

**Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
FuE-Vorhaben 202 91 601**

**Anforderungsanalyse der Nutzung von
satellitenbasierten Erdbeobachtungssystemen
für die Umweltpolitik**

(S A T U M)

Kurzfassung des Endberichts

Projektverantwortung
Bernd Beule*

Projektleitung
Robert Backhaus**

Mitarbeit
Michael Bittner**, Michael Bock**, Erik Borg**,
Peter Gege**, Thomas Holzer-Popp**, Martina Kästner**,
Manfred Keil**, Christian Lemm, Andreas Neumann**,
Eleni Palioras**, Godela Rossner**, Achim Roth**,
Günter Strunz**, Michael Wissen**

*** Umweltbundesamt**

**** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institutsverbund Angewandte Fernerkundung**

**Im Auftrag des Umweltbundesamtes
Mai 2004**

Hintergrund und Zielsetzung

Die satellitengestützte Fernerkundung (SFE) bietet vielfache Nutzungsmöglichkeiten für Umweltforschung und Umweltpolitik, z.B. zur Unterstützung von Umweltberichterstattung und Katastrophenvorsorge. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat frühzeitig das Nutzungspotenzial der SFE für die Umweltpolitik wahrgenommen und bereits 1991 eine Bedarfsanalyse veranlasst (BESU-Studie). Eine Konzeption „Satellitenfernerkundung für Umweltpolitik und –forschung: Bestandsaufnahme – Analyse – Perspektiven“ (AGFU-Studie) wurde 1994 gemeinsam vom BMU und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, damals Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie) vorgelegt.

Die Randbedingungen für die Nutzung von Satellitendaten haben sich seitdem in signifikantem Ausmaß fortentwickelt. Dies betrifft sowohl politische, programmatische und organisatorische Aspekte auf Seiten der Nutzung als auch technische, wissenschaftliche und operationelle Aspekte auf Seiten der Satellitenfernerkundung und Produktgenerierung.

Auf europäischer Ebene spiegelt sich diese Entwicklung z.B. in den Initiativen *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES) und *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (INSPIRE) wieder.

GMES ist eine gemeinsame Initiative der Europäischen Kommission und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) mit dem Ziel, bis 2008 die strukturellen Elemente für ein unabhängiges europäisches System zur globalen Umwelt- und Sicherheitsüberwachung zu schaffen. Die Europäische Kommission hat dazu am 03.02.2004 einen konkreten Aktionsplan vorgelegt. Projekte zur Entwicklung operationeller Informationsprodukte und –dienstleistungen werden gegenwärtig im Rahmen der Ausschreibung *Service Consolidation Actions of the Earthwatch GMES Services Element* der ESA durchgeführt. GMES-Projekte mit wissenschaftlicher Zielsetzung sind Bestandteil des 6. Rahmenprogramms der EU.

Mit der Initiative INSPIRE beabsichtigt die Europäische Kommission, in Zusammenarbeit mit den Mitglieds- und Beitrittsstaaten, relevante Geoinformation für die räumlich bezogenen Politikbereiche der Gemeinschaft in standardisierter Form verfügbar zu machen und das wirtschaftliche Potenzial harmonisierter Geodaten zu entwickeln. INSPIRE ist zunächst auf die räumlichen Informationsgrundlagen (Geobasisdaten und Fachdaten) im Bereich Umwelt- und Naturschutz ausgerichtet, mit der Perspektive einer Ausweitung auf Landwirtschafts- und Verkehrspolitik. Wesentliche rechtliche Randbedingungen für die weitere Umsetzung des INSPIRE-Konzepts sind durch die Richtlinie 2003/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17.11.2003 über die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors (Abl. L 345/90) gegeben.

Durch die fortschreitende Ausgestaltung einer gemeinsamen europäischen Umweltpolitik werden die Umweltverwaltungen der Mitgliedsstaaten vor erweiterte Aufgaben im Bereich der Erfassung und Überwachung räumlicher Strukturen und Prozesse gestellt. Ähnliches gilt für die Berichtspflichten im Rahmen internationaler Umweltkonventionen. In der Bundesrepublik sind diese Aufgaben im Rahmen der föderativen Kompetenzverteilung zwischen Bund und Ländern vor dem Hintergrund knapper werdender Haushaltssmittel zu bewältigen. Neue Entwicklungen in der Satellitenfernerkundung und Informationsverarbeitung lassen hilfreiche Lösungsbeiträge dazu erwarten.

Im Deutschen Bundestag wurde die Analyse der ressortbezogenen Anforderungen an die satellitengestützte Erdbeobachtung und der damit verbundenen Effizienzsteigerungen bei der Erfüllung von Ressortaufgaben mehrfach thematisiert (s.z.B. Drucksachen 14/7181 vom 17.10. 2001 und 14/8034 vom 23.01. 2002). Wichtige Meilensteine in der Diskussion der künftigen operativen Nutzung von SFE-Datenprodukten durch die Bundesregierung waren u.a.:

- der Workshop auf Einladung der Parlamentarischen Staatssekretäre von BMU und BMWi „Fernerkundung für Umwelt, Natur und Landschaft“ am 20.1.2000 in Berlin,
- die Anhörung „Satellitengestütztes Umweltmonitoring als Instrument einer nachhaltigen Politik“ im Umweltausschuss des Bundestages am 22.3.2000,
- Bundestagsdebatte und Beschluss zur „Nutzung von Geoinformation in der Bundesrepublik Deutschland“ vom 14.2.2001 und
- Bundestagsdebatte und Beschluss zur „Nutzung satellitengestützter Erdbeobachtungsinformationen“ (durch die Ressorts) vom 23.1.2002.

Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung waren vor diesem Hintergrund nicht die forschungs- oder technologiepolitisch motivierten Schwerpunktsetzungen im Raumfahrtprogramm, sondern die rechtsverbindlichen Aufgaben im Umweltressort des Bundes, repräsentiert durch

- das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

sowie die dem Ministerium nachgeordneten Bundesoberbehörden

- Bundesamt für Naturschutz (BfN),
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und
- Umweltbundesamt (UBA).

Zielsetzung war es, den Bedarf des BMU und seines Geschäftsbereichs hinsichtlich der Informationsgewinnung aus Satellitendaten im Vergleich zu herkömmlichen Methoden zu analysieren und zu bewerten sowie Umsetzungsvorschläge zu erarbeiten. Mögliche Qualitäts- und Effizienzverbesserungen im Innenverhältnis der deutschen Umweltpolitik waren zu identifizieren und eine diesbezügliche Position des BMU im europäischen Kontext aufzuzeigen. Die Untersuchung "Satellitenfernerkundung für Umweltpolitik und -forschung: Bestandsaufnahme - Analyse - Perspektiven" von 1994 („AGFU“) sollte dazu aufgabenbezogen aktualisiert und erweitert werden. Das Projekt wurde als Studie im Auftrag des UBA vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) durchgeführt. Die Analyse der Ressortaufgaben und Anforderungen erfolgte in enger Abstimmung mit fachlichen Ansprechpartnern in den Behörden.

Ergebnisse

Folgende, für die SFE-Nutzung relevante Aufgabenkomplexe wurden identifiziert und im Zusammenhang mit ihren rechtlichen Grundlagen sowie der aktuell angewandten Beobachtungsmethodik, verfügbaren Datengrundlagen und darüber hinausgehenden Anforderungen näher untersucht:

- Klimaschutz:
 - Beobachtung von Klimaparametern und Emissionen von Treibhausgasen
 - Erfassung von Kohlendioxid-Quellen/Senken (Landnutzung)
- Schutz der Erdatmosphäre.(stratosphärisches Ozon) und Überwachung der solaren UV-Einstrahlung
- Luftreinhaltung:
 - Monitoring von Luftschaadstoffen und Luftverunreinigungen
 - Beobachtung ihrer Wirkungen auf sensitive Ökosysteme
- Schutz der Meere vor Eutrophierung
- Wasser-Management:
 - Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie
 - Umsetzung der neuen EU-Badegewässerrichtlinie
 - Ausweisung/ Überwachung von Wasserschutzgebieten
 - Hochwasservorsorge
- Naturschutz und Biologische Vielfalt
- Raumbezogene Umwelt- und Landschaftsplanung
- Deponiedatenerfassung
- Bodenschutz
- Umweltradioaktivität (Notfallschutz und Lageermittlung)
- Umweltbeobachtung und Umweltprobenbank des Bundes
- Künftige Waldmonitoring-Aufgaben unter der EU-Richtlinie *Forest Focus*
- Optimierung dezentraler alternativer Energiegewinnung nach dem Konzept „Virtuellen Kraftwerk Deutschland“

Mit Ausnahme der Überwachung von Klimaänderung und stratosphärischem Ozon ist die Beobachtung erwartungsgemäß ausschließlich auf nationaler bzw. regionaler Ebene gefordert. Die Erhebung und Bereitstellung der erforderlichen Primärdaten liegt in den meisten Fällen außerhalb der Zuständigkeit des Bundesumweltressorts. Die Daten werden je nach Aufgabe von verschiedenen Fachbehörden der Länder bzw. ressortfremden Bundesbehörden einschließlich des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) sowie im Rahmen nationaler und internationaler Forschungsprogramme zur Verfügung gestellt. Die Verarbeitung zu aufgabenspezifischen Datenprodukten erfolgt je nach Aufgabe in BfN, BfS und UBA bzw. in anderen Bundesbehörden oder im Rahmen wissenschaftlicher Forschungsprogramme. Darüber hinaus ließen verschiedene Fachgespräche einen Trend zur projektmäßigen externen Vergabe von Aufträgen zur Erstellung und Aufbereitung benötigter Datenprodukte an Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Industrie erkennen (*out-sourcing*).

Die untersuchten Anforderungen konzentrieren sich weitgehend auf Datenprodukte zur Beobachtung von Landbedeckung und Landnutzung. Dem europäischen Informationssystem CORINE Land Cover (CORINE-LC) kommt dabei besondere Bedeutung zu. Darüber hinaus sind zusätzliche Monitoring-Dienste erforderlich, insbesondere zur Erfüllung von Beobachtungsaufgaben und Berichtspflichten im Zusammenhang mit dem Kyoto-Protokoll, der Wasserrahmenrichtlinie, dem UN-ECE-Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, der europäischen Bodenschutzstrategie u.a. Mit Bezug auf CORINE-LC werden seitens des UBA vielfache Anforderungen an eine verbesserte thematische Differenzierung der Landbedeckungsklassen, an die räumliche Auflösung und an die Aktualität der Daten gestellt. Für das BfN steht neben der allgemeinen Informationsgrundlage über Landbedeckung und Landnutzung die Forderung nach einer bundesweit homogenen und aktuellen Biotop- und Lebensraumtypenkartie-

rung im Vordergrund, deren Bereitstellung durch die Landesbehörden aus finanziellen Gründen derzeit nicht gewährleistet ist. Die Anforderungen des BfS konzentrieren sich auf das operative Monitoring der UV-Einstrahlung und auf die Bereitstellung hochaktueller Information über die landwirtschaftliche Anbausituation in Impaktregionen im Fall einer nuklearen Katastrophe. Es besteht überwiegend kein Interesse an einer selbständigen Verarbeitung von SFE-(Roh)daten in den Umweltbehörden des Bundes. Im Interesse der langfristigen Umweltbeobachtung auf der Grundlage von Zeitreihen und Indikatoren wird vom UBA die unbegrenzte Archivierung von geeigneten SFE-Datenprodukten gefordert.

Aus der Analyse der Ressortaufgaben und Anforderungen wurden folgende SFE-gestützte Informationsprodukte bzw. -dienstleistungen abgeleitet und in Form von Szenarien beschrieben:

- Basisprodukte:
 - verbessertes Landbedeckungs-Informationssystem CORINE Land Cover (CLC level 4)
 - Flächendeckendes Digitales Geländemodell
- zusätzliche Monitoring-Dienstleistungen:
 - UV-Einstrahlung
 - Eutrophierung in Nord- und Ostsee (Chlorophyll)
 - Gewässerbelastung (GMES Service Element Aqua SAGE)
 - Siedlungsentwicklung und Flächenversiegelung (GMES Service Element Soil SAGE)
 - Aktuelle landwirtschaftliche Anbausituation
 - Waldmonitoring (GMES-Service Element Forest Monitoring)
 - Veränderungserfassung für die Biotopüberwachung

Maßgeblich für die thematische Definition der Szenarien waren neben dem identifizierten Nutzerbedarf folgende Effizienzkriterien:

- Synergiepotenziale durch aufgabenübergreifende Nutzbarkeit von SFE-Produkten (Nutzungssynergie),
- programmatische Umsetzungsmöglichkeiten (Programmsynergie),
- technische Machbarkeit einschließlich aktueller oder zeitnaher Verfügbarkeit geeigneter SFE-Daten und
- Vermeidung unrealistischer finanzieller Größenordnungen (z.B. keine flächendeckende Erhebung des Bundesgebiets mit höchstauflösenden SFE-Daten).

Für die Effizienzanalyse wurde eine modifizierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Anlehnung an die Empfehlungen der Koordinierungs- und Beratungsstelle der Bundesregierung für Informationstechnologie in der Bundesverwaltung im Bundesministerium des Inneren (KBSt) zugrunde gelegt. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung umfasst die Module

- Kosten,
- Qualität (unter Aspekten der internen und externen Auswirkungen einer Umsetzung des Szenarios in den Fachbereichen) und
- Dringlichkeit (unter Aspekten der Erfüllung gesetzlicher Vorgaben und der Defizite bestehender Verfahren).

Die Bezifferung der Module „Dringlichkeit“ und „Qualität“ wurde durch potenzielle Nutzer in den Behörden anhand einheitlich vorgegebener Kriterien mittels einer normierten Bewertungsskala durchgeführt

Im Ergebnis lieferte das Verfahren für jedes Szenario eine Effizienzbewertung in Form eines Tripels (Kosten, Dringlichkeit, Qualität). Vorläufige unverbindliche Kostenabschätzungen bewegen sich je nach Produkt zwischen 0,06 und 12 €/km² (Bereitstellungskosten für das jeweilige Datenprodukt bzw. Betriebskosten/Jahr für Monitoring-Dienste).

Maximale Qualitätsbewertungen (> 90 von 100 erreichbaren Punkten) erzielten die Szenarien

- Siedlungsentwicklung und Flächenversiegelung,
- Veränderungserfassung für die Biotopüberwachung,
- Waldmonitoring,
- verbessertes Landbedeckungs-Informationssystem CORINE Land Cover,
- Flächendeckendes Digitales Geländemodell und
- Gewässerbelastung.

Unter Dringlichkeitsaspekten wurden die Szenarien

- Veränderungserfassung für die Biotopüberwachung und
- Siedlungsentwicklung und Flächenversiegelung

am höchsten eingestuft (>60 Punkte).

Schwerpunkte der entsprechenden Anforderungen liegen in den Aufgabenbereichen

- Umweltbeobachtung und Umweltprobenbank des Bundes,
- Bodenschutz,
- Wasser-Management: Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie und
- Luftreinhaltung: Wirkungen auf sensitive Ökosysteme

des UBA. Aus Sicht der Umweltbeobachtung ist eine zeitlich unbegrenzte Datenarchivierung erforderlich.

Empfehlungen

Zunehmenden Verpflichtungen des Bundesumweltressorts im Rahmen der nationalen Repräsentanz im Außenverhältnis und der Politikgestaltung im Innenverhältnis stehen bislang nur begrenzte Möglichkeiten zur Erhebung bundesweit einheitlicher, aktueller Umweltdaten gegenüber. Die Erhebung von räumlichen Umweltdaten ist überwiegend Sache der Länder. Dieses strukturelle Dilemma erschwert die Wahrnehmung wichtiger Umweltaufgaben.

Zahlreiche Pilot- und Demonstrationsprojekte haben die Anwendungsreife der Satellitenfernerkundung für operative Aufgaben in vielen Bereichen der Umweltverwaltung und räumlichen Planung belegt. Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass für die Mehrzahl der Anforderungen aus dem Bundesumweltressort entsprechende Produkte kurzfristig realisierbar bzw. bereits verfügbar sind. Das Potenzial der SFE für Umweltaufgaben wird

von den Ländern insbesondere unter Aspekten der Komplementierung und Rationalisierung konventioneller Beobachtungsmethoden in steigendem Maße erkannt. Einzelne Bundesländer treiben bereits die Nutzung von SFE-Daten für Aufgaben der Landesumweltverwaltung voran. Die im Rahmen der GMES Initiative definierten Service Elements werden z.T. bereits unter Beteiligung von Nutzern auf Länderebene entwickelt. Es gilt, die damit gegebenen Synergiepotenziale für die Bereitstellung abgestimmter SFE-Produkte im gemeinsamen Interesse von Bund und Ländern zu realisieren.

> Abgestimmte SFE-Daten-Grundversorgung für Bund und Länder

Es sollten verstärkte Anstrengungen unternommen werden, um die Bereitstellung von SFE-Datenprodukten und - Diensten für die Umweltaufgaben von Bund und Ländern zu harmonisieren. Die in dieser Studie vorgeschlagenen SFE-Produkte können in diesem Prozess als Referenzszenarien dienen. Sie sind unter Berücksichtigung spezifischer Anforderungen der Länder ggf. weiter zu differenzieren. Die Ergebnisse der Effizienzanalyse lassen insbesondere die Bedeutung eines Basisdatensatzes zur Erstellung und regelmäßigen Aktualisierung eines verbesserten Informationssystems über Landbedeckung und Landnutzung erkennen.

Der erforderliche Harmonisierungsprozess ist strategisch in die Aktivitäten des Interministeriellen Ausschusses für Geoinformationswesen (IMAGI) zur Entwicklung einer nationalen Geodateninfrastruktur einzubinden. Die gegebene Plattform für die Abstimmung mit den Ländern ist der Bund-Länder-Arbeitskreis Umweltinformationssysteme (BLAK-UIS), der die zentrale Koordination für die Analyse, Bewertung und Definition der Nutzeranforderungen wahrnehmen sollte. Konkret sollten die Ergebnisse der vorliegenden Studie im BLAK-UIS kommuniziert, die Schnittmengen mit den Anforderungen der Länder ermittelt und ein Konzept für eine Grundversorgung mit SFE-Daten für die gemeinsame Nutzung durch Bund und Länder entwickelt und umgesetzt werden. Im Hinblick auf fachspezifische Anforderungen sind insbesondere die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), die Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), die Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA) und der Länderausschuss Immissionsschutz (LAI) einzubeziehen.

> Gemeinsame Finanzierung eines zentralen Datenpools

In Abstimmung mit anderen Bundesministerien und mit den Ländern sollten nachhaltige, anteilige Finanzierungsmechanismen für erforderliche SFE-Produkte und - Dienstleistungen entwickelt werden. Als erster Schritt ist die konkrete Analyse der ressortspezifischen Anforderungen nach dem Beispiel des BMU anzuregen. Zielvorstellung sollte die Einrichtung dedizierter Budgets in den Behörden zur gemeinsamen Finanzierung eines zentralen Datenpools im Sinne der vorstehend empfohlenen Grundversorgung sein. Auf besondere Lizenzbedingungen bei der Mehrfachnutzung kommerzieller Daten durch verschiedene Behörden ist zu achten.

Ein Modell für ein entsprechendes zentrales Finanzierungskonzept bietet u.a. die Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern über den gemeinsamen Betrieb und die gemeinsame Entwicklung und Pflege des Metainformationssystems Umwelt-Datenkatalog UDK und des Umweltinformationsnetzes Deutschland GEIN. Hinzuweisen ist ebenfalls auf die ressortübergreifende Finanzierung der britischen Landbedeckungskartierung im Rahmen des *Countryside Survey*.

> Aktive Mitgestaltung operativer GMES-Dienste in europäischer und internationaler Zusammenarbeit

In anderen Ländern ist die Nutzung von SFE-Daten für staatliche Aufgaben z.T. deutlich fortgeschritten. Im europäischen Ausland sind die Aktivitäten zur Satellitenfernerkundung der Umwelt im öffentlichen Bereich gegenwärtig insbesondere durch die Vorbereitung der operativen Phase von GMES geprägt. Zur operativen Bereitstellung der vom Umweltressort des Bundes benötigten SFE-Produkte sollten die derzeit im Rahmen von GMES entwickelten Service Centres möglichst weitgehend genutzt werden. Dazu sollten die Vorschläge der anderen Mitgliedsstaaten zur organisatorischen Ausgestaltung und zur Priorisierung von GMES Diensten im Hinblick auf eigene Prioritäten und unter Berücksichtigung der Vorschläge der Europäischen Umweltagentur (EEA) kritisch verfolgt und aktiv mitgestaltet werden. Die weitere Entwicklung der umweltpolitischen SFE-Nutzung im Ausland sollte insbesondere unter den Aspekten der Vergleichbarkeit mit den deutschen Verhältnissen und der EU-weiten Koordination beobachtet werden.

> Gezielte FuE-Förderung zur effizienteren Datenverarbeitung

Die Anforderungsanalyse hat gezeigt, dass eine Reihe von sinnvoll anzuwendenden Lösungen zu ihrer Realisierung weiterer FuE-Anstrengungen bedarf, mit Schwerpunkt auf der Weiterentwicklung von spezifischen Interpretationsmethoden bzw. -software zur operationellen Anwendungsreife. Die Ergebnisse der Effizienzanalyse verweisen insbesondere auf die Bedeutung (teil-)automatisierter Klassifizierungsverfahren zur kosten-günstigen Interpretation multispektraler Satellitendaten. Entsprechende FuE-Projekte sollten auch im nationalen Forschungsprogramm vorrangig gefördert werden. Der BMU sollte nach Maßgabe der Effizienzanalyse prioritäre FuE-Projekte, soweit sie nicht vollständig im Rahmen des Ufoplan gefördert werden können, auch zum Gegenstand der Abstimmung des nationalen Forschungsprogramms mit dem BMBF machen.

> Datenkontinuität durch operationelle Satellitenmissionen für die Erdbeobachtung

Die Anforderungsanalyse hat des weiteren gezeigt, dass nur wenige der gegenwärtig verfügbaren Satellitenmissionen für die vorgeschlagenen Produktszenarien von Bedeutung sind. Dieser Sachverhalt ist durch die forschungs- und technologiepolitische Motivierung der meisten Satellitenprogramme begründet. Bei den in Frage kommenden Missionen ist aus den gleichen Gründen die mittel- bis langfristige Kontinuität der Datenlieferung nicht gesichert. Ein besonders gravierendes Problem ist in diesem Zusammenhang durch die gegenwärtige Qualitätsminderung der Landsat-ETM Daten gegeben.

Ein zu Landsat-ETM in vollem Umfang äquivalentes europäisches System sollte mit höchster Priorität realisiert werden. Der dem GMES-Programm zugrundegelegte Anspruch der europäischen Unabhängigkeit bietet dafür im Zusammenhang mit den vorliegenden Ergebnissen dieser Studie eine tragfähige Argumentationsgrundlage. Des weiteren ist die Kontinuität von ENVISAT/MERIS durch die ESA sicherzustellen. Entsprechende Forderungen aus der GMES-Nutzergemeinschaft sollte der BMU aktiv unterstützen.

> **GMES Service Centre und Datenarchiv „Landcover“**

Im Hinblick auf die thematischen Schwerpunkte der ermittelten Anforderungen sollte Deutschland im Rahmen der Organisation von GMES Service Centres auf der Grundlage bereits implementierter Projekte seinen nationalen Beitrag im Bereich der Beobachtung der Landoberfläche fokussieren.

Bestandteil eines entsprechenden Organisationskonzepts muss die Sicherstellung der erforderlichen Kapazität zur Archivierung der aktuell bereitgestellten Datenprodukte sein, desgleichen eine funktionale Schnittstelle zu CORINE-LC.

> **Operative Umsetzung der vorgeschlagenen Produktszenarien**

Die vorgeschlagenen Basisprodukte und zusätzlichen Monitoring-Dienste haben in der Bewertung ein insgesamt hohes Akzeptanzniveau erreicht. Hinsichtlich ihrer technischen Realisierung und ihrer Einbindung in einschlägige Programme unterliegen sie z.T. sehr unterschiedlichen Randbedingungen. Nachfolgend werden einige ergänzende Hinweise zur operationellen Umsetzung gegeben.

- Verbessertes Landbedeckungsinformationssystem CORINE Land Cover (CLC level 4):
 - Die Effizienzanalyse hat die aufgabenübergreifende Bedeutung dieses Basisprodukts aufgezeigt. Einzelne Landbedeckungsklassen für CLC level 4 werden bereits im Rahmen der GMES Service Element (GSE) Projekte SAGE und Forest Monitoring bereitgestellt. Wertvolle methodische Erfahrungen liegen aus dem in 2004 abgeschlossenen Projekt CORINE Land Cover 2000 vor. Auf dieser Grundlage und unter Einbeziehung kostensenkender teilautomatisierter Interpretationsverfahren sollte CLC level 4 flächendeckend für Deutschland definiert, entwickelt und für die gemeinsame Nutzung durch Bund und Länder bereitgestellt werden.
- Flächendeckendes Digitales Geländemodell:
 - Das Produkt ist verfügbar. Seine Vorteile liegen insbesondere in der Homogenität des Datensatzes für die Gesamtfläche Deutschlands und angrenzender Gebiete.
- Flächendeckendes Monitoring der UV-Einstrahlung:
 - Diese Dienstleistung wurde aus jeweiliger Sicht des UBA (Umweltbeobachtung) und des BfS sehr unterschiedlich beurteilt. Als Voraussetzung für eine operative Implementierung wird zunächst eine bilaterale Abstimmung zwischen UBA und BfS empfohlen.
- Eutrophierungs-Monitoring für die Nord- und Ostsee:
 - Im Hinblick auf die derzeitige Wahrnehmung dieser Beobachtungsaufgabe setzt eine Implementierung dieses Dienstes u.a. die Abstimmung mit dem BSH voraus, unter Berücksichtigung des GMES Projekts ROSES (*Real time Ocean Surveillance for Environment and Security*; <http://roses.cls.fr>).
- Gewässerbelastung:
 - Dieser Monitoringdienst ist Gegenstand des laufenden Projekts GMES Service Element Aqua SAGE, an dem das UBA als Nutzer bereits beteiligt ist (http://www.infoterra-global.com/pdfs/05_SAGE).
- Siedlungsentwicklung und Flächenversiegelung:
 - Dieser Monitoringdienst ist Gegenstand des laufenden Projekts GMES Service Element Soil SAGE, an dem das UBA als Nutzer bereits beteiligt ist (http://www.infoterra-global.com/pdfs/05_SAGE).

- Aktuelle landwirtschaftliche Anbausituation:
 - Das Szenario setzt aus Gründen der Kostenminimierung die Einbeziehung von Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) für flächenbezogene Beihilfen in der Landwirtschaft voraus. Zur Implementierung ist eine Abstimmung der Verfügbarkeit dieser Daten in aggregierter und anonymisierter Form mit dem BMVEL und ggf. weiteren Behörden auf Länderebene erforderlich.
- Waldmonitoring:
 - Dieser Monitoringdienst ist Gegenstand des laufenden Projekts GMES Service Element Forest Monitoring, an dem das UBA als Nutzer bereits beteiligt ist (<http://gafweb.gaf.de/gse/>). Weitere deutsche Nutzer sind das BMVEL und die thüringische Landesforstverwaltung.
- Veränderungserfassung für die Biotopüberwachung:
 - Das Szenario erzielte die höchste Bewertung, seine Umsetzung fällt jedoch in den Zuständigkeitsbereich der Naturschutzbehörden der Länder. Die erforderlichen methodischen Grundlagen dafür bieten die abgeschlossenen EU-Projekte MOBIO (*Monitoring of Changes in Biotope and Landuse Inventory in Denmark and Schleswig-Holstein by means of Satellite Image Analysis and GIS Technology*; <http://www.dfd.dlr.de/extern/MOBIO/>) und SPIN (*Spatial Indicators for European Nature Conservation*; <http://www.spin-project.org/>)

> Fortschreibung der Anforderungsanalyse

Sowohl die rechtsverbindlichen Ressortaufgaben als auch die technischen und programmatischen Potenziale der Satellitenfernerkundung unterliegen einer dynamischen Entwicklung. Eine Anforderungsanalyse kann immer nur eine Momentaufnahme sein. Die Ergebnisse von SATUM sollten in 5jährigem Abstand aktualisiert werden.

**Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
FuE-Vorhaben 202 91 601**

**Requirements Analysis of Utilisation
of Satellite-based Earth Observation Systems
for Environmental Policy**

(S A T U M)

Executive Summary

Project Responsibility

Bernd Beule*

Project Coordination

Robert Backhaus**

Contributions

Michael Bittner**, Michael Bock**, Erik Borg**,
Peter Gege**, Thomas Holzer-Popp**, Martina Kästner**,
Manfred Keil**, Christian Lemm, Andreas Neumann**,
Eleni Paliouras**, Godela Rossner**, Achim Roth**,
Günter Strunz**, Michael Wissen**

*** Umweltbundesamt**

**** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institutsverbund Angewandte Fernerkundung**

**Im Auftrag des Umweltbundesamtes
Mai 2004**

Background and Objective

Satellite-based remote sensing (SRS) provides multiple opportunities for utilisation in environmental research and environmental policy, e.g. for support of environmental reporting and disaster prevention. The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) has early recognized the utilisation potential of SRS for environmental policy, and has originated a demand analysis (the BESU study) already in 1991. A conception "Satellite Remote Sensing for Environmental Policy and Research – Review – Analysis – Perspectives" (the AGFU study) was jointly issued in 1994 by BMU and the Federal Ministry of Education and Research (BMBF, then Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology).

Since then, the boundary conditions for utilisation of satellite data have significantly evolved. This applies to political, programmatic and organisational aspects, on the utilisation side, as well as to technical, scientific and operational aspects, on the side of satellite remote sensing and product generation.

On the European level, this development is reflected, e.g., by the initiatives Global Monitoring for Environment and Security (GMES), and Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE).

GMES is a joint initiative of the European Commission and the European Space Agency (ESA), aiming at the structural elements of an independent European system for global monitoring of environment and security to be created until 2008. To this end, the European Commission has issued a concrete action plan as of 03.02.2004. Projects for developing operational information products and services are currently carried out under the ESA tender Consolidation Actions of the Earth Watch GMES Services Element. GMES projects with scientific objectives are part of the 6th Framework Programme of the EU.

By the INSPIRE initiative, the European Commission intends, in cooperation with the member and accession states, to make relevant standardized geoinformation available for the spatially related policies of the Community, and to develop the economic potential of harmonized geodata. At the beginning, INSPIRE is directed at the spatial information bases (basic geodata and thematic data) in the field of environmental protection and nature conservation, with an extension to agriculture and transportation policy. Fundamental legal boundary conditions for further implementation of the INSPIRE concept are set by the Directive 2003/98/EC of the European Parliament and of the Council of 17 November 2003 on the re-use of public sector information (ABl. L345/90).

Due to the ongoing implementation of a common European environmental policy, the environmental departments of the member states are facing major challenges regarding the inventory and monitoring of spatial structures and processes. In a similar way, this applies to reporting obligations under international environment conventions. In the Federal Republic, these tasks have to be coped with in the federative framework of responsibilities of the Federal Government and the states (Länder), in view of restrictive budgetary conditions. By new developments in satellite remote sensing and information processing, helpful contributions to solving these problems are to be expected.

In the German Federal Parliament (Bundestag), the analysis of departmental requirements regarding satellite remote sensing, and of the increase in efficiency to be gained

thereby in the fulfilment of departmental tasks, has been on the agenda several times (see, e.g., Bundestag documents 14/7181 of 17.10.2001 and 14/8034 of 23.01.2002). Major milestones in the discussion of future operational utilisation of SRS data products by the Federal Government were, among others,

- the workshop on invitation of the Parliamentary Under-Secretaries of BMU and the Federal Ministry of Economics "Remote Sensing for Environment, Nature and Landscape" on 20.01.2000 in Berlin,
- the hearing "Satellite-based environmental monitoring as a tool for sustainable policy" in the environment committee of the Bundestag on 22.03.2000,
- Bundestag debate and resolution on "Utilisation of geoinformation in the Federal Republic of Germany" on 14.02.2001, and
- Bundestag debate and resolution on "Utilisation of satellite-based earth observation information" (by the departments) on 23.01.2002.

Against this background, the present study has its point of origin not in the policy driven research and technology issues of the space programme, but in the legally binding tasks within the scope of the federal environmental department, represented by

- the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety and its assigned federal agencies
 - Federal Agency for Nature Conservation (BfN),
 - Federal Office for Radiation Protection (BfS), and
 - Federal Environmental Agency (UBA).

The objective was to analyse and evaluate, within the BMU portfolio, the needs for gaining information from satellite data, in comparison with conventional methods, and to work out propositions for implementation. Potential ways to enhance quality and efficiency were to be identified for the internal processes of German environmental policy, and a respective position of BMU should be pointed out in the European context. To this purpose, the study "Satellite Remote Sensing for Environmental Policy and Research – Review – Analysis – Perspectives" (AGFU) of 1994 was to be updated and extended under task-relevant aspects. The project was carried out by way of a study performed by the German Aerospace Center (DLR) on behalf of UBA. Analysis work on departmental tasks and needs was done in close consultation with departmental experts in the agencies.

Results

In the context of their legal foundations, as well as the observation methods currently applied, the available data bases and further requirements, the following issues were identified as relevant for SRS utilisation, and studied in more detail:

- climate protection:
 - observation of climate parameters and emissions of greenhouse gases
 - inventory of carbon dioxide sources/sinks (land use)

- protection of the earth's atmosphere (stratospheric ozone) and monitoring of the solar UV irradiation
- air pollution control:
 - monitoring of air pollutants
 - observation of their impacts on sensitive ecosystems
- control of marine eutrophication
- water management:
 - implementation of the EU Water Framework Directive
 - implementation of the new EU Bathing Waters Directive
 - establishing/monitoring of water protection areas
 - flooding prevention
- nature conservation and biological diversity
- spatial environmental and landscape planning
- landfill data acquisition
- soil protection
- environmental radioactivity (disaster management and situation assessment)
- environmental observation and Federal Environmental Specimen Bank
- future forest monitoring issues under the EU Forest Focus Directive
- optimisation of decentralised renewable energy generation according to the "Virtual Power Plant Germany" concept.

As expected, with the exception of climate change and stratospheric ozone monitoring, observation is required solely on the national or, respectively, on the regional level. In most cases, collection and supply of the primary data required is outside the scope of the federal environmental department. According to the respective task, the data are supplied by several departmental authorities of the Länder, by other federal departments including the Federal Ministry of Consumer Protection, Food and Agriculture (BMVEL), and in the framework of national and international research programmes. In addition, several interviews with departmental experts revealed a trend towards out-sourcing of projects on generation and processing of required data products, by contracting universities, research organisations, and industry.

The requirements under study were mostly focussed on data products on the observation of land cover and land use, with particular importance being ascribed to the European information system CORINE Land Cover (CORINE-LC). Additional monitoring services are also required, with emphasis on the fulfilment of observation tasks and reporting obligations incurred under the Kyoto Protocol, the Water Framework Directive, the UN-ECE-Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, the European Soil Protection Strategy, and others. Regarding CORINE-LC, UBA makes several demands as to an improved thematic differentiation of land cover classes, the spatial resolution and the timeliness of data. For BfN, the main requirement is, besides a general information basis on land cover and landuse, a homogenous and up- to-date biotope and living space type survey on federal level, the supply of which is, for financial reasons, currently not provided for by the Länder authorities. The requirements of BfS are focussed on the operational monitoring of the UV irradiation, and on the supply of highly up-to-date information on the agricultural cropping situation in areas of impact in case of nuclear disaster. In general, there is no major interest in in-house processing of SRS (raw) data in the federal environmental department. For the benefit of long term environmental observation on the basis of time series and indicators UBA requested unlimited archiving of suitable SRS data products.

From the analysis of departmental tasks and requirements, the following SRS based information products and services, respectively, were derived and described by way of scenarios:

- basic products:
 - enhanced land cover information system CORINE Land Cover (CLC level 4)
 - area-wide Digital Terrain Model
- additional monitoring services:
 - UV irradiation
 - eutrophication in the Northern and Baltic Sea (chlorophyll)
 - water pollution load (GMES Service Element Aqua SAGE)
 - urban development and soil sealing (GMES Service Element Soil SAGE)
 - to-date agricultural cropping situation
 - forest monitoring (GMES Service Element Forest Monitoring)
 - change detection for habitat monitoring.

Besides the user demand as identified, the following efficiency criteria were decisive for defining the scenarios:

- synergy potential by multi-task usability of SRS products (utilisation synergy),
- programmatic potential for realisation (programmatic synergy),
- technical feasibility including present or near future availability of suitable SRS data, and
- avoidance of unrealistic financial conditions (e.g. no coverage of the total federal territory with maximum resolution SRS data).

The efficiency analysis was based on a modified cost effectiveness assessment approach oriented at the recommendations of the Coordination and Consultation Office of the Federal Government for Information Technology in the Federal Administration in the Ministry of the Interior (Koordinierungs- und Beratungsstelle der Bundesregierung für Informationstechnologie in der Bundesverwaltung im Bundesministerium des Inneren, KBSt). The cost effectiveness assessment comprises the modules

- costs,
- quality (under aspects of internal and external impact of scenario realisation in the departments),
- urgency (under aspects of fulfilment of legal obligations and shortcomings of existing methods).

In the modules "urgency" and "quality", the scenarios were valued by potential users in the agencies, according to a predefined set of standardised criteria and by means of a normalised valuation scale. In the end, the approach resulted, for each scenario, in an efficiency evaluation in form of a triple (costs/urgency/quality). Preliminary, non-committal cost assessments range, depending on the respective product, between 0.06 and 12 €/km² (supply costs of data product or running costs per year for monitoring service, respectively).

Maximum quality values (> 90 of 100 points obtainable) were given to the scenarios

- urban development and soil sealing,
- change detection for habitat monitoring,
- forest monitoring,
- enhanced land cover information system CORINE Land Cover,
- area-wide Digital Terrain Model and
- water pollution load.

Under aspects of urgency, the scenarios

- change detection for habitat monitoring and
- urban development and soil sealing

scored highest (>60 points).

The respective requirements were brought forward mostly for sake of the tasks

- environmental observation and Federal Environmental Specimen Bank,
- soil protection,
- water management: implementation of the EU Water Framework Directive and
- air pollution control: observation of impacts on sensitive ecosystems,

all within the scope of UBA. Temporally unlimited data storage was advocated with respect to environmental observation issues.

Recommendations

Against the background of limited options for providing uniform, up to date environmental data on the federal level, the federal environmental department has to cope with accumulating obligations in the framework of outward national representation and internal policy design. In the majority of cases, collection of spatial environmental data is assigned to the Länder. This structural dilemma makes it difficult to address important environmental issues.

Numerous pilot and demonstration projects have proven satellite remote sensing to be mature for application for a broad range of operational tasks in environmental administration and spatial planning. The present study has shown that, for most requirements of the federal environmental department, suitable products can be realised in the short term or are available already, respectively. The potential of SRS for environmental issues is being recognised more and more by the Länder, especially under aspects of complementing and rationalising conventional observation methods. Some Länder go ahead already with utilisation of satellite data for environmental tasks of their environmental administration. The Service Elements which are defined in the framework of the GMES initiative, are partially being developed already in cooperation with users on the Länder level. It is essential to realise the synergy potentials offered thereby for the sake of making harmonised SRS products available in the common interest of the federal government and the Länder.

➤ **Harmonised basic supply of SRS data for the Federal Government and the Länder**

Increased effort should be put into harmonising the supply of SRS data products and services for the environmental issues of the federal government and the Länder. The SRS products proposed in this study may serve as reference scenarios in this process. As the case may be, they will have to be further differentiated with regard to specific requirements of the Länder. The results from the efficiency analysis particularly show the importance of a basic data set for the generation and regular updating of an improved information system on land cover and land use.

Strategically, the necessary harmonisation process should be part of the activities of the Interdepartmental Committee on Geoinformation (Interministerieller Ausschuss für Geoinformationswesen, IMAGI) for developing a national geodata infrastructure. Obviously, the proper platform for the harmonisation with the Länder is the Federal/Federal States Working Group Environmental Information Systems (Bund-Länder-Arbeitskreis Umweltinformationssysteme, BLAK-UIS), which should engage in the central coordination of analysis, evaluation and definition of user requirements. In particular, the results of the present study should be communicated to the BLAK-UIS, the overlaps with the Länder requirements should be identified, and a concept for a basic supply of SRS data for joint utilisation by the federal government and the Länder should be developed and implemented. With regard to specific departmental requirements, the involvement of the Federal States Working Group on Water (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, LAWA), the Federal States Working Group on Soil Protection (Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz, LABO), the Federal States Working Group on Nature Conservation, Landscape Management and Recreation (Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung, LANA) and the Federal States Committee on Immission Protection (Länderausschuss Immissionsschutz, LAI) is emphasised.

➤ **Shared funding of a central data pool**

In agreement with other federal departments and with the Länder, sustainable proportional funding mechanisms should be developed for the required SRS products and services. Following the example set by BMU, concrete analyses of the specific requirements of other departments are suggested as a first step. The leading idea should be the implementation of dedicated budgets in the agencies, for shared funding of a central data pool providing the basic supply as recommended above. Specific licence conditions for multiple use of commercially distributed data by several agencies are to be kept in mind.

A model case for such a central funding concept is, among others, the administrative agreement between the federal government and the Länder on the joint operation and the joint development and maintenance of the meta-information system Environmental Data Catalogue (UDK) and the German Environmental Data Network (GEIN). Reference should also be made to the interdepartmental funding of the British land cover mapping in the framework of the Countryside Survey.

➤ **Active contribution to the implementation of operational GMES services in European and international cooperation**

In some other countries, the utilisation of SRS data for public issues is distinctly advanced. In Europe, public activities on satellite remote sensing of the environment are currently hallmarked particularly by the preparation of the operational phase of GMES. For the operational supply of the SRS products needed by the federal environmental department, the Service Centres presently being developed within the GMES framework should be utilised as far as possible. To this end, the propositions brought forward by the other member states as to the organisational implementation and the prioritisation of GMES services should be critically observed and actively moulded, according to own priorities and with regard to the propositions of the European Environment Agency (EEA). The further development of SRS utilisation in environmental policy abroad should be observed especially under the aspects of comparability with the conditions in Germany, and of EU-wide coordination.

➤ **Specific support of R&D on more efficient data processing**

The requirements analysis has shown that further R&D effort is needed for realising a number of expedient solutions, with emphasis on further development of specific interpretation methods or software, respectively, up to the operational application level. In particular, the efficiency analysis results highlight the importance of (semi-)automated classification techniques for cost efficient interpretation of multispectral satellite data. R&D projects to this point should be given priority also in the national research programme. Those projects which appear as important in the light of the efficiency analysis, but cannot be completely funded within the BMU's environmental research programme (UFOPLAN), should be negotiated by BMU for being taken up into the national research programme of BMBF.

➤ **Data continuity by operational earth observation satellite missions**

The requirements analysis has further shown that just a few satellite missions currently available are relevant for the product scenarios proposed. This is due to the fact that most satellite programmes are motivated by research and technology policy. For the same reasons, the mid to long term continuity of data supply is not ensured for the missions in question. In this context, an especially aggravating problem arises from the present quality impairment of Landsat ETM data.

A European system fully equivalent to Landsat ETM should be implemented with maximum priority. Together with the results of the present study, the case for this request is very much strengthened by the claim of European independence being one of the essentials of the GMES programme. In addition, the continuity of ENVISAT/MERIS should be ensured by ESA. BMU should engage in active support of respective demands of the GMES user community.

➤ **GMES Service Centre and data archive "Land Cover"**

In view of the thematic accents set by the identified requirements Germany should focus its contribution to the organisation of GMES Service Centres on land surface observation, based on already implemented projects. An organisation concept to this end would

have to address the necessary archiving capacity to be secured for the data products which are provided over time, as well as a functional link with CORINE- LC.

➤ **Operational realisation of the product scenarios proposed**

In the evaluation, the proposed basic products and additional monitoring services have scored a high overall level of acceptance. Regarding their implementation and integration in specific programmes they are partially subject to diverse boundary conditions. In the following, some supplementary notes are given as to their operational implementation:

- Enhanced land cover information system CORINE Land Cover (CLC level 4):
 - The efficiency analysis has shown the multi-task applicability of this basic product. Some of the land cover classes relevant for CLC level 4 are being provided already in the course of the ongoing GMES Service Element (GSE) projects SAGE and Forest Monitoring. Valuable methodical experiences have been made in the CORINE Land Cover 2000 project which was completed in 2004. Starting from this basis, and including cost saving semi-automated interpretation methods, a German CLC level 4 product covering all territory should be defined, developed, and provided for joint utilisation by the federal government and the Länder.
- Area-wide Digital Terrain Model:
 - The product is available. Its major advantage is the homogeneity of the data set all over the German territory and neighbouring regions.
- Area-wide monitoring of UV irradiation:
 - This service has been evaluated very differently by UBA (environmental observation) and BfS. Prior to operational implementation, a bilateral trade-off by UBA and BfS is recommended.
- Monitoring of eutrophication in the Northern and Baltic Sea:
 - In view of this observation task being under the responsibility of the Federal Maritime and Hydrographic Agency (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, BSH), an implementation of this service would imply an agreement with this agency, taking into account also the GMES project ROSES (*Real time Ocean Surveillance for Environment and Security*; <http://roses.cls.fr>).
- Water pollution load:
 - This monitoring service is the objective of the ongoing project GMES Service Element Aqua SAGE, to which UBA is committed already as a user (http://www.infoterra-global.com/pdfs/05_SAGE).
- Urban development and soil sealing:
 - This monitoring service is the objective of the ongoing project GMES Service Element Soil SAGE, to which UBA is committed already as a user (http://www.infoterra-global.com/pdfs/05_SAGE).

- To-date agricultural cropping situation:
 - The scenario presupposes, for reasons of cost saving, the integration of data from the Integrated Administration and Control System (InVeKoS) for area-specific subsidies in agriculture. Prior to implementation, an agreement on the availability of these data in an aggregated and anonymous mode with BMVEL and, eventually, Länder authorities is required.
- Forest monitoring:
 - This monitoring service is the objective of the ongoing project GMES Service Element Forest Monitoring, to which UBA is committed already as a user. Further German users are BMVEL and the state forest administration of Thuringia (<http://gafweb.gaf.de/gse/>).
- Change detection for habitat monitoring:
 - The scenario scored highest in the evaluation, its implementation would, however, be under the responsibility of the nature conservation authorities of the Länder. Methodical foundations to this end have been provided by the completed EU projects MOBIO (*Monitoring of Changes in Biotope and Landuse Inventory in Denmark and Schleswig-Holstein by means of Satellite Image Analysis and GIS Technology*; <http://www.dfd.dlr.de/extern/MOBIO/>) and SPIN (*Spatial Indicators for European Nature Conservation*; <http://www.spin-project.org/>)

➤ **Updating of the requirements analysis**

The mandatory departmental tasks, as well as the technical and programmatic potentials of satellite remote sensing are subject to dynamic changes. A requirements analysis will always be like a snap-shot. The SATUM results should be updated every 5 years.