

## **GMES: Globale Beobachtung der Umwelt und der Sicherheit – ein europäisches Programm zur Stärkung der satellitenbasierten Erdbeobachtung**



*Gunter Schreier, Stefan Dech*

### **GMES im Überblick**

Neben dem europäischen Satelliten-Navigationssystem Galileo ist das Programm zum »Global Monitoring for Environment and Security« (GMES) eine der Säulen der europäischen Raumfahrtstrategie. Nach politischen Orientierungsprogrammen (z. B. CEO = Center for Earth Observation) der Europäischen Kommission und nach Auslaufen der ersten operationellen Erdbeobachtungssatellitenlinie der ESA (ERS und ENVISAT), hat die Europäische Kommission in 2001 einen ersten Aktionsplan beschlossen, der für 2008 den Beginn der operationellen Dienste von GMES vorsieht. Mechanismen zur Implementierung dieses Aktionsplanes wurden ebenso festgelegt, wie auch die Rollen der jeweilig beteiligten europäischen und nationalen Organisationen. Auf der Europäischen GMES-Konferenz unter deutscher Ratspräsidentschaft am 17. April 2007 wurde in München der Weg zu einem operationellen GMES ab 2008 von den politisch Verantwortlichen auf nationaler und europäischer Ebene in der »Munich Roadmap« nochmals bekräftigt.

GMES setzt vor allem auf das in Europa existierende Know-how im Bereich der Satellitenfernerkundung. Satelliten, welche stündlich und täglich unsere Umwelt beobachten, sind uns aus der Wettervorhersage vertraut. In der Tat ist die europäische Zusammenarbeit im Bereich der Wettersatelliten ein Referenzprojekt für eine erfolgreiche transeuropäische Kooperation. Getragen von den nationalen Wetterdiensten organisiert die europäische Organisation für Wettersatelliten, EUMETSAT in Darmstadt, die Finanzierung, den Bau, den Betrieb der Satelliten und sorgt für die Verteilung der Daten. Während die Daten der geostationären Wettersatelliten eine grobe geometrische Auflösung mit einer hemisphärischen Abdeckung im Takt von 30 Minuten gewährleisten, werden geometrisch sehr hochauflösende Satelliten (Auflösungen um 1 Meter) auf

niedrigeren Flugbahnen zunehmend für Zwecke der nationalen Sicherheit und militärischer Aufklärung eingesetzt. Sind die Anwendungen im militärischen Bereich der Öffentlichkeit weniger bekannt, so demonstriert der Einsatz von hochauflösenden Satellitendaten bei Naturkatastrophen und nicht zuletzt bei GoogleEarth das Potential dieser Daten.

Im Bereich der mittleren geometrischen Auflösung (ca. 10 Meter) werden Satellitendaten schon heute für eine Vielzahl von Anwendungen in der Landesplanung, im Naturschutz, in der Klima- und Umweltforschung und bei der Analyse von Naturkatastrophen eingesetzt. Allerdings mangelt es für eine europaweite Verwendung solcher Daten einerseits an der klaren Kontinuität der notwendigen Satellitenprogramme. Die bisherigen europäischen und nationalen Erdbeobachtungssatelliten waren zumeist als wissenschaftliche Missionen mit höchstens »vor-operationellem« Charakter deklariert. Nachfolgesysteme, auf deren Daten sich nachhaltige Anwendungen und Dienste etablieren könnten, standen unter dem Vorbehalt der Finanzierung aus zumeist wissenschaftlichen Programmen. Weiterhin sind die Bedarfsträger solcher Dienste in einer Vielzahl nationaler und Europäischen Organisationen organisiert. Während ein Umweltamt in einem Bundesland für die Erfassung der Naturschutzgebiete zuständig ist – und dafür durchaus Satellitendaten einsetzt – fehlt dieser regionalen oder nationalen Behörde das Mandat und die finanziellen Mittel zur Definition globaler Satellitensysteme. Die bisherigen Anwendungen in der Umwelterkundung basierten deshalb zumeist auf den Daten US-amerikanischer Systeme (z. B. Landsat). Im Gegensatz zum europäischen System Galileo, das sich dem auch weiter entwickelnden US-System GPS entgegensetzen möchte, ist aber die Kontinuität der US-Erdbeobachtungssysteme in Frage gestellt. Zunehmend setzen aber auch Schwellenländer wie Indien und China nun eigene Erdbeobachtungssysteme ein, die auch in Europa genutzt werden.

Das Ziel im strategisch wichtigen Technologiebereich der satellitenbasierten Erdbeobachtung autark zu sein, wird bei GMES also durch eine verbesserte Organisation der Nutzer und deren Anforderungen an Geoinformationsdiensten und daraus abgeleitet die Gewährleistung der Kontinuität der wichtigsten Satelliten-Serien erreicht. Diese Strategie wird von einer Architektur von GMES getragen, die im Wesentlichen auf vier Kernelementen beruht:

- Einem europäischen Raumsegment von Erdbeobachtungssatelliten
- Bodenmessungen und geographischen Informationssystemen, welche die notwendigen Zusatzinformationen für die Geoinformationsdienste des GMES liefern
- Einem Netzwerk von Bodeninfrastruktur und Datenzentren, um die Satelliten zu steuern und die Satelliteninformationen zu verarbeiten, zu verwalten und zu verteilen

- Eine Serie von nachhaltig betriebenen Geoinformationsdiensten, welche alle diese Daten in nutzergerechte Informationen und Dienste umsetzen

Getragen wird GMES von der Europäischen Kommission, der europäischen Raumfahrtagentur ESA, der europäischen Agentur für Wettersatelliten, EUMETSAT und den nationalen Mitgliedsländern. Die Gesamtverantwortung liegt hierbei bei der Europäischen Kommission und hier derzeit beim Kommissariat für Unternehmen und Industrie.



Bild 1: Die vier Kernelemente der GMES Architektur

Die Kommission ist auch verantwortlich für die Implementierung der GMES-Dienste, welche letztendlich die aufbereitete Geoinformation den Nutzern liefern sollen. Die Nutzer der Kerndienste kommen primär aus der öffentlichen Verwaltung und staatlichen Stellen.

Innerhalb des 6. Forschungsrahmenprogrammes implementierte die Kommission erste Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die sich mit den GMES Anwendungsthemen auseinandersetzten. Die zeitgleich durch ESA implementierten und finanzierten GMES Service Elements (GSE), analysierten – fokussiert auf Kernthemen – den Bedarf der Anwender, die Verfügbarkeit der Informationen und die Lieferfähigkeit der Anbieter von Geoinformationsdiensten im GMES. Aus der Vielzahl der möglichen Anwendungen der Erdbeobachtung hat sich GMES seit 2004 zunächst auf Kerndienste fokussiert. Als solche Kerndienste – GMES Core Services – wurden bislang definiert:

- Beobachtung des Landes (Land Monitoring Core Service)
- Beobachtung der Meere und Küsten (Ocean Monitoring Core Service)
- Einsatz für schnelle Kartierung in Notfällen (Emergency Response Core Service)

In Ergänzung dazu sind noch weitere Pilot-Dienste aufgenommen worden:

- Atmosphäre und Klima
- Zivile Sicherheit

Ergänzend zu diesen Themen sollen aus den Basisinformationen dieser Dienste weitere »Downstream-Services« abgeleitet werden. So können z. B. aus der europäischen Landnutzungskartierung des »Land Monitoring Core Service« nutzerspezifische Informationen abgeleitet werden, die für Firmen im Nahrungsmittel- und Rohstoffbedarf wichtig sein können. Solche »Downstream«-Dienste sollen somit bewusst auch einen regionalen und kommerziellen Markt adressieren.

Die GMES-Dienste formulierten somit einen Bedarf an weltraumgestützten Geoinformationen, an Erdbeobachtungsdaten. Andererseits tun sich Lücken in der Versorgung mit solchen Basisdaten auf. Die Serie der europäischen Radarsatelliten der ESA läuft nominell aus, und auch das französische SPOT-Satellitensystem wird keinen direkten Nachfolger haben. Diese Lücke zu schließen, war die treibende Kraft für das Ende 2005 durch den ESA-Ministerrat gezeichnete ESA GMES Programm. Mit Deutschland als größten Beitragszahler (31%) in diesem Programm wurde der Startschuss für eine neue ESA Satellitenflotte, den SENTINELS, gegeben. Ergänzt durch die nationalen Erdbeobachtungssatelliten (aus Deutschland insbesondere, TerraSAR-X, (erfolgreicher Start am 15. Juni 2007). TanDEM-X, RapidEye und EnMAP), sollen die SENTINELS Europa unabhängig von den Fernerkundungsinformationen Dritter und führend auf dem Gebiet der operationellen Erdbeobachtung machen.

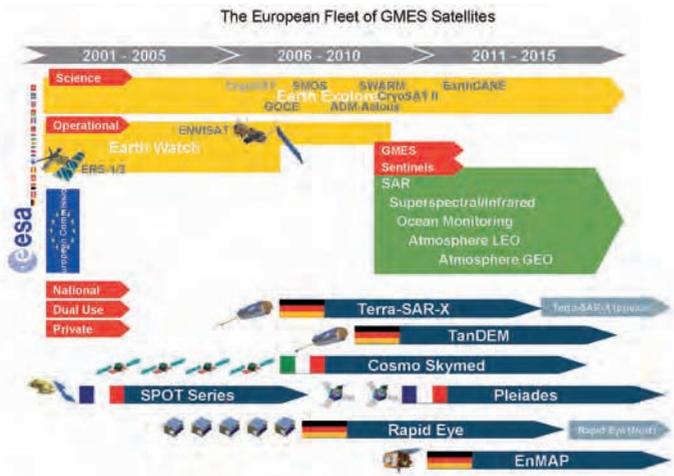


Bild 2: Die Flotte der Erdbeobachtungssatelliten im GMES

Die SENTINELS umfassen die folgenden Kapazitäten:

- SENTINEL 1: C-Band SAR Satelliten der ESA, um die Anwendungen in der Ozeanographie und der Interferometrie der Landoberfläche weiter zu führen. Ergänzt werden die ESA SAR Satelliten durch die nationalen Systeme TerraSAR-X/TanDEM-X aus Deutschland und CosmoSkymed aus Italien. Diese nationalen X-Band SAR Systeme mit sehr hoher geometrischer Auflösung (kleiner 1 Meter) bedienen vor allem Anwendungen in der zivilen und militärischen Sicherheit. Beide haben ihre ersten Satelliten im Juni 2007 in den Weltraum gebracht.
- SENTINEL 2: Superspektrale Systeme im optischen Bereich mit mittlerer Auflösung als Referenz für die Kartierung der Landnutzung. Vor allem das deutsche System RapidEye, mit 5 Satelliten und 6,5 m Auflösung wird die Kapazitäten der ESA ergänzen. Die geometrisch sehr hoch auflösenden Systeme (2,5 m und besser) von nationalen und internationalen Betreibern sind ebenfalls für GMES Anwendungen unabdingbar. Sie werden als SENTINEL-2b-Klasse bezeichnet.
- SENTINEL 3: Superspektrale Systeme im optischen Bereich mit niedriger Auflösung, aber hoher Abdeckung sowie Radaraltimeter zur täglichen Beobachtung europäischer Küsten und Meere sowie großräumiger Ecosysteme. Die deutsche Hyperspektralmission ENMAP ergänzt ab 2011 mit seinen mehr als 200 Spektralkanälen diese Fähigkeiten.
- SENTINEL 4 & 5: Systeme für die Atmosphärenfernerkundung im niedrigen und geostationärem Orbit. Diese Systeme sollen die Atmosphären- und Klimamessungen der ENVISAT Mission fortführen. Mitverantwortlich für deren Realisierung und den Betrieb zeichnet hier EUMETSAT.

### **Bedeutung von GMES für Bayern**

Die operationelle Beobachtung der Umwelt und der Sicherheit ist für die europäischen Regionen von vielfacher Bedeutung. Zum einen agieren Regionen und Bundesländer als Bedarfsträger der Dienste. Flächenländer wie Bayern verlassen sich schon jetzt in der Erfassung ihrer Basisdaten auf luftgestützte Fernerkundung. Grenzübergreifende und sehr oft zu beobachtende Phänomene sind dabei realistisch nur aus dem Weltraum zu beobachten. Umwelt- und sicherheitsrelevantes Monitoring für große geographische, grenzübergreifende Gebiete – wie den Alpenraum – ist am Besten in Kooperation mit den Anrainerstaaen zu realisieren.

Zum anderen sind bayerische Firmen und Einrichtungen maßgeblich am Aufbau der Infrastruktur und der Dienste für GMES involviert. Bayern agiert hier nicht nur als traditioneller Raumfahrtstandort, sondern ist auch Sitz vieler klei-

ner und mittelständischer Unternehmen, die sich seit Jahren in der Auswertung von Satellitendaten international etabliert haben. Die meisten dieser bayerischen Einrichtungen sind aktiv in die GMES-Pilotprojekte eingebunden.

Um die Aktivitäten insbesondere der bayerischen Einrichtungen bei GMES sichtbar zu machen und zu koordinieren, wurde im Rahmen der bayerischen Technologie-Cluster Initiative 2006 die Interessengruppe GMES bavAIRia gegründet.



*Bild 3:*  
Logo der Interessengruppe  
GMES bavAIRia

Ein Portfolio der Leistungsfähigkeit der Bayerischen Firmen, Einrichtungen und Universitäten im GMES wurde erstellt und am 5. Oktober 2006 im bayerischen Wirtschaftsministerium in München sowie am 20. November 2006 in der bayerischen Vertretung in Brüssel der Öffentlichkeit präsentiert. Die Beteiligung Bayerns am europäischen Projekt GMES war auch Gegenstand einer Forumsdiskussion auf der europäischen GMES-Konferenz in München am 17. April 2007.

Das Portfolio der GMES-Dienste, an denen bayerische Einrichtungen beteiligt sind, ist an anderer Stelle in dieser Ausgabe geschildert [STRUNZ]. Bayerische Firmen und Einrichtungen sind in fast allen GMES Themen vertreten und eingebunden in die Konsortien, die GMES Projekte der ESA und der Europäischen Kommission leiten. Einige der Projekte – globale Kartierung des Waldes (Fa. GAF, München), abgeleitete Dienste aus Atmosphärenmessungen (DLR, Oberpfaffenhofen) – werden sogar von Einrichtungen aus der Region geleitet.

Wichtig ist nun, grenzübergreifende europäische und internationale Netzwerke zu etablieren, damit regionale Anwendungen, z. B. im Management der Herausforderungen für die Umwelt im Alpenraum, sowohl von der Anbieter- als auch von der Nachfrageseite etabliert werden können. Ein erster Austausch zu diesem Thema ist mit Einrichtungen aus Österreich, der Schweiz und Norditalien in Gang gekommen. Innerhalb Deutschlands findet eine Abstimmung mit GMES-Initiativen anderer Bundesländer, wie Bremen und Mecklenburg-Vorpommern, statt.

## **DLR Raumfahrtzentrum Oberpfaffenhofen**

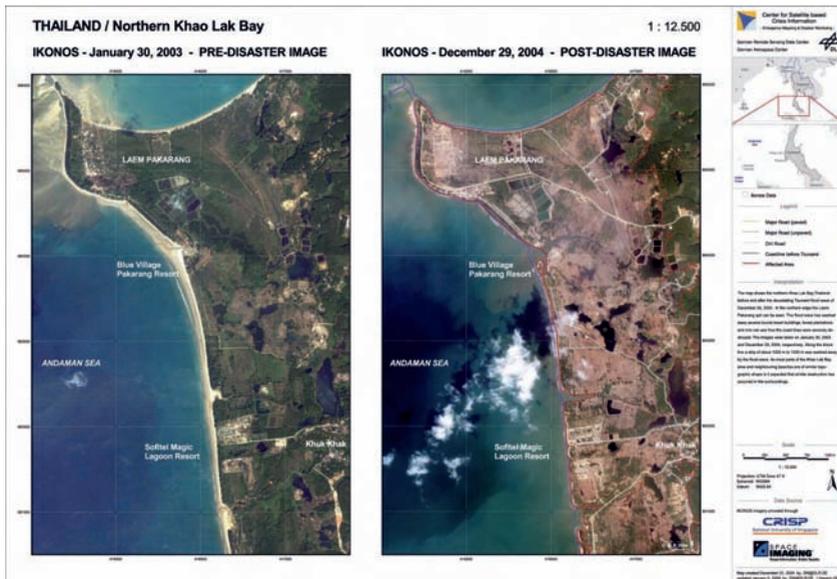
Die Geoinformationsdienste von GMES werden nicht ausschließlich auf Satellitendaten basieren. Kartographische und sozioökonomische Zusatzdaten sind für planerische und politische Entscheidungen ebenfalls notwendig. Allerdings werden Satellitendaten die unabdingbare Grundlage dieser Informationsdienste sein. So transparent und einfach die Informationen für den Entscheidungsträger aufbereitet werden müssen, so komplex ist der Entwurf, der Aufbau und Betrieb von Satellitensystemen. In seinem Standort in Oberpfaffenhofen bei München konzentriert das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) alle diese Fähigkeiten.

Vom German Space Operations and Control Center (GSOC) werden nationale, europäische und internationale Weltraummissionen geleitet. Tägliche Aufgabe für die Erdbeobachtungsmission TerraSAR-X ist die 24 stündige und tägliche Kontrolle des Zustandes eines Satelliten und seiner Systeme sowie die Kommandierung seiner Sensoren, wenn Daten über bestimmte Gebiete angefordert werden. Über die zentrale Bodenstation in Weilheim und weltweite Partnerstationen hält das GSOC mit den Satelliten Kontakt.

Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) in Oberpfaffenhofen ist verantwortlich für den Empfang der Daten von Fernerkundungssatelliten – wie dem deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X. Sowohl beim DFD in Oberpfaffenhofen, bei seiner Außenstelle in Neustrelitz (Mecklenburg-Vorpommern), sowie den weltweiten Stationen des DFD (z. B. Antarktis, Spitzbergen, Mexiko) werden die Rohdaten der Satellitensensoren empfangen, langfristig archiviert und zum Teil direkt in Basisprodukte (z. B. georeferenzierte Bilddaten) umgewandelt.

Umweltveränderungen, Änderungen des Klimas, eine neue Sicherheitslage lassen sich nur bestimmen, wenn man auf historische Satellitenbilder Zugriff hat. Das zentrale Archiv all dieser Daten, die nationale Fernerkundungsbibliothek, wird vom DFD in Oberpfaffenhofen verwaltet und von dort allen Nutzern über elektronische internetbasierte Portale zugänglich gemacht ([www.eoweb.de](http://www.eoweb.de)). Dabei werden der Zugang zu den Daten und der Kontakt zu Experten seit einigen Jahren durch Nutzerzentren erleichtert. Mit dem Weltdatenzentrum für die Fernerkundung der Atmosphäre (WDC-RSAT) betreibt das DLR in Oberpfaffenhofen einen von der ICSU (International Council of Scientific Unions) und der WMO (World Meteorological Organisation) anerkannten Zugang zu weltweiten Satellitendaten, welche Vorgänge in der Atmosphäre dokumentieren ([wdc.dlr.de](http://wdc.dlr.de)). Das Zentrum für satellitenbasierte Kriseninformation (ZKI) liefert öffentlichen, nationalen und internationalen Organisationen aufbereitete Satellitenkarten, welche im Falle von humanitären Krisen und Naturkatastrophen den

Hilfs- und Einsatzkräften vor Ort wertvolle Hinweise auf das Ausmaß der Katastrophe geben ([zki.caf.dlr.de](http://zki.caf.dlr.de)). Die Bewährungsprobe des ZKI war die Tsunami-Katastrophe im indischen Ozean Ende 2004. Einige Stunden nach der Flut war das ZKI in der Lage, durch seinen direkten Zugriff auf geometrisch hochauflösende Daten und eingebunden in ein internationales Netzwerk von Satellitenbetreibern, erste Situationsbilder vom Ausmaß der Zerstörung zu liefern. Insgesamt über 40 Satellitenbildkarten wurden in den ersten zwei Wochen nach der Katastrophe den nationalen und internationalen Hilfsdiensten zur Verfügung gestellt. Ein solcher Service wird auch die Grundlage des europaweiten GMES Dienstes »Notfallreaktion mit Satellitendaten« (Emergency Response) sein. Das ZKI in Oberpfaffenhofen ist hier eines der europäischen Schlüsselzentren.



**Bild 4:** Region von Thailand vor und nach dem Tsunami, aufgenommen vom US Satelliten IKONOS und verarbeitet am ZKI des DLR in Oberpfaffenhofen

Weiterhin ist das DLR in Oberpfaffenhofen eingebunden in die regelmäßige Kartierung der europäischen Landmasse mittels Satellitendaten. Basierte dieses CORINE-Projekt (Coordination of Information on the Environment) bislang auf den US-amerikanischen Landsat-Daten, so führte der partielle Ausfall des Landsat-Systems in 2006 zur Nutzung der französischen SPOT und der indischen ResourceSat-Daten. Im Auftrag der ESA wird die Erstellung von Orthobildern aus den Rohdaten beim DLR in Oberpfaffenhofen durchgeführt. In einem operationellem GMES-Szenario sollen solche Daten dann von ausschließlich europäischen Satelliten nicht nur alle 5 Jahre, sondern jährlich erhoben werden.

Diese schon operationellen Dienste werden die Keimzelle für eines der wichtigsten europäischen GMES-Zentren bilden, welches sich aus dem Know-how der im GMES bavAIRia gruppierten Firmen und Einrichtungen speisen und in Oberpfaffenhofen errichtet werden soll.

## **Status und Ausblick**

GMES ist die zweite Säule der Europäischen Raumfahrtstrategie nach dem Satellitennavigationssystem Galileo. Gerade die Erkenntnisse der aktuellen Herausforderungen in der Implementierung und der Finanzierung von Galileo lassen erkennen, dass die primären Nutzer von Satellitentechnologien der europäische Bürger ist; und stellvertretend für ihn die Regionen, die Nationalstaaten und die Europäische Union und deren Institutionen. Als Nutzer der Kerndienste tritt also die öffentliche Hand und nicht der kommerzielle Markt auf. Davon abgeleitete und nachgeschaltete Dienste (Downstream Services) können und sollen sich jedoch durchaus am kommerziellen Markt bewähren.

In der Munich Roadmap vom 17. April 2007 ([www.gmes.info](http://www.gmes.info)) wird entsprechend das Leitbild von GMES definiert mit dem »Ziel der nachhaltigen und unabhängigen globalen Umwelt- und Sicherheitsüberwachungskapazität ..., verlässliche und zeitnahe Erdbeobachtungsinformationsdienste zu liefern, die durch innovative Technologie in und für Europa und im Dienste der europäischen Bürger eine effektive Unterstützung der Politik für ein effizientes Umwelt und Sicherheitsmanagement ermöglichen, in verschiedenen Bereichen beträchtliche sozioökonomische Vorteile liefern und zur Erfüllung internationaler Verpflichtungen beitragen.«

Im Jahre 2007 formulieren europäische, multinationale Konsortien Projektvorschläge für die GMES Kern- und Pilotdienste in Beantwortung der Ausschreibung der 7. Forschungsrahmenprogramms der EU. Diese teilfinanzierten Projekte können nur der Anfang für ein operationelles, vernetztes und gut koordiniertes System sein, welches noch eine klare Managementstruktur benötigt. Diese Management-Struktur – so heißt es in der Munich-Roadmap – muss Integrations- und Harmonisierungsfunktionen erfüllen, wie z. B.:

- *bestehende GMES-Dienste aktualisieren und neue einführen*
- *die Weiterentwicklung von Kern- und nachgeordneten Diensten überwachen und unterstützen*
- *übergreifende Anforderungen der Beobachtungsinfrastruktur überwachen und auf sie reagieren*
- *Daten- und Informationszugangsverfahren, einschließlich rechtlicher Fragen, definieren*

- *Informationsbedürfnisse neuer Nutzer ermitteln und erfüllen*
- *Informationsqualität und Markenbildung von GMES steuern*
- *auf internationaler Ebene als Schnittstelle dienen*

Mit dem Start der im 7. Forschungsrahmenprogramm definierten Projekte wird die erste Phase von GMES in 2008 in Betrieb gehen. Parallel dazu sind die europäischen Mitgliedsstaaten unter der Koordination der Europäischen Kommission dazu aufgerufen, eine tragfähige Finanzierung und Management-Struktur für GMES zu entwickeln. Diese soll bis 2012 implementiert sein, parallel zur Verfügbarkeit der ersten ESA GMES-Sentinel Satelliten.