



Am 22. Juli 2012 startete der deutsche Satellit TechnologieErprobungs-Träger (TET)-1 mit einer Sojus-Fregat-Rakete vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur.

On July 22, 2012, the German TET-1 satellite demonstrator took off from the Russian cosmodrome of Baikonur on a Soyuz-Fregat rocket. (Kranz/DLR/Kayser-Threde)

## TET-1

Technik direkt im Weltraum testen

Von Michael Turk

**Auf der Erde kommen stets neuentwickelte Technologien zum Einsatz. In der Raumfahrt greift man jedoch vielfach auf bewährte Technik zurück. Weltraumsysteme sind besonderen Bedingungen wie Vakuum, Temperaturschwankungen und Strahlungseinflüssen ausgesetzt. Unter diesen extremen Anforderungen müssen neue Bauteile ihre Tauglichkeit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit beweisen. Doch dafür müssen neue Technologien unter diesen Bedingungen überprüft werden. Am 22. Juli 2012 um 12:41:39 Uhr Ortszeit (08:41:39 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit MESZ) startete der vom DLR Raumfahrtmanagement beauftragte deutsche Mikrosatellit TechnologieErprobungsTräger (TET)-1 mit einer Sojus/Fregat-Rakete vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur aus ins All. TET-1 ist der erste deutsche Satellit, der elf innovative Technologien direkt im Weltall testet.**

### TET-1

Testing Technology in Space

By Michael Turk

**On Earth, we use newly-developed technologies all the time. The space sector, however, often gives preference to proven technologies. Space systems are exposed to extraordinary conditions: vacuum, fluctuating temperatures, and the influence of radiation. Any new components must prove that they are reliable, durable, and capable of meeting these extreme requirements, which means that they need to be validated under exactly these conditions. On July 22, 2012, at 12:41:39 p.m. local time (08:41:39 a.m. Central European Summer Time CEST), the German microsatellite TET-1, a technology demonstrator instructed by DLR Space Administration, took off for space from the Russian cosmodrome of Baikonur on a Soyuz/Fregat rocket. TET-1 is the first German satellite on which eleven innovative technologies are being field-tested in space.**



Autor: **Michael Turk** leitet in der Abteilung Technik für Raumfahrtssysteme und Robotik des DLR Raumfahrtmanagements die Fachgruppe On-Orbit Verifikation und ist Projektleiter für die Satellitenmission TET-1.

Author: At the Department of Space System Technology and Robotics of the DLR Space Administration, **Michael Turk** heads the on-orbit verification group and acts as project manager of the TET-1 satellite mission.

### TET-1 gibt Raumfahrt-Innovationen eine Chance

In der Vergangenheit wurden neue Raumfahrtssysteme nur auf der Erde getestet. Da diese Innovationen bislang den Nachweis ihrer Funktionsfähigkeit im Weltraum schuldig blieben, war potenziellen Anwendern das Risiko eines Raumfahrt-Einsatzes zu hoch. Die Folge: Viele Technologien, die mit erheblichem Aufwand entwickelt wurden, kamen häufig in der Raumfahrt gar nicht zum Einsatz. Das soll TET-1 nun ändern. Der deutsche Satellit ist eine Säule im „On-Orbit-Verifikationen von neuen Techniken und Technologien“ (OOV)-Programm. Hier sollen regelmäßig zuverlässige, sichere und kurzfristig einsetzbare Flugmöglichkeiten angeboten werden, um die Tauglichkeit und die Zuverlässigkeit von Komponenten, Subsystemen und Bauteilen unter Beweis zu stellen. Haben sie sich erst im All bewährt, dann steht ihnen vielleicht schon bald die erste Weltraummission bevor.

### Das OOV-Programm

Das „On-Orbit-Verifikationen von neuen Techniken und Technologien“ (OOV)-Programm ruht auf zwei Säulen: Zum einen auf dem Mikrosatelliten TET und zum anderen auf den Mitfluggelegenheiten für einzelne Komponenten auf anderen Weltraumsystemen. Da dieser Bedarf nicht alleine durch ausländischen Satelliten gedeckt werden kann, ist eine direkte Testmöglichkeit durch nationale Satelliten unerlässlich: Ungefähr 75 Prozent der zu überprüfenden Komponenten können auf Mikrosatelliten untergebracht werden. Das haben Marktuntersuchungen zu neu entwickelten Technologien ergeben. Das OOV-Programm rundet das bestehende Konzept zur Technologieförderung ab. Mit diesem Programm steht dem DLR Raumfahrtmanagement ein innovatives Förderinstrument im nationalen Programm zur Verfügung. Das Programm begleitet neue Technologien von der Grundlagenforschung bis hin zur Überprüfung im Weltall und gibt so diesen Raumfahrt-Innovationen eine Chance.

### Experimente als Bausteine

Elf verschiedene Technologieexperimente sind als Nutzlasten auf TET-1 untergebracht. Neben neuartigen Solarzellen, einem Batteriesystem, neuen Kommunikationskomponenten, Datenspeichersystemen, einem GPS-Empfänger und einem Mikroantrieb-System ist eine Infrarotkamera mit an Bord. Überwacht und gesteuert werden die Technologieexperimente von einem Nutzlastversorgungssystem als Daten- und Elektronikschnittstelle zwischen dem Satellitenbus und den Experimenten. Durch dieses TET-Konzept lassen sich die spezifischen Nutzlastanforderungen flexibel an die Hardware des Satelliten anpassen. Wie in einem Baukasten können für zukünftige Missionen neue Technologieexperimente eingebaut und Änderungen mit relativ geringem Aufwand umgesetzt werden. Die Nutzlasten wurden von den Beistellern nach einem TET-Standard entwickelt und gebaut. Für die TET-1-Mission wurden sie nach der Abnahme durch die Systemintegration im Mai 2010 in den Satellitenbus eingebaut.

### TET-1 gives innovative space technologies a chance

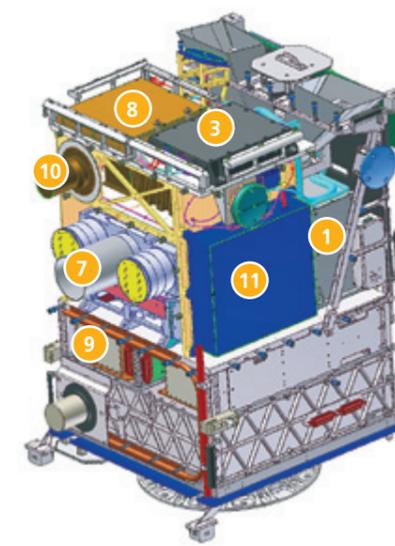
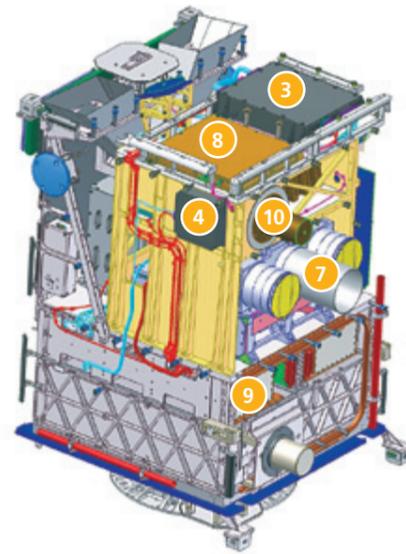
In the past, all new systems were tested on Earth. Because there was no proof that these innovations would be functionally reliable in space, potential users thought that the risk of deploying them in space was too great. The consequence: many technologies that had been developed at considerable cost were never actually used in space. TET-1 will change all that. The German satellite is one pillar of the OOV programme (On-Orbit Verification of New Techniques and Technologies). The programme is designed to offer regular flight opportunities that are reliable, safe, and available at short notice in order to validate the functionality and reliability of components, sub-systems, and parts. Once they have proven themselves in orbit, their first real mission to outer space is probably not far away.

### The OOV programme

The OOV programme (On-Orbit Verification of New Techniques and Technologies) rests on two pillars: one is the TET-1 microsatellite; the other, opportunities for individual components to share a ride on other space systems. As this demand cannot be met by international satellites alone, direct testing on national satellites is indispensable: about 75 per cent of all components that need testing can be carried by microsatellites, as market studies addressing newly-developed technologies have shown. The OOV programme rounds off the existing national technology programme, providing the German Space Administration with an innovative funding instrument. The programme supports new technologies from the early basic research stage to their validation in space, thus giving a chance to new, innovative space technology developments.

### Experiments in a modular array

TET-1 serves as a platform for eleven different technology experiments. Its payload includes innovative solar cells, a battery system, new communications components, data storage systems, a GPS receiver, a micro-drive system, and an infrared camera. A payload supply system monitors and controls the technology experiments, serving as electronic and data interface between the satellite bus and the experiments. Under the TET concept, the satellite's hardware may be flexibly adapted to specific payload requirements. Because of its modular structure, new technology experiments may be integrated for future missions, and modifications implemented at relatively low expense. The payload elements were developed and built by the payload providers with a special TET standard. For the TET-1 mission, they were installed in the satellite bus after acceptance by the system integration team in May 2010.



### Der deutsche Satellit TET-1 beherbergt elf verschiedene Technologie-Experimente.

The German satellite TET-1 hosts eleven different technology experiments. (Kayser-Threde)

### Bewährter Satellit mit verbesserter Technik

Beruhet die TET-1-Technologie auf der Entwicklung des 2001 gestarteten DLR Forschungs- und Entwicklungssatelliten BIRD, so wurde dennoch einiges verändert: Neue Bestandteile, eine verbesserte Leistung, ein vergrößertes Volumen und eine erweiterte Masse für die Nutzlasten machen TET-1 leistungsfähiger: 460 x 460 x 428 Kubikmillimeter Volumen und 50 Kilogramm Masse stehen für die Technologieexperimente zur Verfügung. Mehr Redundanzen und eine höhere Bauteilqualität erhöhen zudem die Zuverlässigkeit des Systems. Der gesamte, 120 Kilogramm leichte TET-1-Satellit besteht aus dem Dienst-, dem Elektronik- und dem Nutzlastsegment. Ein Solargenerator liefert den nötigen Strom. Im Nutzlastsegment sind neben den Technologieexperimenten auch Sternkameras und GPS-Antennen untergebracht.

Hauptauftragnehmer für die Entwicklung und den Bau des Satelliten war die Firma Kayser-Threde GmbH mit den Unterauftragnehmern Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH, die gemeinsam mit dem DLR Institut für Robotik und Mechatronik und dem Institut für Raumfahrtssysteme für den Satellitenbus zuständig waren. Das DLR Oberpfaffenhofen führt die Mission durch während die russische Firma Lavoshkin Association für den Start des Satelliten verantwort-

### Proven satellite with improved technology

Although the technology of TET-1 is based on the DLR research and development satellite BIRD that was launched in 2001, some things have changed nevertheless: new components, improved performance, enlarged volume, and greater payload mass have increased the efficiency of TET-1: a volume of 460 x 460 x 428 cubic millimetres and a mass of 50 kilograms are available for technology experiments. Greater redundancy and enhanced component quality further increase the reliability of the system. Weighing no more than 120 kilograms, the TET-1 satellite comprises a service segment, an electronics segment, and a payload segment. Power is supplied by a solar generator. Besides the technology experiments, the payload segment houses stellar cameras and GPS antennas.

The prime contractor for developing and building the satellite was Kayser-Threde GmbH, with Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH as its subcontractor responsible for the satellite bus in cooperation with the DLR Institute of Robotics and Mechatronics and the Institute of Space Systems. The mission is run by DLR Oberpfaffenhofen, while the launch of the satellite has been handled by the Rus-

sian company Lavoshkin Association. The project is directed by the DLR Space Administration, assisted by the DLR Space Programme Directorate.

### Technologie-Mission unter deutscher Kontrolle

TET-1 startete als Nebennutzlast gemeinsam mit dem russischen Erdbeobachtungssatelliten Kanopus-B mit einer russischen Sojus/Fregat-Rakete. Der „Hauptpassagier“ wurde gemeinsam mit TET-1 in 500 Kilometern Höhe in einer sonnensynchronen Umlaufbahn ausgesetzt. Nach der ersten Kontaktaufnahme zwischen Bodenstation und Satellit wurden in einer ersten Betriebsphase die einzelnen Satelliten-untersysteme ausgetestet. Nach erfolgreichem Verlauf schließt sich der einjährige operationelle Betrieb an, in dem die Experimente entsprechend ihren Anforderungen eingeschaltet werden. Während der gesamten Betriebsphase ist das Deutsche Raumfahrt-Kontrollzentrum (German Space Operations Center GSOC) des DLR in Oberpfaffenhofen mit den Antennenanlagen in Weilheim für die Kontrolle, Überwachung, Planung und Steuerung der Mission zuständig. Die Nutzlastdaten werden über das Datenzentrum des DLR in Neustrelitz empfangen und von hier aus allen Experimentatoren über einen gesicherten Web-Zugang zur Verfügung gestellt.

sian company Lavoshkin Association. The project is directed by the DLR Space Administration, assisted by the DLR Space Programme Directorate.

### A technology mission under German supervision

TET-1 was launched as an ancillary payload on a Russian Soyuz/Fregat rocket together with the Russian Earth-observation Satellite Canopus-B. The main passenger was separated together with TET-1 and injected into a Sun-synchronous orbit at an altitude of 500 kilometres. In a first operational phase, after making contact between the ground station and the satellite, all satellite sub-systems were tested exhaustively. With these tests successfully completed, the satellite will now be run in operational mode for one year, with experiments being activated as scheduled. Mission control has been taken over by DLR's German Space Operations Centre (GSOC) at Oberpfaffenhofen, using its antennas installed at Weilheim. For the entire operational phase, GSOC will be responsible for supervising, monitoring, planning, and controlling the mission. Payload data will be received by DLR's data centre at Neustrelitz and made available to all experimenters through a secure web access.

Experiment	Kurzbeschreibung	Payload provider
1 Lithium-Polymer Batteriesystem	Mit der Nutzlast Lithium-Polymer Batteriesystem soll die Zyklenfestigkeit der Zellen und die Funktion der Überwachungselektronik (Balancing der Einzelzellen der Batterie) unter Weltraumbedingungen getestet und verifiziert werden.	ASP Equipment GmbH
2 Flexible Dünnschicht-solarzellen	Erprobung eines Solararrays mit sechs verschiedenen Typen von flexiblen Dünnschicht-solarzellen. Ziel ist die Verifikation dieser Zellen unter Weltraumbedingungen – insbesondere unter dem Einfluss der Temperaturwechsel und der UV Strahlung.	Solarion GmbH
3 Sensor-Bus-System	Erprobung eines kommerziellen Sensor-Bus-Systems zur Messwerterfassung von mehreren örtlich verteilten Sensoren. Im Praxiseinsatz unter Weltraumbedingungen sollen die Vorteile dieser Technologie gegenüber den bisherigen Raumfahrt-Lösungen demonstriert werden.	Kayser-Threde GmbH
4 Pico-Antriebe AQUAJET/MICROJET	Erprobung eines vollständigen Antriebsmoduls für Pico- und Nanosatelliten, um das Resistojet-Antriebsprinzip von AQUAJET und MICROJET, bei dem der Treibstoff aus einem beziehungsweise mehreren Tank(s) in eine Verdampfungskammer geleitet, dort verdampft und durch eine Düse expandiert wird, zu testen.	AI-Aerospace Institute
5 Solarzellen der nächsten Generation: AZUR SPACE	Erprobung von sechs Gallium-Arsenid-Solarzellen. Ziel ist dabei die Verifikation dieser Zellen unter Weltraumbedingungen – insbesondere unter dem Einfluss der Temperaturwechsel und der UV Strahlung.	AZUR GmbH
6 Solarzellen der nächsten Generation: Astrium	Erprobung von Solarzellen mit fortschrittlicher Technologie (Dünnschichtzellen und Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad), einschließlich der für die Verarbeitung notwendigen Prozessoptimierung wie Klebe- und Schweißprozesse.	EADS Astrium GmbH
7 Infrarot-Kamerasystem	Erprobung eines aus drei Kameramodulen bestehendem Infrarotsystems zur quantitativen Erfassung von Hochtemperaturereignissen auf der Erde, beispielsweise Waldbränden. Im Vergleich zur bisher auf dem BIRD-Satelliten verwendeten Kamera sollen größere Spektren im optischen Bereich erfasst und verbesserte Technologien in der Digitaltechnik getestet werden.	DLR RM-OS
8 Navigation and Occultation Experiment (NOX)	Erprobung eines kommerziellen Zweifrequenz-GPS-Receivers. Ziel ist die Demonstration, dass auch kostengünstige Systeme zur präzisen Positions- und Bahnbestimmung eines Raumfahrzeuges eingesetzt werden können.	DLR RB-RT
9 Realtime-Betriebssystem BOSS	Erprobung des Betriebssystems BOSS in einem FPGA-basierten Prozessorsystem. Demonstriert werden sollen die Stabilität von Hardware und Software unter Weltraumbedingungen.	Fraunhofer-Gesellschaft FIRST
10 Keramis-2	Erprobung von keramischen Mikrowellenschaltkreisen für die Satellitenkommunikation, die auf Mehrlagenkeramiksubstraten (LTCC) realisiert worden sind. Im Rahmen von Keramis-2 sollen diese Module für den Einsatz auf Satelliten qualifiziert und deren Tauglichkeit unter realen Umwelteinflüssen demonstriert werden.	IMST GmbH, TU Ilmenau, TU Hamburg-Harburg
11 Memory Orbit Radiation Experiment (MORE)	Erprobung von elektronischen Speicherbausteinen unter dem Einfluss von Weltraum-Strahlung, um Tests und Analysen im Labor durch reale Umweltbedingungen zu verifizieren.	IDA TU Braunschweig

Experiment	Brief description	Payload provider
1 Lithium-polymer battery system	The lithium-ion battery system has been included in the payload to test and verify its cyclic resistance and the functionality of its control electronics (balancing the battery's individual cells) under space conditions.	ASP Equipment GmbH
2 Flexible thin-film solar cells	This test serves to verify a complex solar array of six different types of flexible thin-film solar cells under space conditions, especially the influence of fluctuating temperatures and UV radiation.	Solarion GmbH
3 Sensor bus system	Examination of a commercial sensor bus system to demonstrate the superiority of this technology over traditional solutions for capturing measurements from several geographically distributed sensors in practice under space conditions.	Kayser-Threde GmbH
4 AQUAJET/MICROJET pico-drives	Examination of a complete drive module for pico and nano-satellites to test the Resistojet propulsion principle implemented in AQUAJET and MICROJET which involves piping fuel from one or more tanks into an evaporation chamber where it evaporates and expands through a nozzle.	AI-Aerospace Institute
5 Solar cells of the next generation: AZUR SPACE	Examination of six gallium-arsenide solar cells in order to verify these solar cells under space conditions, especially the influence of fluctuating temperatures and UV radiation.	AZUR GmbH
6 Solar cells of the next generation: Astrium	Examination of advanced-technology solar cells (thin-film cells and high-efficiency solar cells) which includes the optimisation of fabrication processes, such as bonding and welding.	EADS Astrium GmbH
7 Infrared camera system	Examination of an infrared system consisting of three camera modules for quantitatively measuring high-temperature events on Earth, such as forest fires. Compared to the camera used so far on the BIRD satellite, this camera system is designed to cover a wider spectrum in the visual range. In addition, improved digital technologies will be tested.	DLR RM-OS
8 Navigation and occultation experiment (NOX)	Examination of a dual-frequency GPS receiver in order to demonstrate that determining the orbit and position of a space vehicle can also be done with cost-efficient systems.	DLR RB-RT
9 BOSS real-time operating system	Examination of the BOSS operating system on an FPGA-based processor system in order to demonstrate the stability of the hardware and software under space conditions.	Fraunhofer-Gesellschaft FIRST
10 Keramis-2	Examination of ceramic microwave circuits for satellite communication involving the LTCC multi-layer ceramic substrate. The objective is to qualify these modules for satellite use and demonstrate their ability to remain functional under real-life environmental conditions.	IMST GmbH, TU Ilmenau, TU Hamburg-Harburg
11 Memory orbit radiation experiment (MORE)	Examination of electronic data storage components under the influence of cosmic radiation in order to verify laboratory tests and analyses under real-life environmental conditions.	IDA TU Braunschweig

Der deutsche „Feuer-Satellit“ BIRD spürte im August 2003 Waldbrände in Portugal auf.

BIRD, the German 'fire satellite', detected forest fires in Portugal in August 2003. (ESA)



## Deutsche Raumfahrt-Missionen

### Teil 9: BIRD

Von Dr. Niklas Reinke

**Deutschland hat sich in den letzten 50 Jahren zu einer anerkannten Raumfahrtnation entwickelt. Seine Kompetenzen bringt es in allen Bereichen der Raumfahrt ein und ist so maßgeblich an der Erforschung des Weltraums und der Forschung im Weltraum beteiligt. Innovative Anwendungen für die Verbesserung des Lebens auf der Erde werden in den Bereichen Kommunikation, Erdbeobachtung und Navigation erzielt. Deutsche Ingenieure sind an Entwicklung und Konstruktion modernster Trägerraketen und Weltraumsysteme beteiligt. Hierbei engagiert sich die Bundesrepublik national, europäisch und international. Diese Artikelserie stellt wegweisende historische Missionen der deutschen Raumfahrt-Geschichte vor.**

### German Space Missions

#### Part 9: BIRD

By Dr Niklas Reinke

**In the course of the last 50 years, Germany has come to be recognised as a space nation. Its competence extends to all spheres of astronautics: Germany plays a key role in the exploration of space as well as in space-based research. Innovative applications in communication, Earth observation, and navigation serve to improve living conditions on Earth. Moreover, German engineers are involved in the development and construction of leading-edge launchers and space systems. In all these fields, Germany is engaged not only on the national but also on the European and international plane. This series of articles presents landmark missions in the history of German astronautics.**



Autor: **Dr. Niklas Reinke** ist Politikwissenschaftler und Historiker. Von 2004 bis 2009 leitete er die Öffentlichkeitsarbeit des DLR Raumfahrtmanagements. Seit 2010 ist er in der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik zuständig für astronautische Raumfahrt/ISS, Trägersysteme und Infrastrukturen. Weiterhin vertritt er das DLR im IAA Committee on History.

Author: **Dr Niklas Reinke** is a political scientist and a historian. From 2004 to 2009, he headed the DLR Space Administration's public relations department. Responsible for astronautics/ISS, launch systems, and infrastructure, he has been working in the Space Strategy and Programme department since 2010. Furthermore, he represents DLR at the IAA Committee on History.

Die Feuerwehr ist auch im All unterwegs. Löschen muss sie zwar immer noch vom Boden oder aus der Luft, doch können ihr hierbei Wachmänner im Orbit helfen. Dies ist besonders wichtig, da Vegetationsfeuer wie Wald- oder Buschbrände einen großen Einfluss auf die Ökosysteme der Erde und das menschliche Leben haben. Alleine Europa wird jährlich von etwa 45.000 Waldbränden heimgesucht. Dabei fallen im Mittelmeerraum 500.000 Hektar Wald den Bränden zum Opfer. Der ökonomische Schaden beläuft sich nach Schätzungen der Europäischen Kommission auf bis zu 5.000 Euro je Hektar. Betrachtet man diese Schäden global, wird die gesellschaftliche Dimension mit ihren Auswirkungen auf Umwelt und Klima schnell bewusst.

Bis zu Beginn dieses Jahrhunderts verhinderte das Fehlen globaler Messsysteme die genaue Erforschung solcher Brände. Insbesondere ihre Entstehung und ihre frühe Ausdehnung waren kaum dokumentiert, da sie gerade in entlegenen Regionen oft viel zu spät vom Erdboden aus entdeckt wurden.

#### Weltweit erster „Feuer-Satellit“

Um dies zu ändern, entwickelte das DLR eine neuartige Infrarot-Sensorik, die es erstmals erlaubte, Feuertemperaturen und -flächen aus dem Weltall zu bestimmen. Der deutsche Brandschützer war ein kleiner Würfel von 60 Zentimeter Kantenlänge mit Namen BIRD: Bi-spectral Infra-Red Detection. Das heißt, der deutsche Satellit konnte Hitzequellen auf der Erde in zwei Spektralbereichen erfassen. Damit war er ideal für das Aufspüren von Waldbränden ausgelegt.

BIRD zog als weltweit erster Feuer-Satellit seine Bahnen um die Erde. Er erkannte Brände über die Strahlung im infraroten Wellenlängenbereich. Das DLR entwickelte dazu eine neue Generation von Infrarotsensoren, die auf die Feuerfernerkundung zugeschnitten sowie für den Einsatz auf Kleinsatelliten geeignet sind. Diese Sensoren wurden zuvor erfolgreich im Labor und auf Flugzeugen erprobt.

#### Hightech Made in Germany

Mit dem Projekt zur Infrarot-Fernerkundung der Erde demonstrierte das DLR-Institut für Weltraumsensorik in Berlin-Adlershof erstmals sein Know-how als Systemführer bei Missionen mit Kleinsatelliten. DLR-seitig waren in das Projekt zudem das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum (Missionskontrolle), das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (Datenempfang und Auswertung) sowie die DLR-Simulations- und Softwaretechnik eingebunden. Weitere Partner waren Fraunhofer

The fire fighters are taking their job to new heights. Although the actual extinguishment of fires is still done at ground level or from the air, fire brigades are now assisted by guardians in orbit. This is vital because the Earth's ecosystems as well as human life are seriously affected by forest and bush fires. About 45,000 forest fires occur every year in Europe alone, devastating 500,000 hectares of woodland in the Mediterranean region. The European Commission estimates that the resulting economic damage may be as high as 5,000 euros per hectare. If we look at the damage on a global scale, we soon become aware of the social dimension and the impact on the environment and the climate.

Until the beginning of this century, it was impossible to study such fires in detail because there were no global measuring systems. Especially their origin and their early propagation had hardly ever been documented because they were often discovered far too late from the ground, particularly in remote regions.

#### The first 'fire satellite' worldwide

To remedy this situation, DLR developed an innovative infrared sensor technology with which the temperature and size of fires could for the first time be measured from space. The German fire-watcher was a small 60-centimetre cube called BIRD: Bi-spectral Infra-Red Detection. In other words: a satellite using two spectral bands to detect heat sources on Earth. This made it an ideal device for tracking down forest fires.

The world's first fire satellite followed its path around Earth, identifying fires by their radiation in the infrared spectral range. DLR developed a new generation of infrared sensors tailor-made for remote fire sensing and designed for use on small satellites. The sensors had previously been successfully tested in laboratories and on aircraft.

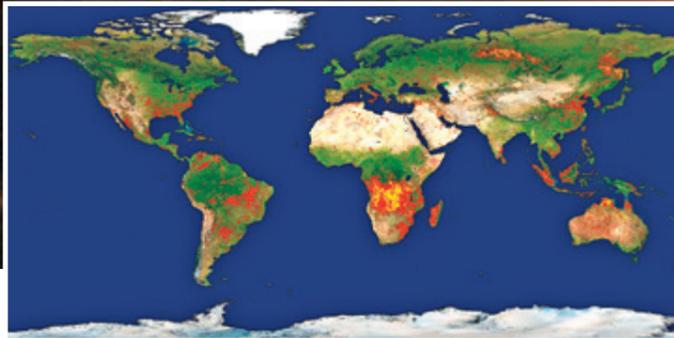
#### High-tech made in Germany

This remote infrared sensing project was the first occasion for the DLR Institute of Space Sensor Technology in Berlin-Adlershof to demonstrate its capabilities as a system leader in small satellite missions. On the DLR side, the German Space Operations Control Center (mission control), the German Remote Sensing Data Center (data reception and evaluation), and DLR Simulation and Software Technology were also involved in the project. Further partners included Fraunhofer



BIRD wurde im Reinraum des DLR-Instituts für Weltraumsensorik und Planetenerkundung in Berlin-Adlershof elektrischen und Vakuum-Tests unterzogen.

BIRD was subjected to electrical and vacuum tests in the clean room of the DLR Institute of Space Sensor Systems and Planetary Exploration in Berlin-Adlershof.



Die Universität Freiburg erstellt auf Grundlage der MODIS-Daten der NASA im Rahmen der International Strategy of Disaster Reduction (ISDR) eine Weltfeuerkarte, die alle zehn Tage aktualisiert wird. Hier sind die Waldbrände vom 19. bis zum 28. Juli 2012 zu sehen.

Under the International Strategy of Disaster Reduction (ISDR), the University of Freiburg regularly develops a global fire map based on NASA's MODIS data which is updated at ten-day intervals. This map shows forest fires during the period from July 19 to 28, 2012. (NASA)

FIRST (Bordrechnersystem), Jena-Optronik GmbH (Sternensensoren), das Global Fire Monitoring Center in Freiburg, die Astro- und Feinwerktechnik GmbH (Drallräder) sowie die TU Berlin. Die BIRD-Mission war auf ein konsequentes Sparkonzept ausgerichtet: Die Gesamtsumme von 15 Millionen Euro – verteilt auf sechs Jahre – war im Vergleich zu anderen Satelliten-Missionen außerordentlich niedrig.

Mit BIRD wurde nicht nur technologisches Neuland im Bereich neuartiger Sensoren betreten. Auch das Missionskonzept mit kurzer Projektlaufzeit, kleinem Management-Team und minimalen Entwicklungs- sowie Betriebszeiten setzte eine Zäsur im Satellitenbetrieb. Der dabei anvisierte Kostenaufwand pro Gewichtseinheit war ebenso bemerkenswert wie das Nutzlast/Satelliten-Massenverhältnis von 33 Prozent – bis dahin typisch waren eher 15 Prozent.

Der ursprünglich für Ende 1998 geplante Start erfolgte aufgrund von Programmverzögerungen schließlich am 22. Oktober 2001. Von Indien aus wurde der Feuerwächter gemeinsam mit dem Technologieerprobungssatelliten PROBA der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) auf seinen 572 Kilometer hohen Erdorbit geschossen.

#### Brandschutz aus dem All

Durch die Kombination der Erdbeobachtungskamera Wide Angle Optical Stereo Scanner (WAOSS) aus dem Berliner Institut für Kosmosforschung (IKF) mit neuartigen Infrarot-Sensoren bot sich während der Mission ein breites/vielseitiges Anwendungspotenzial in den Bereichen Klimatologie, Meteorologie und Feuerökologie.

Im Rahmen der Versuchsphase lief im Jahr 2003 das Experiment DEMOBIRD, dessen Ergebnisse in das ESA-Erdbeobachtungsprogramm FUEGOSAT einfließen. BIRD hielt bei seinem vierminütigen Überflug von Galizien die Hot-Spot-Situation im Mittelmeerraum fest. Die Empfindlichkeit der Sensoren erkannte bereits kleinere Feuer im Meterbereich. Größere Waldbrände konnten so frühzeitig erkannt werden. Die Daten wurden direkt zu der bei Madrid gelegenen ESA-Bodenstation Villafranca übertragen. Von dort gelangten sie – über weitere Stationen und eine exakte kartografische Aufbereitung – nach 92 Minuten an die Feuerwehren vor Ort, die sofort ausrückten. Das klingt noch nicht besonders schnell, war aber bereits ein großer Fortschritt. In Zukunft sollen Waldbrand-Daten via Satellit bereits nach 60 Minuten zur Verfügung stehen.

#### Wissenschaftliches Studium von Waldbränden

Die wissenschaftliche Untersuchung ausgewählter Hochtemperaturphänomene mit der neu entwickelten Zweikanal-Infrarot-Sensorik stand im Mittelpunkt der BIRD-Mission. In Form eines Pilotprojektes wurden international erstmalig ausreichend Feuerdaten wie Feuer-temperaturen, Feuerflächen, abgestrahlte Leistung, Feuerausbreitung und -verteilung aus dem Weltraum gewonnen. Mit einer Bodenauf- lösung von knapp 200 Metern und einer Breite der aufgenommenen Geländestreifen von 190 Kilometern galt BIRD im Vergleich zu mete- orologischen Satelliten als hochauflösend im infraroten Wellenlän- genbereich. Eine weitere Besonderheit war der Dynamikbereich: Von etwa -10 bis etwa 1000 Grad Celsius konnte BIRD Temperaturen auf der Erdoberfläche messen.

In engem Zusammenhang mit der neuen Sensortechnik wurden geeignete wissenschaftliche Auswertemethoden zur Ableitung

FIRST (providing the on-board computer system), Jena-Optronik GmbH (star sensors), the Freiburg Global Fire Monitoring Centre, Astro- und Feinwerktechnik GmbH (momentum wheels), and TU Ber- lin. The BIRD mission was geared to strict economy: its total budget of 15 million euros spread over six years was extraordinarily low com- pared to other satellite missions.

BIRD was a pioneer not only in the field of innovative sensors: featuring a short project runtime, a small management team, and minimal development and operating times, the concept of the mission marked a turning point in satellite operations. The cost per unit of weight it envisaged was as remarkable as the payload/ satellite mass ratio of 33 per cent; 15 per cent had been typical until then.

Originally scheduled for the end of 1998 but deferred because of programme delays, the launch finally took place on October 22, 2001. Sharing a ride with the PROBA technology demonstrator of the European Space Agency (ESA), the satellite took off from India for its 572-kilometre orbit.

#### Fire protection from space

Because the satellite combined its innovative infrared sensors with the wide-angle optical stereo scanner (WAOSS) developed by the Berlin Institute of Cosmos Research, it offered a wide range of poten- tial applications in climatology, meteorology, and fire ecology in the course of its mission.

During the test phase, the DEMOBIRD experiment was run in 2003, the results of which were incorporated in ESA's FUEGOSAT Earth observation programme. Flying over Galicia in four minutes, BIRD recorded the hotspot situation in the Mediterranean region. Its sen- sors were sensitive enough to detect even relatively small fires in the metre range, so that larger fires could be identified at an early stage. The data were transmitted immediately to ESA's ground station at Villafranca near Madrid. Having passed various other stations and been developed into exact maps, the data took a total of 92 min- utes to reach the fire brigades on the spot, which went into action immediately. While this does not appear particularly fast it was a long step ahead nevertheless. In the future, forest fire data from satellites should become available within no more than 60 minutes.

#### Scientific investigation of forest fires

The BIRD mission revolved around the scientific investigation of selected high-temperature phenomena with the newly-developed bi- spectral infrared sensor system. For the first time ever, adequate vol- umes of data were gathered in space under a pilot project, describing the temperature, area, radiation emission, spread, and distribution of fires. With its ground resolution of nearly 200 metres and a swath width of 190 kilometres, BIRD was classed as a high-resolution system in the infrared spectral band compared to meteorological satellites. Its dynamic range was unusual, too: BIRD was capable of measuring temperatures ranging from -10 to about 1,000 degrees Celsius on the Earth's surface.

Simultaneously with the new sensor technology, suitable scientific evaluation methods for deriving geophysical parameters from BIRD data were developed, tested, applied, and verified. The so-called

#### BIRD Kerndaten

Beschluss	1996
Start	22. Oktober 2001
Startbasis	Shriharikota
Träger	PSLV-C3
Masse	94 Kilogramm
wissenschaftliche Instrumente	2
Missionsende	2006
Kosten	15 Millionen DM (7,5 Millionen Euro)

#### BIRD core data

Adopted	1996
Launch	October 22, 2001
Launch base	Shriharikota
Launcher	PSLV-C3
Mass	94 kilogrammes
Scientific instruments	2
End of mission	2006
Cost	15 million DM (7.5 million Euros)

von geophysikalischen Parametern aus den BIRD-Daten entwickelt, getestet, angewendet und bestätigt. So ermöglichte zum Beispiel die Anwendung der sogenannten Dozier-Methode die Auflösung von Feuerparametern im Subpixelbereich: BIRD hatte zwar im Infrarot eine Bodenabtastweite von knapp 200 Metern, er konnte aber unter Anwendung der Bispektral-Methode ein Feuer von nur 50 Quadrat- metern Fläche und einer Temperatur von circa 800 Grad Celsius von einem Feuer, welches das gesamte Pixel bedeckt und eine niedrigere Temperatur hat, unterscheiden. Heute kommt so eine Technologie auch auf der Erde zum Einsatz. In Form von auf Masten installierten Kameras überwacht das Projekt FireWatch einen Großteil des brand- gefährdeten deutschen Waldbestandes. Das Projekt hat das Ausmaß der Landzerstörung durch Waldbrände in Deutschland um fast 90 Prozent reduziert. Damit hat es die vom DLR entwickelte Technologie als erstes nicht amerikanisches Projekt in die „Space Technology Hall of Fame“ geschafft – eine Bestenliste für Raumfahrtprodukte, die auf der Erde eingesetzt werden.

#### Folgemission geplant

Der High-Tech-Würfel mit rund 94 Kilogramm Gewicht und zwei Solarsegeln arbeitete noch nicht im Routine-Betrieb. Vielmehr ging es darum, neue Technologien für ein Infrarot-Frühwarnsystem und für Kleinsatelliten generell zu erproben. BIRD wies aber erfolgreich nach, dass sich Waldbrände – insbesondere ihre Ausdehnung und die auftretenden Flammentemperaturen – frühzeitig aus dem Weltraum bestimmen lassen.

Dies hatte nachhaltigen Erfolg: Die BIRD-Technologien waren bald weltweit gefragt. Mehrere Raumfahrtagenturen – unter anderem aus Brasilien, Argentinien und Mexiko – wollten sie nutzen. Die getestete neue Branderkennung aus dem All sollte in ein weltweit arbeitendes Frühwarnsystem einfließen. Hierfür gab es bei der ESA zwei Szena- rien. Zum einen wurde ein Feuermelde-Satelliten namens FUEGO (Feuer) untersucht, zum anderen ein Infrarot-Sensor zur Branderken- nung für die Internationale Raumstation ISS. Beide Projekte wurden allerdings nicht verwirklicht.

In Deutschland blieb man dem eingeschlagenen Weg jedoch treu: Seit dem 22. Juli 2012 fliegt eine vom DLR konstruierte fortschrittli- che Infrarot-Kamera auf dem deutschen Technologieerprobungssatel- liten TET-1. Danach wird der deutsche Satellit TET-1 als Feuermelder weiter genutzt. Die Feuerwehr kann also auch in Zukunft mit schnel- ler und zuverlässiger Hilfe aus der Raumfahrt rechnen.

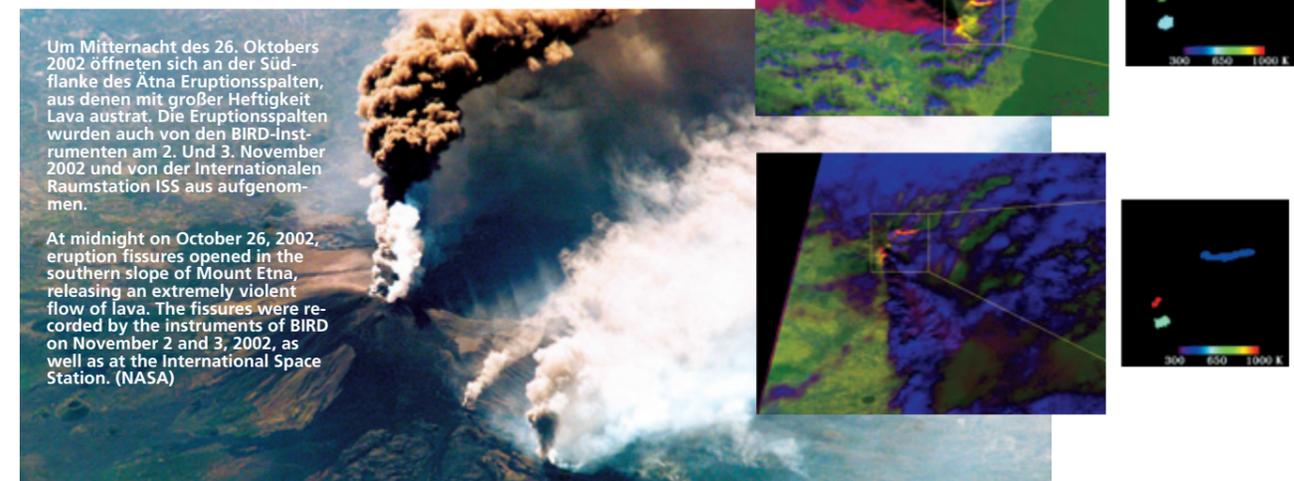
Dozier method, for example, permitted resolving fire parameters in the sub-pixel range: although BIRD's ground resolution in the infrared was nearly 200 metres, its bispectral technology enabled it to distin- guish between a fire with an area of no more than 50 square metres and a temperature of circa 800 degrees Celsius and another fire with a lower temperature which covered an entire pixel. The same tech- nology is now also used in terrestrial applications. By means of cam- eras installed on masts, FireWatch monitors the particularly endan- gered German forests in large part. The project has cut down the rate of forest fire related landscape destruction by nearly 90 per cent. This is how the technology developed by DLR was the first non-American project to enter the 'Space Technology Hall of Fame', a list of excel- lent space technologies that have been put to use here on Earth.

#### Plans for a successor mission

The high-tech cube weighing around 94 kilogrammes and equipped with two solar panels did not go into routine operation. Rather, the mission was about testing new technologies for an infrared early warning system and for small satellites in general. However, BIRD did prove that it is possible to detect forest fires from space in their early stage and to measure their spread and their flame temperature.

With lasting success: soon, there was a worldwide demand for BIRD technologies. Space agencies from several countries, including Brazil, Argentina, and Mexico, wanted to use them. There were plans to integrate the new method for detecting fires from space into a global early warning system. In this context, ESA had two scenarios: a fire alarm satellite called FUEGO (fire) was investigated, as was an infra- red fire-detection sensor for use on the International Space Station. Neither project was realised, however.

Germany, on the other hand, faithfully followed the path it was on: since July 22, 2012, an advanced infrared camera designed by DLR has been flying on the German technology demonstrator TET-1. Moreover, the German satellite TET-1 should be used as an orbital fire detector afterwards. Thus, our firemen can rely on quick and reliable assistance from space also in the future.



Um Mitternacht des 26. Oktobers 2002 öffneten sich an der Süd- flanke des Ätna Eruptionsspalten, aus denen mit großer Heftigkeit Lava austrat. Die Eruptionsspalten wurden auch von den BIRD-In- strumenten am 2. Und 3. November 2002 und von der internationalen Raumstation ISS aus aufgenom- men.

At midnight on October 26, 2002, eruption fissures opened in the southern slope of Mount Etna, releasing an extremely violent flow of lava. The fissures were re- corded by the instruments of BIRD on November 2 and 3, 2002, as well as at the International Space Station. (NASA)



## Das DLR im Überblick

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

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

## Impressum

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

Sabine Göge  
(ViSdP)

Redaktion:  
Martin Fleischmann (Redaktionsleitung)  
Diana Gonzalez (Raumfahrtskalendar)

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

Druck: KÖLLEN DRUCK & VERLAG GmbH  
53117 Bonn-Buschdorf

Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf  
www.cdonline.de

ISSN 2190-7072

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

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## DLR at a glance

DLR is Germany's national research centre for aeronautics and space. Its extensive research and development work in Aeronautics, Space, Energy, Transport and Security is integrated into national and international cooperative ventures. As Germany's space agency, DLR has been given responsibility for the forward planning and the implementation of the German space programme by the German federal government as well as for the international representation of German interests. Furthermore, Germany's largest project management agency is also part of DLR.

Approximately 7000 people are employed at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also operates offices in Brussels, Paris, and Washington D.C.

## Imprint

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

Sabine Göge  
(responsible according to the press law)

Editorial office:  
Martin Fleischmann (Editor in Chief)  
Diana Gonzalez (Space Calendar)

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

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

Layout: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf, Germany  
www.cdonline.de

ISSN 2190-7072

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

Supported by:



Federal Ministry  
of Economics  
and Technology

on the basis of a decision  
by the German Bundestag