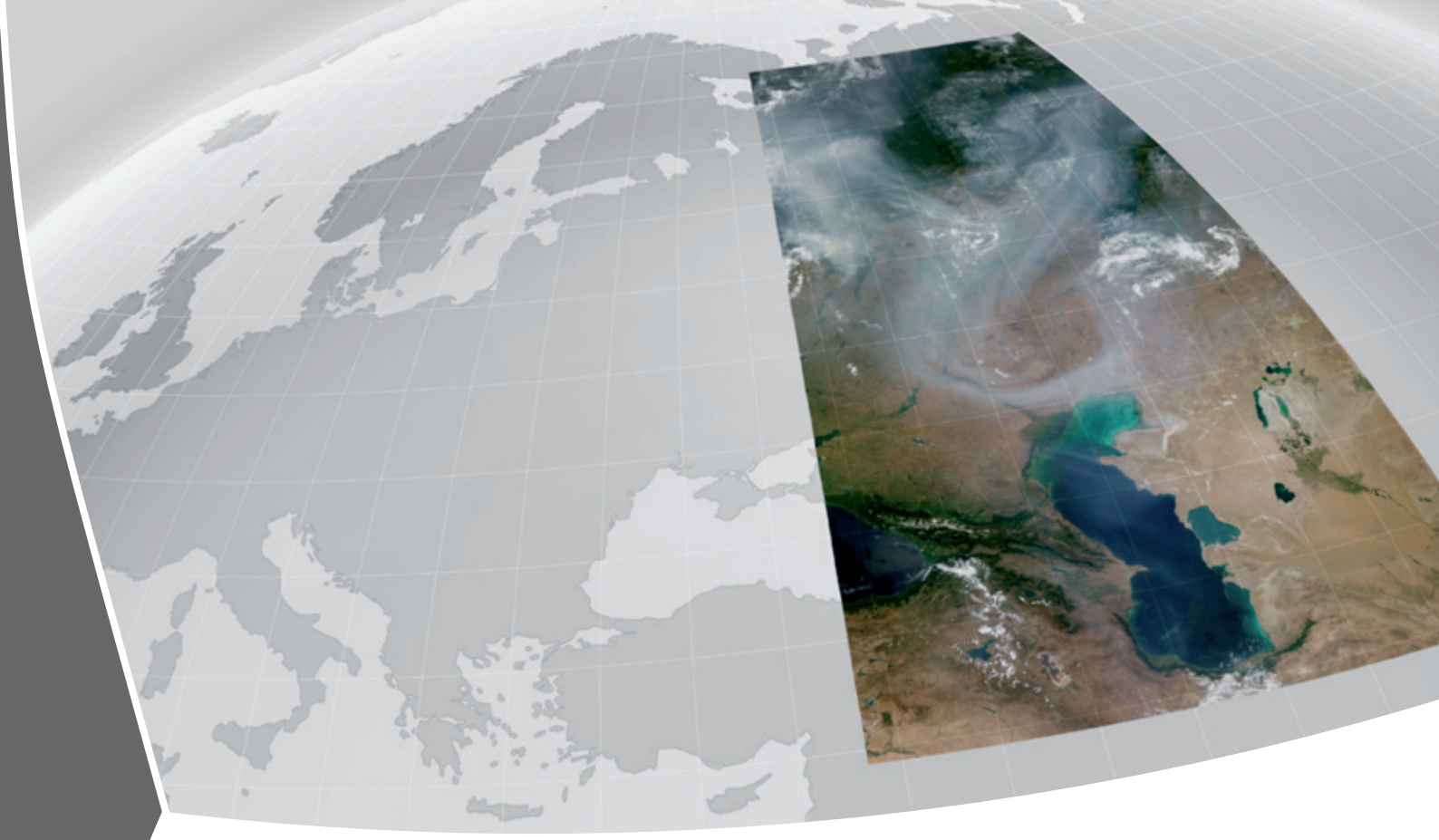


FireBIRD

Ein Satellitensystem des DLR
für Waldbrände und
Feuer-Früherkennung

DLR

Abb. 1:
Waldbrände auf Borneo

Inhalt

Einleitung	1
Waldbrände und CO_2-Emissionen	2
Feuer-Früherkennung	3
Die FireBIRD-Mission	4
Der operationelle Betrieb der FireBIRD-Mission	7
Ausblick	8

Einleitung

Die Freisetzung von Treibhausgasen und Aerosolen aus Bränden hat einen großen Einfluss auf das globale Klima: im Durchschnitt sind Feuer für bis zu 30% der vom Menschen verursachten CO_2-Emissionen verantwortlich. Derzeit fehlen allerdings geeignete Instrumente, um die Menge der Emissionen und somit deren Einfluss auf das Klima genauer abzuschätzen zu können.

In der Zukunft wird – bedingt durch die globale Erwärmung – eine weitere Zunahme von Bränden erwartet. Damit vergrößern sich nicht nur die daraus entstehenden klimawirksamen Emissionen, sondern auch die Anforderungen an eine rechtzeitige Frühwarnung. Wie die schweren Brände in Russland im Sommer 2010 gezeigt haben, ist eine schnelle Reaktion erforderlich, um Feuer möglichst früh zu erkennen und rasch bekämpfen zu können und somit die negativen Folgen für Menschen und Umwelt möglichst gering zu halten.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) trägt mit der FireBIRD-Konstellation, bestehend aus den beiden Satellitenmissionen TET-1 (Technologie-Erprobungsträger) und BIROS (Berlin InfraRed Optical System), zur wissenschaftlichen Erforschung dieser Problematik und zur Feuerfrüherkennung aus dem Weltraum bei. Eine kommerzielle Erweiterung dieser Konstellation, beispielsweise in Kooperation mit stark von Bränden betroffenen Staaten, wird die weltweite Feuer-Frühwarnung in naher Echtzeit revolutionieren.

Abb. 2: Waldbrände in Griechenland (MODIS)

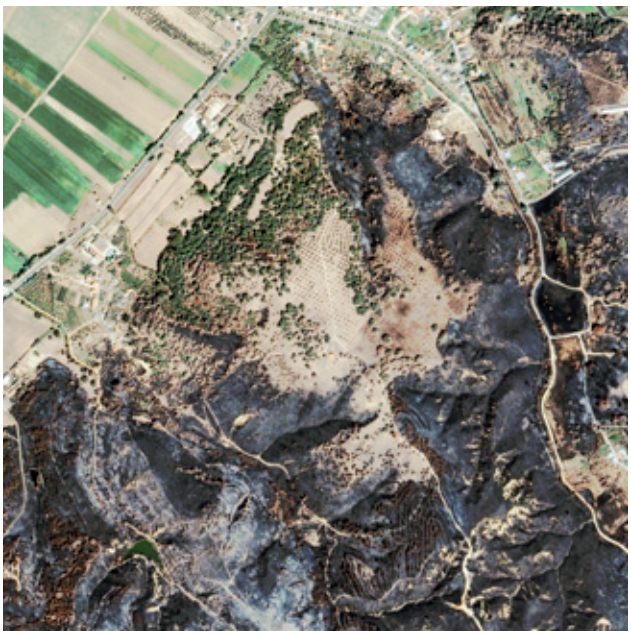


Abb. 3: Brandflächen in Pinheiro Grande, Portugal (IKONOS)

Waldbrände und CO_2-Emissionen

Natürlich auftretende Feuer spielen in vielen Ökosystemen eine wichtige Rolle. Allerdings sind nur ca. 10% der Feuer natürlichen Ursprungs (z.B. ausgelöst durch Blitzschlag). Die weit größere Anzahl an Bränden wird durch den Menschen verursacht.

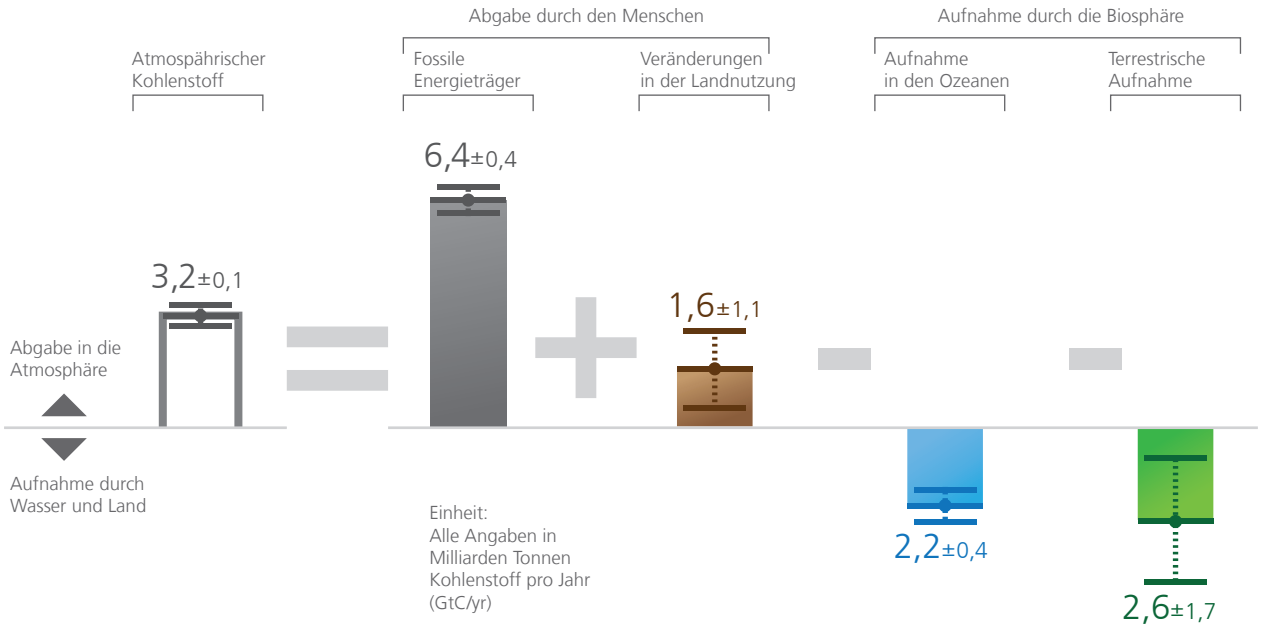
Problematisch ist dabei die gezielte Verbrennung kohlenstoffreicher Ökosysteme. Werden tropische Regenwälder oder trockengelegte Sumpfgebiete abgebrannt, um die entstehenden Flächen in Ackerland umzuwandeln, wird der in Vegetation und Torf gebundene Kohlenstoff freigesetzt und reichert sich in Form von Kohlendioxid und Kohlenmonoxid in der Atmosphäre an. Zwar bindet die nachwachsende Vegetation erneut Kohlenstoff, allerdings in einem weitaus geringeren Maße als das ursprüngliche Ökosystem.

Gemäß der Food and Agriculture Organization (FAO) der Vereinten Nationen werden weltweit jährlich 7,3 Millionen Hektar an Waldfläche vernichtet, zum Großteil durch natürliche und von Menschen bewusst gelegte Brände. Schätzungsweise 1-2 Milliarden Tonnen Kohlenstoff (GtC) gelangen so in die Atmosphäre, zusätzlich zu den etwa 6 GtC, die durch die Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt werden (Abb. 4). Dies bringt den globalen Kohlenstoffkreislauf aus seinem Gleichgewicht, da das zusätzliche CO_2 nicht vollständig von der Land- und Meeresoberfläche aufgenommen werden kann. Netto reichern sich jährlich etwa 3,2 GtC zusätzlich in der Atmosphäre an und führen in Form von CO_2 zusammen mit anderen Spurengasen und Aerosolen durch den so genannten Treibhauseffekt zu einem Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur.

Wissenschaftler schätzen, dass die globalen CO_2-Emissionen allein aus Waldbränden bis zu 20% zum anthropogenen Treibhauseffekt beitragen. Damit haben Brände also einen größeren Einfluss auf das Klima als bisher angenommen.

Die Ursachen sind bekannt, die Herausforderung liegt jetzt vor allem in der globalen Abschätzung der Brandfläche und einer genauen Messung der CO_2-Emissionen.

Abb. 4: Globale Kohlenstoffbilanz mit den wichtigsten Kohlenstoffflüssen in Gigatonnen pro Jahr. Die Unsicherheiten der einzelnen Flüsse werden durch die Fehlerbalken angezeigt (nach: IPCC 2007).



Feuer-Früherkennung

Nach einer auf Satellitendaten basierenden Schätzung werden jährlich ca. 3,5-4,5 Mio. km² der globalen Landoberfläche durch Brände in Mitleidenschaft gezogen. Dies entspricht in etwa der zehnfachen Fläche Deutschlands. Die verschiedenen Regionen der Erde sind dabei unterschiedlich stark von Feuern betroffen (Abb. 5).

Der Klimarat der Vereinten Nationen (IPCC) geht davon aus, dass durch den vom Menschen verursachten Klimawandel – und den damit verbundenen Temperaturanstieg – das Brandrisiko in den nächsten Jahrzehnten noch weiter steigen wird. Modellrechungen zufolge wird dies zum einen eine längere Periode mit hohem Brandrisiko. Zum anderen werden sich die Gebiete ausdehnen, die vor allem während der Sommermonate extrem gefährdet sind. Neben den tropischen und subtropischen Regionen wird diese Entwicklung vor allem die großen Wälder der gemäßigten und borealen Zone in Kanada und Russland betreffen. Dabei stellen besonders unkontrollierte – natürliche und vom Menschen verursachte – Brände in Siedlungsnähe für die Bevölkerung eine große Gefahr dar. Die im Juli und August 2010 in Russland wütenden Waldbrände sind nur ein Beispiel dafür. Dichter, mit Schadstoffen angereicherter Rauch legte sich über Moskau, große Getreidemengen verbrannten. Die Feuer bedrohten sogar Atomanlagen. Insgesamt wurden mehr als 9000 km² von Bränden verwüstet, was in etwa der Hälfte des Bundeslandes Rheinland-Pfalz entspricht.

In Zukunft kann nur eine schnelle und effiziente Frühwarnung verbunden mit der kurzfristigen Verfügbarkeit von Einsatzkräften helfen, diese Gefahren in den Griff zu bekommen.

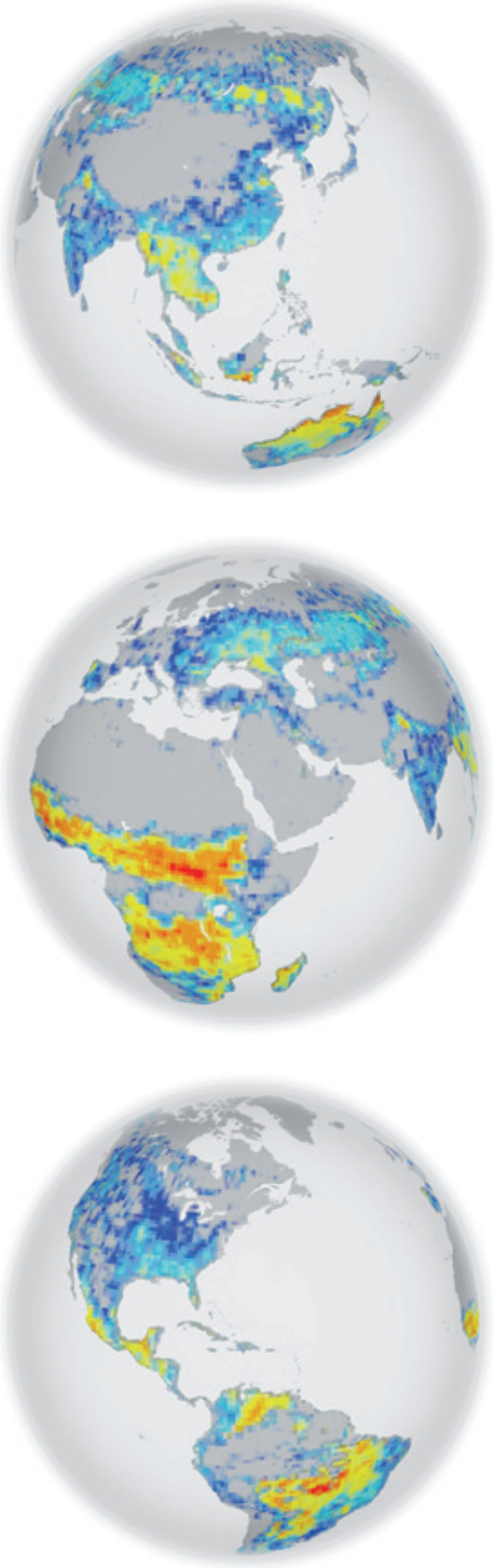


Abb. 5: Durchschnittliche jährliche Anzahl von Bränden, abgeleitet aus Satellitendaten (nach: Giglio et al. 2006)

Feuer pro Jahr

- 1-4
- 5-19
- 20-49
- 50-99
- 100-199
- 200-499
- >500

Die FireBIRD-Mission

Bereits seit einigen Jahren werden weltweit verfügbare Satellitendaten zur Detektion aktiver Brände, sowie zur Abschätzung der globalen Brandfläche und der freigesetzten Emissionen verwendet. Die vorhandenen Sensoren arbeiten mit einer räumlichen Auflösung von bestenfalls 1 km x 1 km und können nur Brände mit einer abgestrahlten Leistung von über 10 Megawatt (MW) zuverlässig erkennen: dies entspricht etwa einem Vegetationsfeuer von ca. 200 m^2 Ausdehnung. Circa 50% aller Feuer sind kleiner und können mit den derzeit verfügbaren Satellitensystemen nicht erfasst werden. Dies bedeutet, dass auch die aus diesen Bränden entstehenden Emissionen nicht hinreichend berücksichtigt werden können.

Die deutsche FireBIRD-Mission soll dazu beitragen, die hier vorhandenen Unsicherheiten deutlich zu reduzieren. Zusammen mit den bereits im Orbit befindlichen Systemen sollen TET-1 und BIROS als „Feuerlupe“ wirken. Durch eine bessere räumliche Auflösung von etwa 200 m x 200 m pro Pixel wird zum einen die wichtige Beobachtungslücke für die hohe Anzahl kleinerer Brände (mit einer nach oben abgestrahlten Leistung zwischen 1 MW und 10 MW) geschlossen, so dass wesentlich mehr Brände überhaupt erkannt und in der Emissionsbilanz erfasst werden können. Zum anderen wird die FireBIRD-Mission zur Validierung und Feinjustierung der Emissionsabschätzung aus räumlich schlechter aufgelösten Daten genutzt, die z.B. mit geostationären Satelliten in kurzen zeitlichen Abständen gewonnen werden.

Abb. 6: Waldbrände im Osten Russlands (MODIS)

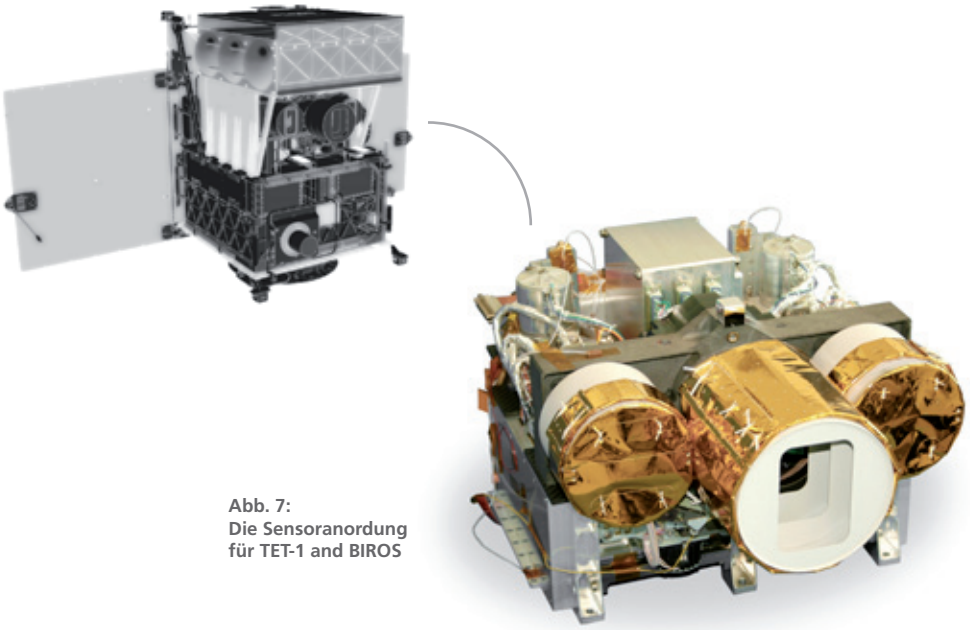


Abb. 7:
Die Sensoranordung für TET-1 and BIROS

Was die Feuer-Frühwarnung betrifft, so kann nur eine Konstellation bestehend aus mehreren niedrig umlaufenden Satelliten dem Bedarf an Feuerinformation mit hinreichender räumlicher und zeitlicher Auflösung gerecht werden. Die FireBIRD-Konstellation wird auf experimenteller Basis, sozusagen als Vorläufer einer Satellitenmission zur Brandfrüherkennung, räumlich gut aufgelöste Feuerinformationen mit einer maximalen Zeitverzögerung von zwei Stunden für die von ihr abgedeckten Gebiete liefern. Dabei werden bestimmte Brandparameter bereits an Bord des Satelliten aus den aufgenommenen Daten gewonnen. Einsatzkräften vor Ort kann die Lage von bereits aktiven oder gerade entstehenden Brandherden direkt auf das Mobiltelefon gefunkt werden.

Beide Satelliten, TET-1 und BIROS, basieren auf den technologischen Erfahrungen, die das DLR im Rahmen der BIRD-Mission von 2001 bis 2004 sammeln konnte. BIRD wurde an der Berliner Hauptabteilung Optische Informationssysteme des Instituts für Robotik und Mechatronik entwickelt und lieferte beeindruckende Aufnahmen von kleinen und großen Brandherden weltweit. Die kleinste mit BIRD erfasste Brandfläche wies eine Größe von 4 m² auf.

Abb. 8: Überischt zur BIROS Mission

Mission		**Satellit**	
Orbit	560 Kilometer, sonnensynchron	Abmessungen	83 x 54 x 62 Zentimeter
Inklination	97,6°	Masse gesamt	ca. 130 Kilogramm
Missionsbetrieb	Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, Deutsches Raumfahrtkontrollzentrum	Masse Nutzlast Infrarot-Sensor	ca. 14 Kilogramm
Missionsplanung	< 1,5 Jahre	Energie	200 Watt Gleichstrom
Missionsdauer	> 2,5 Jahre	Kommunikation	S-Band, UHF

Abb. 9: Großbrand in den San Bernardino Mountains, Kalifornien (Foto ISS)

Kernstück der Nutzfracht von TET-1 und BIROS ist wie bei BIRD ein bi-spektraler Infrarot-Sensor (Abb. 7), der die Aufzeichnung von Signalen im mittleren und thermalen Spektralbereich erlaubt (3,4 - 4,2 µm bzw. 8,5 - 9,3 µm). Eine weitere Kamera deckt in drei Kanälen den Bereich des sichtbaren Lichts und des Nahinfrarots ab (vgl. Abb. 8).

Zur besseren räumlichen und zeitlichen Abdeckung werden die beiden Satelliten die Erde in einer Höhe von ca. 570 km in sonnensynchronen Orbits mit unterschiedlichen lokalen Äquatorschnittzeiten umrunden. Der Start von TET-1 ist für 2011 geplant, BIROS soll 2013 folgen. TET-1 ist dabei ein vom DLR-Raumfahrtmanagement finanzierter Technologie-Erprobungsträger, der auch andere Nutzlasten mitführt, BIROS ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) maßgeblich finanzierter Kleinsatellit.

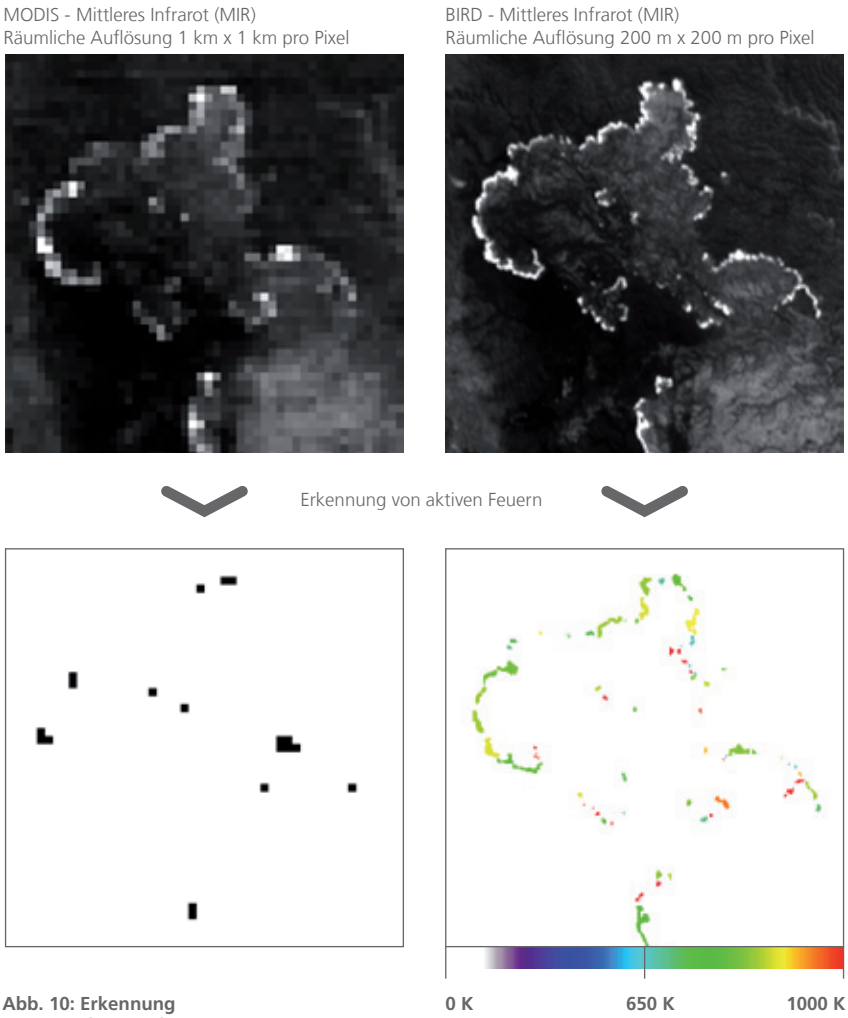


Abb. 10: Erkennung der Feuerfronten für Buschfeuer in der Nähe von Sydney, Australien.

Der operationelle Betrieb der FireBIRD-Mission

Abb. 11: Schematische Darstellung der Prozesskette von der Datenanfrage bis zur Auslieferung.

Bei allen Satellitenmissionen ist die operationelle Datenverarbeitung ebenso wichtig wie die Entwicklung des Instruments selbst. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt hat hier langjährige Erfahrungen und Systemkompetenz, von der Steuerung und Kontrolle der Satelliten zum Datenempfang über weltweit verteilte Bodenstationen bis hin zur Datenaufbereitung in naher Echtzeit und Archivierung der Daten.
Das Bodensegment für die FireBIRD-Mission wird durch zwei DLR-Institute abgedeckt: das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum (GSOC) in Oberpfaffenhofen mit der Bodenstation Weilheim und das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) mit der Bodenstation und dem Nutzlastdatenzentrum in Neustrelitz (Abb. 13).
Die Planung des Betriebs der Satelliten und der Infrarot-Sensoren erfolgt am GSOC in Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Team in Berlin. Im Orbit werden die Satelliten vom GSOC über die Bodenstation in Weilheim aus kontrolliert und gesteuert.
Da der Satellit BIROS auf den TET-1-Satellitenbus aufbaut, wird diese Mission schnell mit dem für den Formationsflug notwendigen Erweiterungen in das aufgebaute System eingebunden werden können. Die Bodenstation des DFD in Neustrelitz wird die Sensordaten empfangen und aufbereiten.
Nach dem Empfang können die Daten sofort automatisch von verschiedenen Prozessoren bearbeitet werden, so dass in nahezu Echtzeit verschiedene abgeleitete Produkte und Dienstleistungen zur Verfügung stehen. Mit Hilfe des Data Information Management System (DIMS) werden die Daten schließlich im Nationalen Satellitendatenarchiv katalogisiert, archiviert und der wissenschaftlichen Nutzergemeinschaft dauerhaft bereitgestellt.

Abb. 12:
Waldbrände auf Borneo

Ausblick

Abb. 13:
1. Deutsches Raumfahrtkontrollzentrum (GSOC)
2. Empfangsanlagen in Neustrelitz
3. Das Earth Observation Center ist Sitz des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)

Deutschland werden mit der FireBIRD-Konstellation ab 2011 (TET-1) bzw. 2013 (BIROS) zwei Satellitenmissionen zur Verfügung stehen, die wesentlich zur Abschätzung klimawirksamer Emissionen aus Bränden beitragen werden. Zusätzlich werden die Fähigkeiten nachgewiesen, Feuer zu erkennen und Brandwarnungen auszusprechen. Eine kommerzielle Aufstockung der Mission um drei bis vier weitere Satelliten würde zudem eine operationelle Feuerfrühwarnung aus dem Weltraum in naher Echtzeit ermöglichen. Mit einer solchen Mission wird es dann auch möglich sein, Feuerfronten kurz nach deren Entstehen zu erkennen, ihre Ausbreitungsrichtung und -geschwindigkeit abzuleiten und somit sinnvolle Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Darüber hinaus wird bereits die FireBIRD-Konstellation wesentlich dazu beitragen, andere wissenschaftliche Fragestellungen bei sogenannten Hochtemperaturereignissen, wie z.B. vulkanischen und geothermalen Aktivitäten, Kohleflözbrände oder der Berechnung der Strahlungsleistung zu beantworten.

Impressum

Beteiligte DLR-Einrichtungen und Ansprechpartner:

Satelliten- und Sensorentwicklung:

Institut für Robotik und Mechatronik
Einrichtung Optische Informationssysteme
Berlin-Adlershof
Ansprechpartner: Dr.-Ing. Andreas Eckardt
Telefon: +49 30 67055-539
Telefax: +49 30 67055-532

Bodensegment:

Raumflugbetrieb und Astronautentraining
Oberpfaffenhofen-Wessling
Ansprechpartner: Dr. Martin Wickler
Telefon: +49 8153 28-1276
Telefax: +49 8153 28-1451

Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
Neustrelitz
Ansprechpartner: Holger Maass
Telefon: +49 3981 480-111
Telefax: +49 3981 480-299

Anwendung:

Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
Oberpfaffenhofen-Wessling
Ansprechpartner: Dr. Tanja Kraus
Telefon: +49 8153 28-1398
Telefax: +49 8153 28-3444

Herausgeber
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Wissenschaftliche Redaktion
Dr. Tanja Kraus
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum

Mit Beiträgen von Kollegen der DLR-Institute
Robotik und Mechatronik, Physik der Atmosphäre,
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum

Gestaltung
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
Wissenschaftskommunikation und Visualisierung

Druck
Druckerei Thierbach KG, Mülheim/Ruhr

Abdruck (auch von Teilen) oder sonstige Verwendung
nur nach vorheriger Absprache mit dem DLR gestattet.

www.DLR.de

Quellennachweis:

Bowman, D., Balch, J., Artaxo, P., Bond, W., Carlson, J., Cochrane, M., D'Antonio, C., DeFries, R., Doyle, J., Harrison, S., Johnston, F., Keeley, J., Krawchuk, M., Kull, C., Marston, J., Moritz, M., Prentice, I., Roos, C., Scott, A., Swetnam, T., van der Werf, G. & S. Pyne (2009): Fire in the Earth System. – In: Science 324, 481, DOI: 0.1126/science.1163886

FAO (2009): The State of the World's Forests. Rome (also available at http://www.fao.org/docrep/011/i0350e/i0350e00.htm).

Giglio, L., I. Csiszar & C. O. Justice (2006): Global distribution and seasonality of active fires as observed with the Terra and Aqua Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensors. – In: Journal of Geophysical Research, 111, G02016, doi:10.1029/2005JG000142.

Halle, W. (2010): BIROS Exposé (Berlin InfraRed Optical System), DLR, Berlin.

IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – In: Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.), IPCC, Geneva, Switzerland.

Oertel, D. (2005): ECOFIRE – Study on Scientific Assessment of Space-borne High Temperature Event Observing Mission Concepts, Final Report, (ESA/ESTEC Contract 17690/30/NL/FF) DLR, Berlin.

Rücker, G., Hoffmann, A. & C. Mott (2005): Fire Recognition Satellite System (FIRES) Market Study, FIRES Qualitative Market Analysis, Final Report, ZEBRIS GIS and Consulting GbR.

Tansey, K., Grégoire, J. M., Defourny, P., Leigh, R., Pekel, J. F. O., van Bogaert, E. & E. Bartholomé (2008): A new, global, multi-annual (2000–2007) burnt area product at 1 km resolution. – In: Geophys. Res. Lett., 35, L01401, doi:10.1029/2007GL031567.

Zhukov, B., Briess, K., Lorenz, E., Oertel, D. & W. Skrbek (2005): Detection and analysis of high-temperature events in the BIRD mission. – In: Acta Astronautica, 56 (1-2), S. 65-71. DOI: 10.1016/j.actaastro.2004.09.014.

Bildnachweis:

Titelbild: Rendering DLR-DFD-WV, NASA, MODIS Aqua 2010/217
Abb.1: Foto von Prof. Dr. Florian Siegert, RSS GmbH
Abb.2: Prozessierung DLR-DFD-WV, NASA, MODIS Aqua 2007/238
Abb.3: European Space Imaging, IKONOS, 2003
Abb.4: Grafik DLR-DFD-WV, nach: IPCC 2007
Abb.5: Rendering DLR-DFD-WV, nach: Giglio et al. 2006
Abb.6: Prozessierung DLR-DFD-WV, NASA, MODIS Aqua 2008/200
Abb.7: DLR Exposé BIROS
Abb.8: Foto DLR
Abb.9: Montage DLR-DFD-WV, NASA/JSC, ISS Digital Camera, ISS007-E-18087, ISS007-E-18088
Abb.10: DLR
Abb.11: Grafik DLR-DFD-WV
Abb.12: Foto von Prof. Dr. Florian Siegert, RSS GmbH
Abb.13: 1. Foto DLR-GSOC, 2. Foto DLR-DFD, 3. Foto DLR-DFD-WV

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 13 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Sonnensystem, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien, zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.

DLR

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
Oberpfaffenhofen

www.DLR.de

FireBIRD-001-DLR-DE