesen seien, die von dem diktatorischen Regime gezwungen worden waren, den Umweg über die militärische Entwicklungsarbeit zu gehen, um ihre weiterreichenden Träume zu verwirklichen. Hiermit umgehen die amerikanischen Behörden das Einreiseverbot für Nationalsozialisten und Kriegsverbrecher, da man auf die technischen Expertisen der Deutschen nicht verzichten will. 1955 arbeiten insgesamt etwa 765 deutsche Wissenschaftler und Ingenieure an geheimen amerikanischen Raketenprogrammen.

Im „Redstone Arsenal Huntsville“ (Alabama), dem wiedererstandenen Peenemünde, entwickelt von Braun mit seinen Mitarbeitern aus der A4 nun die REDSTONE, die im Korea-Krieg zum Einsatz kommt und Alan Shepard am 5. Mai 1961 als ersten Amerikaner auf einer ballistischen Bahn in den Weltraum bringt. Auf ihrer Grundlage baut von Brauns Team später die JUPITER-Mittelstreckenrakete und die Mondrakete SATURN V. Schon 1954 schlägt von Braun vor, mit der JUPITER den ersten Satelliten in eine Erdumlaufbahn zu schießen und erkennt weitsichtig: „Es wäre ein Tiefschlag für das amerikanische Prestige, wenn wir es nicht als erstes tun.“ Doch scheint der amerikanischen Regierung, die der Illusion der technologischen Rückständigkeit der Sowjetunion nachhängt, ein militärischer Träger für ein solch symbolträchtiges Unterfangen nicht angemessen. Die Sowjets haben diesbezüglich keine Skrupel und stechen die USA am 4. Oktober 1957 mit SPUTNIK 1, in den Orbit getragen von einer umgerüsteten militärischen R-7, auf der ersten Etappe des System-Wettlaufs im All aus.

Unlike their Western allies, the Soviets considered the technicians and engineers as prisoners even after the end of the war, so they were not integrated into new rocket programs. Rather, the Soviet experts, who had already made considerable progress in the field, tried simply to extract their knowledge from them before they were sent back to East Germany. Helmut Gröttrup, a guidance specialist, was an exception. With a team of 200 Peenemünde technicians, he tested the A4 in Kazakhstan, at a site that was later to become the Baikonur cosmodrome, and from 1948 to 1950 designed a medium-range rocket, the R14. Although the R14 itself was never built, its components were incorporated – along with the basic ideas contained in the blueprints for the German A9/10 intercontinental rocket, which the Soviets had found – in the first Soviet intercontinental rocket, the SS6, which was used to put the first artificial satellites into orbit. Germans, however, no longer played any part in this development, and the last of them had probably left the Soviet Union by 1955.

The group of 130 engineers led by von Braun and Dornberger, who were taken to the United States at the end of 1945 in a top secret operation codenamed OVERCAST, continued to be of the utmost importance. Although the United States had a thirty-year-old tradition of rocket research that had begun with Goddard, in 1946 no American space program existed. So the Germans soon dominated American research and development in the field, if only because of their number.

At first, further tests were carried out in New Mexico using the A4s brought to America. On December 17, 1946 an altitude of approximately 190 km was reached, the maximum altitude achieved in Germany in 1944. Later, on February 24, 1949, a two-stage high-altitude sounding rocket based on the A4 attained the record altitude of 402 km. Work was also resumed on the development of an anti-aircraft rocket that had been conducted at Peenemünde.

The German scientists, and the transfer of technology involved in their removal to the United States, soon proved extremely valuable for the American rocket program. From 1946 to 1957, they and other experts from Germany were accordingly offered normal contracts of employment with the American armed forces (Operation PAPERCLIP). The myth was created that in the Third Reich all the scientists and engineers in question had been apolitical space enthusiasts from rocket research groups of the Weimar Republic who had deviated from the true path only because they had been forced to work on military development by the Nazi regime and wanted to maintain the capability to realize their dreams of space transport in the future. In this way the American authorities, belie-



ving they could not do without the Germans' technical expertise, managed to circumvent the ban still in force on the entry of National Socialists and war criminals to the United States. As many as 765 German scientists and engineers are said to have been working on secret American rocket research programs in 1955.

Peenemünde rose from the ashes at Redstone Arsenal in Huntsville, Alabama. It was there that von Braun's team developed the REDSTONE, a rocket based on the A4, that was used in the Korean War and eventually launched the first American, Alan Shepard, into space on a ballistic trajectory on May 5, 1961. On that basis the team later developed JUPITER, a medium-range rocket, and SATURN, a rocket designed to reach the Moon. As early as 1954 von Braun proposed using JUPITER to place the first satellite in orbit around the Earth. 'It would be a blow to US prestige,' he warned with considerable foresight, 'if we did not do it first'. But the US government, which clung to the illusion of a Soviet technology lag, apparently did not think a military launcher suitable for such a symbolic undertaking. The Soviets had no such qualms. On October 4, 1957 they stung the United States with the launch of SPUTNIK 1, which was placed in orbit by a converted military rocket, the R7. America had been beaten in the first stage of the space race.

#### Spaceflight – a weapon in the Cold War Era

It is an irony of history that the huge investment in the Peenemünde Army Research Establishment proved almost worthless for the Reich but of considerable value to the victorious powers. Their interest in it was twofold. While they sought to acquire practical experience and mastery of German technology with a view to deriving military applications from further development of the A4, they were also increasingly aware that the rocket, as a launcher, provided the ideal means of studying the little-researched upper atmosphere and near-Earth space. Thus, rather than success on the battlefield, the actual effect of the German rocket program on the Allies was to instigate a specific form of rivalry between them – initially for war booty and later for supremacy.

The demolition of the test stands in Peenemünde did not signal the end of rocket development, and certainly not the end of interest in space activities. Rocket research, which had reached such an advanced state of maturity in Germany, rose like a phoenix from the ashes, although its new lease on life was at first scarcely apparent in Germany itself. Soon after the civilizational catastrophe of World War II, engineers throughout the world began to build new rockets that would storm the heavens and conquer space. Civil and military space activities rapidly developed into one of the most characteristic weapons of the Cold War that dominated the ensuing period of forty years. The enemy was to be relegated to second place, i.e. the back seat, in terms of technological potential, which was seen as synonymous with the success of the whole socio-political system.

The national space programs of the United States and the Soviet Union could rely on the outstanding expertise of their scientists and engineers, an undoubted national interest, and generous funding by the civil and military authorities. For the Europeans, however, and especially for the Germans, the way ahead was much more difficult, not least psychologically. Peenemünde weighed heavily on their minds. As the symbol of one of Germany's many historic responsibilities, it subliminally conditioned all the thinking of politicians, scientists and industrialists about new national space ventures and German involvement in high technology in general.

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

#### Raumfahrt als Mittel des Kalten Krieges

Es ist eine Ironie der Geschichte, dass die zwischen 1936 und 1945 in Peenemünde getätigten Investitionen für Deutschland fast nutzlos waren, nach dem Krieg für die Siegermächte aber einen erheblichen Wert besitzen. Das gilt in zweifacher Hinsicht: Zum einen wollen die ehemaligen Alliierten die deutsche Technologie in der Praxis kennen und beherrschen lernen, da auch sie sich militärischen Nutzen von einer weiterentwickelten A4 erhoffen. Zum anderen verbreitet sich die Erkenntnis, dass die Rakete das ideale Mittel sei, die wenig erforschte Hochatmosphäre und den nahen Weltraum zu studieren. Die eigentliche Auswirkung des deutschen Raketenprogramms auf die Alliierten ist daher nicht militärischer Erfolg, sondern Initiierung von Rivalität unter diesen – zunächst um die Kriegsbeute, später um Vormachtstellungen.

Mit der Sprengung der Prüfstände in Peenemünde geht also nicht das Ende der Raketenentwicklung und schon gar nicht das des Raumfahrtgedankens einher. Wie der Phönix aus der Asche erfährt auch die in Deutschland so stark gereifte Raketenforschung ein Leben nach dem Tod, zunächst allerdings kaum in Deutschland selbst. Weltweit jedoch konstruieren schon bald nach der zivilisatorischen Katastrophe des Zweiten Weltkriegs Ingenieure neue himmelstürmende Geschosse, die aufbrechen, das All zu erobern. Während des Kalten Krieges, der die kommenden vier Jahrzehnte beherrscht, formt sich die zivile und militärische Raumfahrt sehr schnell zu einem der eigentümlichsten Mittel der neuen Kriegsführung heraus. Der Gegner soll auf den zweiten Platz der technologischen, und damit auch gesellschaftlichen Systemfähigkeit verwiesen werden.

Während die nationalen Weltraumprogramme der USA und UdSSR von hervorragenden Kompetenzen ihrer Wissenschaftler und Ingenieure profitierten, einem unzweifelhaften nationalen Interesse sowie hohen finanziellen Zuwendungen, auch von Seiten des Militärs, so ist es für die Europäer, und ganz besonders die Deutschen, ein ungleich mühsamerer Weg, der nun folgt – auch psychologisch. Peenemünde wiegt schwer und wird zu einem Sinnbild der historischen Verantwortungen Deutschlands. Bei allen Überlegungen bezüglich neuer nationaler Raumfahrtunternehmungen und der Beschäftigung mit Hochtechnologien im allgemeinen von Seiten der Politik, Wissenschaft und Industrie in den folgenden Jahrzehnten bleibt es gegenwärtig bleiben wird.

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

Deutsche Raketenbauer in den USA: Operation Paperclip (NASA)

German rocket builders in the US: Operation Paperclip (NASA)



## Offene Türen für die Raumfahrt

Von Dr. Niklas Reinke

Im August und September hat das DLR den Wissenschafts- und Hightech-Standort Deutschland auf drei Großveranstaltungen präsentiert. Am 25. und 26. August lockten die beiden Tage der Offenen Tür der Bundesregierung in Berlin über 175.000 Besucher in die Ministerien und das Bundeskanzleramt. Der Tag der Luft- und Raumfahrt, den das DLR am 16. September gemeinsam mit der ESA, der Luftwaffe und dem Köln/Bonn Airport veranstaltete, begeisterte weitere 80.000 Gäste. Schließlich stellte das DLR während des International Astronautical Congress (IAC) in Hyderabad, Indien vom 24. bis 28. September „Raumfahrt made in Germany“ einem internationalen Publikum vor – politischen und industriellen Entscheidungsträgern genauso wie Studenten und Schülern aus der ganzen Welt.

## Open Doors for Spaceflight

By Dr. Niklas Reinke

In August and September, DLR presented Germany as a science and high-tech nation at three major events. On August 25 to 26, the Federal Government's two-day Open Door event in Berlin drew more than 175,000 visitors to the Ministries and the Federal Chancellor's Office. In addition, the "Aerospace Day", hosted by DLR on September 16, jointly organized with ESA (European Space Organization), the Luftwaffe (German Air Force) and the Köln Bonn Airport, attracted another 80,000 visitors. And finally, at the International Astronautical Congress (IAC) in Hyderabad, India, held September 24 to 28, DLR presented "spaceflight made in Germany" to an international audience – decision-makers in politics and industry, students and pupils from all over the world.

Unter dem Motto „Einladung zum Staatsbesuch“ hatte die Bundesregierung Jung und Alt in die deutsche Hauptstadt gerufen, um hinter die Kulissen des Bundeskanzleramtes, des Bundespresseamtes und der Bundesministerien zu blicken. Absoluter Publikumsmagnet war der Amtssitz von Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel mit 38.000 Besuchern. Im Garten des Kanzleramtes, direkt am Ufer der Spree gelegen, präsentierte das DLR gemeinsam mit der ESA und mehreren Universitäten technologisches Know-how aus Deutschland und Europa. Auf der Bühne berichteten DLR- und ESA-Verantwortliche gemeinsam über Innovationen und Herausforderungen der Raumfahrt. Gerade Jugendliche und Studenten zeigten großes Interesse an beruflichen Chancen in diesem Bereich. Dr. Merkel bekräftigte bei ihrem Besuch am DLR-Stand, wie wichtig es sei, der jungen Generation Lust und Interesse an Natur- und Ingenieurwissenschaften zu vermitteln. Für die Zukunft des Technologiestandortes Deutschland sei dies unverzichtbar. Einen Blick zurück auf ihr

Under the slogan of "State Visit", the Federal Government invited young and old to the German capital to look behind the scenes at the Federal Chancellor's Office, the Federal Press Agency and Federal Ministries. The main attraction was the office of Federal Chancellor Dr. Angela Merkel, which drew 38,000 visitors. In the Chancellor's Office garden, right on the bank of the River Spree, DLR, ESA and a number of universities presented technological know-how from Germany and Europe, with speakers from DLR and ESA executives speaking about the innovations and challenges of spaceflight. Students and young people showed themselves notably interested in career opportunities in this field. While visiting the DLR's stand, Dr. Merkel confirmed the importance of getting the younger generation passionate about sciences and engineering. This, Merkel said, was essential to Germany's future as a high-tech nation. Offering an aerial photo of the Berlin-Adlershof Science Center where Merkel worked as a research physician until 1990



Bundeskanzlerin Merkel mit Luftbild ihrer früheren Wirkungsstätte in Adlershof

Federal Chancellor Merkel with an aerial photograph of her former work domain at Berlin-Adlershof

eigenes wissenschaftliches Wirken schenkte das DLR der Bundeskanzlerin mit einem Luftbild des Wissenschaftszentrums Berlin-Adlershof: In unmittelbarer Umgebung des heutigen DLR-Standorts hatte sie bis 1990 als Physikerin geforscht.

Den „Staatsgästen“ bot das DLR zudem eine Reise zum Mars. Im für die Raumfahrt verantwortlichen Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) sahen einige Tausend Besucher das „Neue Bild vom Nachbarn Mars“. Mit einer 3-D-Brille bekamen die Gäste einen plastischen Eindruck, wie es auf dem Roten Planeten aussieht. Auch der Parlamentarische Staatssekretär im BMWi und Koordinator der Bundesregierung für Luft- und Raumfahrt, Peter Hintze, zeigte sich von den Marsbildern der DLR-Kamera HRSC fasziniert. Ausgiebig informierte er sich bei seinem Rundgang durch die Ausstellung über die deutschen Wettbewerbsvorteile in der Planetenforschung. Auch zu irdischen Themen präsentierte das DLR seine Arbeiten: So konnten sich die Besucher des Bundeswirtschaftsministeriums über den neuen Erdbeobachtungssatelliten TerraSAR-X sowie die Lärmschutzforschung informieren. Begeistert schrieb ein Besucher der Bundesregierung ins Weblog: "Ich war sehr beeindruckt von den neuen Technologien, die hier präsentiert wurden. Es war ein angenehmes, freundliches Klima und alle waren sehr interessiert uns ihr Fach näher zu bringen, vor allem den Kindern".

Offene Türen für alle Raumfahrt-Enthusiasten gab es auch anlässlich des im Zweijahres-Rhythmus veranstalteten „Tag der Luft- und Raumfahrt“ in Köln. Auch hier strömten die Schaulustigen in Scharen heran und füllten das Gelände der DLR-Zentrale in Köln-

and which is located next to the DLR's present Berlin premises, the German Aerospace Center provided the Federal Chancellor with a look back over what she had done for science.

DLR also took the 'guests of the State' on a trip to Mars. At the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), which is responsible for astronautics, several thousand visitors saw the exhibition "A New Perspective on Mars". Equipped with 3D glasses, visitors obtained an in-depth view of the Red Planet. The Parliamentary Secretary of State at the BMWi and Federal Government's Coordinator of Aerospace, Peter Hintze, was fascinated by the photographs of Mars from DLR's HRSC camera. He showed himself interested in Germany's competitive advantages in planetary research as he toured the exhibition. DLR also presented its work on earthly topics: Visitors to the Federal Ministry could also learn about the new TerraSAR-X Earth observation satellite as well as research on noise protection. Enthusiastically a visitor posted to the Federal Government's weblog: "I was very impressed by the new technologies which were presented here. The atmosphere was pleasant and friendly, and everyone was very interested in telling especially the children more about their fields of activity."

There were more open doors for spaceflight enthusiasts at the Aerospace Day held in Cologne every other year. Once again, a huge number of curious onlookers came, crowded DLR's headquarters at Cologne-Porz. During that late summer day, more than 80,000 visitors saw a variety of presentations on research topics and a colorful supporting program. Visitors could see DLR's research aircraft and helicopters, the Luftwaffe's MedEvac medical supply



Auch der Nachwuchs ist begeistert: Impression vom Tag der Luft- und Raumfahrt in Köln-Porz

Even the offspring is thrilled: Impression from the German Aerospace Day in Cologne"

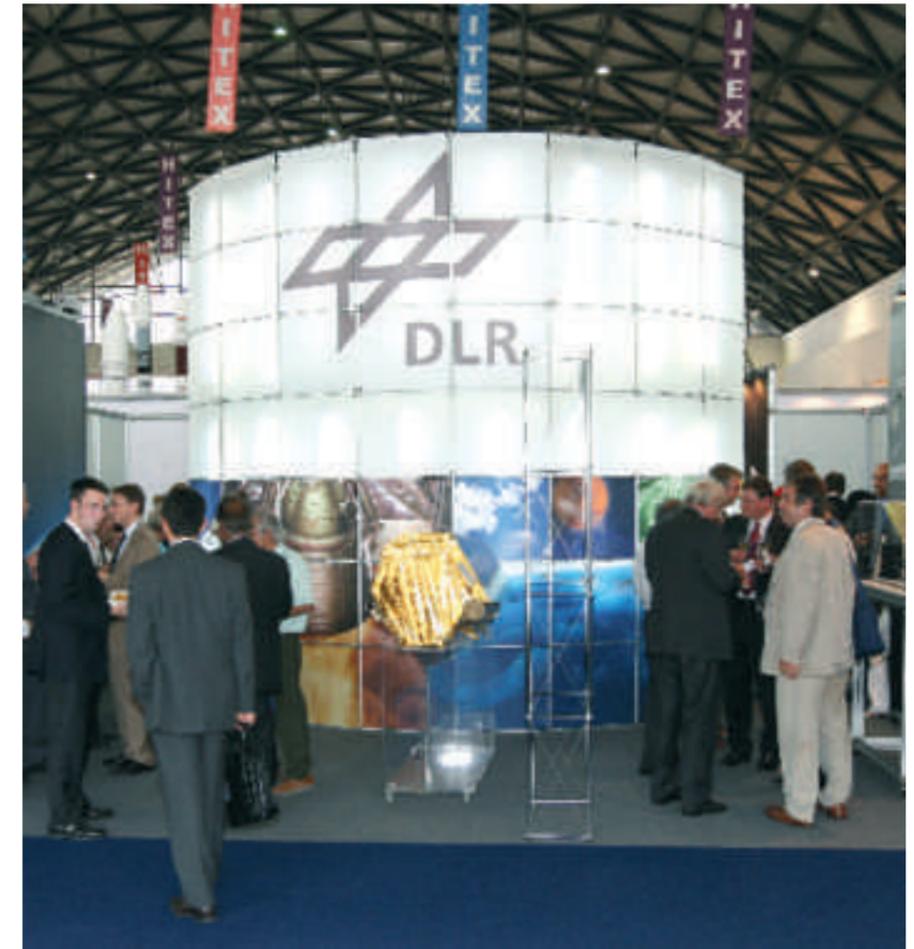
Porz. Bei bestem Spätsommerwetter erlebten über 80.000 Gäste vielfältige Präsentationen von Forschungsthemen und ein buntes Rahmenprogramm. So konnten die Besucher die Forschungsflugzeuge und -hubschrauber des DLR sehen, ebenso das medizinische Versorgungsflugzeug der Luftwaffe MedEvac und den A300 ZERO-G, mit dem das DLR soeben seine zehnte Parabelflugkampagne zum Forschen in Schwerelosigkeit beendet hatte. Im Astronautenzentrum der ESA erzählten Astronauten über ihre Arbeit im All, und Astronauten-Anwärter konnten sich über das harte Training für die Internationale Raumstation ISS informieren.

International zeigte das DLR Flagge auf dem IAC-Kongress im indischen Hyderabad. Der alljährlich tagende Kongress bringt über 2.000 Wissenschaftler und Ingenieure aus aller Welt zusammen, um Fragen der Raumfahrt interdisziplinär zu diskutieren. Wie in den vergangenen Jahren präsentierte das DLR auf einem Stand in der Weltraumausstellung deutsche Spitzenleistungen in der Raumfahrt und bot ein Forum für Gespräche und Verhandlungen. Zum Abschluss der Ausstellung wurde das DLR mit dem Preis für den besten Stand der Ausstellung geehrt.

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

Reger Andrang am DLR-Messestand auf dem IAC in Hyderabad

Rush to the DLR booth at the IAC at Hyderabad



aircraft and the A300 ZERO-G in which the DLR just completed its tenth parabolic flight campaign for research under microgravity. At the ESA's astronaut centre, astronauts spoke about their work in space, and would-be astronauts could learn about the rigorous training preparing a stay at the International Space Station

On the international level, DLR set its flag at the IAC Congress in Hyderabad, India. This congress is held every year, bringing together more than 2,000 scientists and engineers from all over the world to discuss spaceflight issues on an interdisciplinary basis. As in past years, the DLR had a booth in the space exhibition, presenting outstanding German achievements in spaceflight and offering a forum for talks and negotiations. As the exhibition closed, DLR was awarded a prize for the best booth.

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

## Raumfahrtkalender

## Termin Ereignis

## 2007

20.-30. November 11. DLR-Parabelflug in Bordeaux

6. Dezember Start COLUMBUS mit STS 122 von Cape Canaveral

8. Dezember Start Sojus 2 von Baikonur mit Radarsat 2

18. Dezember Start Ariane 5GS von Kourou mit RASCOM 1 und Horizons 2

23. Dezember Start Progress 27P von Baikonur

## 2008

1. Halbjahr Start Rapid Eye von Plesetsk

31. Januar Start Jules Verne" mit Ariane 5 ES von Kourou

31. Januar Start TEXUS 44 (ESA) auf Esrange mit deutschen Experiment(en)

Frühjahr SOFIA: 1. Testflug mit offener Teleskoptür

7. Februar Start TEXUS 45 (DLR) auf Esrange mit deutschen Experiment(en)

7. Februar Start Progress 28P von Baikonur

14. Februar Start STS 123, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral

März Start GIOVE B mit Sojus von Baikonur

1.-11. April 12. HYPERLINK DLR-Parabelflug in Bordeaux

8. April Start Sojus 16S von Baikonur

9. April Start Chandrayaan mit PSLV von Sriharikota. Indischer Mond-Orbiter mit dem Infrarot Spektrometer SIR-2 des Max-Planck-Institutes für Sonnensystemforschung

24. April Start STS 124, Space Shuttle Discovery von Cape Canaveral

14. Mai Start Progress 29P von Baikonur

15. Mai Start GOCE mit Rokot-KM Plesetsk

29. Mai Start Delta 2920H-10 mit dem Gamma-Ray Large Area Space Telescope (GLAST) der NASA von Cape Canaveral. Große deutsche Beteiligung (Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik)

13.-20. Juli 37th COSPAR Scientific Assembly in Montreal (Kanada)

31. Juli Missionsstart Herschel/Planck

August Start von zwei ECOMA Höhenforschungsraketen von Andenes (Norwegen)

7. August Start STS 125 Discovery von Cape Canaveral, HST-Servicing-Mission

12. August Start Progress 30P von Baikonur

11. September Start Progress 31P von Baikonur

20. September Start STS 126, Space Shuttle Endeavour von Cape Canaveral

Oktober Start SMOS mit Rokot-KM von Plesetsk

Oktober Start Proba-2 (als Piggy-Bag mit SMOS)

14. Oktober Start Sojus 17S von Baikonur

November Start von zwei ECOMA Höhenforschungsraketen von Andenes (Norwegen)

November ESA Ministerrats-Konferenz

## Space Calendar

## Date Event

## 2007

November 20-30 11th DLR parabolic flight campaign in Bordeaux

December 6 Launch of COLUMBUS on STS 122 from Cape Canaveral

December 8 Launch of Soyus 2 from Baikonur carrying Radarsat 2

December 18 Launch of Ariane 5GS from Kourou carrying RASCOM 1 and Horizons 2

December 23 Launch of Progress 27P from Baikonur

## 2008

First half of the year Launch of Rapid Eye von Plesetsk

January 31 Launch of 1st ATV "Jules Verne" on Ariane 5 ES from Kourou

January 31 Launch TEXUS 44 (ESA) from Esrange carrying German experiments

Spring SOFIA: 1st test flight with the telescope hatch open

February 7 Launch of TEXUS 45 (DLR) from Esrange carrying German experiments

February 7 Launch of Progress 28P from Baikonur

February 14 Launch of STS 123, space shuttle Endeavour from Cape Canaveral

March Launch of GIOVE B on Soyus from Baikonur

April 1 - 11 12th DLR parabolic flight campaign in Bordeaux

April 8 Launch of Soyus 16S from Baikonur

April 9 Launch of Chandrayaan carrying PSLV from Sriharikota. Indian Moon orbiter with infrared spectrometer SIR-2 built by the Max Planck Institute for Solar System Research (MPS)

April 24 Launch of STS 124, space shuttle Discovery from Cape Canaveral

May 14 Launch of Progress 29P from Baikonur

May 15 Launch of GOCE on Rokot-KM from Plesetsk

May 29 Launch of Delta 2920H-10 carrying the NASA Gamma-Ray Large Area Space Telescope (GLAST) from Cape Canaveral. Extensive German participation (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics)

July 13 - 20 37th COSPAR Scientific Assembly in Montreal (Canada)

July 31 Launch of the Herschel/Planck mission

August Launch of two ECOMA Sounding Rockets from Andenes (Norway)

August 7 Launch of STS 125 Discovery from Cape Canaveral, Hubble Space Telescope (HST)-Servicing-Mission

August 12 Launch of Progress 30P from Baikonur

September 11 Launch of Progress 31P from Baikonur

September 20 Launch of STS 126, space shuttle Endeavour from Cape Canaveral

October Launch of SMOS with Rokot-KM from Plesetsk

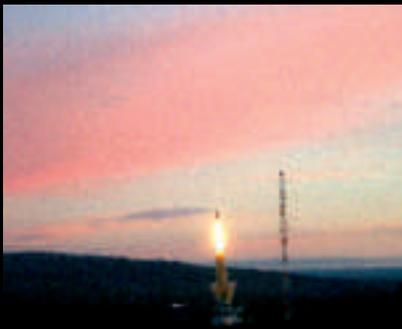
October Launch of Proba-2 (as Piggy-Bag with SMOS)

October 14 Launch of Soyus 17S from Baikonur

November Launch of two ECOMA sounding rockets from Andenes (Norway)

November ESA Ministerial Council

# COUNTDOWN [4]



## Start der Texas 43-Höhenforschungsrakete von Kiruna in Schweden

Launch of the Texas 43 sounding rocket  
from Kiruna, Sweden

## IMPRESSUM

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