

## Satellitenfernerkundung für umweltpolitische Aufgaben. Eine Bedarfs- und Effizienzanalyse

von Robert Backhaus, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Köln, und Bernd Beule, Umweltbundesamt, Berlin

Vor dem Hintergrund zunehmender umweltpolitischer Überwachungs- und Berichtspflichten und technologischer Fortschritte in der Satellitenfernerkundung wurden Anwendungsmöglichkeiten für Satellitendaten und deren Effizienz im Rahmen der rechtsverbindlichen Aufgaben im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) untersucht, einschließlich der nachgeordneten Bundesoberbehörden Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und Umweltbundesamt (UBA). Diese sowohl technologie- als auch problemorientierte Untersuchung war Gegenstand der im Mai 2004 abgeschlossenen Studie „Anforderungsanalyse der Nutzung von satellitenbasierten Erdbeobachtungssystemen für die Umweltpolitik“ (SATUM), die im Auftrag von BMU/UBA vom DLR durchgeführt wurde.

Für insgesamt 20 Ressortaufgaben wurden prinzipielle Anwendungspotenziale analysiert. Nach Maßgabe von spezifischen Anforderungen aus den Behörden wurden neun Datenprodukte vorgeschlagen, mit Schwerpunkt auf dem Monitoring von Landbedeckung und Landnutzung. Zur Effizienzanalyse wurden die Produktkosten abgeschätzt und eine unabhängige Produktbewertung durch Fachbetreuer in den Behörden durchgeführt. Die Bewertung ergab eine vorrangige Bedeutung der meisten Produkte für die Aufgabenbereiche Umweltbeobachtung und Umweltprobenbank des Bundes, Bodenschutz, Wassermanagement (Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie) und Luftreinhaltung (Wirkungen auf sensitive Ökosysteme).

Abschließende Empfehlungen betreffen u. a. die Abstimmung, Einrichtung und gemeinsame Finanzierung einer Grundversorgung mit Satellitendaten für Bund und Länder und die weitere Ausgestaltung der europäischen Initiative „Global Monitoring for Environment and Security“ (GMES).

### 1 Hintergrund und Projektziele

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 (UBA 1991). Eine Konzeption „Satellitenfernerkundung für Umweltpolitik und -forschung: Bestandsaufnahme – Analyse – Perspektiven“ wurde 1994 gemeinsam vom BMU und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, damals Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie) vorgelegt (BMU und BMBF 1994). Im Auftrag des BMBF wurden umweltstrategische Aspekte der SFE-Nutzung anhand ausgewählter Problemfelder vertieft untersucht (Backhaus et. al 1993).

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 Optionen auf Seiten der Daten- 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) wider. 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 (CEC 2004). Projekte zur Entwicklung operationeller Informationsprodukte und -dienstleistungen wurden 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 Mitgliedstaaten 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 Haushaltsmittel zu bewältigen. Neue Entwicklungen in der Satellitenfernerkundung und Informationsverarbeitung lassen 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 (BMU) 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 vorangegangene AGFU-Studie (BMU und BMBF 1994) sollte dazu aufgabenbezogen aktualisiert und erweitert werden. Das Projekt wurde im Auftrag von BMU und UBA vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) durchgeführt (UBA 2004).

## 2 Methodischer Ansatz

Die Analyse der Ressortaufgaben und Anforderungen erfolgte in iterativer Abstimmung mit fachlichen Ansprechpartnern in den Behörden, die auf einem Workshop zu Beginn des Projekts benannt wurden. Unabhängig vom aktuellen Sachstand der SFE-Nutzung, der Einschätzung ihres Potenzials aus Ressort-sicht sowie der Verfügbarkeit geeigneter SFE-Datenprodukte wurden zunächst diejenigen Aufgaben identifiziert, deren Informationsgrundlage offensichtlich eine Bereitstellung von räumlich

bezogenen und verteilten Daten über die verschiedenen Umweltmedien erfordert.

Diese Aufgaben wurden anschließend detaillierter analysiert, mit jeweiliger Zuordnung der verbindlichen Rechtsgrundlagen (Völkerrecht, EG-Recht und Bundesrecht) und der aktuellen Beobachtungsmethodik bzw. darüber hinausgehender Anforderungen. Die jeweiligen Zuständigkeiten für die Erhebung der Rohdaten und deren Aggregation zu aufgabengerechten Datenprodukten wurden ermittelt, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass die Kompetenzen des Umweltressorts zur Datenerhebung auf Bundesebene begrenzt sind und vielfach zur Erfüllung der Ressortaufgaben auf Daten anderer Bundes- bzw. Länderbehörden zurückgegriffen wird. Nach einer weiteren Iteration mit den Fachbetreuern wurden den aktuellen Beobachtungsmethoden Optionen für die Nutzung von SFE-Daten nach dem gegenwärtigen Stand der Technik vergleichend gegenübergestellt. Für die Definition der SFE-Optionen waren aktuelle bzw. zeitnah geplante SFE-Missionen Voraussetzung.

Eine Bewertung unter Effizienzaspekten auf der gleichen Ebene, d. h. eine isolierte Betrachtung von Effizienzpotenzialen jeweils einer ausschließlich technisch begründeten SFE-Option für eine spezifische Beobachtungsgröße hätte unter den folgenden Aspekten zu Problemen geführt:

- Vergleichbarkeit der Kosten bei z. B. komplexerem Charakter der SFE-Lösung,
- Verfügbarkeit von Kostendaten bei noch in Entwicklung befindlichen konventionellen Verfahren, verbunden mit entsprechenden Unschärfen im Anforderungsprofil,
- Berücksichtigung von Synergiepotenzialen bei einer aufgabenübergreifenden Nutzbarkeit von SFE-Produkten (Nutzungssynergie) und
- Berücksichtigung von programmatischen Randbedingungen für die operative Umsetzung von SFE-Lösungen (Programmsynergie).

Deshalb wurden als Grundlage für die Effizienzanalyse neun Produktszenarien definiert. Die Szenarien beschreiben machbare SFE-gestützte Informationsprodukte bzw. -dienstleistungen einschließlich der für ihre Umsetzung anzunehmenden Randbedingungen (z. B. Zusatzdaten, Modelle, ggf. FuE-Bedarf) und einer

unverbindlichen Abschätzung des SFE-bezogenen Kostenrahmens. Maßgeblich für die thematische Definition der Szenarien waren neben der aktuellen Situation in umsetzungsrelevanten Programmen (Satellitenmissionsprogramme und produktorientierte Programme wie z. B. GMES) allgemeine Effizienzkriterien wie z. B.:

- identifizierter Nutzerbedarf bzw. Defizite der aktuellen Methodik,
- technische Machbarkeit einschließlich gegenwärtiger 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. Diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung umfasst die Module:

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

Die Bezifferung der Module „Dringlichkeit“ und „Qualität“ wurde durch die jeweiligen potenziellen Nutzer in den Behörden anhand einheitlich vorgegebener Kriterien mittels einer normierten Bewertungsskala durchgeführt. Im Ergebnis liefert das Verfahren für jedes Szenario eine Effizienzbewertung in Form eines Tripels (Kosten, Qualität, Dringlichkeit; s. UBA 2004).

### 3 Ergebnisse

Die für die Fragestellung der Studie prinzipiell relevanten Aufgaben im Umweltressort des Bundes sind in Tabelle 1 zusammengefasst und den wesentlichen Anforderungen in Bezug auf die aktuell genutzten Daten- und Informationsquellen gegenübergestellt. Die Angaben zu den

**Tab. 1: Aufgabenkomplexe und Anforderungen**

<i>Aufgabenkomplex/Zuständigkeit<sup>1)</sup></i>	<i>Anforderungen</i>
Klimabeobachtung (Klimaparameter)/UBA	keine
Überwachung der Treibhausgas- Emissionen/UBA	keine
Erfassung von Kohlendioxid-Quellen und –Senken (Landnutzung)/UBA	Detailliertere Klassifikation, verbesserte Datenvergleichbarkeit
Schutz der Erdatmosphäre (Ozonschicht) /UBA	keine
Überwachung der solaren UV-Einstrahlung /BfS, UBA	Bereitstellung von aktuellen Atmosphärendaten
Monitoring von Luftschadstoffen/-verunreinigungen/UBA	z. Z. keine
Beobachtung von Luftschadstoff-Wirkungen auf sensitive Ökosysteme/BfN,UBA	Detailliertere Klassifikation, höhere räuml./zeitl. Auflösung für CORINE LC <sup>2)</sup>
Meeresschutz (Eutrophierung)/UBA	Flächendeckende Chlorophyllerfassung mit hoher zeitlicher Auflösung
Umsetzung der EU Wasser-Rahmenrichtlinie/ UBA	Detailliertere Klassifikation, höhere räuml./zeitl. Auflösung für CORINE LC <sup>2)</sup>
Umsetzung der EU Badegewässerrichtlinie/ UBA	Flächenhafte Erfassung von Cyanobakterien, Reduktion des Überwachungsaufwands
Ausweisung/Überwachung von Wasserschutzgebieten/UBA	Bundesweit vereinheitlichte räumliche Datengrundlage zur Landnutzung
Hochwasservorsorge/BMU	keine
Naturschutz und biologische Vielfalt/BfN	bundesweit flächendeckende, homogene Biotop- und Lebensraumtypenkartierung
Raumbezogene Umwelt- u. Landschaftsplanung/BfN, UBA	höhere räumliche Auflösung für CORINE LC <sup>2)</sup>
Deponiedatenerfassung/UBA	keine
Bodenschutz/UBA	Detailliertere Klassifikation, höhere räuml./zeitl. Auflösung für CORINE LC <sup>2)</sup> ; bundesweit homogenes DGM <sup>3)</sup>
Umweltradioaktivität (Notfallschutz und Lageermittlung)/BfS	Aktuelle Erfassung der landwirtschaftlichen Anbausituation im Impaktgebiet
Umweltbeobachtung und Umweltprobenbank des Bundes/UBA	höhere räuml./zeitl. Auflösung von Landnutzung- / Landbedeckung-Information, flächendeckende Erfassung von Umweltveränderungen, Langzeit-Archivierung
Wald-Monitoring (EU-Richtlinie Forest Focus)/BfN, UBA	noch nicht gegeben
Dezentrales Energiekonzept „Virtuelles Kraftwerk Deutschland“ (Erneuerbare Energie)/UBA	noch nicht gegeben

1) im Geschäftsbereich des BMU

2) Europäisches Landbedeckungs-Informationssystem CORINE Landcover

3) Digitales Geländemodell

jeweiligen Zuständigkeiten beschränken sich auf den Geschäftsbereich des BMU, weitere vielfältige Zuständigkeiten auf Bundes- und Landesebene sind im Endbericht dargestellt (UBA 2004). Hinsichtlich der detaillierten Erfassung und Analyse der rechtlichen Grundlagen, der Potenziale und Defizite aktueller Datengrundlagen und der unter rein technologischen Gesichtspunkten nutzbaren SFE-Optionen muss ebenfalls auf den Endbericht verwiesen werden.

Die Anforderungen konzentrieren sich weitgehend auf Datenprodukte zur Beobachtung von Landbedeckung und Landnutzung (s. a. CEC 1994). 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 zur UN Klimarahmenkonvention, der EU-Wasserrahmenrichtlinie, dem UN-ECE-Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, der europäischen Bodenschutzstrategie u. a. Im Bereich Klima und Atmosphäre wird auf die Daten aus internationalen und nationalen Forschungsprogrammen zurückgegriffen.

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 Lebensraumtypenkartierung im Vordergrund, deren Bereitstellung durch die Landesbehörden aus finanziellen Gründen derzeit nicht gewährleistet ist. Die Anforderungen des BfN 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.

Die auf Grundlage der Anforderungsanalyse zur Bewertung vorgeschlagenen Produktszenarien lassen sich überblicksartig folgendermaßen charakterisieren:

- Basisprodukte:
  - verbessertes *Landbedeckungs-Informationssystem* CORINE Land Cover (CLC level 4) mit weitergehender Differenzierung landwirtschaftlicher und forstlicher Klassen, unter Nutzung von hochauflösenden optischen SFE-Daten
  - Flächendeckendes homogenes *Digitales Geländemodell* mit Ausweisung von Hangneigung, (ggf. Hanglänge) und Exposition (Himmelsrichtung), auf der Grundlage von ERS-1/ERS-2 Radardaten
- zusätzliche Monitoring-Dienstleistungen:
  - *UV-Einstrahlung* (UV-Karten für Deutschland und Europa, einschließlich Wolkenbedeckung, Ozonwerte und Aerosole)
  - *Eutrophierung der Randmeere* (Chlorophyllkarten für Nord- und Ostsee)
  - *Gewässerbelastung* (Landnutzung, landwirtschaftliche Nutzungsintensität, Nitratbelastung, s. GMES Projekt Aqua SAGE; <http://www.infoterra-global.com/sage.htm>)
  - *Siedlungsentwicklung* und Flächenversiegelung (s. GMES Projekt Soil SAGE; <http://www.infoterra-global.com/sage.htm>)
  - Aktuelle *landwirtschaftliche Anbausituation* (für Impaktgebiete im nuklearen Katastrophenfall)
  - *Waldmonitoring* (Landnutzung, Landnutzungsänderung, Waldfläche, Biomasse- und Kohlenstoffspeicher-Statistik; s. GMES Projekt Forest Monitoring; <http://gafweb.gaf.de/gse/>)
  - Veränderungserfassung für die *Biotopüberwachung* (zur Unterstützung einer kostengünstigen Überwachung von Biotopflächen durch die Länder)

Vorläufige unverbindliche Kostenabschätzungen bewegen sich je nach Produkt zwischen 0,06 und 12 €/km<sup>2</sup> (Bereitstellungskosten für das jeweilige Datenprodukt bzw. Betriebskosten/Jahr für Monitoring-Dienste). Folgende

Szenarien erzielten maximale Qualitätsbewertungen (> 90 von 100 erreichbaren Punkten):

- die Basisprodukte Landbedeckungs-Informationssystem und Digitales Geländemodell,
- die Monitoring-Dienste Siedlungsentwicklung, Biotopüberwachung, Waldmonitoring und Gewässerbelastung.

Unter Qualitätsaspekten wurde die Bedeutung der SFE-Produkte/-Dienste für qualitative Verbesserungen bei der Aufgabenerfüllung und für einheitliches Verwaltungshandeln in Bund, Ländern und im europäischen Rahmen im Durchschnitt am höchsten bewertet, am geringsten im Hinblick auf den Pilotcharakter für andere Ressortaufgaben. Die gewichteten Bewertungssummen belegen eine insgesamt sehr hohe Qualitätsbewertung aller Szenarien mit einem Durchschnitt von 80,5 von maximal 100 erreichbaren Punkten. Unter Dringlichkeitsaspekten wurden die Monitoring-Dienste Biotopüberwachung und Siedlungsentwicklung am höchsten eingestuft (>60 Punkte). Im Mittel wurden die Produktmerkmale räumliche Auflösung, Aktualität und Wiederholrate im Vergleich zur konventionellen Lösung als am meisten dringlich bewertet.

Schwerpunkte der bewertungsbestimmenden Anforderungen liegen in den Aufgabenbereichen

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

Bezogen auf die Anzahl der pro Szenario abgegebenen Bewertungen erzielte das verbesserte CORINE LC Informationssystem als vielfach nutzbares Basisprodukt das höchste Ergebnis (n=6), dem allerdings auch die höchste Kostenschätzung gegenübersteht. Die meisten Bewertungen (n=8) wurden für den Aufgabenkomplex Umweltbeobachtung abgegeben, eine medien- und fachübergreifende Querschnittsaufgabe des UBA, u. a. in Umsetzung der EU Richtlinie über den freien Zugang zu Umweltinformation und der entsprechenden Gesetzgebung des Bundes (Umweltinformationsgesetz). Die Umweltbeobachtung liefert außerdem Datengrundlagen für

die Initiative Bund Online 2005 der Bundesregierung, die zum Ziel hat, Informationen und Dienstleistungen des Bundes online für den Bürger verfügbar zu machen.

#### 4 Diskussion und 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 in zunehmendem Maße. Die SATUM-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. Die im Rahmen der GMES Initiative definierten sog. 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.

Die Methodik bisheriger Studien zur Nutzung der Satellitenfernerkundung für öffentliche Aufgaben beruht durchweg auf einem formalen Abgleich von nutzerseitigen Anforderungs- und technologieseitigen Leistungsprofilen. Effizienzkriterien bleiben vielfach unberücksichtigt, ihre Einbeziehung ist allerdings auch nicht unproblematisch. Im Idealfall wäre ein quantitativer Vergleich der finanziellen und gesellschaftlichen Kosten und Nutzeffekte für SFE-gestützte und für konventionelle Lösungen zu leisten. Z. B. werden dementsprechende Kosten-Nutzen-Analysen (cost-benefit analysis, CBA) für die im Earthwatch GSE Programm zu entwickelnden GMES-Dienste von der ESA eingefordert (ESA 2004). Auffälligerweise sind aber klassische CBA-Ansätze für GMES-Dienste bisher ganz überwiegend anhand von Anwen-

dungen im Katastrophenschutz demonstriert worden (Jenkins et al. 2001; Vass 2003), d. h. in einem spezifischen Bereich, in dem Kosten und Nutzeffekte noch am ehesten einer Quantifizierung zugänglich sind. Im vorliegenden Fall geht es jedoch um die Bereitstellung von Umweltinformation für ein wesentlich breiteres und komplexeres Aufgabenspektrum. Eine monetäre Bewertung des Nutzens von Umweltinformation würde die Bepreisung von Umweltgütern und die Quantifizierung des Anteils der jeweils genutzten Information an ihrer Bewahrung voraussetzen. Abgesehen von der wissenschaftlichen Problematik einer Monetarisierung von Umweltressourcen (s. z. B. Vester 1986) hätte dieser Ansatz den Rahmen der Studie gesprengt. Eine vorläufige, unverbindliche Abschätzung der Kosten von SFE-Datenprodukten ist zwar möglich, während bei der Angabe von Kosten für die jeweils angewandten konventionellen Verfahren das Problem der mangelnden Vergleichbarkeit zu berücksichtigen ist. Streng genommen müsste für einen direkten Kostenvergleich von SFE- und konventionellen Datenprodukten die Schnittmenge ihres Informationsgehalts bestimmt werden.

Die hier gewählte Methodik verzichtet daher auf jegliche Monetarisierung von Anwendungseffekten und produziert statt dessen ein Effizienzmaß durch Kombination von anbieterseitig geschätzten Produktkosten und nutzerseitig bewerteten normierten Indices für Qualität und Dringlichkeit. Die erhaltenen Kennzahlen (s. UBA 2004) erscheinen im Zusammenhang mit der erarbeiteten Hintergrundinformation für eine programmatische Interpretation als hinreichend, von einer Zusammenfassung zu jeweils einer einzigen Maßzahl durch fragwürdige statistische Operationen wurde bewusst abgesehen. Das Verfahren wurde durch das UBA zwischenzeitlich auch in die GMES Service Element Projekte Forest Monitoring und SAGE eingeführt (Beule 2004). Zu weiteren Details sei auf UBA (2004) und Backhaus und Beule (2005) verwiesen.

Aus den Ergebnissen der Bedarfs- und Effizienzanalyse wurden abschließend folgende Empfehlungen abgeleitet:

- Eine abgestimmte Grundversorgung mit Satellitendaten über Landbedeckung und Landnutzung im gesamten Bundesgebiet sollte zur gemeinsamen Nutzung durch Bund

und Länder sichergestellt werden. Der Interministerielle Ausschuss für Geoinformationswesen, der Bund-Länder-Arbeitskreis Umweltinformationssysteme und weitere fachlich betroffene Bund-Länderarbeitsgemeinschaften sollten entsprechende Koordinations- und Abstimmungsaufgaben wahrnehmen. Konkrete Anforderungsanalysen durch weitere Bundesressorts werden in Anlehnung an die SATUM-Studie empfohlen.

- Die gemeinsame Finanzierung eines zentralen Basisdatenpools ist zwischen Bund und Ländern zu vereinbaren.
- Die künftigen GMES Dienstleistungszentren sollten im Hinblick auf eigene Nutzerprioritäten in europäischer und internationaler Zusammenarbeit aktiv mitgestaltet werden. Ziel sollte die Einrichtung eines GMES Dienstleistungszentrums und eines Datenarchivs mit dem Themenschwerpunkt „Landbedeckung“ sein.
- Die Methodenanpassung und Softwareentwicklung zur effizienteren Verarbeitung von Satellitendaten für den Bedarf der Umweltressorts in Bund und Ländern sollte gezielt gefördert werden.
- Die erforderliche Datenkontinuität für aus deutscher Sicht vorrangige Datenprodukte ist durch operationelle Satellitenmissionen zu gewährleisten. Entsprechende Forderungen der GMES-Nutzergemeinschaft sollte das BMU unterstützen.
- Die Ergebnisse von SATUM sollten in 5jährigem Abstand aktualisiert werden.

### **Danksagung**

*Für ihre aktive und hilfreiche Unterstützung danken wir Herrn Dr. Hartmut Streuff, BMU, sowie den Mitgliedern der Projektsteuerungsgruppe Dr. Andreas Czepuck (BMU, Vorsitz), Maria Werner (BfS), Dr. Michael Bilo (BfN), Dr. Thomas Schütz (UBA), Dr. Wolfgang Steinborn (DLR), und Heinrich Zingelmann (BMU). Ohne die bereitwillige Kooperation zahlreicher Expertinnen und Experten in BMU, BfN, BfS, UBA und im DLR wäre die Studie nicht durchführbar gewesen. Auch ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.*

## Literatur

*Backhaus, R.; Bauer, P.; Borg, E.; Braun, G.; Grunwald, A.; McGlade, J.M.; Gaito, S., 1993:* Analyse raumgestützter Erkundungssysteme unter umweltstrategischen Aspekten (ARETUSA). DLR-IB, TB 318-93/04

*Backhaus, R.; Beule, B., 2005:* Efficiency Evaluation of Satellite Data Products. In: Environmental Policy. Space Policy (zur Veröffentl. angenommen)

Beule, B., 2004: Persönliche Mitteilung

*BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / BMBF – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, 1994:* Satellitenfernerkundung für Umweltpolitik und Forschung: Bestandsaufnahme – Analyse – Perspektiven (AGFU). Schriftenreihe des BMU

*CEC – Commission of the European Communities, 1994:* Use of satellite data for environmental purposes in Europe. Final report. Scot Conseil, Smith. ETES-0039-D

*CEC – Commission of the European Communities, 2004:* Global Monitoring for Environment and Security (GMES): Establishing a GMES capacity by 2008 – (Action Plan (2004 – 2008)). Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, COM (2004) 65 final

*ESA – European Space Agency, 2004:* Global Monitoring for Environment and Security – Final Report of the Initial Period and way forward. ESA/PB-EO(2004) 18

*Jenkins, B.; Van Duivenbode, L.; Fleming, A., 2001:* European EO Industry and Market: 2001 Snapshot and GMES Benefits Framework – Final Report. ESYS-2001306-RPT-02

*UBA – Umweltbundesamt, 1991:* Bedarfsanalyse zur satellitengestützten Umweltüberwachung (BE-SU). FE-Vorhaben 101 09001/01

*UBA – Umweltbundesamt, 2004:* Anforderungsanalyse der Nutzung von satellitenbasierten Erdbeobachtungssystemen für die Umweltpolitik (SATUM), Forschungsbericht 202 91 601, UBA FB 000693, Berlin. Als Download verfügbar unter [http://www.bmu.de/de/1024/js/download/satum\\_040903/](http://www.bmu.de/de/1024/js/download/satum_040903/)

*Vass, P., 2003:* GMES Socio-economic Study (GSES) Socio-economic Impacts Report. ESYS-2002386-RPT-04

*Vester, F., 1986:* Ein Baum ist mehr als ein Baum. München: Kösel

## Kontakt

Dr. Robert Backhaus  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)  
Linder Höhe, 51147 Köln  
Tel.: +49 (0) 22 03 / 601 - 29 87  
Fax: +49 (0) 22 03 / 683 09  
E-Mail: [robert.backhaus@dlr.de](mailto:robert.backhaus@dlr.de)

«