

## **Waldbrände und Klima -**

### **Die Bedeutung des „FireBIRD“-Systems**

Prof. Schumann (DLR-PA), Dr. Halle (DLR-RM-ES),

Prof. Hirzinger (DLR-RM), Dr. Kraus (DLR-DFD-LT)

#### **1. Waldbrände**

Waldbrände sind besonders in den jahreszeitlich trockeneren Tropen und in den Subtropen ein natürliches Phänomen und gehören hier zum Jahreszyklus. Waldbrände entstehen teils auf natürliche Weise u.a. durch Blitzschlag. Der größere Teil der Waldbrände wird heute jedoch durch den Menschen verursacht (Brandrodung, Brandstiftung).

Ein gutes Beispiel für das Zusammenwirken anthropogener und klimatischer Faktoren sind die Waldbrände in Indonesien während der El Nino-Periode 1997-1998. Einerseits sind die Brände in den meisten Fällen durch Brandrodung verursacht worden. Ihre Ausbreitung und Dauer war aber wesentlich durch die Trockenheit bedingt, die als Folge der El-Niño-Periode in dieser Region herrschte.

Auch in den höheren Breiten macht sich der klimatische Einfluss auf Waldbrände bemerkbar. So haben sich in den letzten 20 Jahren die Waldbrände in den borealen Wäldern des westlichen Nordamerika parallel zu der beobachteten Erwärmung in der Region verdoppelt. Ähnliche Beobachtungen gibt es auch aus den Waldgebieten Eurasiens. Obwohl z.B. in Skandinavien intensive Maßnahmen größere Feuer erfolgreich verhindert haben, brannten in den letzten Jahrzehnten in den zirkumpolaren borealen Gebieten jährlich 5-10 Millionen ha Wald pro Jahr.

Im Juli und August 2010 wüteten heftige Brände in Russland. Dichter Rauch mit schädlichen Gasen legte sich über Moskau. Riesige Getreidemengen verbrannten. Die Feuer bedrohten Atomanlagen. Teils wurde die große Dürre in der Region für die Katastrophe verantwortlich gemacht. In der Waldbrandregion herrschte zu Beginn der Feuer in der Tat extreme Hitze. Die Feuer-Region war Satelliten-Messungen der NASA zufolge vor Ausbruch der Brände Ende Juli mehr als zwölf Grad wärmer als sonst während dieser Jahreszeit in den vergangenen zehn Jahren. Möglicherweise sind mehr als 7600 Quadratkilometer von Bränden verwüstet. Das entspricht etwa der dreifachen Größe des Saarlandes.

## **2. Beeinflussung von Klima, Wetter, Luftqualität und Gesundheit durch Waldbrände**

Bei Waldbränden oder generell bei der Verbrennung von Biomasse entstehen viel Gase und Aerosole. Dazu gehören Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Stickoxide, und verschieden große Partikel.

Die Freisetzungsraten für Gase und Partikel aus Waldbränden hängt von vielen Parametern ab, insbesondere vom Brennmaterial, der Art der Verbrennung, und dem aktuellen Wetters (Wind, Bodenfeuchte).

Ein Teil des freigegeben Kohlendioxids wird beim Nachwachsen der Biomasse wieder aufgenommen. Ein Ökosystem, das sich nach Feuer wieder erholt, bindet die gleiche Menge Kohlenstoff, die beim Feuer freigesetzt wurde. Im Zuge eines sich verstärkenden Klimawandels verbleibt aber ein großer Teil des Kohlendioxids für Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte in der Atmosphäre und verstärkt so den Treibhauseffekt. Die Verbrennung der Regenwälder oder der Sumpf- und Mooregebiete weltweit, die bislang großen Mengen an Kohlenstoffvorräten speicherten, tragen in alarmierender Weise zur Klimaänderung bei. Die Größenordnung liegt bei etwa 1-2 Milliarden Tonnen Kohlenstoff, die aus diesen Ökosystemen zusätzlich freigesetzt werden. Bei der Verbrennung fossiler Energieträger werden vergleichsweise ca. 6 Milliarden t Kohlenstoff freigesetzt.

Brände verringern die Sichtweiten und haben Gesundheitsauswirkungen auf die Bevölkerung in der Umgebung. Kohlenmonoxid (CO) ist giftig. Eine Vergiftung mit Kohlenmonoxid kann im Extremfall zum Erstickungstod führen. In der Lunge können Rußpartikel zu einer Schädigung des Lungengewebes führen.

Kohlenmonoxid und Stickoxide verursachen Photosmog. Durch das dabei gebildete Ozon wird der Treibhauseffekt verstärkt. Der Beitrag von Waldbränden zu den globalen Stickoxidquellen ist ein Vielfaches der Beitrages des Luftverkehrs. Noch größer sind jedoch die Quellen von Stickoxiden bei der Verbrennung fossiler Treibstoffe in Industrie und Verkehr am Boden.

Das Aerosol aus Waldbränden beeinflusst Wetter und Klima auf komplexe und vielfältige Weisen. Ein Teil der freigesetzten Partikel wirkt als Wolkenkondensationskerne. Auf ihnen entstehen durch Kondensation von Wasserdampf Wolkentröpfchen. Das hat vielfältige Folgen. Eine Zunahme von Wolkentröpfchen erhöht die Rückstreuung von Sonnenlicht in den Weltraum und wirkt dadurch kühlend. Kleinere Wolkentropfen haben geringere Fallgeschwin-

digkeiten als große und daher wird durch die Brände von Biomasse auch die Neigung zu Regen und anderen Niederschlag verändert.

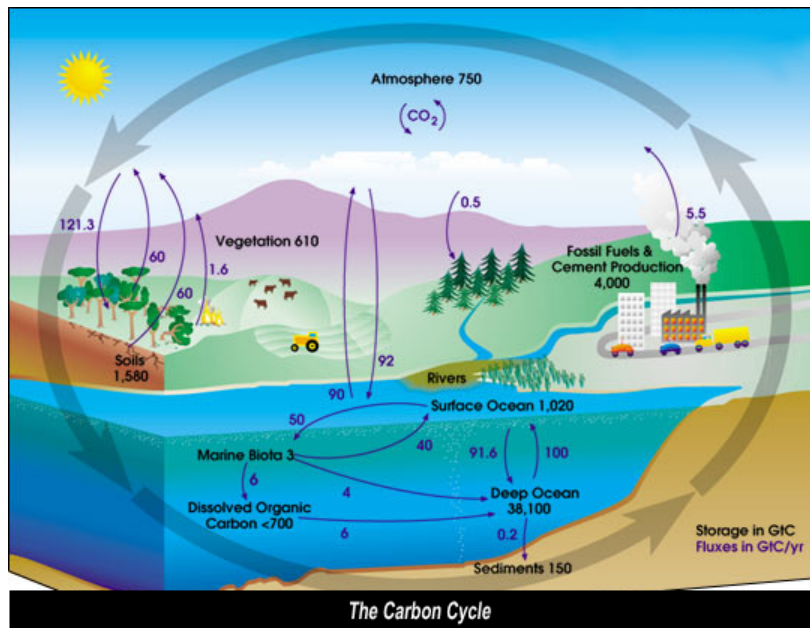


Abb. 1 Der globale Kohlenstoffkreislauf (Quelle: NASA 2010).

### 3. Auswirkung des globalen Klimawandels auf Waldbrände

Es wird erwartet, dass durch den anthropogenen Klimawandel in den nächsten Jahrzehnten die Häufigkeit von Waldbränden zunehmen wird, besonders in solchen Gebieten, in denen die Temperatur deutlich ansteigt und die Niederschläge gleich bleiben oder abnehmen. Während in jüngster Zeit vor allem die Wälder in den Tropen Bränden zum Opfer gefallen sind, werden in Zukunft die Wälder der gemäßigten und borealen Zone wesentlich mehr als gegenwärtig betroffen sein. Das trifft vor allem für die großen Waldgebiete in Kanada und Russland zu. Bei einer Verdoppelung der CO<sub>2</sub>-Konzentration wird hier ein Anstieg der Wintertemperatur um 6-10 °C und der Sommertemperatur um 4-6 °C angenommen. Auch wenn die Niederschläge steigen, wird das durch die zunehmende Verdunstung mehr als ausgeglichen. Zum einen, so ergeben Modellberechnungen, beginnt die Brandsaison früher, und größere Gebiete werden schon im Mai von extremer Brandgefahr betroffen sein (in Kanada 0,5 Mill. km<sup>2</sup>, in Russland über 1 Mill. km<sup>2</sup>), was bisher nur auf einer sehr geringen Fläche der Fall war. Zum anderen nimmt in den anderen Sommermonaten, besonders aber im Juni und Juli, die Ausdehnung der Gebiete mit sehr hoher und extrem hoher Waldbrandgefahr deutlich zu.

Feuer haben also einen größeren Einfluss auf das Klima, als bisher angenommen. Die Zusammenhänge sind allerdings bislang noch weitgehend unerforscht. Schwierigkeiten liegen nicht nur in der globalen Abschätzung der Brandfläche und einer genauen Quantifizierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (IPCC 2007), sondern auch in der Beantwortung von Fragen wie

- Quellstärken von Feueremissionen,
- Ausbreitung und Verdünnung der Abgasfahnen (Feuerplumes)
- Chemische Umwandlung und Klimawirkung (z.B. O<sub>3</sub>-Produktion, Rußabsorption, Strahlungseffekte)
- Veränderung der lokalen Wettersituation
- Beeinflussung der Luftqualität

Hier sind also viele wissenschaftliche Fragen offen, zu deren Beantwortung des Satellitensystems Fire\_BIRD maßgeblich beitragen soll:

#### **4. Das Fire-BIRD-System auf Basis der Satelliten TET 1 und BIROS**

Bereits seit einigen Jahren werden Satellitendaten mit globaler Abdeckung zur Abschätzung der oben genannten Parameter verwendet (z.B. von den Satelliten MODIS, METEOSAT, CALIPSO, ADM, EarthCARE). Eine wesentliche Limitation der vorhandenen Sensoren liegt dabei in ihrer relativ schlechten räumlichen Auflösung von bestenfalls 1 km pro Pixel. Typischerweise können nur Brände mit einer abgestrahlten Leistung von über 10 Megawatt (= flammendes Vegetationsfeuer von ca. 200m<sup>2</sup>) zuverlässig erkannt werden. Dies bedeutet, dass bis zu 50% aller Feuer von den derzeit verfügbaren Satellitensystemen nicht erfasst wird.

Die deutsche FireBird-Mission auf Basis der neuen Satelliten TET-1 und BIROS soll dazu beitragen, die vorhandenen Unsicherheiten und Lücken deutlich zu reduzieren. Zusammen mit den bereits im Orbit befindlichen oben erwähnten Systemen sollen TET-1 und BIROS als „Feuerlupe“ wirken. Zum einen wird die wichtige Beobachtungslücke für die hohe Zahl kleiner Feuer (mit einer nach oben abgestrahlten Leistung zwischen 1 MW und 10 MW) geschlossen, so dass wesentlich mehr Brände überhaupt erkannt und in der Emissionsbilanz überhaupt erst erfasst werden können. Zum anderen wird die TET-1/BIROS-Mission zur Validierung und Feinjustierung der Emissionsabschätzung aus räumlich schlechter aufgelösten Daten genutzt, welche z.B. mit geostationären Satelliten in kurzen zeitlichen Abständen gewonnen werden.

Beide Satelliten 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  $12 \text{ m}^2$  auf.

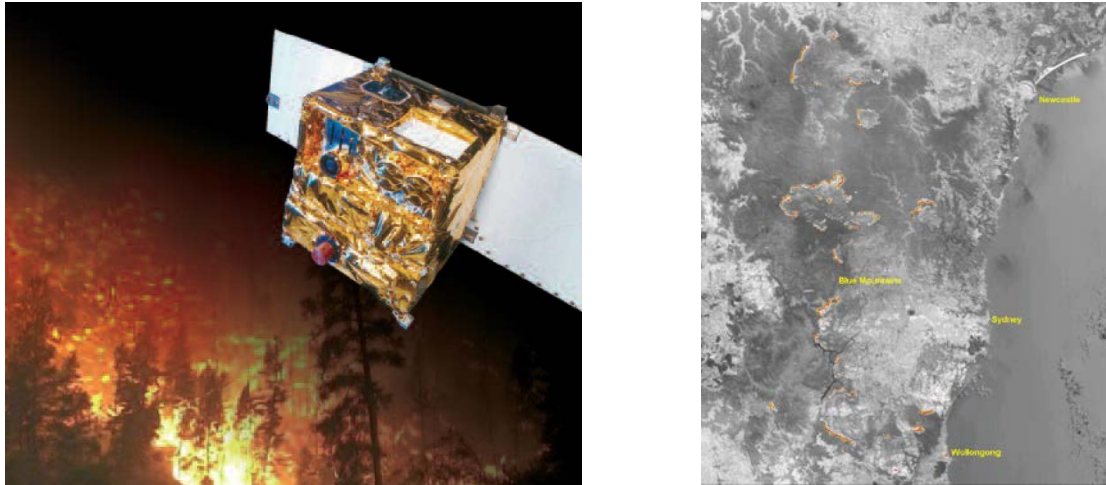


Abb. 2 Die BIRD-Mission des DLR zur Feuerdetektion (2001 - 2004)

Kernstück der Nutzfracht von TET-1 und BIROS ist wie beim BIRD-Satelliten ein im DLR-Institut für Robotik und Mechatronik entwickelter bi-spektraler Infrarot-Sensor, der die Aufzeichnung von Signalen im mittleren und thermalen Spektralbereich erlaubt ( $3.4 - 4.2 \mu\text{m}$  bzw.  $8.5 - 9.3 \mu\text{m}$ ). Eine weitere Kamera deckt in drei Kanälen den Bereich des sichtbaren Lichts und des Nahinfrarots ab. Die komplette Elektronik hierzu wird neuentwickelt.

Im Gegensatz zu den bestehenden Missionen kann TET-1/BIROS Daten zu Feuern in einer wesentlich höheren räumlichen Auflösung bereitstellen (ca.  $200 \text{ m}$  im mittleren und thermalen Infrarot gegenüber  $1 \text{ km}$  pro Pixel). Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal liegt in der Echtzeit-Justierung der Sensor-Integrationszeit: wenn die an Bord aufgenommenen und prozessierten Daten eine Sättigung des Signals vermuten lassen, wird eine zweite Belichtung mit kürzerer Integrationszeit ausgelöst. Diese intelligente Technologie behebt das Problem der Sättigung bei extrem heißen Feuern.

Vor allem soll beim BIROS-Satelliten durch eine gesteigerte Onboard-Prozessierung Waldhütern die Lage von bereits aktiven oder gerade entstehenden Brandherden direkt auf ihr Handy gefunkt werden.

BIROS wird auch im Gegensatz zu BIRD ein eigenes Antriebssystem haben. Vor allem aber soll durch ein neuartiges System von hochdynamischen Reaktionsrädern der Satellit Schwenkbewegungen in Flugrichtung und quer dazu zu machen, wie sie in diesem Maß der „Agilität“ bisher unbekannt sind. Er soll sich dadurch nicht nur schnell einen Überblick über

Gebiete schaffen, die nicht direkt „unter ihm“ liegen, sondern soll solche Gebiete auch gezielt ins Auge fassen, wenn er von anderen Systemen auf sie aufmerksam gemacht wird.

Zur besseren räumlich-zeitlichen Überdeckung wird die Konstellation aus den 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, BIRD soll 2013 folgen. TET-1 ist dabei ein von der DLR-Raumfahrtagentur finanzierter Technologieerprobungsträger, der auch andere Nutzlasten mitgeführt. BIROS ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) maßgeblich finanzierter Kleinsatellit.

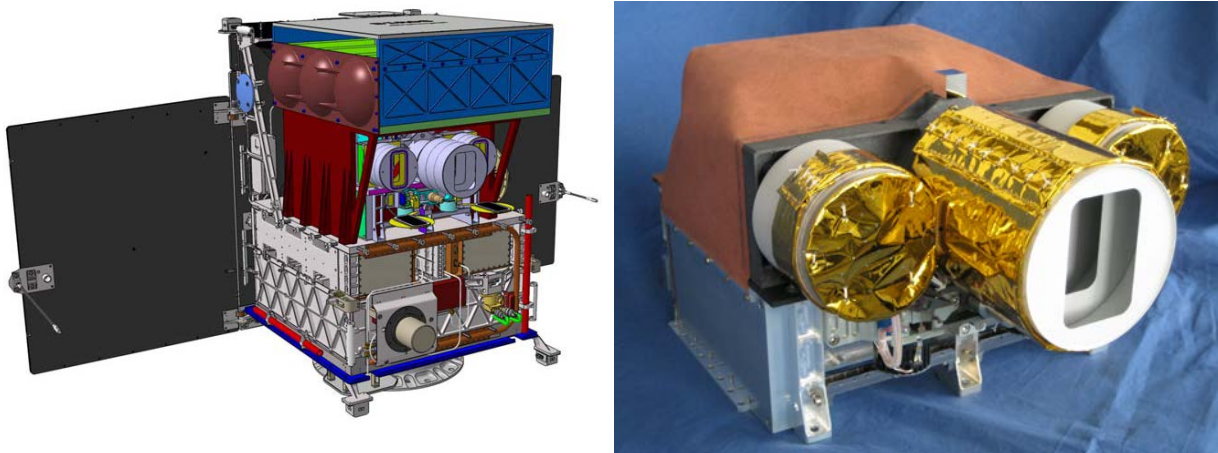


Abb. 3 Der CAD-Entwurf für den BIROS-Satelliten (Quelle: DLR\_BIROS\_Expose.pdf)

## 5. Der operationelle Betrieb der TET-1/BIROS-Mission

Die langjährigen Erfahrungen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in der Konzeption und beim Betrieb neuer Satellitenmissionen sind international anerkannt. Ebenso hat sich das DLR in der Verarbeitung und Analyse von satellitenbasierten Fernerkundungsdaten für Umweltüberwachung und Kriseninformation einen Namen gemacht.

Das Bodensegment für die Mission TET-1/BIROS 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 Payload Data Center (PDC) in Neustrelitz.

In Vorbereitung auf den Start im Jahr 2011 ist die Mission TET-1 in die an den Standorten vorhandenen Multimissionsumgebungen integriert worden. Da der Satellit BIROS auf dem TET-1-Satellitenbus aufbaut, wird diese Mission schnell mit dem für den Formationsflug notwendigen Erweiterungen in das aufgebaute System eingebunden werden können.

Am GSOC erfolgt die Planung des Betriebs des Satelliten und der Infrarot-Kamera in Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Team in Berlin. Der Satellit BIROS wird vom GSOC über die Bodenstation in Weilheim aus kontrolliert und gesteuert.

Die Bodenstation des DFD in Neustrelitz empfängt und bereitet die Daten der Infrarot-Kamera-Nutzlast auf. Im Payload Data Center werden diese Daten dann mit Hilfe des Data Information Management System (DIMS) im Nationalen Satellitendatenarchiv katalogisiert, archiviert und für die wissenschaftlichen Nutzergemeinschaft bereitgestellt. Mit dem DIMS ist es möglich, die Daten sofort nach dem Empfang automatisch durch die von den wissenschaftlichen Teams betreuten Prozessoren verarbeiten zu lassen.