



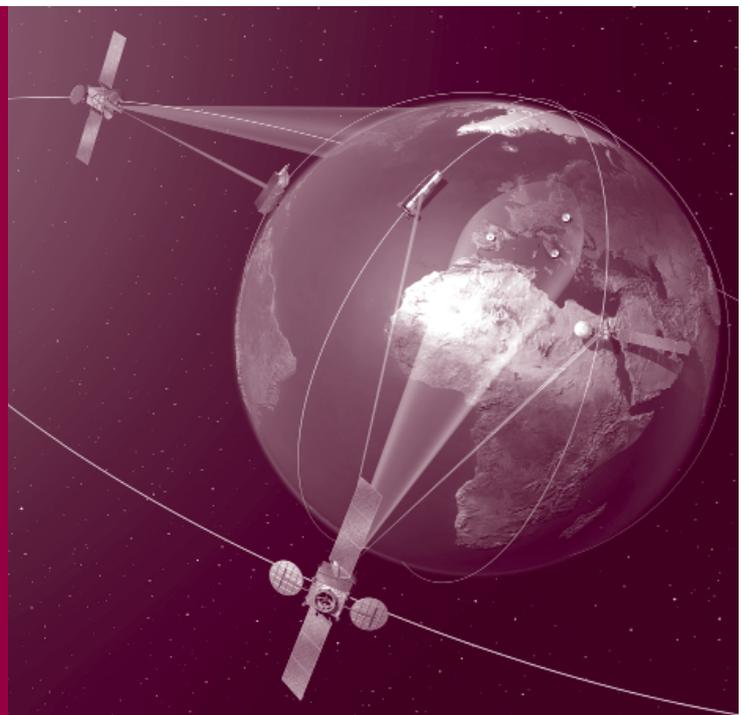
BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG

Katrin Gerlinger

Fernerkundung: Anwendungspotenziale in Afrika

Endbericht zum TA-Projekt

November 2012
Arbeitsbericht Nr. 154



Umschlagbild:
© ESA - P. Carril

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
<hr/>	
I. EINLEITUNG	23
1. Hintergrund und Zielsetzung des Projekts	23
2. Kooperation mit Gutachterinnen und Gutachtern	25
3. Aufbau des Berichts	26
<hr/>	
II. FUNKTIONSPRINZIP, BESTANDTEILE DER TECHNOLOGIE	29
1. Elektromagnetische Strahlung	30
2. Wechselwirkungen zwischen EMS und Substanzen bzw. Objekten der Erdoberfläche	34
2.1 Spektrales Verhalten atmosphärischer Bestandteile	35
2.2 Wasser der Erdoberfläche	37
2.3 Vegetation	38
2.4 Böden und Minerale	39
2.5 Spektrale Signaturen	40
2.6 Objektidentifikationen	41
3. Infrastruktur zur Datenaufnahme	42
3.1 Sensoren – Beobachtungsinstrumente zur Datenaufnahme	42
3.2 Luft- und Raumfahrzeuge – Träger der Sensoren	48
3.3 Kennziffern zum Leistungsvergleich der Fernerkundungssysteme und Anwendungsgebiete spezifischer Fernerkundungsdaten	53
3.4 Weitere notwendige Technikmodule zum Betrieb der Satelliten	57
4. Von Messdaten zu Informationen – Inwertsetzung von Fernerkundungsdaten	65
4.1 Datenverarbeitung und Produktgenerierung	66
4.2 Die Nachfrageseite des Geschäftsfeldes »Geoinformationen«	73
5. Fazit	77



INHALT

III. VÖLKERRECHTLICHE UND MULTILATERALE VEREINBARUNGEN, GLOBALE INITIATIVEN	81
1. UNO	81
1.1 Verträge	83
1.2 Grundsätze und Erklärungen	85
1.3 Grenzen des Handlungsraums der UNO	88
2. GEO und deren System der Systeme	89
3. Exportkontrollregime	90

IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME UND BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA	95
1. USA	96
1.1 Satellitensysteme zur Erdfernerkundung	98
1.2 Beispiele für Anwendungen in Afrika	106
2. Frankreich	112
2.1 Satellitensysteme zur Erdfernerkundung	112
2.2 Beispiele für Anwendungen in Afrika	116
3. Deutschland	120
3.1 Ausrichtung der deutschen Weltraumpolitik	120
3.2 Satellitensysteme zur Erdfernerkundung	122
3.3 Initiativen zum Technologietransfer	129
3.4 Beispiele für Anwendungen in Afrika	130
4. Großbritannien	134
5. Asiatische Länder	137
6. Fernerkundungsaktivitäten in Afrika	139
6.1 Algerien	140
6.2 Ägypten	141
6.3 Marokko	143
6.4 Nigeria	143
6.5 Südafrika	144
6.6 Länder ohne eigene Satellitenprogramme	146
6.7 Multinationale Organisationen zur Unterstützung von Fernerkundungsaktivitäten	148
6.8 Afrikanische Initiativen zum Ausbau eigener Fernerkundungskapazitäten	151

7.	Fazit und Ausblick	153
7.1	Entwicklung und Betrieb der Satelliteninfrastruktur zur Datenaufnahme	154
7.2	Nutzung von Fernerkundungsdaten für Anwendungen in Afrika	158
<hr/>		
V.	FERNERKUNDUNGSSYSTEME EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN UND BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA	161
1.	Organisationsstruktur in Europa	162
2.	Erdfernerkundung bei Eumetsat	166
2.1	Satellitensysteme zur Erdfernerkundung	166
2.2	Datenverarbeitung	168
2.3	Beispiele für Anwendungen in Afrika	169
3.	Erdfernerkundung bei der ESA	175
3.1	Satellitensysteme zur Erdfernerkundung	175
3.2	Entwicklung von Geoinformationsdiensten – Anwendungsbereich Waldbeobachtung	177
3.3	Beispiele für Anwendungen in Afrika	178
4.	Copernicus – ein europäisches Gemeinschaftsprogramm zur Erdbeobachtung	182
4.1	Weltraumkomponente	183
4.2	In-situ-Komponente	185
4.3	Informationsdienste: Anwendungsbereiche und Projekte im Rahmen der Afrikainitiative	185
5.	Fazit	196
<hr/>		
VI.	INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN ZUR NUTZUNG OPERATIONELLER FERNERKUNDUNGSSYSTEME	201
1.	Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen	201
2.	Fernerkundungsaktivitäten der GEO	204
3.	Fernerkundungsaktivitäten der UNO	208
4.	Fazit	215



INHALT

VII. RESÜMEE UND HANDLUNGSOPTIONEN	219
1. Ausbau der Satelliteninfrastruktur und Datenbereitstellung	221
2. Nutzung von Fernerkundungsdaten in Afrika	228
<hr/>	
LITERATUR	237
1. In Auftrag gegebene Gutachten	237
2. Weitere Literatur	237
<hr/>	
ANHANG	243
1. Tabellenverzeichnis	243
2. Abbildungsverzeichnis	243
3. Abkürzungsverzeichnis	245

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Erdfernerkundung werden Objekte auf der Erde aus großer Distanz beobachtet, indem von ihnen reflektierte und ausgesendete elektromagnetische Strahlung gemessen wird. Diese Messwerte können für unterschiedliche Nutzergruppen in diversen Anwendungsgebieten vielfältige Informationen liefern. Dazu müssen sie jedoch spezifisch aufbereitet werden.

Vorteile der Fernerkundung ergeben sich insbesondere bei schwer zugänglichen Gebieten der Erdoberfläche. Neben der militärischen Nutzung eröffnen sich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in zivilen Kontexten, vom Ressourcenmanagement in Land- und Forstwirtschaft über die Gewinnung von Umweltinformationen, die Kartierung und Planung von Siedlungen bis zum Katastrophenmanagement. Die genannten Kontexte und Anwendungsgebiete legen ein großes Potenzial gerade auch für Entwicklungsländer nahe, da aufgrund ohnehin geringer bodennah erhobener Datenbestände deren Vorzüge (weitgehend autonome, systematische Datenerfassung über unzugänglichen Gegenden) besonders zum Tragen kommen können. Aufgrund zunehmender ökologischer und sozialer Probleme (Desertifikation, Erosion, Stadtentwicklung) in Entwicklungsländern scheint ein Bedeutungsgewinn wahrscheinlich.

Dennoch ist nach anfänglicher Euphorie in Bezug auf die Anwendung der Fernerkundung im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit in den 1980er bis Anfang der 1990er Jahre in der Folgezeit das Interesse an der Thematik deutlich zurückgegangen. Vor diesem Hintergrund ist das Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) vom Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung beauftragt worden, den derzeitigen Stand der Technik und die gegenwärtigen Anwendungen insbesondere in den Ländern Afrikas darzustellen, um auf dieser Grundlage zukünftige Kooperationsmöglichkeiten zu beschreiben. Schwerpunkte der Istzustandsanalyse sind einerseits die technischen Möglichkeiten von Industrieländern, insbesondere die derzeitigen fernerkundungsrelevanten Aktivitäten in Deutschland und der Europäischen Union, und andererseits die Möglichkeiten afrikanischer Länder. Aufbauend auf dieser Bestandsaufnahme werden sich abzeichnende Stärken und Potenziale für eine problemlösungsorientierte Anwendung von Fernerkundungstechniken in Entwicklungsländern erarbeitet. Dabei wird insbesondere untersucht, welche Strukturen auf nationaler und internationaler Ebene geeignet sind, die Verwendung der Fernerkundung in den Ländern Afrikas zu befördern.



FUNKTIONSPRINZIP

Das Grundprinzip der Fernerkundung lässt sich wie folgt beschreiben: Von einer Quelle, vor allem der Sonne oder künstlichen Sendern, wird elektromagnetische Strahlung (EMS) kontinuierlich oder impulsartig ausgesendet. Trifft die Strahlung auf ein Objekt, wird je nach dessen Materialeigenschaften ein Teil an der Objektoberfläche abgelenkt, gestreut oder reflektiert, ein Teil vom Objekt aufgenommen (absorbiert) und ein Teil durch das Objekt hindurchgelassen (transmittiert). Objekte können selbst auch EMS aussenden (emittieren). Die vom Objekt reflektierte oder emittierte Strahlung kann von einer dritten Position mithilfe von Sensoren empfangen, gemessen und aufgezeichnet werden. Diese Messwerte enthalten vielfältige Informationen über das Beobachtungsobjekt. Auf diesem Prinzip aufbauend funktioniert die Fernerkundungstechnologie als ein System aus folgenden Komponenten:

- › *Elektromagnetische Strahlung*: Sie ist der Informationsträger der Fernerkundung. Für die Fernerkundung relevant ist EMS im optischen Bereich (teilweise ultraviolette Strahlung, sichtbares Licht und teilweise infrarote Strahlung), die mit optischen Geräten aufgenommen wird, und EMS im Mikro- und Radiowellenbereich, die mit Radargeräten aufgenommen wird.
- › *Beobachtungsobjekte*: Bei der Erdfernerkundung sind dies Objekte auf oder Bestandteile der Erdoberfläche (einschließlich der Atmosphäre sowie der oberen Schichten des Erdbodens und der Meere). Jedes Objekt reflektiert EMS entsprechend seiner Materialzusammensetzung und seiner Oberflächenbeschaffenheit. Diese individuellen Reflexionseigenschaften von Objekten bezeichnet man auch als spektrale Signatur, die jedoch nicht immer gleich ist, sondern von vielfältigen Faktoren beeinflusst wird. Beispielsweise verändert sich die spektrale Signatur von Pflanzen im Lauf der Wachstumsperiode oder diejenige von Pflanzen und Böden je nach spezifischem Wassergehalt.
- › *Satelliteninfrastruktur*: Dazu zählen die Sensoren, d. h. die Messinstrumente, welche die von den Objekten reflektierte oder emittierte EMS aufnehmen; die Träger der Sensoren (vorrangig Satelliten, aber auch Flugzeuge) einschließlich ihrer Platzierungs- und Steuerungseinheiten (Raketen, Startplätze, Kontrollzentren) sowie Datenübertragungssysteme (Empfangsstationen, separate Satellitensysteme zur Datenverteilung).
- › *Datenverarbeitung*: Sie hat die Aufgabe, aus den übermittelten Rohdaten »sinnvolle« Informationen über unterschiedliche Beobachtungsobjekte für verschiedene Nutzergruppen abzuleiten und stellt damit den eigentlichen Inwertsetzungsschritt dar. Die Resultate werden auch als Informationsprodukte oder Geoinformationsdienstleistungen bezeichnet.

Die Erkundung von Objekten bzw. die kontinuierliche Beobachtung von mehr oder weniger großen Bestandteilen des Erdsystems aus der Ferne ist ein hochkomplexes Verfahren. Einerseits sind unterschiedliche Technikmodule nötig, um

Messdaten zu generieren und diese auf der Erde verfügbar zu machen. Andererseits sind auch vielfältige spezifische Fachkenntnisse sowohl zu den jeweiligen Beobachtungsobjekten und ihren Eigenschaften in Bezug auf elektromagnetische Strahlung als auch zum Umgang und zur Verarbeitung von zunehmend größeren Mengen an Satellitendaten erforderlich. Ein Mehrwert wird vor allem durch die Verknüpfung von Fernerkundungsdaten mit zahlreichen weiteren Daten aus anderen Quellen generiert. Das sind u. a. bodennahe Messungen, Statistiken, Erfahrungs- oder Schätzwerte, sogenannte In-situ-Daten. Durch die gemeinsame Auswertung und Aufbereitung können für unterschiedliche potenzielle Nutzergruppen (z. B. in den Bereichen Umweltüberwachung, Katastrophenmanagement) auf einen Sachverhalt bezogene komplexe Informationsprodukte entwickelt werden.

Die Komplexität der Technologie, die erforderlichen umfangreichen Spezialkenntnisse zur Datenaufbereitung, die Notwendigkeit der (Informations-)Produktanpassung und die jeweils spezifischen Anforderungen potenzieller Nutzergruppen führen dazu, dass erhebliche Transfers von Technik, Daten und Wissen erforderlich sind, um mithilfe der Fernerkundung einen gesellschaftlichen Nutzen in Ländern zu generieren, die bisher kaum als Wissens- und Informationsgesellschaften angesehen werden können.

REGULIERUNG

Im Gegensatz zur flugzeugbasierten Fernerkundung – für die es, weil sie den zum staatlichen Hoheitsgebiet gehörenden Luftraum nutzt, nationalstaatliche Zuständigkeiten und Verfahrenswege gibt – nutzt die satellitenbasierte Fernerkundung den hoheitsfreien Weltraum. Bei der Regulierung von Aktivitäten im Weltraum übernahmen die Vereinten Nationen in den 1960er und 1970er Jahren eine zentrale Rolle. Die wichtigste völkerrechtlich verbindliche Grundlage zum Umgang mit dem Weltraum bildet der 1967 verabschiedete Weltraumvertrag. Durch ihn wird eine weitgehende, jedoch nicht schrankenlose Freiheit für die Erforschung und die wirtschaftliche Nutzung des Weltraums gewährt. Forschung und Nutzung sollen zum Vorteil und im Interesse aller Länder ungeachtet ihres wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklungsstandes erfolgen. Die wichtigste Einschränkung dieser Freiheiten bezieht sich auf die Nutzung des Weltraums, die ausschließlich friedlich zu sein hat. Für den Mond und andere Himmelskörper gilt diese friedliche Nutzung umfassend (d. h. keine Stützpunkte, keine Waffen, keine militärischen Übungen), für den übrigen Weltraum hingegen nur teilweise (keine Massenvernichtungs- oder Kernwaffen). Erdfernerkundung als grundsätzlich zulässige Raumfahrtaktivität kann sowohl zu zivilen (z. B. Umweltbeobachtung) als auch zu militärischen (z. B. Aufklärung bzw. Spionage) Zwecken eingesetzt werden.



ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem in den 1980er Jahren immer mehr Länder Fernerkundungssatelliten starteten und flächendeckend immer spezifischere Daten erhoben, drängten vor allem die von der ressourcenintensiven technologischen Entwicklung weitgehend ausgeschlossenen armen Länder auf spezifische Regelungen, jedoch wurde es zunehmend schwieriger, einen vertraglichen Konsens zu finden. 1986 wurde ein Prinzipienkatalog in Bezug auf die Fernerkundung aus dem Weltraum verabschiedet, der jedoch nur empfehlenden Charakter hat. Darin werden Erdfernerkundungsaktivitäten einerseits uneingeschränkt gebilligt, d. h., sie können ohne vorherige Zustimmung oder Unterrichtung von zu erkundenden Staaten vorgenommen werden, andererseits sollen sie zum Vorteil und im Interesse aller Länder erfolgen. Insbesondere Entwicklungsländern soll eine Beteiligung zu annehmbaren Bedingungen angeboten werden. Im Katastrophenfall sollen Daten und Informationen sowohl betroffenen Ländern als auch (inter)nationalen Hilfsorganisationen zur Verfügung gestellt werden.

Vor diesem Hintergrund entwickelte sich der Grundsatz, dass Satelliteneigentümer auch Dateneigentümer sind und Urheberrechte haben. Den beobachteten Regionen werden bisher keine Rechte eingeräumt – was insbesondere Entwicklungsländer bemängeln. Zunehmend entstehen allerdings Graubereiche bei höchstauflösenden und aktuellsten Daten, bei denen führende Industrieländer zum Schutz der Sicherheit sehr wohl auf nationaler Ebene Hoheitsansprüche geltend machen, die Erhebung und Verbreitung solcher Daten beschränken (Verbotsprinzip mit Erlaubnisvorbehalt) und diese Beschränkungen teilweise auch über Handelssanktionen international einfordern.

Aufgrund der Dual-Use-Eigenschaft der Technologie beschränken die westlichen Industrieländer den Export nahezu aller Technikbestandteile einschließlich möglicher Trainingsprogramme zum Bau und Betrieb von Satelliten über multilaterale Exportkontrollregime, die in Europa durch die Dual-Use-Verordnung in geltendes Recht umgesetzt werden. Auch wenn bis auf Japan und Südkorea bisher keine asiatischen Länder diesen Kontrollregimen beigetreten sind, bedeutet dies nicht, dass sie einen allgemeinen Zugang zu höchstauflösenden Daten gewähren oder explizite Technologietransfermaßnahmen insbesondere in die Länder Afrikas betreiben.

Sicherheitspolitische Gründe, die durch nationale wirtschaftspolitische Interessen technologieführender Länder verstärkt werden, begrenzen einen Transfer sowohl der Fernerkundungstechnologie als auch spezifischer höchstauflösender Satellitendaten erheblich und schließen ihn in fragilen Staaten nahezu aus.

SATELLITENINFRASTRUKTUR UND INITIATIVEN ZUM TECHNOLOGIETRANSFER

In den vergangenen Jahrzehnten wurden weltweit erhebliche, vor allem öffentliche Mittel für die Installation und den Ausbau der Satelliteninfrastruktur zur Erdfernerkundung bereitgestellt. Das Spektrum operationeller Fernerkundungssatelliten, die kontinuierlich für zivile Anwendungen Daten bereitstellen, ist inzwischen groß. Es reicht von Satellitenprogrammen mit jahrzehntelanger kontinuierlicher Datenerfassung (insbesondere das US-amerikanische Landsat- oder das französische SPOT-Programm) über hochkomplexe, mit unterschiedlichen Sensoren und Instrumenten bestückte Einzelentwicklungen (z. B. der europäische Satellit Envisat) bis zu weniger komplex konfigurierten, kleineren und nicht so kostenintensiven Mikrosatelliten, die mitunter zu Formationen zusammengeschlossen werden (z. B. das deutsche RapidEye-System, die britische DMC oder das chinesisch-brasilianische CBERS-Programm). Auch wenn es gewisse Überschneidungen bei den jeweiligen Aufnahmeverfahren gibt, hat nahezu jedes Fernerkundungssystem eigene Spezifika, insbesondere in Bezug auf die spektrale, radiometrische, räumliche und zeitliche Auflösung. Die zu untersuchenden Objekte und die anvisierten Einsatzgebiete spezifizieren jeweils die Technik. Zur Beobachtung der Vegetation werden andere Sensoren verwendet als zur Beobachtung des Witterungsgeschehens oder zur Detektion tiefer liegender Wasservorkommen.

Fernerkundungssysteme können zunehmend gezielt auf Beobachtungsobjekte bzw. -regionen ausgerichtet werden, was mit einer weniger intensiven Beobachtung anderer Regionen einhergeht. Dadurch ergeben sich bei einigen Fernerkundungssystemen bereits heute große Unterschiede in der regionalen Datenabdeckung. Satellitenkonfigurationen, die für spezifische Analysefragen der Industrieländer der nördlichen Hemisphäre optimiert wurden, können für vergleichbare Analysefragen in Entwicklungsländern durchaus eine gute Datengrundlage liefern, nicht jedoch automatisch für alle. Ob für spezifische Anwendungsgebiete in Afrika bereits verfügbare Fernerkundungsdaten ausreichen oder aber explizit erhoben werden müssen, ist im Einzelfall zu prüfen.

Nur Staaten mit langjährigen und sehr ambitionierten, staatlich forcierten und geförderten Weltraumprogrammen konnten bisher das nötige Wissen, die technischen Voraussetzungen und die erforderlichen Ressourcen aufbauen bzw. bereitstellen, um alle Teilbereiche der Fernerkundung eigenständig abzudecken (darunter die USA, Russland, Frankreich, China und Indien). In den vergangenen Jahren gingen insbesondere die USA beim Auf- und Ausbau der Satelliteninfrastruktur vielfältige Kooperationsbeziehungen ein, wie z. B. die »Mitnahme« eines Sensors auf einem ihrer Satelliten. Dadurch konnten kooperierende Länder ihre Fähigkeiten zum Bau einzelner Satellitenkomponenten weiterentwickeln, ohne für alle Technikbestandteile der gesamten Prozesskette verantwortlich zu



ZUSAMMENFASSUNG

sein. Solche Kooperationsbeziehungen können Referenzmodelle für kooperative Projekte mit ausgewählten ambitionierten afrikanischen Ländern darstellen.

Europäische Länder stimmen ihre weltraumbezogenen Ambitionen teilweise über zwischenstaatliche Organisationen wie die Europäische Organisation zur Nutzung meteorologischer Satelliten (EUMETSAT), die Europäische Weltraumorganisation (ESA) sowie zunehmend auch über die Europäische Kommission ab, bündeln somit ihre Ressourcen und bauen den zivilen Fernerkundungsbe- reich multilateral aus. Die Satelliten von EUMETSAT sind primär auf Wetter- und Klimabeobachtungen optimiert, die der ESA zielen auf unterschiedliche For- schungsfelder und liefern ein breiter gefächertes Spektrum an Fernerkundungs- daten. Die EU verfügt bisher über keine eigenen Fernerkundungssatelliten, betei- ligt sich jedoch finanziell am Aufbau eines umfassenden europäischen Geoin- formationssystems (Copernicus ehemals GMES) und unterstützt das Afrikaenga- gement insbesondere von EUMETSAT.

Einige Mitgliedsländer entwickeln neben diesen multilateralen Fernerkundungs- projekten zusätzliche, national eigenständige Fernerkundungsaktivitäten. Frank- reich gilt als europäischer Vorreiter in Bezug auf die Fernerkundungstechnologie. Neben langjährigen, national eigenständig durchgeführten Satellitenmissionen werden auch Missionen in bilateralen Kooperationen durchgeführt. Inzwischen wurde ein umfangreiches kommerzielles Technologietransferprogramm entwi- ckelt, in dessen Rahmen ein Fernerkundungssatellit für Algerien gebaut und pa- rallel etliche algerische Ingenieure und Wissenschaftler in Frankreich ausgebildet wurden. Auch der Bau einer Bodenstation mit Datenauswertungseinheiten ge- hört zum Programm. Der laufende Betrieb und die Datennutzung sollen in weit- gehender algerischer Eigenverantwortung erfolgen. Beim Bau eines zweiten Satel- liten ist von vornherein eine stärkere algerische Beteiligung vorgesehen.

Deutschland verfügt ebenfalls über spezifische Kompetenzen zum Bau und Betrieb von Fernerkundungssatelliten. Nationale Entwicklungen zielen wesentlich darauf ab, eine wissenschaftlich-technologische Vorreiterposition in sich abzeichnenden Anwendungsbereichen mit hohem Marktpotenzial zu erreichen (z. B. zur höchstpräzisen autonomen Navigation; bei der Aufnahme, Übertragung und Verarbeitung großer, spektralhochdifferenzierter Fernerkundungsdatenmengen; im Bereich Radartechnik, Nanosatellitentechnik und laserbasierte Datenübertra- gung). Unter Beachtung der gegenwärtigen technischen und wissenschaftlichen Möglichkeiten vieler afrikanischer Länder dürfte diese technologische Ausrich- tung in Bezug auf die Übertragbarkeit und Anwendbarkeit in Länder Afrikas nur bedingt Potenzial haben. Hinsichtlich des Transfers von Satellitentechnologie in Länder Afrikas ist ein ehemaliges Ausbildungsprogramm zum Bau und Betrieb von Mikrosatelliten zu nennen, das ursprünglich von der TU Berlin begonnen wurde und inzwischen über ein Spin-off in privatwirtschaftlichen Strukturen zu

einem Technologietransferprogramm weiterentwickelt wird. Die Entwicklung von Datenanwendungen ist bisher kein Bestandteil dieses Programms.

Das gegenwärtig umfangreichste kooperative Satellitenbau- und -betriebsprogramm, das einen schrittweisen Technologietransfer der gesamten Prozesskette der satellitenbasierten Fernerkundung anvisiert, ist das von der britischen Universität in Surrey entwickelte und von einem Spin-off durchgeführte DMC-Programm. Es umfasst mehrere in Formation fliegende Satelliten, die im Bereich des Katastrophenmanagements in internationale Netzwerke integriert werden können. Ziel des Programms ist es, Ingenieure und Wissenschaftler aus teilnehmenden Ländern auszubilden und sie einerseits beim Satellitenbau schrittweise stärker zu beteiligen und andererseits die Verantwortung für den laufenden Betrieb und die Datenanwendung den jeweiligen Teilnehmerländern zu übergeben. Dadurch sollen diese einerseits selbst Erfahrungen sammeln, andererseits können sie über das Netzwerk der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen technologieführende Länder für Spezifika in afrikanischen Ländern sensibilisieren. Durch das DMC-Programm wurden in den vergangenen Jahren vier bis dahin nichtweltraumaktive Länder (darunter zwei afrikanische) bei ihren Bemühungen unterstützt, Kompetenzen zum Bau und Betrieb sowie zur Anwendung der Fernerkundungstechnologie auszubauen. Bisher hat nur Nigeria die Kooperation fortgesetzt.

Neben Algerien und Nigeria (sowie ansatzweise Marokko auf der Basis eines deutschen Ausbildungsprogramms) haben Ägypten (durch eine Kooperation mit der Ukraine) und Südafrika eigene Kompetenzen in Bezug auf den Bau und/oder den Betrieb von Fernerkundungssatelliten aufbauen können. Südafrikanische Kompetenzen in Bezug auf den Satellitenbau und -betrieb sind ursprünglich im universitären Bereich aufgebaut worden, ohne dass explizite Kooperationen oder Technologietransferprogramme dieses Engagement beförderten. Bis auf Südafrika gab es in den genannten Ländern nationale Fernerkundungszentren bzw. Weltraumagenturen, die spezifische Entwicklungsprogramme auflegten und dazu auch die erforderlichen Mittel bereitstellten, um die genannten Kooperationsprojekte zu finanzieren. Gebaut wurden Kleinsatelliten, die Standarddaten liefern, ohne Anspruch auf technologische Exklusivität. Südafrika hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2018 ein übernationales afrikanisches Fernerkundungssystem zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben. Algerien, Kenia und Nigeria wollen sich beteiligen. Darüber hinaus entstehen an einigen afrikanischen Universitäten vereinzelt Teams, die erste Ideen zum Bau einfacher Mikrosatelliten entwickeln. Gemeinsame Strukturen zur Ressourcenbündelung wie in Europa mit EUMETSAT, ESA und EU gibt es in Afrika bisher nicht.

Neben den westlichen Industrieländern (einschließlich Japan) und Russland verfolgen insbesondere China, Indien und Brasilien seit Jahren ambitionierte Welt-



ZUSAMMENFASSUNG

raumpläne. Sie sind auch im Bereich der Erzeugung und Bereitstellung vergleichsweise preiswerter Standardfernerkundungsdaten aktiv.

Seitdem die Entwicklung der Fernerkundungstechnologie weg von hochkomplexen, für vielfältigste Fragestellungen konzipierten und mit langen Planungs- und Entwicklungszeiten verbundenen Systemen in Richtung kleinerer Satelliten mit einfacherer Ausstattung tendiert, sinken zumindest einige Barrieren für einen Technologietransfer in afrikanische Länder. Doch auch diese Mikro- oder Nanosatelliten sind Hochtechnologieprodukte, die vielfältige Spezialkenntnisse und einen erheblichen Ressourceneinsatz erfordern, sowohl zum Bau als auch zum Betrieb und zur Nutzung. Folglich wird auch zukünftig ein Bedarf an Technologietransferprogrammen entlang der gesamten Prozesskette zur Generierung von Geoinformationen aus Satellitendaten bestehen. Inwiefern die bisherigen Programme diesen anvisierten Transfer auch realisieren und als nachhaltig bezeichnet werden können, bleibt zu prüfen. Seitens der Industrieländer werden (Transfer-)Programme zum Bau von Satelliten für Afrika bisher kaum aktiv gefördert. Technologieführende Länder erleichtern eher den Datenzugang und bieten Hilfen bei der Entwicklung von Datenanwendungen.

RAHMENBEDINGUNGEN DES DATENZUGANGS

Eine wachsende Zahl von Satelliten mit immer leistungsfähigeren Sensoren liefert kontinuierlich größere Datenmengen, die teilweise bereits wenige Stunden nach der Aufnahme von spezifischen Geschäftseinheiten der jeweiligen Betreiber zur Verfügung gestellt werden. Anwender können diese über leistungsstarke Internetverbindungen oder einen Zugang zu spezifischen satellitenbasierten Datenverteilungssystemen mit entsprechenden Endgeräten beziehen. Formal behält der Betreiber die Urheberrechte an den Daten, gewährt über Lizenzvereinbarungen jedoch bestimmte Datennutzungsmöglichkeiten und Zugangsformen (entsprechend der jeweiligen Datenpolitik) und legt gegebenenfalls Gebühren bzw. Preise fest. Folgende, teilweise ineinander übergehende Zugangsformen gibt es gegenwärtig:

- › vollständig freier und kostenloser Datenzugang (teilweise mit Gebühren, entsprechend dem Bereitstellungsaufwand): z. B. bei Satelliten, die öffentliche Informationsaufgaben erfüllen und/oder zu Forschungszwecken betrieben werden; diese Zugangsform kann auch aufgrund gesellschaftlicher Weichenstellungen gewählt werden (z. B. der politischen Prämisse der USA, dass mit öffentlichen Geldern finanzierte Daten auch öffentlich zugänglich sein sollen);
- › Aufsplittung des Datenzugangs in einen nichtkommerziellen und einen kommerziellen Nutzungsbereich: Hier bestimmt die wirtschaftspolitische Weichenstellung welche Nutzungsarten in welche Kategorie fallen (beispielsweise werden Ausbildungs- und Forschungsanwendungen oft als nichtkommerzielle

Nutzung akzeptiert), auch eine Abgabe in Strukturen ohne funktionierende Marktmechanismen kann hier verhandelt werden (wie beispielsweise die chinesisch-brasilianische Entscheidung, afrikanischen Anwendern alle Daten kostenlos zugänglich zu machen);

- › ausschließlich kommerzieller Vertrieb.

Einige technologieführende Länder sind gegenwärtig bestrebt, ihre Erdbeobachtungsaktivitäten verstärkt in kommerzielle Strukturen zu überführen. Das betrifft insbesondere Satellitensysteme, deren Daten neben der Verwendung zu Forschungszwecken einen zunehmenden Anwendungsbezug bekommen, also vor allem optische Daten, für die es bereits vielfältige Aufbereitungsverfahren und Nutzungsmöglichkeiten in verbreiteten Geoinformationssystemen gibt. Auch wenn es je nach spezifischem Aufnahmeverfahren und Anbieter eine gewisse Varianz gibt, lässt sich dennoch sagen, dass die Preise für Satellitenrohdaten (pro km² abgetasteter Fläche) im Vergleich zu Luftaufnahmen eher niedrig sind und tendenziell weiter sinken, vor allem bei älteren Archivdaten. Die notwendige Aufbereitung und Verarbeitung ist jedoch ein relevanter Kostenfaktor. Durch die Überführung der Fernerkundungsaktivitäten in kommerzielle Strukturen geben die jeweiligen Regierungen die Entscheidungsgewalt für den Datenzugang zumindest teilweise aus der Hand.

Europäische Staaten, die Mitglieder von EUMETSAT, ESA und der EU sind, haben über diese Mitgliedschaft Gestaltungsmöglichkeiten, um insbesondere für Anwendungen in Afrika den Zugang zu Fernerkundungsdaten zu erleichtern. Die Datenpolitiken der Organisationen sind ähnlich, aber nicht deckungsgleich: Die größten Datenzugangsfreiheiten insbesondere für Aktivitäten in Afrika gewährt EUMETSAT; die ESA differenziert stärker zwischen nichtkommerzieller und kommerzieller Nutzung; die Europäische Kommission spricht sich für einen freien Datenzugang aus, jedoch gibt es jenseits von Absichtserklärungen bisher kaum konkrete Verfahrensvorschläge. Innerhalb dieser Organisationen bedürfte es »nur« politischer Weichenstellungen, um die für die Mitglieder aufgebauten Daten- und Informationssysteme auch für afrikanische Nutzer zu öffnen. Technisch ist der Zugang inzwischen über satellitengestützte Datenrelaissysteme (insbesondere EUMETCast) möglich. Diese decken nicht nur Europa, sondern auch den gesamten afrikanischen Kontinent ab.

Die europäischen Strukturen scheinen besonders geeignet, um über Erleichterungen beim Datenzugang die Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung in Afrika zu verbessern. Dass diese Strukturen zur Förderung auch genutzt werden, belegen explizite Technologietransferprogramme für Afrika, die beispielsweise EUMETSAT seit etlichen Jahren in Kooperation mit der Europäischen und Afrikanischen Union kontinuierlich verfolgt und weiter ausbaut.



Die weltweite Initiative zur Verknüpfung verschiedener Fernerkundungssysteme (GEOSS) wird den Datenzugang weiter vereinfachen, vor allem durch die Harmonisierung der Datenformate. Europäische Aktivitäten zur Verbesserung des Datenzugangs in Afrika bilden gegenwärtig einen wesentlichen Teil der AfrikainTEGRATIONSbemühungen im Rahmen von GEOSS.

INITIATIVEN ZUR ANWENDUNG DER FERNERKUNDUNG IN AFRIKA

Rückblickend muss festgestellt werden, dass etliche der in der ersten Anwendungseuphorie in den 1980er und 1990er Jahren durchgeführten Projekte, bei denen die Fernerkundung im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit eingesetzt wurde, kaum zur dauerhaften Etablierung von Fernerkundungsanwendungen in den afrikanischen Zielregionen geführt hat. Dies wird v. a. darauf zurückgeführt, dass einerseits ein Technologietransfer meist nicht vorgesehen war, sondern Projektpartner vor Ort fertige Informationsprodukte bekamen, an deren Erstellung sie kaum beteiligt waren, und andererseits Angebot und Nachfrage nicht übereinstimmten, weil die unterschiedlichen soziokulturellen Hintergründe der potenziellen Nutzer der Informationsprodukte nicht berücksichtigt wurden. Grundsätzlich kann nicht davon ausgegangen werden, dass Aufbereitungs- und Analyseverfahren von Fernerkundungsdaten, die für spezifische Nutzergruppen in Industrieländern entwickelt wurden, ohne Adaptation in afrikanischen Ländern sinnvoll eingesetzt werden können. Ursache hierfür ist u. a., dass

- › die zu beobachtenden Objekte in Afrika zumindest teilweise eigenständige Spezifika haben oder sich gänzlich von Objekten der nördlichen Hemisphäre unterscheiden (z. B. anderer Pflanzenbestand, Wüsten);
- › Quantität und Qualität sowie Verfügbarkeit von notwendigen In-situ-Daten in Entwicklungsländern deutliche Unterschiede zu Industrieländern aufweisen;
- › in Afrika spezifische Nutzergruppen erst erschlossen werden müssen, die wahrscheinlich in anderen Strukturen als in Industrieländern zu finden sein werden, deren spezifischer Informationsbedarf und deren technische Kapazitäten sich von Nutzergruppen in Industrieländern vermutlich deutlich unterscheiden. Die Nachfrage nach Fernerkundungsdaten entspringt in Industrieländern zu ca. 80 % dem öffentlichen Bereich – ein Bereich, der in den Ländern Afrikas anders strukturiert ist.

Unstrittig ist, dass Industrieländer zu verbesserten Nutzungsmöglichkeiten der Fernerkundung beitragen können, indem sie den Datenzugang vereinfachen und Fachkenntnisse zur Datenaufbereitung einbringen. Die Realisierung dieser Möglichkeiten wird jedoch nur gelingen, wenn vielfältiges Engagement in den Ländern Afrikas ebenfalls in den Prozess zur Entwicklung von Informationsprodukten einfließt. Insbesondere gilt es auch vor Ort, Fachkenntnisse aufzubauen und handlungsfähige Akteure zu erschließen, die Geoinformationen nutzbringend verwenden können.

Mehrere weltweite Initiativen sowohl zur Überwachung verschiedener Umweltabkommen (Biodiversitätskonvention, Konvention zur Bekämpfung der Wüstenbildung, Klimarahmenkonvention) als auch beim Katastrophenmanagement (UN-SPIDER) bieten Anknüpfungspunkte und befördern die Anwendung der Fernerkundung in erheblichem Umfang. Eine Vielzahl von Einzelprojekten bis hin zu expliziten Fernerkundungsanwendungsinitiativen für Entwicklungsländer (z. B. die französische Initiative »Planet Action«) sowie die expliziten Anwendungsschwerpunkte internationaler Geoinformationssysteme (z. B. Copernicus in Europa oder GEOSS weltweit) sind ein klarer Beleg. Mehrere Initiativen fördern gezielt entsprechende Anwendungen der Fernerkundung in Afrika.

Seit 2001 baut EUMETSAT in Kooperation mit der Europäischen und der Afrikanischen Union ein gemeinsames Technologietransferprogramm auf, durch das Governancestrukturen durch die Anwendung der Fernerkundung gestärkt werden sollen. Im Rahmen von drei aufeinanderfolgenden Technologietransferprogrammen (PUMA, 2001–2005, finanzielle Beteiligung der EU: 11,4 Mio. Euro; AMESD, 2007–2013, finanzielle Beteiligung der EU: 21 Mio. Euro; MESA, 2013–2018, finanzielle Beteiligung der EU: 37 Mio. Euro) werden Aktivitäten in folgenden Arbeitsbereichen durchgeführt:

- > Ausbau von Kooperationen (z. B. zu afrikanischen Zentren für meteorologische Anwendungen oder zur Dürreüberwachung in der Sahelzone, zu regionalen Wirtschaftsvereinigungen, die als Multiplikatoren die Anwendung der Fernerkundung in ihrem jeweiligen Wirkungsbereich forcieren sollen);
- > Verbesserung der technischen Ausstattung (Installation von Datenempfangs- und Verarbeitungsgeräten, die an afrikanische Bedingungen angepasst wurden; bis 2005 wurden mehr als 50 installiert, seitdem wurde die Zahl kontinuierlich erhöht);
- > schrittweise Erweiterung des Datenzugangs (sowohl zu Daten als auch zu Informationsdiensten von EUMETSAT);
- > Ausbildung (zwei Trainingszentren wurden gebaut, in denen kleine nationale Teams aus Meteorologen und Ingenieuren geschult werden, die im Anschluss die Ausbildung in ihren jeweiligen Ländern übernehmen sollen);
- > Entwicklung von Anwendungen und Informationsdiensten (neben meteorologischen Anwendungen u. a. beim Management in der Landwirtschaft, von Küstenzonen, Wasser- und Umweltressourcen, Dürremonitoring bzw. Wüstenbildung).

Inwiefern es mit dieser technisch-organisatorischen Top-down-Offensive gelingt, die Fernerkundung in Afrika verstärkt nutzbringend anzuwenden und zu institutionalisieren, bleibt abzuwarten.

Zu Beginn des Jahrtausends startete die ESA zusammen mit anderen weltraumaktiven Ländern die »TIGER-Initiative«, die mithilfe von Fernerkundung das



ZUSAMMENFASSUNG

Wasserressourcenmanagement in afrikanischen Staaten unterstützen will. Der afrikanische Ministerrat für Wasser, die Wirtschaftskommission für Afrika der UNO und UNESCO sowie die African Development Bank beteiligen sich. Seit 2005 werden im Rahmen eines 10-jährigen Implementierungsplans die Aktivitätsfelder Datenzugang (insbesondere zu ESA-Daten), Ausbildung (zuerst an einer Universität in den Niederlanden, dann verstärkt in TIGER-Regionalbüros in Afrika) und Aufbau von Informationsdiensten (z. B. durch das »AQUIFER-Projekt«, das durch spezifische Informationsbereitstellung das multilaterale Management von zwei grenzüberschreitenden Grundwasserreservoirs unterstützen soll und in diesem Kontext ein internationales Netzwerk aus Geoinformationsdienstleistern und Nutzergruppen aufbaut) parallel verfolgt.

Die Initiative »Planet Action« wurde 2007 im Non-Profit-Bereich des französischen SPOT-Programms entwickelt. Sie setzt sich zum Ziel, Fernerkundungs- und GIS-Technologien bei der Auseinandersetzung mit und der Bewältigung von Folgen der Klimaveränderung insbesondere in Entwicklungsländern einzusetzen. Dazu unterstützt die Initiative Geoinformationsdienstleister bei deren Hilfen für diverse Institutionen im Forschungs-, Ausbildungs- und Anwendungsbereich, die sich mit Klimaänderung und -anpassung befassen. In den Themenbereichen Biodiversität, Walderhalt, Wüstenbildung, Wasserressourcen, Küstengebiete, Siedlungsbau wurden bisher mehr als 400 Projekte in Entwicklungsländern (davon 127 in Afrika) unterstützt. Die übersichtliche und transparente Darstellung der Aktivitäten hilft, aus bestehenden Projekten Anwendungserweiterungen und neue Kooperationsmöglichkeiten zu entwickeln und gegebenenfalls Projektdoppelungen oder -überschneidungen zu vermeiden. Mit dieser Initiative kann bei vielfältigen praxisnahen Akteuren vor Ort eine Sensibilisierung für die Nutzungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten und abgeleiteten Informationen stattfinden, ohne dass vergleichbare öffentliche Verwaltungs- oder Governancestrukturen wie in Industrieländern erforderlich sind. Parallel dazu werden Geoinformationsdienstleister für die spezifischen Informationsbedürfnisse von potenziellen Nutzern vor Ort sensibilisiert. Dieser Bottom-up-Ansatz bildet eine Art Gegenstück zum Top-down-Ansatz des von EUMETSAT initiierten Transferprogramms.

Im Rahmen des über die ESA und die EU gemeinsam organisierten Aufbaus des europäischen Geoinformationssystems Copernicus (ehemals GMES) wird gegenwärtig die Initiative »GMES/Copernicus and Africa« etabliert, durch die unterschiedliche europäisch-afrikanische Kooperationsprojekte im Rahmen der europäischen Forschungsförderung unterstützt werden. Mehrere Projekte befassen sich speziell mit der Erfassung von Waldrodungen und -schädigungen sowie Schätzungen daraus resultierender Treibhausgasemissionen (Überlegungen zur Quantifizierung sogenannter REDD-Mechanismen im Rahmen der Klimarahmenkonvention). Auch im Rahmen der Initiative zum Aufbau des globalen Sys-

tems GEOSS soll eine »AfriGEOSS-Initiative« zukünftig afrikaspezifische Fernerkundungsanwendungen fördern.

POLITISCHE ZUSTÄNDIGKEIT FÜR DIE FERNERKUNDUNG IN DEUTSCHLAND

Weltraumaktivitäten im Allgemeinen wie auch der Ausbau und die Weiterentwicklung der Satelliteninfrastruktur im Besonderen haben in Deutschland seit Jahren eine große wirtschaftspolitische Bedeutung und werden mit öffentlichen Mitteln in erheblichem Umfang gefördert. Sowohl die Hightechstrategie als auch die Weltraumstrategie der Bundesregierung belegen dies. Im Vergleich zur Beteiligung an Projekten zum Ausbau der Satelliteninfrastruktur wird der Bereich der Datennutzung weit weniger hervorgehoben. Hier ist die politische Verortung schwieriger und die Förderung von entsprechenden Datenaufbereitungstechniken erscheint vergleichsweise gering. Das bedeutet nicht, dass es keine Aktivitäten zur Anwendung der Fernerkundung gibt, sie erscheinen jedoch im Vergleich zu Frankreich oder zu europäischen Organisationen nicht so systematisch und weniger transparent. Im Vergleich zu Frankreich ist bei Anwendungen in Afrika insgesamt eine geringer ausgeprägte Koordination der deutschen Wirtschafts-, Wissenschafts- und Entwicklungspolitik festzustellen, die zumindest teilweise auf zersplitterte Ressortzuständigkeiten zurückgeführt werden kann. Aufgrund dieser verteilten Ressortzuständigkeiten für unterschiedliche Teilaspekte und fehlender ressortübergreifender Programme oder Strategien werden Fernerkundungsdaten in Deutschland zwar in vielfältigen Institutionen (Ressortforschungseinrichtungen, Universitäten, Spin-offs) forschungs- und/oder anwendungsbezogen genutzt, jedoch ist es schwer, einen systematischen Überblick zu erlangen.

Für deutsche Geoinformationsdienstleister bieten insbesondere die Afrikainitiativen Frankreichs und die europäischer Organisationen interessante Optionen zur Anwendungsentwicklung.

HANDLUNGSOPTIONEN

Afrika ist der Kontinent mit der geringsten Verfügungsgewalt über zivile Fernerkundungssysteme. Kein Kontinent hat weniger Voraussetzungen sowohl in Bezug auf die technischen Erfordernisse als auch in Bezug auf die erforderlichen Kenntnisse zur Nutzung. Auch wenn Fernerkundungssatelliten tendenziell kleiner und einfacher werden und der Zugang zu verfügbaren Daten tendenziell leichter wird, ist die Fernerkundung nach wie vor als Hochtechnologie einzustufen, die einen erheblichen Wissenstransfer erfordert. Das heißt, dass der Kompetenzaufbau im Bereich der Fernerkundung einen erheblichen Know-how-Transfer erfordert, zeitintensiv ist und wahrscheinlich nur schrittweise in mehreren Etappen gelingen kann. Bei der Planung von Programmen zur Unterstützung des Kompetenzaufbaus in afrikanischen Ländern sollte dies berücksichtigt werden.



AUSBAU VON KOOPERATIONEN BEI DER MISSIONSPLANUNG UND BEIM BAU VON FERNERKUNDUNGSSATELLITEN

In Deutschland wurden eigenverantwortliche Fernerkundungsmissionen bisher stärker im nationalen Alleingang durchgeführt. Die bi- und multilateralen Kooperationsbeziehungen insbesondere der USA und Frankreichs könnten als Referenzmodelle für eine stärkere kooperative Ausrichtung der deutschen Fernerkundungsaktivitäten fungieren. Zu prüfen wäre, inwiefern sie insbesondere für Kooperationen mit solchen afrikanischen Ländern tragen, die die Bundesregierung als neue Gestaltungsmächte bewertet. Mit dem in Planung befindlichen nationalen Fernerkundungssatelliten EnMAP, der u. a. auch für Monitoringmaßnahmen zur Verhinderung von Entwaldung und Waldschädigungen konzipiert wird (REDD-Mechanismen) und folglich auch auf Regionen in Entwicklungsländern ausgerichtet werden wird, könnte Deutschland Zeichen setzen und eine Vorreiterposition bei den Nord-Süd-Kooperationen einnehmen.

WEITERENTWICKLUNG VON TRANSFERPROGRAMMEN ZUM BAU UND BETRIEB VON FERNERKUNDUNGSSATELLITEN

In den vergangenen Jahren wurden unterschiedliche Transferprogramme für Bau, Betrieb und Nutzung von Satelliten in europäischen Ländern initiiert, entwickelt und aufgelegt, die auch afrikanische Länder vereinzelt in Anspruch nahmen. Sie visieren einen schrittweisen Technologietransfer unterschiedlicher Teilbereiche der satellitenbasierten Fernerkundung an und sollen Teilnehmer beim Kompetenzaufbau unterstützen. Auch in Deutschland gibt es ein ursprünglich universitäres Ausbildungsprogramm zum Bau und Betrieb von Mikrosatelliten. Es zielt in erster Linie auf einen schrittweisen Kompetenzaufbau bezüglich des Baus und Betriebes einfachster Satelliten, ohne dass bisher Fernerkundungsanwendungen gezielt verfolgt wurden.

An die Erfahrungen mit diesen Technologietransferprogrammen könnte angeknüpft werden. Eine Analyse der Stärken und Schwächen, der Möglichkeiten der Anbieter und der Erwartungen der Kunden könnte helfen, die bestehenden Programme weiterzuentwickeln. Die Berücksichtigung von Datenanwendungen könnte das deutsche Programm attraktiver für afrikanische Akteure machen. Eine Verknüpfung beispielsweise mit Umweltmonitoring-Anwendungen (z. B. Waldüberwachung, Feuerlokalisierung), für die es in Deutschland bereits hervorragende Kompetenzen gibt, könnte anwendungsbezogene Kooperationen fundieren.

DATENZUGANG BEI ÖFFENTLICH FINANZIERTEN SATELLITEN

Die Entscheidung der US-Regierung, die mit öffentlichen Geldern finanzierten Fernerkundungsdaten frei zugänglich zu machen, sowie die chinesisch-brasilianische Entscheidung, die Daten des bilateralen Fernerkundungssystems CBERS Anwendern in Afrika kostenlos zur Verfügung zu stellen, werden allgemein als

ein wichtiger Beitrag für die Entwicklung von Anwendungspotenzialen und deren Realisierung in Afrika angesehen. Diese Maßnahmen tragen zum Abbau bestehender Barrieren bei und fördern eine selbstbestimmte Nutzung der Fernerkundung in afrikanischen Ländern, wozu unterschiedliche völkerrechtliche Vereinbarungen auffordern.

Auch die deutsche Politik könnte beim Datenzugang Zeichen setzen. Das betrifft in erster Linie Daten von öffentlich finanzierten Fernerkundungssystemen. Neben den Daten ziviler Fernerkundungsmissionen könnte dies perspektivisch auch Daten militärischer Satelliten betreffen, wenn sicherheitspolitische Gründe keine Geheimhaltung mehr erfordern. Zu überlegen wäre auch, inwiefern dies Fernerkundungssysteme betrifft, bei denen nichtkommerzielle und kommerzielle Nutzungsbereiche getrennt gehandhabt werden. Je nach vertraglicher Ausgestaltung werden im nichtkommerziellen Nutzungsbereich regelmäßig wissenschaftliche Zwecke akzeptiert, sie könnten um Anwendungen in Entwicklungsländern erweitert werden.

Die Thematik des Datenzugangs, die Darstellung unterschiedlicher Verfahren (vom urheberrechtlichen geschützten Umgang bis zu Open-Access-Verfahren) und die Abwägung möglicher Folgedimensionen unterschiedlicher Zugangspolitiken waren keine Untersuchungsthemen und hätten den Rahmen dieses Berichts gesprengt. Diese Thematik sollte separat untersucht, die Debatte aufgearbeitet und sich abzeichnende Entwicklungen insbesondere bei europäischen und weltweiten Initiativen berücksichtigt werden, um eine spezifische Wissensbasis für einen politischen Meinungsbildungsprozess zu schaffen.

UMFASSENDE ERHEBUNG LAUFENDER AKTIVÄTEN

Im vorliegenden Bericht werden ohne Anspruch auf Vollständigkeit beispielhafte Anwendungen der Fernerkundung in Afrika vorgestellt, die durch unterschiedliche Ressorts (z. B. Entwicklungszusammenarbeit, Forschungsförderung, wirtschaftliche Kooperation) wie auch durch Beteiligungen an internationalen Initiativen ermöglicht wurden. Aufgrund der ressortverteilten Zuständigkeiten für einzelne Aspekte der Fernerkundung und der Vielzahl weiterer Akteure in der Entwicklungszusammenarbeit scheint eine umfassendere Inventur der Aktivitäten im Bereich Anwendung der Fernerkundung in Afrika notwendig. Sie könnte eine belastbare Basis bilden für die Entwicklung einer ressortübergreifenden nationalen Strategie zur systematischen Unterstützung dieses Aktivitätsfeldes. Eine solche Inventur könnte Auskunft geben, wann, wo und in welchem Umfang bereits wissenschaftliche Kooperationen, Anwendungsprojekte und Maßnahmen zum Technologietransfer stattgefunden haben, an die spätere Projekte gegebenenfalls angeknüpft werden könnten. Mit einer solchen Inventur könnte ein Geoinformationssystem aufgebaut werden, das Daten zu Afrikaaktivitäten bün-



ZUSAMMENFASSUNG

delt und dadurch die Planung zukünftiger Projekte wie auch die Transparenz der Entwicklungszusammenarbeit verbessern kann.

Dies scheint insbesondere im Bereich der Anwendung der Fernerkundung wichtig, weil ein nachhaltiger Technologietransfer aufgrund der Komplexität der Thematik nur in längeren Zeiträumen stufenweise gelingt, Forschungs- aber auch Entwicklungszusammenarbeitsprojekte jedoch meist nur wenige Jahre dauern. Die Entwicklung von begleitenden Evaluationskonzepten, anhand derer der Technologietransfer in die Länder Afrikas bewertet werden kann, wäre hilfreich. Auf dieser Basis könnte eine ressortübergreifende Strategie zur Anwendung der Fernerkundung und zum Technologietransfer aufgebaut werden.

Auch auf europäischer Ebene, insbesondere bei den im Rahmen der EU-Forschungsrahmenprogramme geförderten Kooperationsprojekten zur Anwendung der Fernerkundung in Afrika, könnte eine solche umfassende Erhebung helfen, die programmatischen Möglichkeiten und Grenzen besser zu erfassen und den schrittweisen Technologietransfer systematischer zu verfolgen.

NATIONALE LEUCHTTURMPARTNERSCHAFTEN MIT AUSGEWÄHLTEN LÄNDERN UND INSTITUTIONEN

In unterschiedlichen Anwendungsbereichen der Fernerkundung, die aufgrund globaler Veränderungen zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen werden, verfügen deutsche Institutionen und Geodienstleistungseinrichtungen über spezifische und zum Teil herausragende Kompetenzen (z. B. Klimaforschung, geowissenschaftliche Forschung, Hydrologie, Land- und insbesondere Forstmonitoring, Waldbrandüberwachung). Die derzeit geplanten deutschen Fernerkundungsmissionen werden noch genauere Daten liefern, auf deren Grundlage die bereits vorhandenen Kompetenzen weiter ausgebaut werden können.

Mit der Entwicklung einer ressortübergreifenden Strategie zur Anwendung der Fernerkundung, die explizit auch Afrika in den Blick nimmt und die weltraumstrategische, wissenschaftliche und wirtschaftskooperative Möglichkeiten bündelt, könnte sich Deutschland neu positionieren. Hier könnten Leuchtturmpartnerschaften mit ausgewählten Ländern und Institutionen im Einklang mit der Strategie zur Zusammenarbeit mit neuen Gestaltungsmächten angestrebt werden, die sich mit dem Afrikakonzept der Bundesregierung verknüpfen ließe.

In Deutschland sind mehrere, für unterschiedliche Anwendungsbereiche der Fernerkundung relevante UN-Koordinierungsstellen angesiedelt (Katastrophenmanagement, internationale Umweltvereinbarungen). Auch mit diesen Koordinierungsstellen könnten Anwendungsstrategien der Fernerkundung entwickelt und abgestimmt werden. Als internationale Multiplikatoren, die in ihren jeweiligen Wirkungsbereichen auch in vielen Entwicklungsländern aktiv sind und Netzwerke mit relevanten Akteuren vor Ort aufbauen und unterstützen, bieten sich

vielfach Möglichkeiten der strukturellen Verankerung entsprechender Aktivitäten, sodass Geoinformationen in praxiswirksame Maßnahmen eingebunden werden können.

STÄRKUNG DER AFRIKAINITIATIVEN EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN

Die von EUMETSAT, ESA und EU initiierten Afrikaprogramme haben die nationalen Aktivitäten mehrerer europäischer Länder zur Anwendung der Fernerkundung in Afrika erheblich erweitert. Durch die parallel laufenden Aktivitätsfelder Datenzugang bzw. technische Ausstattung, Ausbildungsprogramme, Projektanwendungen bzw. Aufbau von Informationsdiensten, Erweiterung von In-situ-Datenbeständen sowie institutionelle Hilfen zur Erschließung von Nutzergruppen wird ein schrittweiser Technologietransfer in die Länder Afrikas in unterschiedlichen Anwendungsbereichen angestrebt. Durch die organisatorische Verknüpfung von EUMETSAT und ESA auf der einen und der EU auf der anderen Seite können deren fachliche und organisatorische Stärken gebündelt und den Ländern Afrikas Kooperationsmöglichkeiten und Finanzierungskonzepte eröffnet werden, die weit über bilaterale Angebote hinausgehen.

Die Stärkung und der Ausbau der bereits etablierten europäischen Afrikainitiativen erscheinen notwendig. Eine begleitende neutrale Evaluation unter Berücksichtigung sowohl europäischer als auch afrikanischer Perspektiven sowie eine transparente Bewertung der Zielerreichung könnten dazu beitragen, Stärken gezielt auszubauen und mögliche Schwächen bei der Programmentwicklung zu reduzieren, um sicherzustellen, dass die Kooperationspartner in afrikanischen Ländern schrittweise komplexere Aufgabenbereiche übernehmen und Governancestrukturen gefestigt werden.

Darüber hinaus wäre zu überlegen, inwiefern einzelne interessierte Länder in Afrika an den Fernerkundungsaktivitäten der europäischen Organisationen z. B. in Form von kooperierenden Partnerschaften stärker teilhaben und als strategische Akteure die Etablierung länderübergreifender kooperativer Organisationsformen in Afrika befördern können. Deutschland als wichtiges Mitglied von EUMETSAT, ESA und EU kann deren Aktivitäten in relevantem Maß mitgestalten.



EINLEITUNG

I.

Bei der Erdfernerkundung werden Objekte auf der Erde aus großer Distanz beobachtet. Diese Beobachtung aus der Distanz ist möglich, weil es einen messbaren Informationsträger gibt – elektromagnetische Strahlung – und Sensoren, die von Objekten der Erdoberfläche vor allem reflektierte elektromagnetische Strahlung (sichtbares Licht, Infrarotstrahlung, Mikrowellen u. a.) erfassen und messen. Damit ist die Fernerkundung grundsätzlich ein indirektes Beobachtungsverfahren, denn aus der gemessenen Strahlung müssen erst Informationen zu unterschiedlichen Objekten und Gegebenheiten der Erdoberfläche (einschließlich Atmosphären- und Bodenbeschaffenheit) abgeleitet werden. Sensoren können von Flugzeugen wie auch von Satelliten getragen werden. Insbesondere die satellitengetragene Fernerkundung benötigt vielfältige Technologien zur Platzierung im Weltraum, zur Datenübermittlung zurück auf die Erde sowie zur Archivierung und Auswertung der gewonnenen Daten. Dafür liefern die Fernerkundungssatelliten kontinuierlich und weitgehend automatisch vielfältige Messdaten zu Objekten der Erdoberfläche. Der Schwerpunkt des folgenden Berichts liegt auf satellitenbasierter Fernerkundungstechnologie, flugzeuggetragene Systeme werden als Spezialfall (mit geringerer Komplexität und nicht so hohem Automatisierungsgrad) aufgefasst.

HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG DES PROJEKTS

1.

Vorteile von Fernerkundungsdaten gegenüber Vor-Ort-Messungen ergeben sich insbesondere bei schwer zugänglichen Gebieten der Erdoberfläche. Erdbeobachtungssatelliten überfliegen diese regelmäßig meist innerhalb weniger Tage, wodurch eine hohe Aktualität und Kontinuität der Messwerte erreicht werden kann. Vor diesem Hintergrund haben sich zuerst Status-quo-Erfassungen der Erdoberfläche (Kartierung) etabliert, die zunehmend auch die Erfassung von Veränderungen (Monitoring) ermöglichen. Nach Jahrzehnten der Entwicklung, Anwendung und Erweiterung der Satelliteninfrastruktur werden die Datenarchive kontinuierlich größer. Diese Daten können nicht nur zu Dokumentationszwecken genutzt werden, sondern zunehmend auch Entscheidungsgrundlagen für unterschiedliche Prozesse bilden.

Neben der militärischen Nutzung zu Aufklärungszwecken eröffnen sich im zivilen Bereich vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Die Spannbreite reicht von Ressourcenmanagement in Land- und Forstwirtschaft sowie Fischerei (z. B. Landnutzungsinventuren, Erntevorhersagen) über Gewinnung von Umweltinformationen (z. B. Luft und Gewässerverunreinigungen, Erosion, Desertifikation)



I. EINLEITUNG

tion), Planung und Stadtentwicklung (z. B. Kartierung von Siedlungsgebieten) und Katastrophenmanagement (z. B. Überwachung von Naturgefahren, Unterstützung der Einsatzkräfte) bis zur Erkundung von Rohstoff- und Wasservorkommen. In diesen Anwendungsbereichen ist die Generierung von bildhaften Darstellungen nur eine Möglichkeit der Verarbeitung von Fernerkundungsdaten. Sie können auch in vielfältige andere Informationsprodukte einfließen, für Modellrechnungen benutzt werden oder eine Grundlage für die Berechnung von Höhenmodellen der Erde bilden.

Die genannten Kontexte und Anwendungsgebiete legen ein großes Potenzial gerade auch für Entwicklungsländer nahe, da aufgrund ohnehin geringer bodennah erhobener Datenbestände deren Vorzüge (weitgehend autonome, systematische Datenerfassung über unzugänglichen Gegenden) besonders zum Tragen kommen können. Bereits in den 1980er bis Anfang der 1990er Jahre wurden die Anwendungspotenziale der Fernerkundung für Entwicklungsländer thematisiert und untersucht, erste Studien erstellt und Arbeitsgruppen, die die Fernerkundung im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit systematisch einsetzen sollten, gegründet. Nach der anfänglichen Euphorie ist in der Folgezeit das Interesse an der Thematik mehr oder weniger stark zurückgegangen. Insbesondere bei Anwendungsinitiativen für afrikanische Länder trat Ernüchterung ein, weil bei diesen im Vergleich zu anderen Regionen ein Technologietransfer bisher deutlich schlechter gelang.

Dennoch könnten sich infolge der technischen Weiterentwicklung im Bereich der Datenerfassung (Sensoren) wie auch der Datenauswertung (Geoinformationssysteme) in naher Zukunft die Anwendungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten auch für afrikanische Länder erweitern. Aufgrund zunehmender ökologischer und sozialer Probleme (Desertifikation, Erosion, Stadtentwicklung) in Entwicklungsländern scheint ein Bedeutungsgewinn wahrscheinlich.

Da seit vielen Jahren keine umfassende Untersuchung und Darstellung zur Thematik der Fernerkundung und seiner Anwendungspotenziale in Entwicklungsländern mehr unternommen wurde und insbesondere die Länder Afrikas hinter anderen Regionen zurückbleiben, obwohl sich die Möglichkeiten der Verwendung von Fernerkundungsdaten wahrscheinlich weiterentwickelt haben, wurde das TAB beauftragt, den derzeitigen Stand der Technik und die gegenwärtigen Anwendungen insbesondere in den Ländern Afrikas darzustellen, um auf dieser Grundlage zukünftige Kooperationsmöglichkeiten zu beschreiben. Schwerpunkte der Istzustandsanalyse sind einerseits die technischen Möglichkeiten von Industrieländern, insbesondere die derzeitigen fernerkundungsrelevanten Aktivitäten in Deutschland und der Europäischen Union, und andererseits die Möglichkeiten afrikanischer Länder. Es soll untersucht werden, inwiefern die infrastrukturellen und personellen Voraussetzungen für eine selbstbestimmte Nutzung der Fernerkundungstechnologie in afrikanischen Ländern derzeit gegeben sind und wo sich

Anknüpfungspunkte für wissenschaftlich-technische Kooperationen und/oder für Aktivitäten im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit ergeben.

Bisher wurden die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen einer Einführung von Fernerkundungstechniken in Entwicklungsländern nur wenig behandelt. Auch dieser Aspekt sollte aufgegriffen werden. Dabei soll insbesondere untersucht werden, welche Strukturen auf nationaler und internationaler Ebene geeignet sind, die Verwendung der Fernerkundung in den Ländern Afrikas zu befördern.

Da sowohl die Fernerkundungstechnologie als auch die mit ihr erzeugten Daten vielfältige Einsatzgebiete sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich haben, werden sie mehrheitlich als Dual-Use-Güter bewertet. Der vorliegende Bericht thematisiert ausschließlich zivile Anwendungsgebiete. Spezifische Fragestellungen in Bezug auf militärische Fernerkundungssysteme und deren Nutzung hat das TAB bereits in früheren Studien untersucht (Petermann et al. 2003; TAB 2011).

KOOPERATION MIT GUTACHTERINNEN UND GUTACHTERN 2.

Zur Erschließung des sehr differenzierten Themenfeldes wurden folgende Gutachten an ausgewiesene Expertenteams vergeben:

- > *Anwendungspotenziale der Erdfernerkundung für Entwicklungsländer.* PPM, Tittmoning (Autoren: Peter Zeil, Stefan Saradeth)
- > *Anwendungspotenziale der Erdfernerkundung für Entwicklungsländer. Erkenntnisse aus dem Technologietransfer – politische und gesellschaftliche Bedingungen für den Einsatz der Fernerkundung in Entwicklungsländern.* EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Münster (Autoren: Dr. Klaus-Ulrich Komp, Dr. Hartmut Dienst, Carsten Haub)

Ein weiteres Kurzgutachten behandelte die rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen der Fernerkundung:

- > *Politische und rechtliche Rahmenbedingungen der Erdfernerkundung für einen nachhaltigen Technologietransfer in Entwicklungsländer.* Dr. Regina Meyer-Nehls, Hamburg

Die Gutachten bildeten eine Informationsbasis für den vorliegenden Bericht, die durch umfangreiche eigene Recherchen erweitert wurde. Insbesondere Informationen über die Beteiligung afrikanischer Länder an internationalen Satellitenprogrammen und über Aktivitäten zum Technologietransfer sowie zu den vielfältigen bereits existierenden Anwendungsprojekten und spezifischen Afrika-initiativen wurden von der Autorin zusammengetragen. Die Ergebnisse der Gut-



achten und der eigenen Recherchen wurden im vorliegenden Endbericht zusammengeführt.

Allen Beteiligten sei herzlich für die engagierte und geduldige Kooperation gedankt. Unter den Kollegen im TAB waren dies Dr. Christoph Revermann, der in der Anfangsphase des Projekts mitgearbeitet hat und die Zusammenarbeit mit den Gutachterinnen und Gutachtern maßgeblich begleitete, sowie Dr. Claudio Caviezel und Dr. Arnold Sauter, die durch Gegenlesen und detailliertes Kommentieren zur Verbesserung des vorliegenden Berichts entscheidend beigetragen haben. Ein besonderer Dank gebührt den Kolleginnen Johanna Kniehase für die Erstellung der Grafiken und das Endlayout sowie B.-Ulrike Goelsdorf für die gründliche Durchsicht des Manuskripts. Alle verbleibenden Unzulänglichkeiten liegen in der Verantwortung der Verfasserin, Dr. Katrin Gerlinger.

AUFBAU DES BERICHTS

3.

Kapitel II (*Funktionsprinzip, Bestandteile der Technologie*) beginnt mit der Beschreibung des Funktionsprinzips der Fernerkundung, der elektromagnetischen Strahlung und ihren Wechselwirkungen mit vielfältigen Objekten und Gegebenheiten der Erdoberfläche (einschließlich Atmosphären- und Bodenbeschaffenheit). Anschließend werden die für die Erdfernerkundung benötigten Technikkomponenten, Sensoren für die Datenaufnahme und deren Träger (vorrangig Satelliten), skizziert. Darüber hinaus werden die Technologiebereiche vorgestellt, die nötig sind, um Satelliten zu platzieren und um nach der Platzierung mit ihnen zu kommunizieren (sie zu steuern und deren Daten in Empfang zu nehmen). Potenziale, aber auch Grenzen afrikanischer Länder, sich an diesen Teilprozessen zu beteiligen, werden aufgezeigt. Abschließend werden die Grundschritte der Datenaufbereitung bis hin zur Informationsgenerierung für unterschiedliche Nutzergruppen thematisiert. Den Abschluss bildet ein Fazit in Bezug auf den Technologietransfer in die Länder Afrikas.

Kapitel III (*Völkerrechtliche und multilaterale Vereinbarungen und globale Initiativen*) widmet sich der fernerkundungsrelevanten völkerrechtlichen Situation und thematisiert weitere diesbezügliche internationale Vereinbarungen. Insbesondere die Möglichkeiten internationaler Organisationen, aber auch die Grenzen ihres Handlungsraums, Entwicklungsländern einen Zugang zu Fernerkundungstechnologien zu eröffnen, werden angesprochen. Internationale Exportkontrollregime, die Sicherheitsinteressen insbesondere der Industrieländer schützen und einen Technologietransfer vor allem in Regionen mit schwachen staatlichen Gebilden oder fragilen Staaten beschränken, werden thematisiert.

In den folgenden drei Kapiteln werden operationelle Satellitensysteme zur Erdfernerkundung und Beispiele für Anwendungen in Afrika vorgestellt. Satelliten



werden als operationell bezeichnet, wenn sie Daten kontinuierlich zur Erde senden und diese allgemein zugänglich sind. Auch die Beschränkung auf operationelle Systeme bietet viel Spielraum zur Interpretation, insbesondere können die Aufnahmekontinuität und die allgemeine Zugänglichkeit unterschiedlich eng oder weit gefasst werden. Von Satelliten- oder Fernerkundungssystemen spricht man, wenn mehrere Satelliten gemeinsam einen Auftrag erfüllen sollen, der im Bereich der Weltraumtechnologie oft auch als Mission bezeichnet wird. Die Anwendungen in Afrika können national oder regional eigenständig oder in bi- oder multilateralen Nord-Süd-Kooperationen durchgeführt werden. Im nachfolgenden Bericht können nur einige wenige beispielhaft vorgestellt werden. Sie sollen einen Einblick in die Vielfältigkeit der Anwendungsmöglichkeiten geben und sind keine umfassende Darstellung entsprechender Aktivitäten. Sie werden nachfolgend bei den jeweiligen Satellitenbetreibern und/oder Initiatoren verortet.

Kapitel IV (*Nationale Fernerkundungssysteme und Beispiele für Anwendungen in Afrika*) gibt einen Einblick in unterschiedliche nationalstaatliche Fernerkundungsaktivitäten. Neben der Darstellung der jeweiligen nationalen Programme zum Bau und Betrieb von Fernerkundungssatelliten und den damit einhergehenden unterschiedlichen Kooperationsformen beschränkt sich die Vorstellung von Anwendungsbeispielen ausschließlich auf den afrikanischen Raum. Die Aktivitäten der USA, als eine der ehemaligen Weltraumsupermächte, mit den zeitlich längsten und differenziertesten operationellen Erdfernerkundungssystemen weltweit, werden zuerst thematisiert. Anschließend werden die Fernerkundungsaktivitäten Frankreichs, Deutschlands und Großbritanniens vorgestellt (diese bilden die nationalen Beiträge zur Weltraumkomponente des europäischen Fernerkundungsprogramms Copernicus). Asiatische Aktivitäten werden nur kurz skizziert. Fernerkundungsrelevante Aktivitäten einiger afrikanischer Länder werden detaillierter dargestellt, in Bezug auf den Bau von Satelliten einerseits und die Datennutzung bereits operationeller Fernerkundungssysteme andererseits. Die Vorstellung potenziell fernerkundungsrelevanter Organisationen in Afrika, die mögliche Schnittstellen für die Entwicklungszusammenarbeit bilden, und ein Fazit in Bezug auf Technologietransferinitiativen und deren Potenziale für afrikanische Länder runden das Kapitel ab.

Kapitel V (*Fernerkundungssysteme europäischer Organisationen und Beispiele für Anwendungen in Afrika*) widmet sich europäischen Fernerkundungsaktivitäten. Die langjährigen Aktivitäten der Europäischen Organisation zur Nutzung meteorologischer Satelliten (EUMETSAT) und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) wie auch das neuere Kooperationsprojekt zwischen ESA und Europäischer Kommission zur Weiterentwicklung der Fernerkundung in Europa (Copernicus) werden dargestellt. Deren Projekte, Initiativen und Programme zur Förderung der Anwendung der Fernerkundungstechnologie in Afrika werden thematisiert. Das Kapitel wird mit einem Fazit in Bezug auf die spezifischen



I. EINLEITUNG

Möglichkeiten für die Zusammenarbeit zwischen europäischen und afrikanischen Akteuren abgeschlossen.

Kapitel VI (*Internationale Aktivitäten zur Nutzung operationeller Fernerkundungssysteme*) stellt internationale bzw. weltweite Aktivitäten und Vereinbarungen zur breiteren Anwendung der Fernerkundungstechnologie vor. Neben einer themenspezifischen Initiative zur Nutzung der Technik im Katastrophenfall (Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen) werden auch Aktivitäten behandelt, die themenoffener eine breitere Nutzung der Fernerkundung ermöglichen wollen, insbesondere auch in Entwicklungsländern. Das Engagement der Group on Earth Observations (GEO) und der UNO wird skizziert.

Kapitel VII (*Resümee und Handlungsoptionen*) fasst wesentliche Elemente der Zustandsbeschreibung vor allem in Deutschland, in relevanten europäischen Organisationen und in afrikanischen Ländern zusammen. Darauf aufbauend werden Handlungsoptionen insbesondere für deutsche Entscheidungsträger abgeleitet, die dazu beitragen können, die Anwendungspotenziale der Fernerkundung im Allgemeinen und die von deutschen Fernerkundungssystemen im Besonderen in Afrika zu erweitern sowie einen schrittweisen Technologietransfer zu befördern, sodass sich vor Ort die Potenziale der Technologie in einem tatsächlichen Nutzen realisieren können.

FUNKTIONSPRINZIP, BESTANDTEILE DER TECHNOLOGIE

II.

Bei der Fernerkundung werden Objekte aus relativ großer Distanz beobachtet (Zeil/Saradeth 2010, S. 18 ff.). Die Beobachtung von Objekten aus der Ferne ist möglich, weil es einen erfass- und messbaren Informationsträger gibt: die elektromagnetische Strahlung (EMS). Da Informationen zum Objekt aus der an ihm reflektierten bzw. von ihm emittierten Strahlung abgeleitet werden, gilt die Fernerkundung grundsätzlich als ein indirektes Beobachtungsverfahren (Albertz 2009, S. 1).

Das Grundprinzip der Fernerkundung lässt sich wie folgt beschreiben: Von einer Quelle, z. B. der Sonne oder einem künstlichen Sender, wird elektromagnetische Strahlung ausgesendet. Trifft die Strahlung auf ein Objekt, wird je nach dessen Materialeigenschaften ein Teil der Strahlung an der Objektoberfläche abgelenkt, gestreut oder reflektiert, ein Teil vom Objekt aufgenommen (absorbiert) und ein Teil durch das Objekt hindurchgelassen (transmittiert). Darüber hinaus können Objekte auch selbst EMS aussenden (emittieren). Die vom Objekt reflektierte oder emittierte Strahlung kann von einer dritten Position mithilfe von Beobachtungsinstrumenten bzw. Sensoren empfangen und aufgezeichnet werden. Diese Aufzeichnung kann mit anderen Daten verknüpft und dadurch in »sinnvolle« Information umgewandelt und weiterverwendet werden. Dementsprechend funktioniert die Fernerkundungstechnologie (Abb. II.1) als ein System mit folgenden Komponenten:

- > *Elektromagnetische Strahlung:* EMS ist der Informationsträger der Fernerkundung, nachdem sie von einer Strahlungsquelle kontinuierlich oder impulsartig ausgesendet und an unterschiedlichen Objekten spezifisch reflektiert wurde (Kap. II.1).
- > *Beobachtungsobjekte:* Bei der Erdfernerkundung sind das Objekte auf oder Bestandteile der Erdoberfläche (einschließlich der oberen Schichten des Erdbodens und der Meere sowie der Atmosphäre), die EMS emittieren oder zumindest teilweise reflektieren (Kap. II.2).
- > *Satelliteninfrastruktur:* Dazu zählen die Beobachtungsinstrumente bzw. Sensoren, welche die von den Objekten reflektierte oder emittierte Strahlung aufnehmen und in speicher- und übertragbare Daten umwandeln, sowie deren Träger oder Plattformen (vorrangig Satelliten, aber auch Flugzeuge¹) einschließlich deren Platzierungs- und Steuerungseinheiten sowie der Datenübertragungssysteme (Kap. II.3).

1 Fernerkundung wird auch von Flugzeugen aus betrieben. In der vorliegenden Untersuchung wird dies als ein Spezialfall mit vergleichbarem Funktionsprinzip behandelt.

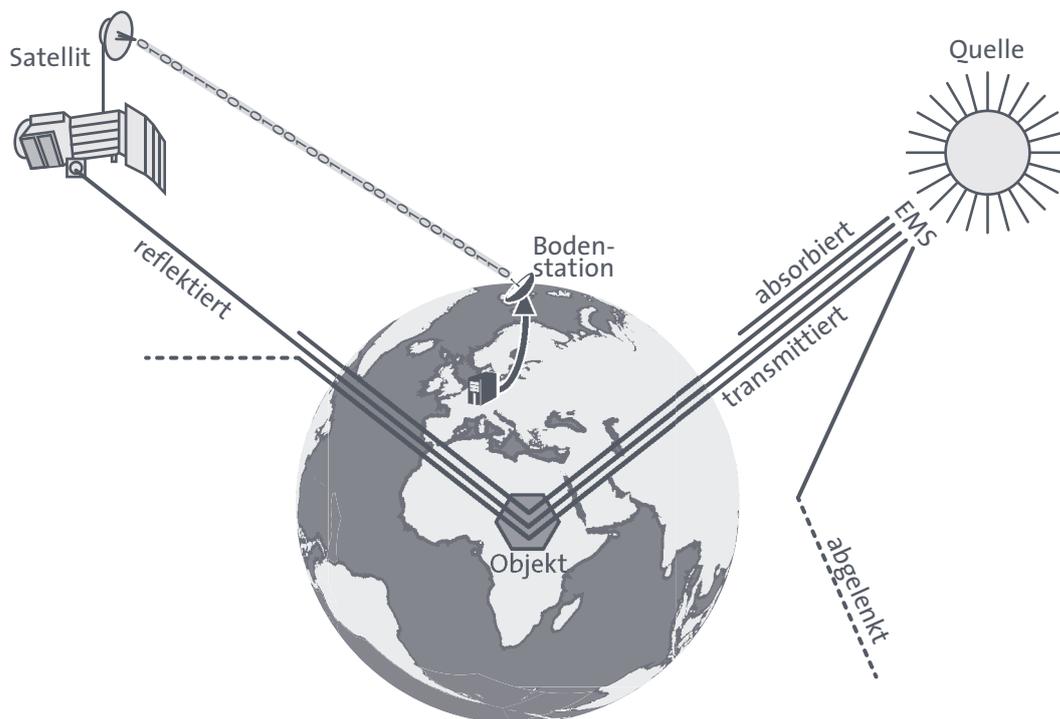


II. FUNKTIONSPRINZIP, BESTANDTEILE DER TECHNOLOGIE

- › *Datenverarbeitung*: Durch sie werden aus Daten über ein Zielobjekt Informationen zum Zielobjekt abgeleitet – heute teilweise auch als *Informationsdienstleistungen* bezeichnet. Dazu werden Fernerkundungsdaten regelmäßig mit Daten aus anderen Quellen verknüpft (Kap. II.4). Es gibt unterschiedliche Ansichten, inwieweit diese Dienstleistungen noch als Bestandteil der Fernerkundung gelten oder bereits einen eigenständigen Bereich bilden.

ABB. II.1

GRUNDPRINZIP DER FERNERKUNDUNG



Eigene Darstellung, nach Zeil/Saradeth 2010, S. 19

Zahlreiche Spezifika dieser Teilbereiche sollten berücksichtigt werden, wenn Anwendungspotenziale wie auch die Möglichkeiten und Grenzen des Technologietransfers in die Länder Afrikas in den Blick genommen und diskutiert werden sollen (Kap. II.5).

ELEKTROMAGNETISCHE STRAHLUNG

1.

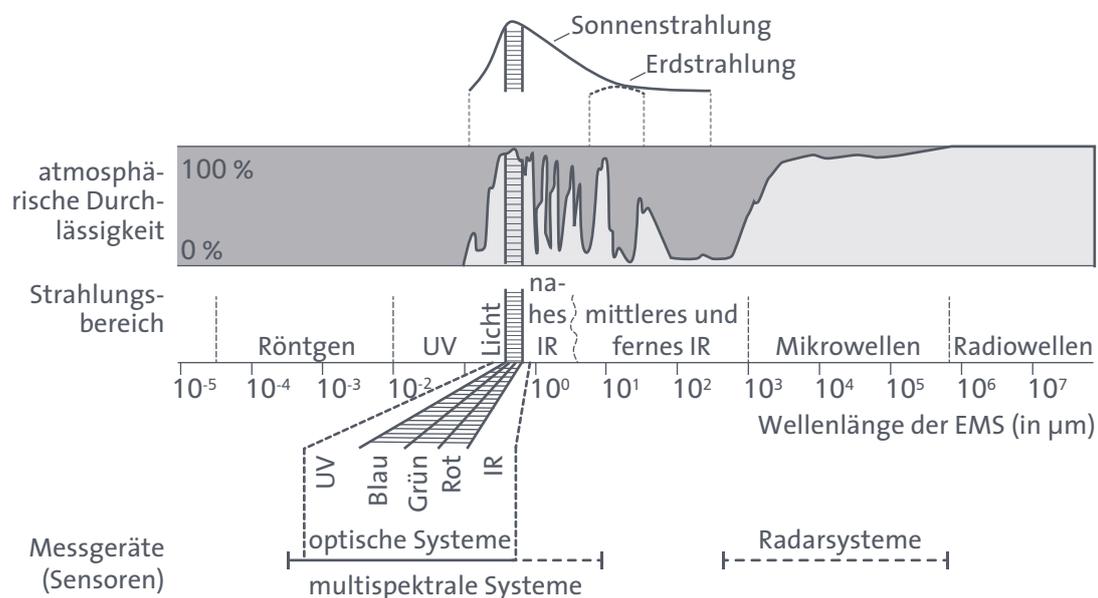
Das Funktionsprinzip der Fernerkundung basiert auf den spezifischen Eigenschaften der elektromagnetischen Strahlung (EMS) und ihrer Wechselwirkung mit Substanzen bzw. Objekten auf der Erdoberfläche. EMS ist eine Form der Energieausbreitung, die als Wellenstrahlung, d. h. als ein sich periodisch ändernd-



des elektromagnetisches Feld, aufgefasst werden kann. Sie benötigt zu ihrer Ausbreitung kein Medium (im Gegensatz beispielsweise zu Schallwellen). Im Vakuum setzt sich die EMS geradlinig und mit Lichtgeschwindigkeit fort. In der Erdfernerkundung wird zur Charakterisierung der EMS üblicherweise die Wellenlänge² (λ) verwendet, d. h. der Abstand zwischen zwei benachbarten Wellenkämmen der elektromagnetischen Welle (dazu und zum Folgenden Albertz 2009, S. 9 ff.).

Die Gesamtheit der bei der EMS vorkommenden Wellenlängen wird als *elektromagnetisches Spektrum* bezeichnet. Das Spektrum wird je nach Entstehung und Wirkung der EMS in verschiedene Bereiche eingeteilt, die ohne scharfe Grenzen ineinander übergehen. EMS mit extrem kurzen Wellenlängen (im Bereich von Nanometern und weniger) wird als Gamma- bzw. Röntgenstrahlung bezeichnet. Mit zunehmender Wellenlänge erreicht man den Bereich der ultravioletten Strahlung (UV-Strahlung), gefolgt vom Bereich des sichtbaren Lichts, das Wellenlängen von 0,4 bis 0,7 μm aufweist. Auf das sichtbare Licht folgt die infrarote Strahlung (IR-Strahlung) sowie die Bereiche der Mikro- und der Radiowellenstrahlung. Letztere besitzen Wellenlängen im Bereich von Metern bis Kilometern (Abb. II.2).

ABB. II.2 DAS ELEKTROMAGNETISCHE SPEKTRUM UND DIE AUFNAHMEBEREICHE UNTERSCHIEDLICHER SENSOREN DER FERNERKUNDUNG



UV = ultraviolett, IR = infrarot, EMS = elektromagnetische Strahlung

Quelle: Albertz 2009, S. 11; Löffler et al. 2005, S. 22

2 Eine weitere Kennziffer der EMS ist die Frequenz ν gemessen in Hertz (Hz). Es gilt die Beziehung $\lambda=c/\nu$ (c = Lichtgeschwindigkeit).

Für die Erdfernerkundung relevant sind die Spektralbereiche, die zumindest eine teilweise atmosphärische Durchlässigkeit aufweisen (Wellenlängen ab ca. $0,3\ \mu\text{m}$ und größer), sie werden auch als *atmosphärische Fenster* bezeichnet (Albertz 2009, S.15 f.). Die für die Fernerkundung wichtigsten liegen im Bereich des sichtbaren Lichts und des nahen Infrarots (ca. $0,3\text{--}2,5\ \mu\text{m}$), des mittleren Infrarots (ca. $3\text{--}5\ \mu\text{m}$) und des thermalen Infrarots (ca. $8\text{--}13\ \mu\text{m}$). Im Mikrowellenbereich ist die Atmosphäre nahezu vollständig durchlässig (hohe atmosphärische Transparenz). Die spezifischen Eigenschaften der EMS sind abhängig von ihrer Wellenlänge. Für die Erfassung der EMS kommen je nach Spektralbereich unterschiedliche Messverfahren und -geräte zum Einsatz. Grundsätzlich unterscheidet man den optischen Bereich (Wellenlängen bis $1.000\ \mu\text{m}$) und den längerwelligen Mikrowellenbereich (Löffler et al. 2005, S.23). In der weiteren Differenzierung werden die Spektralbereiche in unterschiedliche *Bänder* gegliedert. Bei Sensoren, die EMS bandspezifisch empfangen und aufzeichnen können, spricht man von Aufzeichnungen in einzelnen *Kanälen*.

EMS IM OPTISCHEN BEREICH

Im optischen Bereich (teilweise UV-Strahlung, sichtbares Licht und IR-Strahlung) wird EMS unterschieden in

- › *Licht und lichtähnliche Strahlung*: Der Bereich reicht vom nahen Ultraviolett über das sichtbare Licht bis zum nahen Infrarot (Wellenlängen bis $3\ \mu\text{m}$), das sich ähnlich wie das sichtbare Licht verhält (Löffler et al. 2005, S.23). Die Strahlung in diesem Wellenbereich stammt hauptsächlich von der Sonne, wobei die Intensität der Sonnenstrahlung bei Wellenlängen um $0,5\ \mu\text{m}$ (blau-grünes Licht) am stärksten ist und sich in Richtung UV- und IR-Strahlung abschwächt (Abb. II.2). Bei der Erdfernerkundung wird die von den Objekten reflektierte Sonnenstrahlung aufgezeichnet. Objekte reflektieren EMS nicht gleichmäßig, sondern absorbieren oder transmittieren einen Teil, je nach spezifischen Eigenschaften und Oberflächenbeschaffenheit. Ein Blatt erscheint beispielsweise grün, weil EMS des roten und teilweise auch des blauen Bandes absorbiert und nur die aus dem grünen Band reflektiert wird. Aus der mittels Sensoren differenziert aufgezeichneten reflektierten EMS können unterschiedliche Rückschlüsse auf das Objekt gezogen werden.
- › *Wärme- bzw. thermale Strahlung*: Jeder Körper, der eine Temperatur über dem absoluten Nullpunkt aufweist, ist selbst eine Quelle für EMS. Neben der Sonne sendet auch die Erde EMS aus, aufgrund ihrer niedrigeren Temperatur und kleineren Größe allerdings in einer ganz anderen Größenordnung und Zusammensetzung als die Sonne. Da kältere Körper EMS mit längerer Wellenlänge aussenden, liegt das Spektrum der von der Erde ausgesendeten EMS im mittleren bis fernen Infrarotbereich ($10\text{--}15\ \mu\text{m}$, Abb. II.2). Diesen Spektralbereich kann das menschliche Auge nicht wahrnehmen, jedoch können technische Sensoren sie aufnehmen und z. B. in Grau- oder Farbtöne umset-

zen und aufzeichnen (Löffler et al. 2005, S.22 f.). Diese aufgezeichneten Daten ermöglichen somit, u. a. Rückschlüsse über die Temperatur der beobachteten Objekte zu ziehen.

Sensoren, die EMS des optischen Bereichs aufnehmen können, werden in Kap. II.3.1.1 beschrieben.

EMS IM MIKROWELLENBEREICH

EMS im Mikrowellenbereich ($10^3 \mu\text{m}$ [1 mm] bis $10^6 \mu\text{m}$ [1 m] Wellenlänge) kann aufgrund der größeren Wellenlängen die Atmosphäre ohne nennenswerte Störung (Streuung) durchdringen. Beobachtungen und Aufzeichnungen sind dadurch auch bei dichter Wolkenbedeckung und weitgehend unabhängig vom Witterungsgeschehen möglich (nur große Wassertropfen oder Eisklumpen bei starken Gewittern beeinflussen das Signal). Teilweise können sogar Erscheinungen unter Blätter- oder sogar dünnen Bodenschichten beobachtet und analysiert werden. Allerdings geht die vergleichsweise große Wellenlänge mit einem »schlechteren« Auflösungsvermögen in Bezug auf das Beobachtungsobjekt und seiner Oberflächenstruktur einher (Löffler et al. 2005, S.23 f.).

Für die Erdbeobachtung mit Mikrowellen werden – im Gegensatz zu den optischen Fernerkundungssystemen, die natürliche Strahlungsquellen (Sonne, Erde) verwenden – in der Regel künstliche Strahlungsquellen genutzt, die genau definierte EMS kontinuierlich oder impulsartig aussenden. Die Beobachtungsobjekte werden angestrahlt (ähnlich wie ein Blitzlicht bei fotografischen Verfahren). Dadurch sind die spezifischen Eigenschaften wie Wellenlänge, Ausbreitungsrichtung oder die Strahlungsintensität der ausgesendeten Strahlung bekannt. Die Analyse baut auf der Erfassung der Unterschiede zwischen ausgestrahlten und anteilig reflektierten, wiederempfangenen Signalen (Echo) auf, was auch als Radarverfahren (»radio detection and ranging«) bezeichnet wird (dazu und zum Folgenden Löffler et al. 2005, S. 63 f.; Kap. II.3.1.2).

Auch der Mikrowellenbereich wird in verschiedene Bänder aufgeteilt, die spezifische Eigenschaften aufweisen. Bei steilem Einfallswinkel ist EMS im C- und L-Band (37,5–75 bzw. 150–300 mm Wellenlänge) beispielsweise in der Lage, Vegetation zu durchdringen und in den Boden einzudringen, wo die Strahlung erst von den Wassermolekülen im Boden gestreut wird. In der Fernerkundung verwenden satellitengestützte Systeme überwiegend Mikrowellen mit diesen Wellenlängen. Flugzeuggestützte Systeme nutzen am häufigsten EMS mit kürzeren Wellenlängen im Ka- und X-Band (7,5–11 bzw. 24–37,5 mm Wellenlänge).

EMS IM RADIOWELLENBEREICH

Der Einsatz von Radiowellen (1–15 m Wellenlänge) ist in der Erdfernerkundung noch in der Entwicklung. EMS im Radiowellenbereich wird aufgrund ihrer Wel-



lenlänge von kleinen Objekten nicht mehr reflektiert, wodurch z. B. Geländeoberflächen unter Baumkronen abgebildet werden können. Bei entsprechenden Radiowellenradarsystemen gibt es jedoch noch erheblichen Forschungsbedarf (Löffler et al. 2005, S.24).

WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN EMS UND SUBSTANZEN BZW. OBJEKTEN DER ERDOBERFLÄCHE 2.

EMS kann in der Fernerkundung als Informationsträger genutzt werden, weil jede Substanz bzw. jedes Objekt ein *spezifisches spektrales Verhalten* hat, das durch die spezifische Kombination der folgenden drei Merkmale näher beschrieben wird:

- › *Transmission*: Eine Substanz oder ein Objekt beeinflusst ankommende EMS nicht, sondern lässt sie passieren. Die Durchlässigkeit einer Substanz wird gekennzeichnet durch den *Transmissionsgrad* (in %). In der Erdfernerkundung ist er vor allem bei der Erdatmosphäre von Bedeutung, da für die Beobachtung von Objekten auf der Erdoberfläche ein hoher Transmissionsgrad der Atmosphäre notwendig ist (atmosphärische Fenster).
- › *Reflexion*: Durch eine Substanz oder ein Objekt erhält EMS eine Richtungsänderung, sie wird abgelenkt. Je nach Materialeigenschaften und Oberflächenstruktur des Objekts erfolgt die Richtungsänderung in eine oder mehrere Richtungen, im letzten Fall spricht man auch von *Streuung*. Der *Reflexionsgrad* (in %) ist vor allem für die Bestimmung der unterschiedlichen Beobachtungsobjekte und die sich anschließenden Analysen von Bedeutung, da nur die von den Objekten ausgehende EMS (reflektiert oder emittiert) von den Sensoren aufgezeichnet werden und als Analysebasis für die Fernerkundung dienen kann.
- › *Absorption*: Eine Substanz oder ein Objekt nimmt einen Teil der ankommenden EMS auf. Objekte, die viel sichtbare Strahlung absorbieren und nur wenig reflektieren, erscheinen dunkel (sie haben eine geringe Rückstrahlfähigkeit [Albedo]). Objekte, die wenig sichtbare Strahlung absorbieren und viel reflektieren, erscheinen hell (Löffler et al. 2005, S.26).

Grundsätzlich gilt, dass die Summe der transmittierten, absorbierten und reflektierten Strahlung gleich der einfallenden Strahlung ist. Systemisch betrachtet, kann EMS zwar umgewandelt werden (auch in andere Energieformen), nicht aber »verlorengehen« (Energieerhaltungssatz).

Das spektrale Verhalten einer Substanz oder eines Objekts wird einerseits von der Wellenlänge der einfallenden EMS (sowie weiterer Eigenschaften der Strahlung wie Einfallswinkel, Polarisierung etc.) und andererseits von spezifischen Material- bzw. Objekteigenschaften bestimmt. Transmission und Absorption wer-



den vor allem durch die Substanz bestimmt und lassen in der Folge Rückschlüsse auf die stoffliche Zusammensetzung von Beobachtungsobjekten zu. Die Reflexion wird darüber hinaus auch durch die Oberflächenbeschaffenheit der Objekte und durch die Lage in Bezug auf die einfallende Strahlung bestimmt und lässt folglich diesbezügliche Rückschlüsse zu. An Oberflächen, deren Rauigkeit im Vergleich zur Wellenlänge der eintreffenden EMS klein ist, findet spiegelnde Reflexion statt; an Oberflächen, deren Rauigkeit ähnlich groß ist wie die Wellenlänge der eintreffenden EMS, wird diese diffus reflektiert (Strahlung wird in alle Richtungen zurückgeworfen) (Albertz 2009, S. 18). Genaue Kenntnisse über die spektralen Eigenschaften der Beobachtungsobjekte sind ein wichtiger Schlüssel zur Generierung von Informationen aus den aufgenommenen Daten.

Die spektralen Eigenschaften der Erdatmosphäre sind in zweifacher Hinsicht von Relevanz: Einerseits ist die Atmosphäre eine Art doppelter Filter, der sich zwischen der Quelle der EMS und dem Beobachtungsobjekt auf der Erdoberfläche sowie zwischen dem Objekt und dem Sensor befindet. Andererseits ist die Atmosphäre selbst Beobachtungsobjekt, insbesondere bei Witterungs- und Klimabeobachtungen.

Bevor nachfolgend das spektrale Verhalten von Wasser, Vegetation und Boden bzw. Gestein skizziert wird, soll zunächst das spektrale Verhalten der Atmosphäre kurz umrissen werden.

SPEKTRALES VERHALTEN ATMOSPHERISCHER BESTANDTEILE 2.1

Für die Fernerkundung der Erdoberfläche kommen nur die Bereiche des elektromagnetischen Spektrums infrage, die die Erdatmosphäre von der Quelle bis zum Objekt und im Anschluss vom Objekt bis zum Empfänger durchqueren können und nicht bereits durch die Atmosphäre absorbiert werden.

Die Erdatmosphäre als gasförmige Hülle oberhalb der Erdoberfläche besteht aus mehreren Schichten mit jeweils spezifischer Zusammensetzung von Stoffen und infolge mit unterschiedlichen Eigenschaften in Bezug auf die Durchlässigkeit von EMS. Im Kontext der Fernerkundung spielen einerseits die Ozonschicht der Stratosphäre (ca. 15–50 km) und andererseits die Troposphäre als bodennächste Schicht (bis ca. 15 km oberhalb der Erdatmosphäre), in der sich ca. 90 % der Luft und fast der gesamte Wasserdampf befinden, eine besondere Rolle.

ABSORPTIONSBEREICHE DER ERDATMOSPHERE

Die stratosphärische Ozonschicht absorbiert vor allem die kurzwellige (energiereiche) Sonnenstrahlung im UV-Bereich (Wellenlänge: 0,14–0,4 μm). Diese wird von Sauerstoffmolekülen (O_2) absorbiert und führt zur Bildung von Ozon (O_3). EMS in diesen Wellenlängenbereichen kann die Atmosphäre nicht passieren und

die Erdoberfläche nicht erreichen (das »atmosphärische Fenster« ist für EMS in diesem Wellenlängenbereich geschlossen).

Die Luft in der Troposphäre besteht hauptsächlich aus gasförmigem Stickstoff (78 %) und Sauerstoff (21 %). Weitere Bestandteile sind Kohlendioxid (0,039 %), Wasserdampf (im Mittel 0,4 %, die Konzentration schwankt jedoch stark) und diverse Spurengase. Diese Gase absorbieren ebenfalls einen Teil der EMS mit bestimmten Wellenlängen (Albertz 2009, S. 14; Zeil/Saradeth 2010, S. 26), meist jedoch nicht vollständig (das »atmosphärische Fenster« öffnet sich für EMS im Bereich der lichtnahen UV, ist für Licht nahezu vollständig und für EMS im Infrarotbereich nur teilweise geöffnet). Im Mikrowellenbereich sinkt der Absorptionsgrad der Atmosphäre bzw. steigt der Transmissionsgrad, sodass EMS im Mikrowellenbereich nahezu und im Radiowellenbereich vollständig passieren kann (Abb. II.2).

REFLEXION UND STREUUNGSEIGENSCHAFTEN DER ATMOSPHERE

Auch wenn EMS von Atmosphärenbestandteilen nicht absorbiert wird, kann sie von diesen dennoch beeinflusst werden: Verschiedene Partikel in der Atmosphäre lenken einen Teil der Strahlung nach allen Richtungen ab, wobei das Ausmaß der Streuung von der Art und Größe der Partikel sowie von der Wellenlänge der Strahlung abhängen (Albertz 2009, S. 14). Kleinste Partikel (Gasmoleküle, Rauch, Dunstpartikel), die einen Durchmesser aufweisen, der kleiner oder gleich der Wellenlänge der EMS ist, streuen nur einen bestimmten Teil der EMS (Strahlung mit kürzerer Wellenlänge wird stärker gestreut). Größere Partikel, deren Durchmesser größer als die Wellenlänge der EMS ist, streuen die Strahlung stärker: Bei Nebel und Wolken wird aufgrund der großen Partikel (bis zu zehnmal größer als die Wellenlänge) die gesamte Strahlung gestreut (Löffler et al. 2005, S. 25 f.).

Diese Streuungseigenschaften der Atmosphäre haben eine besondere Bedeutung für die Beleuchtungsverhältnisse auf der Erdoberfläche. Durch die Streuung in der Atmosphäre wird eine diffuse Strahlung des atmosphärischen Raums erreicht – auch diffuses Himmelslicht genannt –, sodass die Atmosphäre neben der Sonne quasi wie eine zweite Beleuchtungsquelle funktioniert. Im Himmelslicht überwiegt der kurzwellige Anteil des violetten und blauen Spektralbereichs (blauer Himmel) (Albertz 2009, S. 15).

Steigt die Dichte und Größe von Atmosphärenpartikeln (Wolken, Staub), bekommen diese zunehmend Objekteigenschaften, die EMS nicht nur ablenken oder streuen, sondern als Objekt selbst reflektieren. Die Bewölkung in der Troposphäre spielt für die Erdfernerkundung eine besondere Rolle, da sie einfallende EMS vor allem des optischen Bereichs reflektiert und dadurch eine Beobachtung der Erdoberfläche verhindert. In Regionen mit hoher Wolkenbedeckungswahrscheinlichkeit führt dies zu erheblichen Einschränkungen und Diskontinuitäten bei der Datenerhebung. Während Wolken EMS des optischen Bereichs na-

hezu vollständig reflektieren, lassen sie EMS mit größerer Wellenlänge stärker passieren (Reflexionsgrad sinkt, Transmissionsgrad steigt). Für Fernerkundungstechnologien, die auf EMS im Mikrowellenbereich aufbauen, sind Wolken folglich ein viel geringerer Störfaktor.

Der Teil der einfallenden EMS, der die Erdoberfläche erreicht, wird von Objekten der Erdoberfläche wiederum teils transmittiert, teils absorbiert und teils reflektiert. Die reflektierte EMS passiert zum zweiten Mal die Atmosphäre und wird teilweise vom diffusen Luftlicht der Atmosphäre überlagert, wodurch die durch die Objektreflexion vorgegebenen Kontraste abgeschwächt werden. Das Himmels- oder Luftlicht bildet somit eine Art »Störfaktor«, der bei der Datenaufbereitung und -analyse berücksichtigt werden muss (Albertz 2009, S. 13 ff.; Löffler et al. 2005, S. 25 f.).

WASSER DER ERDOBERFLÄCHE

2.2

Weite Teile der Erdoberfläche sind von Wasser in flüssigem oder festem³ Aggregatzustand bedeckt. Wasser besteht jedoch nicht ausschließlich aus Wassermolekülen, sondern führt regelmäßig eine Vielzahl von anorganischen und organischen Schwebstoffen mit sich und ist Lebensraum für Pflanzen und Tiere. Auch ist Wasser anteilig in vielen Substanzen bzw. Objekten enthalten.

Wasser in flüssiger Form reflektiert an seiner Oberfläche nur einen kleinen Teil der einfallenden EMS, der größere Teil dringt in das Wasser ein. Die Intensität nimmt exponentiell mit der Wassertiefe ab. Die Eindringtiefen der Strahlung liegen in Abhängigkeit von den im Wasser enthaltenen organischen und anorganischen Schwebstoffen zwischen wenigen Metern bis maximal 100 m. Je kürzer die Wellenlänge der einfallenden EMS und je weniger Schwebstoffe sich im Wasser befinden, desto höher ist die Durchdringung. Nur in klaren, flachen Gewässern erreicht ein Teil der Strahlung den Boden und wird erst dort reflektiert bzw. absorbiert.

ABSORPTIONSVERHALTEN

Wassermoleküle absorbieren ähnlich wie Luftbestandteile EMS wellenlängenspezifisch. Der größere Teil der ankommenden EMS wird von Wassermolekülen absorbiert, am stärksten EMS des infraroten Bereichs. Gewässer erscheinen bei Aufnahmen von Sensoren, die in diesem Bereich sehr sensitiv sind, als schwarze Flächen und können gut abgegrenzt werden. Am besten kann Wasser EMS mit

3 Schnee- und Eisflächen reflektieren EMS im Bereich des sichtbaren Lichts in besonders hohem Maße, im nahen Infrarotbereich nimmt das Reflexionsvermögen stark ab. Da das Verhalten von Schnee und Eis für die Länder Afrikas von nachgeordneter Bedeutung ist, wird diesbezüglich auf die Literatur verwiesen (z. B. Zeil/Saradeth 2010, S. 38 f.).



1,4 und 1,9 μm Wellenlänge absorbieren. Diese spezifische Eigenschaft von Wasser lässt bei Untersuchungen anderer Substanzen (s. Vegetation) Rückschlüsse auf deren jeweiligen Wassergehalt zu. Am schlechtesten absorbiert Wasser EMS mit Wellenlängen um 0,47 μm , dort ist der Reflexionsgrad am höchsten (deshalb wird die Wasseroberfläche insbesondere an klaren Tagen als blau wahrgenommen).

Das Absorptionsverhalten des Wassers wird neben der Wellenlänge der eintreffenden Strahlung auch durch die Wassertrübung beeinflusst. Plankton und Unterwasserpflanzen erhöhen durch deren Chlorophyllgehalt den Absorptionsgrad in den Wellenlängenbereichen zwischen 0,4 und 0,5 μm bzw. zwischen 0,6 und 0,7 μm . Humus verstärkt die Absorption nahezu im gesamten sichtbaren Bereich, Moorwasser erscheint folglich fast schwarz (Zeil/Saradeth 2010, S. 37).

REFLEXIONS- UND STREUUNGSVERHALTEN

Nur ein kleiner Teil der einfallenden EMS wird direkt an der Wasseroberfläche reflektiert. Weil die Wasseroberfläche selten spiegelglatt ist, sondern aus vielen unterschiedlich geneigten kleinen Einzelflächen besteht, reflektiert sie in verschiedene Richtungen (Zeil/Saradeth 2010, S. 35 ff.). Sichtbares Licht im blauen Band wird am stärksten reflektiert. Der Teil, der nicht an der Oberfläche reflektiert wird, sondern in das Wasser eindringt, wird dort teilweise gestreut, der dadurch entstehende »Unterwasserdunst« erschwert das Erkennen von Objekten im Wasser (Löffler et al. 2005, S. 240).

Da Wasser in den seltensten Fällen sauber ist, wird die Reflexion der EMS auch von den Trübungen und Schwebstoffen bestimmt. Von den spezifischen spektralen Signaturen kann auf unterschiedliche Inhaltsstoffe des jeweiligen Gewässers geschlossen werden.

VEGETATION

2.3

Das spektrale Verhalten von Pflanzen wird wellenlängenspezifisch durch die Blattpigmente (Chlorophyll), die Blattzellstruktur und den Wassergehalt der Blätter bzw. der Pflanze bestimmt. Chlorophyll und verwandte Blattpigmente, die die Fotosynthese ermöglichen, absorbieren die EMS im sichtbaren Bereich sehr spezifisch: EMS mit einer Wellenlänge um 0,45 μm (blauer Bereich) bzw. um 0,68 μm (roter Bereich) wird maximal, EMS mit einer Wellenlänge um 0,55 μm (grüner Bereich) wird minimal absorbiert und am stärksten reflektiert, wodurch insbesondere gesunde Vegetation satt grün erscheint (Zeil/Saradeth 2010, S. 30 f.). Dieses spektrale Verhalten hat gewisse jahreszeitliche Verschiebungen, da Chlorophyll zu Beginn der Vegetationsperiode erst aufgebaut und am Ende der Periode schnell abgebaut wird, sodass nicht mehr nur EMS im grünen Bereich reflektiert wird.

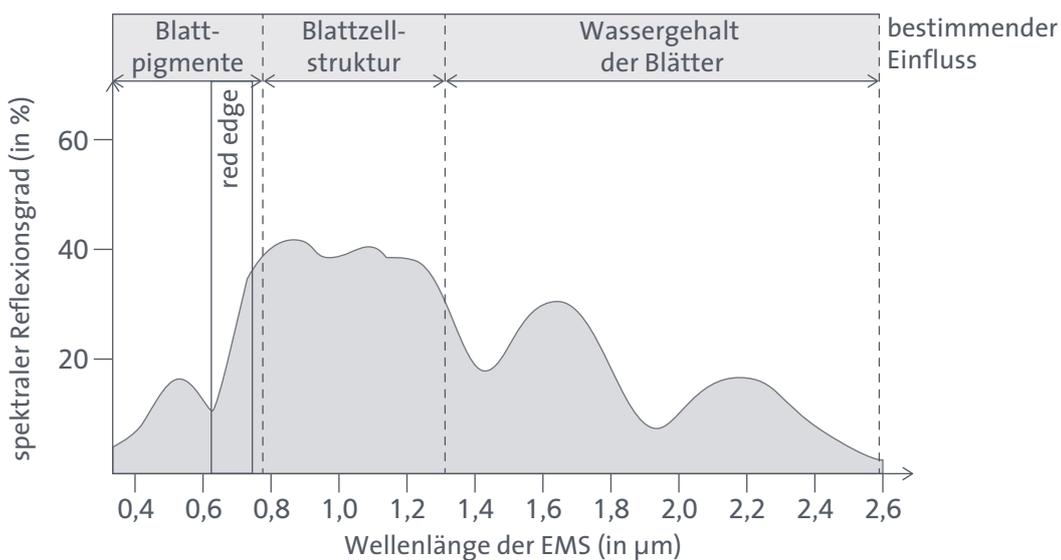


Beim Übergang vom sichtbaren Licht zum nahen Infrarot steigt der Reflexionsfaktor von Pflanzen allgemein stark an. Dieser steile Anstieg im Bereich von ca. 0,65 bis 0,75 μm wird auch als »red edge« bezeichnet (Abb. II.3). Es ist ein vielseitiger Indikator, denn er verläuft bei verschiedenen Pflanzenarten unterschiedlich und verschiebt sich bei gleichen Arten aufgrund von Wassermangel, Schadstoffgehalt oder fehlenden Nährstoffen.

Mit zunehmender Wellenlänge nimmt der Reflexionsgrad kontinuierlich ab, mit zwei tiefen Einbuchtungen bei 1,4 und 1,9 μm (den Absorptionsbändern von Wasser). Wie tief und ausgedehnt diese Absorptionstäler sind, hängt vom Wassergehalt des Blattes ab. Abbildung II.3 zeigt den allgemeinen Verlauf des Reflexionsfaktors von Pflanzen in Abhängigkeit von der Wellenlänge einfallender EMS, der auch als Reflexionsspektrum bezeichnet wird.

ABB. II.3

REFLEXIONSSPEKTRUM DER VEGETATION



Quelle: nach Hildebrandt 1996; Zeil/Saradeth 2010, S.30

BÖDEN UND MINERALE

2.4

Boden ist die aus mineralischen und organischen Substanzen bestehende, mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte oberste Verwitterungsschicht der Erdrinde und weist grundsätzlich eine große Oberflächenvariabilität auf (Löffler et al. 2005, S. 156 ff.). Weite Teile der Bodenoberfläche sind meist oder permanent bedeckt, z. B. durch Vegetation, Schnee oder anthropogene Flächenversiegelung.

Im Vergleich zu Wasser und Vegetation verläuft die wellenlängenabhängige Reflexionskurve von Böden ohne große Schwankungen. Die Wechselwirkung zwi-



schen EMS und der Gitterstruktur der Minerale bestimmt das Reflexions- bzw. Absorptionsverhalten der Böden. Das Reflexionsverhalten von Böden wird zudem durch etliche andere Faktoren wie z. B. den Feuchtigkeitsgehalt (steigender Feuchtigkeitsgehalt verringert das Reflexionsvermögen) oder die Textur bzw. Rauigkeit der Oberfläche beeinflusst.⁴ Da EMS des optischen Bereichs jedoch nur einige Mikrometer in die Oberfläche eindringen kann, beschränken sich darauf aufbauende Schlüsse auch nur auf eine dünne Oberflächenschicht (Zeil/Saradeth 2010, S. 32 ff.). Für größere Eindringtiefen muss EMS mit größeren Wellenlängen (Mikrowellenbereich) verwendet werden, denn der Transmissionsgrad der Erdoberfläche nimmt mit der Wellenlänge zu.

Bodenspezifische Informationen (z. B. zum Typ, Profil, Mineralgehalt) können häufig nur durch die Kombination von Fernerkundungsdaten und bodennahen Datenerhebungen gewonnen werden (Albertz 2009, S. 188 ff.). In diesem Kontext gewinnen geophysikalische Methoden (z. B. zur Bestimmung der Wärmeträgheit von Substanzen) oder Geländestichproben an Bedeutung. Durch solche Verknüpfungen kann auf unterschiedliche Sachverhalte geschlossen werden, z. B. durch die Art der Vegetation auf die mineralische Zusammensetzung der darunter liegenden Bodenschichten, bei Beobachtungen im Zeitverlauf auf unterschiedliche Erscheinungen wie Vernässungen, Versalzungen oder Erosion.

Neben der Zusammensetzung der Bodenbestandteile kann durch die Fernerkundung auch die Oberflächenform des Bodens näher bestimmt werden. Dazu werden auch Verfahren, die auf EMS mit größeren Wellenlängen aufbauen, eingesetzt, die Vegetation und Schnee bzw. Eis besser durchdringen können (Radar, Kap. II.3.1.2). Durch sie können zunehmend genauere digitale Geländemodelle erstellt werden, die ein wichtiges Produkt der Fernerkundung mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten darstellen.

SPEKTRALE SIGNATUREN

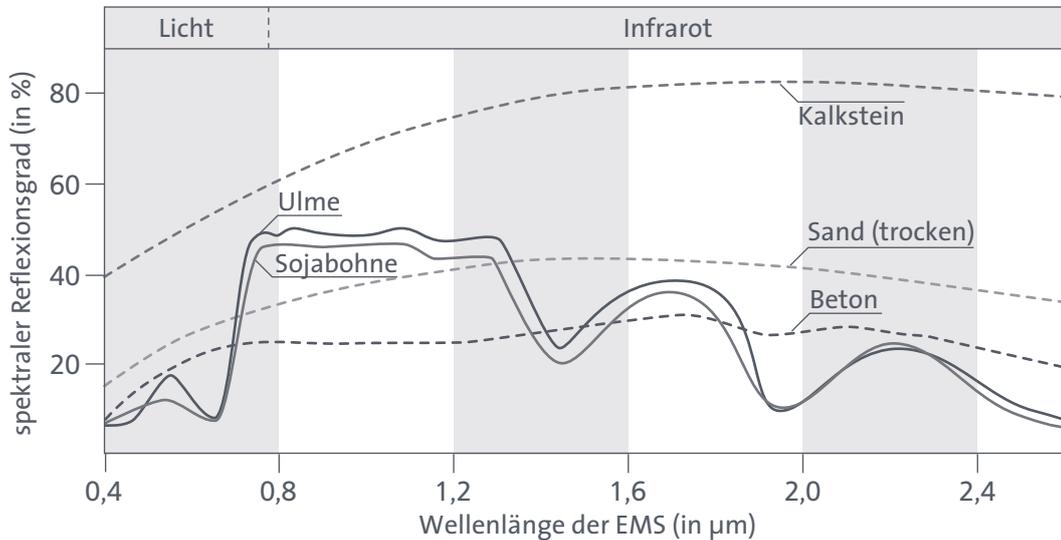
2.5

Je differenzierter die von einzelnen Objekten reflektierte EMS in den einzelnen Wellenlängen gemessen werden kann, desto genauer können die spezifischen Reflexionseigenschaften von Objekten (auch als deren Spektralsignatur oder spektraler Fingerabdruck bezeichnet) bestimmt werden (Löffler et al. 2005, S. 26). Spezifische Sensoren, die EMS hochdifferenziert aufnehmen können, sind nötig, um spektrale Signaturen erfassen zu können. Die Entwicklung solcher Hyperspektralsensoren gilt gegenwärtig als ein strategisches Ziel der deutschen Raumfahrt (Bundesregierung 2010, S. 6; Kap. IV.3.2.3).

⁴ Grobkörnige Sandböden sind gut entwässert und zeigen daher eine stärkere Reflexion als feinsandige Böden. Jedoch kehrt sich dieses Verhältnis im ausgetrockneten Zustand um.

ABB. II.4

SPEKTRALE REFLEXIONSGRAD E UNTERSCHIEDLICHER SUBSTANZEN



Quelle: nach Albertz 2009, S. 19

Man geht davon aus, dass eine differenziertere Erfassung detailliertere Analysen ermöglicht, mit denen spezifischere Rückschlüsse aus den Beobachtungsobjekten gezogen werden können. Allerdings beeinflussen viele Faktoren diese Spektralsignatur, z. B. der Wassergehalt des Bodens und der Vegetation oder Schwebstoffanteile in Gewässern. Die Spektralsignatur von Vegetation wird darüber hinaus auch durch den jeweiligen Zeitpunkt des Vegetationszyklus oder durch Schädlingsbefall beeinflusst.

Zahlreiche Detailkenntnisse zum Zielobjekt, regelmäßige Feldabgleiche vor Ort und umfangreiches Fachwissen dürften nötig sein, um anhand von hochdifferenziert aufgenommenen Fernerkundungsdaten Rückschlüsse zum jeweiligen Zustand des Beobachtungsobjekts ziehen zu können. Aufgrund möglicher multifaktorieller Beeinflussung der Spektralsignatur eines Objekts kann es bei geringen Detailkenntnissen jedoch auch leicht zu Fehlinterpretationen kommen. Analytisch dürfte hier weitgehend Neuland betreten werden.

OBJEKTIDENTIFIKATIONEN

2.6

Neben der naturräumlichen Erfassung und Analyse der Erdoberfläche ist auch die Erkennung und Erfassung von Kulturlandschaften und einzelnen baulichen Objekten in der Fernerkundung von Bedeutung. Auch dazu müssen die Objekte möglichst differenziert erfasst und von anderen Oberflächenformen abgegrenzt werden können. Die Erkennbarkeit von Objekten hängt einerseits vom räumlichen Auflösungsvermögen der Sensoren, andererseits von etlichen Eigenschaften



der Objekte selbst und ihrer Umgebung ab (z. B. Form, Größe, Kontrast). Die Erkennung linienförmiger Objekte (Straßen, Wege, Gräben, Leitungen u. Ä.) ist oft besonders schwierig. Nicht nur die Form des Objekts und der Kontrast zur Umgebung, sondern auch komplexere Komponenten wie entstehende Muster, Schattenbildung, geometrische Analysen bis hin zu dreidimensionaler Betrachtung und vergleichende Betrachtungen in unterschiedlichen spektralen Kanälen mit unterschiedlichen Verfahren sind für die Erkennbarkeit von Objekten relevant (Albertz 2009, S. 84 ff.). Mauern, Schienen und Hochspannungsleitungen können aufgrund ihrer besonderen geometrischen Reflexionscharakteristik im Mikrowellenbereich vor allem mit Radarsystemen gut wiedergegeben werden.

INFRASTRUKTUR ZUR DATENAUFNAHME

3.

Die technische Entwicklung der Erdfernerkundung ist einerseits mit der Entwicklung der Fotografie und der Vermessung sowohl der Bildpunkte (Fotogrammetrie) als auch der reflektierten EMS (Radiometrie) und andererseits mit dem Vordringen des Menschen erst in den Luftraum und später in den Weltraum verbunden (Albertz 2010, S. 11 ff.). Die heutige Erdfernerkundungstechnologie besteht aus Beobachtungsinstrumenten bzw. Sensoren zur Erfassung der EMS (Kap. II.3.1) sowie dem Flugkörper als Trägerplattform für die Instrumente (Kap. II.3.2). Satellitengetragene Systeme benötigen zusätzlich einen Transporter (Rakete) zur Positionierung im Weltraum sowie eine oder mehrere Bodenstationen, über die die Kommunikation zur Steuerung und zur Datenübertragung erfolgt (Kap. II.3.3). Mit diesen Modulen ist es möglich, dass bestimmte Objekte oder Aspekte der Erde kontinuierlich und weitgehend autonom beobachtet werden können.

SENSOREN – BEOBACHTUNGSSYSTEME ZUR DATENAUFNAHME

3.1

In der Fernerkundung werden hochspezifische Präzisionsinstrumente eingesetzt, um von der Erdoberfläche ausgehende elektromagnetische Strahlung aufzunehmen und diese so in Signale umzuwandeln und als Daten abzuspeichern, dass daraus Abbilder erzeugt und/oder weitere Informationen abgeleitet werden können. Sie werden allgemein als Sensoren oder als spezifische Systeme bezeichnet – optische Systeme (Kameras, Scanner) zur Erfassung von EMS des optischen Bereichs sowie Radarsysteme für längerwellige EMS des Mikrowellenbereichs. Deren Kern bilden in beiden Fällen Detektoren zur Umwandlung von EMS in spezifische Signale, der Empfang erfolgt bei optischen Systemen über Spiegel und Linsen, bei Radarsystemen über ein kombiniertes Sender- und Empfängersystem mit

Antenne. Zusammen mit Steuerung, Kühlung, Verstärker, Datenzwischenspeicher und Übertragungseinheit bilden sie das Gesamtbeobachtungsinstrumentarium.⁵

OPTISCHE SYSTEME

3.1.1

Mit optischen Systemen kann die von autonomen Quellen (Sonne, Erde) ausgesendete und von Objekten reflektierte EMS vom nahen UV-Bereich über das sichtbare Licht und lichtähnliche Strahlung (naher IR-Bereich) bis zur thermalen IR-Strahlung über Spiegel und Linsen aufgenommen werden. Die Systeme gelten als passiv, da sie »nur« die natürlich vorhandene EMS nutzen und aufzeichnen, nicht jedoch über eine eigene steuerbare Strahlungsquelle verfügen (Zeil/Saradeth 2010, S.27). Optische Systeme, die reflektierte Sonnenstrahlung aufzeichnen, können grundsätzlich nur dann von der Erdoberfläche Aufnahmen machen, wenn diese der Sonne zugewandt und nicht von Wolken bedeckt ist. Im Gegensatz dazu werden Aufnahmen mit thermaler Strahlung bevorzugt nachts durchgeführt, da es am Tage zu einer störenden Überlagerung der Wärmestrahlung der Erde und der Sonnenstrahlung kommt (Löffler et al. 2005, S.23).

Bei der Fokussierung der Aufnahmeoptik auf einen einzelnen Detektor, der EMS in ein speicherbares Signal umwandelt, spricht man auch von einem einkanaligen System. Durch die Verwendung von Filtern, Prismen und Gittern kann die empfangene EMS in unterschiedliche Bänder aufgespalten und mittels einer entsprechend größeren Anzahl an Detektoren umgewandelt und in unterschiedlichen Kanälen abgespeichert werden. Bei einer Zerlegung und differenzierten Aufnahme in mehreren Kanälen spricht man von einem Multispektralscanner, bei einer Differenzierung in 15 und mehr (bis zu ca. 300) Bänder spricht man von hyperspektralen Scannern (Zeil/Saradeth 2010, S.43 ff.).

In der ersten Anwendungsphase der Fernerkundung wurden konventionelle fotografische (analoge) Kamerasysteme als Aufnahmeinstrumente mit lichtempfindlichen Filmen als Speichermedium verwendet (Albertz 2009, S.26). Die Umstellung von der analogen Aufzeichnung zur systematischen digitalen Bildaufnahme brachte einen wesentlichen Innovationsschub und führte zur Etablierung der heutigen Strukturen der Fernerkundung. Sie wurde 1972 ausgelöst und wesentlich vorangetrieben durch das »Earth Resources Technology Satellite Program« der amerikanischen Weltraumbehörde NASA, insbesondere mit deren Landsat-Satellitenprogramm (Kap. IV.1), bei dem optisch-mechanische Scanner zur Erdbeobachtung eingesetzt wurden (Zeil/Saradeth 2010, S.42).

⁵ In der Literatur zur Fernerkundung werden Begriffe wie Sensor, Detektor, Scanner, Kamera oder auch Instrumente oder Systeme nicht immer trennscharf und eindeutig verwendet, teilweise werden sie synonym, teilweise in unterschiedlichen Kontexten benutzt.

OPTISCH-MECHANISCHE SCANNER

Optisch-mechanische Scanner basieren auf einem schnell beweglichen Drehspiegel, der die Erdoberfläche quer zur Flugrichtung zeilenweise abtastet und die empfangene EMS auf einen oder mehrere Detektoren fokussiert, die diese in elektrisch messbare Signale (Fotostrom) umwandeln (Albertz 2009, S. 42). Wird die Zahl der Detektoren verdoppelt, können gleichzeitig zwei Zeilen gescannt werden (usw.). Alle bisherigen Satelliten des Landsat-Programms haben optisch-mechanische Scanner mit einer immer größer werdenden Anzahl an Detektoren.

Es zeichnet sich gegenwärtig ab, dass bei neuen Fernerkundungssatelliten optisch-mechanische Scanner nicht mehr so häufig eingesetzt werden. Dennoch bleiben sie für die Fernerkundung weiterhin von Bedeutung, vor allem um EMS im Bereich der thermalen Infrarotstrahlung aufzunehmen. Spezifische Kenntnisse über die Datengenerierung mit optisch-mechanischen Scannern sind dennoch auch in Zukunft wichtig für die Datenauswertung und -anwendung. Denn die mit optisch-mechanischen Scannern aufgenommenen Daten des Landsat-Programms bilden nach wie vor die wichtigste Langzeitreferenz in der Erdfernerkundung und haben auch aufgrund des kostenlosen Zugangs nach wie vor ein großes Anwendungspotenzial insbesondere für arme Länder.

OPTOELEKTRONISCHE SCANNER

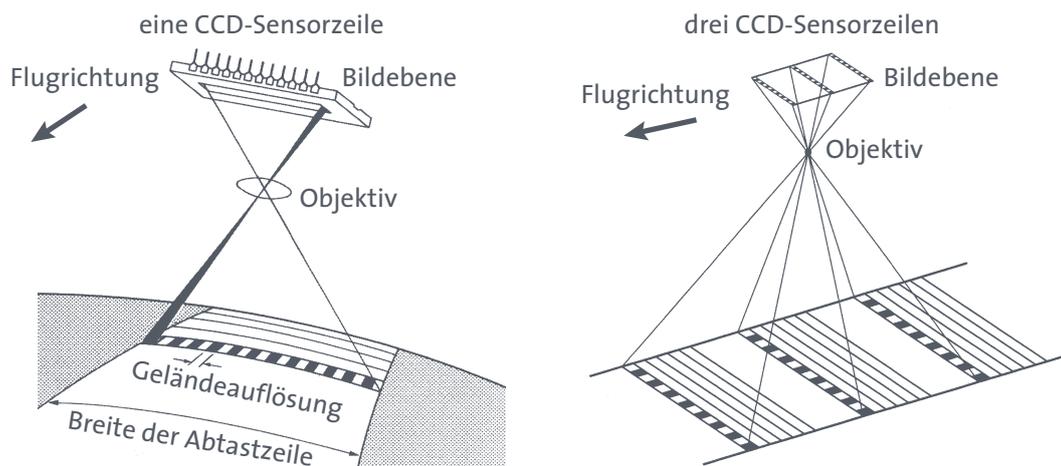
Optoelektronische Scanner bauen auf der CCD-Aufnahmetechnik (»charge coupled devices«) auf. Der CCD-Sensor besteht aus einer Zeile oder mehreren Zeilen von Halbleitereinzeldetektoren in großer Anzahl (bis zu 10.000 Einzeldetektoren pro Sensorzeile; Zeil/Saradeth 2010, S. 45), wodurch gleichzeitig alle Bildpunkte (Pixel) einer quer zur Flugrichtung orientierten Bildzeile erfasst und in speicherbare Messwerte umgewandelt werden können. Durch die Flugbewegung des Satelliten (bzw. des Flugzeugs) wird die Erdoberfläche zeilenweise abgetastet (Abb. II.5 links) (Albertz 2009, S. 46 ff.). Da der Aufnahmevorgang keine mechanisch beweglichen Teile erfordert, ist der Scanner leichter, weniger störanfällig und verbraucht weniger Energie im Vergleich zu optomechanischen Scannern. Durch die Anordnung mehrerer CCD-Sensorzeilen können zudem Stereobilddaten gewonnen werden, wodurch die Erfassung der räumlichen Dimension möglich wird (Abb. II.5 rechts). Bei der Forschung und Entwicklung der Stereobildtechnologie im Rahmen der Fernerkundung gehört das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit seiner hochauflösenden Stereokamera (»High Resolution Stereo Camera«, HRSC) laut eigenen Angaben zur Weltspitze.⁶

Bisher als nachteilig wird gewertet, dass viele optoelektronische Detektoren geeicht werden müssen und die spektrale Empfindlichkeit der CCD-Sensoren noch

⁶ www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10364/548_read-400/ (23.11.2011)

nicht an die der Detektoren optisch-mechanischer Scanner heranreicht. Auch sind CCD-Sensoren für Strahlungsmessungen im thermalen Wellenlängenbereich schwer herzustellen (Zeil/Saradeth 2010, S. 47). Laut Albertz (2009, S. 47) steht die Weiterentwicklung der CCD-Aufnahmetechnik in der Fernerkundung gegenwärtig im Mittelpunkt des Interesses.

ABB. II.5 AUFNAHMEVERFAHREN MIT OPTOELEKTRONISCHEN SCANNERN



Quelle: Albertz 2009, S. 48; Löffler et al. 2005, S. 51

HYPERSPEKTRALSENSOREN (ABBILDENDE SPEKTROMETER)

Hyperspektralsensoren basieren ebenfalls auf der CCD-Aufnahmetechnik, haben jedoch, wie der Name bereits sagt, eine größere spektrale Differenzierung. Pro Geländepunkt (entsprechend einem Pixelbildpunkt) ist eine differenzierte Erfassung in 15 bis zu 300 Spektralkanälen möglich, aus denen die jeweilige Spektralsignatur eines Objekts hochdifferenziert abgebildet werden kann. Das vom DLR entwickelte und in 15 Kanälen aufzeichnende Spektrometer (»Medium Resolution Imaging Spectrometer«, MERIS) war auf dem Satelliten Envisat seit 2002 in Betrieb (Kap. V.3.1). Höher differenzierende Hyperspektralsensoren werden derzeit vor allem im Flugzeugbereich eingesetzt. Der für 2015 geplante deutsche Satellit EnMAP soll mit einem Hyperspektralsensor ausgestattet werden, der in mehr als 200 Kanälen aufzeichnet (Kap. IV.3.2.3).

Je differenzierter die Erfassung, desto größer die erzeugte Datenmenge. Der Umgang mit derart großen Datenmengen (Speicherung, Verarbeitung und Interpretation) ist bisher noch problematisch. Hyperspektralsensoren und Analyseverfahren der abbildenden Spektrometrie werden gegenwärtig intensiv erforscht und entwickelt, auch in Deutschland (Albertz 2009, S. 53). Anwendungen werden vor allem im Bereich der Geologie und der Böden, der Meeresforschung und



des Wasserhaushalts sowie im land- und forstwirtschaftlichen Bereich erwartet (Zeil/Saradeth 2010, S. 46 f.).

RADARSYSTEME

3.1.2

Radarsysteme (»radio detection and ranging«) bauen auf EMS aus dem Mikrowellenbereich auf. Im Gegensatz zu optischen Systemen, die natürliche Strahlungsquellen verwenden, senden diese aktiven Systeme EMS impulsartig schräg zur Erdoberfläche aus und messen deren Reflexion (Radarecho) (Löffler et al. 2005, S. 63; Zeil/Saradeth 2010, S. 48). Radarsysteme sind als aktive Systeme unabhängig von Tages- und Nachtzeiten. Aufgrund der spezifischen Eigenschaften der verwendeten längerwelligen EMS sind sie unabhängiger vom Witterungsgeschehen und können insbesondere bei hoher Wolkendeckung zur Anwendung kommen. Die Licht- und Wetterunabhängigkeit von Radarsystemen ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber optischen Systemen. Jedoch können auch bei ihnen Überlagerungen zwischen unterschiedlichen Strahlungsquellen auftreten.

Grundelemente von Radarsystemen sind Antenne, Sende- und Empfangsgerät (mit Verstärker), Signalwandler (der Mikrowellen in Lichtsignale und Strahlungsintensität in Helligkeit umwandelt) und Kamera (zur Aufzeichnung wie bei optischen Systemen). Satellitensysteme arbeiten mit Mikrowellen zwischen 56,5 und 235 mm Wellenlänge (im sogenannten C- und L-Band), Flugzeugsysteme verwenden kürzerwellige Mikrowellen zwischen 8,6 und 33 mm Wellenlänge (am häufigsten im Ka- und X-Band) (Löffler et al. 2005, S. 64 f.).

Bei Radarsystemen ist die Generierung von Abbildern aus der empfangenen EMS wesentlich komplizierter als bei optischen Systemen. Einerseits sind bei Radarsystemen sehr lange Antennen notwendig, um eine hohe Auflösung der Abbildung zu erreichen. Für die Satellitenfernerkundung wird deshalb die Radarantenne über die Ausnutzung der Flugbewegung künstlich verlängert (sogenanntes synthetisches Aperturradar [SAR]), wodurch allerdings die Signalauswertung wesentlich komplizierter wird, da das Radarbild aus einzelnen Datenstreifen zusammengesetzt werden muss (Löffler et al. 2005, S. 68). Andererseits ist bei der Datenanalyse u. a. die spezifische Geometrie von Radarbildern zu beachten. Sie ist komplexer als die von optischen Systemen, die korrekte geometrische Entzerrung erfordert einen vergleichsweise hohen Aufwand sowie spezifische Geländekenntnisse oder ein bereits verfügbares digitales Geländemodell. Weitere Spezifika sind Rückstrahleffekte durch benachbarte Flächen, Inferenzerscheinungen sowie spezifische Eigenschaften der Oberflächenmaterialien und der EMS (Albertz 2009, S. 56 ff.). Diese Besonderheiten bilden vor allem für Anwendungen in weiten Teilen Afrikas, für die es weder hochaufgelöste Kartenwerke oder gar digitale Geländemodelle noch ausreichend Fachkräfte gibt, eine besondere Hürde.



Werden zwei Radarbilder von leicht verschiedenen Positionen aufgenommen, können mittels Radarinterferometrie sehr genaue digitale Gelände- oder Höhenmodelle des abgebildeten Gebietes berechnet werden (Löffler et al. 2005, S.71). Das derzeit genaueste Verfahren wird durch Tandemsatelliten möglich, wie dem deutschen System »TerraSAR-X/TanDEM X« (Kap. IV.3).

EXKURS LASERSCANNER (LIDAR)

Ähnlich dem Radarverfahren funktioniert das Lidarverfahren (»light detection and ranging«), auf welchem Laserscanner aufbauen. Anstelle der Mikrowellensignale werden Laserstrahlen (im Bereich der UV-Strahlung, des sichtbaren Lichts oder des nahen Infrarots) zur Messung der Entfernung zwischen Sender bzw. Empfänger und Geländeoberfläche eingesetzt. Lidar besitzt zwar ein höheres Auflösungsvermögen als Radar, wegen der atmosphärischen Beeinträchtigung ist der bodennahe Einsatz jedoch auf Schönwetterlagen begrenzt (Löffler et al. 2005, S. 72 f.).

Zur Entfernungsmessung und Positionsbestimmung von Satelliten (Satellitengeodäsie) hat sich das Lidarverfahren durchgesetzt. Weltweit gibt es etwa 40 Laserentfernungsmesssysteme, die im Rahmen des »International Laser Ranging Service« (ILRS) international koordiniert werden.

Zur Erfassung der topografischen Geländeoberfläche werden Laserscanner bisher nur in Flugzeugen getestet und höchstens ergänzend eingesetzt (Albertz 2009, S. 53 ff.). Bei Flughöhen von 1 bis 1,5 km können Genauigkeiten in der Fläche von 1 m und in der Höhe von 0,1 bis 0,3 m erreicht werden. Dies erfordert jedoch eine sehr genaue Sensorpositionierung und -ortung, die wiederum auf eine satellitengestützte Navigation aufbaut (gegenwärtig mittels »Global Positioning System« [GPS]). Der Vorteil von Laserscanningstechniken wird in der vollständig digitalen Weiterverarbeitung gesehen (Baldenhofer 2012). In Deutschland werden flugzeuggetragene Lidarsysteme z. B. in der Archäologie eingesetzt und liefern viele Hinweise zu möglichen historischen Anlagen, die vor Ort im Gelände nicht mehr zu erkennen sind.

Insgesamt sind die Wechselwirkungen zwischen Mikrowellenstrahlung und Materialien der Erdoberfläche komplex und die Interpretation der mit Radarsystemen gewonnenen Daten und Abbilder nach wie vor schwierig. Auf diesem Gebiet finden gegenwärtig intensive Forschungsbemühungen statt, weil Radarbilder zunehmend in der zivilen Fernerkundung an Bedeutung gewinnen. Gründe dafür liegen u. a. in der besseren räumlichen Auflösung und zeitlichen Verfügbarkeit der Aufnahmen (Albertz 2009, S. 63). Neben der Erstellung hochaufgelöster digitaler Höhenmodelle werden satellitengestützte SAR-Systeme in der zivilen Anwendung vorrangig zur Untersuchung von geophysikalischen Parametern zur Umweltüberwachung eingesetzt (Envisat, Kap. V.3.1).

LUFT- UND RAUMFAHRZEUGE – TRÄGER DER SENSOREN

3.2

Die Erdfernerkundung ist, wie bereits erwähnt, neben der Entwicklung von Fotografie und Bildanalyse eng mit der Entwicklung der Flugtechnologie erst in den Luft- und anschließend in den Weltraum verbunden. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelte sich zunächst die flugzeuggetragene Erdfernerkundung, die in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts durch die raketen- und satellitengetragene Fernerkundung erweitert wurde. Große Entwicklungsschübe in der Fernerkundungstechnologie brachten die militärischen Anwendungen in den heißen und kalten Kriegen des 20. Jahrhunderts.

Neben den unterschiedlichen Aufnahmeverfahren bestimmen auch die Trägerplattformen die Leistungsfähigkeit der Fernerkundungssysteme mit. Die Flughöhen und Flugrouten entscheiden über den Maßstab bzw. die räumliche Auflösung wie auch die Regelmäßigkeit und Kontinuität der Aufnahmen – die zeitliche Auflösung oder Wiederholungsrate. Grundsätzlich unterschieden wird zwischen

- > *Luftfahrzeugen (bzw. Flugzeugen)*, die sich im hoheitlichen Luftraum bewegen, also innerhalb der Atmosphäre bis max. 20 km Höhe, wodurch die Begrenzung des atmosphärischen Fensters nicht in vollem Umfang wirksam ist, und »Luftaufnahmen« von der Erde machen, sowie
- > *Raumfahrzeugen (bzw. Satelliten)*, die sich im hoheitsfreien Weltraum oberhalb ca. 200 km bewegen (außerhalb der Atmosphäre, also bei voller Wirksamkeit des atmosphärischen Fensterrahmens) und mit deren Hilfe »Weltraumaufnahmen« oder »Satellitenbilder« von der Erde erzeugt werden.

Das Prinzip der Aufzeichnung ist bei flugzeug- und satellitengetragenen Systemen weitgehend identisch. In der Funktionsweise gibt es Unterschiede, die vor allem den kürzeren Abstand des Sensors zum Objekt und ein vereinfachtes Datenmanagement betreffen (Daten können während der Flugphase meist zwischengespeichert werden, sodass sich eine Datenübertragung während des Fluges erübrigt).

LUFTFAHRZEUGE

3.2.1

Über lange Zeit stellten Luftfahrzeuge den wichtigsten und gebräuchlichsten Träger für Fernerkundungssensoren dar. Jenseits spezifischer militärischer Aufklärung⁷ konnten allgemein übliche Luftfahrzeuge auch für die Fernerkundung genutzt werden, der Einbau von verschließbaren Bodenöffnungen und Halterungen für die jeweiligen Sensoren reichte aus (Löffler et al. 2005, S. 27).

⁷ Vor allem Radarsysteme benötigen spezifische Aufbauten (z. B. AWACS-Flugzeuge [»Airborne Warning and Control System«]).

Derzeit können unterschiedliche bemannte oder unbemannte Luftfahrzeuge für die Erdfernerkundung eingesetzt werden. Bemannte sind vor allem Hubschrauber für Höhen bis 1,5 km und Flugzeuge für den Luftraum darüber, wie z. B. das deutsche Höhenflugzeug HALO, das als weltweit einzigartiges Forschungsflugzeug 2012 in Betrieb genommen wurde (DLR 2012). Einen Überblick über den derzeitigen Entwicklungsstand unbemannter Flugsysteme liefert der kürzlich erschienene TAB-Arbeitsbericht Nr. 144 (TAB 2011).

Luftfahrzeuge sind flexibel einsetzbar, stellen keine großen Anforderungen an Start- bzw. Landeflächen und andere Infrastrukturen, können und müssen jedoch regelmäßig starten und landen (begrenzte Flugzeit aufgrund des hohen Treibstoffverbrauchs), was die Datenkontinuität beeinflusst. Sie eignen sich besonders als Träger für die erste Erprobungsphase neuer Sensorsysteme. Ihre Flugroute kann meist sehr spezifisch entsprechend der jeweiligen Anwendung festgelegt werden. Aufgrund der größeren Nähe zur Erdoberfläche eignen sie sich nicht für die kontinuierliche Aufnahme großer Geländeflächen.

Flugzeuggetragene Fernerkundungssysteme werden nach wie vor für besondere Aufgaben eingesetzt, z. B. mit optisch-mechanischen Scannern bestückt für Aufnahmen im Thermalbereich oder mit Hyperspektralsensoren für Aufnahmen in vielen Spektralkanälen. Aufgrund der geringen Flughöhe und der zielgenauen Steuerung können ausgewählte Objekte spezifisch beobachtet werden. Insbesondere zur Sondierung der Situation in Katastrophenfällen sind Luftfahrzeuge und deren Möglichkeiten zur Fernerkundung ebenfalls nach wie vor von großer Bedeutung.

SATELLITEN

3.2.2

Neben der flugzeuggetragenen Fernerkundung etabliert sich seit Jahrzehnten ein zweiter, eng mit der Entwicklung der Weltraumtechnologie verbundener Bereich – die satellitengetragene (Erd-)Fernerkundung, die sich inzwischen zu einem weitgehend eigenständigen Zweig der Weltraumtechnologie entwickelt hat. Satelliten umkreisen die Erde außerhalb der Erdatmosphäre weitgehend autonom. Sie bestehen aus zwei Grundkomponenten, der Satellitenplattform (oder dem Satellitenbus) als Trägerstruktur und der darauf montierten »Nutzlast«, bei Fernerkundungsanwendungen in erster Linie die jeweiligen Sensoren. Die Plattform fungiert als Versorgungseinheit u. a. mit Antriebssystem, Energieversorgung und Kommunikationseinrichtung.⁸ Es gibt unterschiedliche Auffassungen, spezifische Instrumente zur Positionsbestimmung und Lageregelung sowie zum Datenmanagement entweder der Plattform oder der Nutzlast zuzuordnen. Die jeweilige Nutzlast und die Weltraumposition bestimmen die spezifische Plattformkonfigu-

⁸ Eine detailliertere Beschreibung der Komponenten der Trägerstruktur befindet sich beispielsweise in Petermann et al. 2003, S. 52 ff.

ration. Es gibt unterschiedliche Strategien zum Bau von Satelliten. Die Spanne reicht von »einfachen« Gerätekonfigurationen bis zu hochkomplexen Systemen. Einfache Gerätekonfigurationen sind tendenziell eher leicht und klein, die Plattform wird nur mit geringer Nutzlast bestückt. Satelliten mit einem Gesamtgewicht bis ca. 100 kg werden auch als Mikrosatelliten bezeichnet (z. B. TUBSAT, DMC, Kap. IV).⁹ Satelliten können auch komplexer konfiguriert werden, d. h., eine Plattform wird mit vergleichsweise vielen Sensoren und Instrumenten bestückt und hat damit eine größere Nutzlast, wird also größer und schwerer. Der bisher größte Fernerkundungssatellit ist der europäische Satellit Envisat mit einem Gesamtgewicht von 8,2 t (Kap. V.3.1).

UMLAUFBAHNEN

Einmal positioniert, verhalten sich Satelliten in ihrer Bewegung wie natürliche Himmelskörper: Sie umkreisen die Erde in bestimmten Umlaufbahnen (Orbits), da die Zentrifugalkraft die Erdanziehungskraft ausgleicht. Die Stärke der Erdanziehungskraft verringert sich, je weiter sich der Satellit von der Erde entfernt, während die Zentrifugalkraft mit zunehmender Geschwindigkeit des Satelliten in der Umlaufbahn steigt. Daraus folgt, dass erdnahe Satelliten eine höhere, erdferne Satelliten eine niedrigere Umlaufgeschwindigkeit aufweisen müssen, damit sie auf einer stabilen Umlaufbahn kreisen können und ein Eintauchen des Satelliten in die Atmosphäre verhindert wird. Da außerhalb der Erdatmosphäre kein bremsender Luftwiderstand vorhanden ist, bleibt die Geschwindigkeit des Satelliten in einer stabilen Erdumlaufbahn viele Jahre lang konstant. Die »technische Lebensdauer« der Satelliten steigt in der Regel mit zunehmender Entfernung von der Erde. Sie endet planmäßig, wenn die Energieversorgung zu Ende geht, oder vorzeitig, wenn technische Probleme, die nicht behoben werden können, auftreten. Grundsätzlich unterschieden werden erdnahe und geostationäre Umlaufbahnen, deren wichtigste Merkmale in Tabelle II.1 im Überblick dargestellt werden.

Satelliten mit optischen Sensorsystemen zur Erdfernerkundung werden so positioniert, dass sie sich sonnensynchron bewegen, d. h., gleiche Teile der Erdoberfläche jeweils zur gleichen Tageszeit überfliegen. Nur so kann gewährleistet werden, dass gleiche Be- und Rückstrahlungsverhältnisse herrschen. Folgende Umlaufbahnen sind gegenwärtig für die Erdfernerkundung relevant (Löffler et al. 2005, S. 28 ff.):

Satelliten auf *fast polaren erdnahen Umlaufbahnen* fliegen von Pol zu Pol (vom Nordpol aus leicht nach Osten versetzt) (Abb. II.6). Durch die Erdrotation tas-

⁹ Mitunter wird auch von Kleinsatelliten gesprochen, die weiter in Mikro- (10–100 kg), Nano- (1–10 kg) und Pikosatelliten (< 1 kg) unterschieden werden (Petermann et al. 2003, S. 59 ff.). Bisher werden »nur« Mikrosatelliten im zivilen Bereich operationell eingesetzt, kleinere Satelliten werden jedoch weltweit sowohl zu militärischen als auch zu zivilen Zwecken erforscht.

ten sie die Erdoberfläche systematisch in Streifen ab (Schwadmuster, Abb. II.6 unten). Die leichte Neigung gewährleistet, dass der Satellit jedes Gebiet der Erde etwa zur gleichen Tages- bzw. Nachtzeit überfliegt (sonnensynchron) (Löffler et al. 2005, S.29 f.). Die meisten Fernerkundungssatelliten besitzen gegenwärtig diese Umlaufbahn. Aufnahmen in großer Detailgenauigkeit sind möglich. Dieser Teil des erdnahen Weltraums ist zunehmend gefüllt, sowohl mit Satelliten als auch mit Weltraumschrott (laut Baldenhofer 2012 werden ca. 8.500 anthropogene Objekte im »Low Earth Orbit« [LEO] beobachtet, Tab. II.1). Die Satelliten sinken meist langsam ab, können aber auch nach dem Ende der technischen Lebensdauer noch lange im LEO verbleiben. Wenn sie nach Beendigung ihrer Mission noch funktionsfähig sind, können sie zum Verglühen in die Atmosphäre gesteuert werden.

TAB. II.1 FERNERKUNDUNGSRELEVANTE SATELLITENUMLAUFBAHNEN

Orbit	erdnaher Umlauf (»Low Earth Orbit«, LEO)	geostationärer Umlauf (»Geostationary Earth Orbit«, GEO)
Höhe	ca. 200 bis 1.200 km*	35.786 km
Geschwindigkeit	ca. 8 km/s	ca. 0,46 km/s
Umlaufzeit	ca. 1,5 h	24 h
Empfangsfenster (Bodenstation)	ca. 10 bis 15 min pro Überflug	unbegrenzt
weitere Differenzierung	fast polare Umlaufbahn geneigte Umlaufbahn	

* Zur Höhe des LEO gibt es abweichende Angaben, »nach unten« wird er durch die Atmosphäre und ihren Luftwiderstand, »nach oben« durch den »Van-Allen-Strahlungsgürtel« mit den dort befindlichen energiereichen geladenen Teilchen begrenzt.

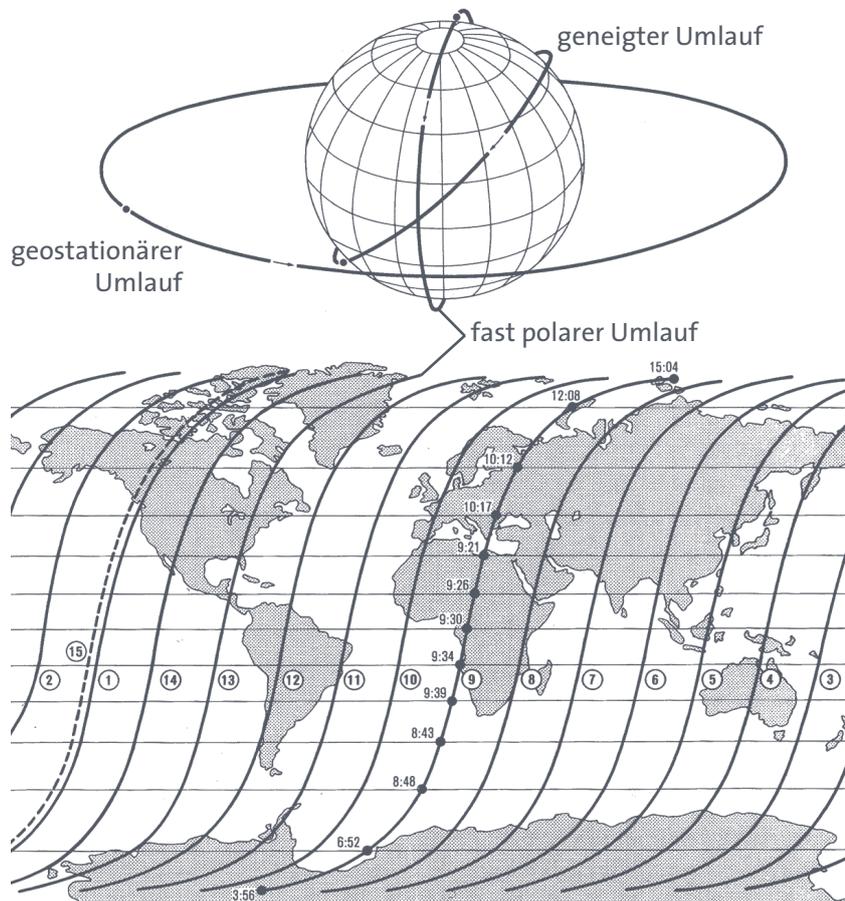
Quelle: Baldenhofer 2012

Satelliten auf *geneigten Umlaufbahnen* fliegen in einem deutlichen Winkel zur Polarebene. Diese Umlaufbahnen lassen eine intensive Beobachtung äquatornaher Regionen zu, haben jedoch keine vollständige Überdeckung der Erde (polnahe Regionen werden nicht überflogen). Dieser Bahnverlauf wird in der Erdfernerkundung bisher nur selten gewählt (z. B. beim Satelliten Megha-Tropiques, Kap. IV.2.1).¹⁰ Für Fernerkundungssatelliten, die explizit afrikanische Anwendungen verfolgen, kann diese Umlaufbahn von Vorteil sein.

¹⁰ Die Satelliten der Navigationssysteme (GPS, Galileo, Glonass) haben diese Umlaufbahnen, sie fliegen jedoch nicht mehr erdnah (Galileo-Satelliten haben eine Erdentfernung von mehr als 20.000 km).

ABB. II.6

SATELLITENUMLÄUFE UND ÜBERFLUGMUSTER



Bei einem fast polaren Umlauf ergibt sich ein systematisches Überflugmuster, das sich nach einer bestimmten Zeit wiederholt. Durch die Erdrotation ergeben sich auch von Tag zu Tag leicht versetzte Abtaststreifen, erst nach einer gewissen Periode wird exakt der gleiche Streifen wieder überflogen (Schwadmuster).

Quelle: Löffler et al. 2005, S. 29 f.

Satelliten auf *geostationärer Umlaufbahn* bewegen sich analog zur Erdrotation, wobei sie quasi stationär über dem Äquator »stehen«, da sie in 24 Stunden eine Erdumkreisung vollziehen. Fernerkundungsrelevant sind die meteorologischen bzw. Wettersatelliten, die explizit auf die Beobachtung und Analyse der Atmosphäre und deren Dynamik ausgerichtet sind. Aufgrund der großen Entfernung eignen sie sich nicht für Anwendungen, die eine hohe räumliche Auflösung erfordern. Kommunikationssatelliten sind ebenfalls geostationär. Bei der Übertragung der Daten der Fernerkundungssatelliten können sie Übermittlungsfunktionen übernehmen (Kap. II.3.4.2). Wenn sie nach Beendigung ihrer Mission noch steuerbar sind, sollen sie in einen höher gelegenen »Friedhofsorbit« manövriert und abgeschaltet werden.

Die Sensoren der Satelliten nehmen kontinuierlich EMS auf und wandeln diese in speicherbare Daten um, die sie regelmäßig zu einer Bodenstation auf der Erde übertragen, wo die Archivierung und Weiterverarbeitung der Daten stattfindet.

Geostationäre Satelliten sind aufgrund ihrer Lage in beständigem Kontakt zu ihrer Bodenstation, sodass eine kontinuierliche Datenübertragung möglich ist. Satelliten auf erdnahen Umlaufbahnen können nur in ihrer jeweiligen Überflugphase in Kontakt zu einer Bodenstation treten. Da diese Überflugphase der Satelliten bzw. das Empfangsfenster der Bodenstation nur einige Minuten dauert, werden an das Datenmanagement sowohl zur Übermittlung der Fernerkundungsdaten als auch zur Steuerung des Satelliten besondere Anforderungen gestellt. Das zeitlich begrenzte Kommunikationsfenster in Kombination mit dem kontinuierlich steigenden Auflösungsvermögen der Sensoren (vor allem auf Satelliten, die aufgrund ihrer erdnahen Umlaufbahn vergleichsweise schnell fliegen) erfordert zunehmend leistungsstärkere technische Lösungen.

KENNZIFFERN ZUM LEISTUNGSVERGLEICH DER FERNERKUNDUNGSSYSTEME UND ANWENDUNGSGEBIETE SPEZIFISCHER FERNERKUNDUNGSDATEN

3.3

Die Leistungsfähigkeit eines Fernerkundungssystems ergibt sich aus den spezifischen Auflösungseigenschaften seiner beiden Komponenten – Sensoren und Plattform. Sie wird im Wesentlichen mit folgenden Kennziffern beschrieben (Zeil/Saradeth 2010, S. 46):

- › Die *spektrale Auflösung* gibt die Anzahl und Breite der verschiedenen Bänder des elektromagnetischen Spektrums an, die separat als Spektralkanäle aufgenommen werden; grundsätzlich unterschieden wird die panchromatische Aufnahme in einem einzigen Spektralkanal mit einer großen Breite (meist über den gesamten Bereich des sichtbaren Lichts), die multispektrale Aufnahme in mehreren Kanälen (bis zu zehn, wobei meist die einzelnen Farbbereiche des sichtbaren Lichts und unterschiedliche Infrarotbereiche differenziert erfasst werden) und die hyperspektrale Aufnahme (in mehr als zehn bis zu einigen hundert Kanälen). Je größer die Anzahl der Kanäle ist, desto kleiner wird die Bandbreite eines Kanals (Tab. II.2).
- › Die *radiometrische Auflösung* gibt die kleinste Differenz der Strahlungsmenge an, die der Detektor unterscheiden kann (Graustufen oder Kontrast). Die meisten digitalen Scanner quantifizieren die aufgenommenen Daten in 8 Bits oder neuerdings auch 12 Bits (mit 8 Bits sind 256 Kontraststufen darstellbar, mit 12 Bits 4.096).
- › Die *räumliche* oder *geometrische Auflösung* gibt die Größe der Geländefläche an, die durch einen Aufnahmepunkt (Pixel) abgebildet werden kann (Maßstabbereich). Sie wird im Wesentlichen durch die Entfernung zwischen Be-

- obachtungsobjekt und Sensor bestimmt. Bei flugzeuggetragenen Systemen wird eine räumliche Auflösung im Zentimeterbereich möglich, bei satellitengetragenen Systemen werden bei erdnahen Satelliten gegenwärtig Auflösungen im unteren Meterbereich, bei geostationären bis zum Kilometerbereich erreicht (Tab. II.3).
- › Die *zeitliche Auflösung* gibt die Zeitdauer zwischen zwei Aufnahmen des gleichen Beobachtungsobjekts oder Gebietes an. Sie wird durch den Träger und seine Flug- bzw. Umlaufbahn, sowie die Aufnahmegeschwindigkeit und Neigungsfähigkeit des Sensors bestimmt. Geostationäre Satelliten können ihr konstantes Zielgebiet in hoher zeitlicher Auflösung (Minutenabstände) aufnehmen. Bei Satelliten mit erdnahen Umlaufbahnen liegt die zeitliche Auflösung im Bereich von Wochen bis Tagen.

Für Monitoringuntersuchungen ist neben der zeitlichen Auflösung (Wiederholungsrate) auch die Länge des gesamten Aufnahmezeitraums eine wichtige Kennziffer zur Leistungsbeschreibung von Fernerkundungssystemen. Aus dieser Perspektive ist das Landsat-Fernerkundungssystem das leistungsstärkste: Es generiert seit 1972 Messdaten, wobei die Erdoberfläche konstant und gleichmäßig mit einer zeitlichen Auflösung von 16 Tagen abgetastet wird (Kap. IV.1).

Aus den unterschiedlichen Leistungskennziffern und dem jeweiligen Auflösungsgrad der Fernerkundungsdaten ergeben sich unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten. Umgekehrt heißt das, dass für unterschiedliche Untersuchungsfragen (bzw. Analysebereiche) jeweils spezifisch aufgelöste Fernerkundungsdaten optimal sind. Die Tabellen II.2 und II.3 geben einen Einblick in diese Beziehung. In Tabelle II.2 werden Anwendungsgebiete bzw. Einsatzfelder für Fernerkundungsdaten mit unterschiedlicher *spektraler* Auflösung, in Tabelle II.3 für Daten mit unterschiedlicher *räumlicher* Auflösung genannt.

Auch wenn die unterschiedlichen Sensoren immer leistungsfähiger werden, ist bei der Gesamtkonzeption neuer Fernerkundungssysteme je nach spezifischen Anwendungsbereichen (bzw. Untersuchungsfragen) ein Abwägungsprozess der einzelnen Leistungskennziffern notwendig (Tab. II.2 u. II.3). Eine hohe Auflösung in einer Dimension geht mit einer geringeren Auflösung in einer anderen Dimension einher. Auch führt jede Verbesserung der Auflösung zu einer Vervielfachung der anfallenden Datenmengen, die einerseits übertragen und gespeichert und für die andererseits auch immer aufwendigere Analysemethoden entwickelt werden müssen (Kap. II.4).



II. FUNKTIONSPRINZIP, BESTANDTEILE DER TECHNOLOGIE

TAB. II.3 RÄUMLICHE AUFLÖSUNG VON FERNERKUNDUNGSDATEN UND BEISPIELE FÜR POTENZIELLE EINSATZFELDER

räumliche Auflösung in m (Klassifikation)	Sensorträger (Beispiele für operationelle Systeme)	potenzielle Einsatzfelder
0,1–0,5 (extrem hoch)	derzeit meist Flugzeuge oder militärische Satelliten (geplant: GeoEye-II [Kap. IV.1])	meist reserviert für militärische Verwendung
0,5–1,0 (sehr hoch)	Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen (QuickBird, IKONOS [pan] [Kap. IV.1], ORFEO [pan] [Kap. IV.2])	duale Nutzungskonzepte Detailuntersuchungen (z. B. Differenzierung von Baumarten bei der Forstkartierung, Windwurf nach Stürmen) Siedlungen und technische Planung (z. B. Erkennen von Dachformen zur Potenzialanalyse für solare Energiegewinnung)
1,0–4,0 (hoch)	erdnahe Satelliten (QuickBird, IKONOS [multi] [Kap. IV.1], SPOT 5 [pan] [Kap. IV.2])	Siedlungsplanung, Standortwahl für bestimmte Infrastrukturen Detailuntersuchungen (z. B. Zustandserhebungen, Ernteprognosemodelle)
4,0–12 (mittel)	erdnahe Satelliten (SPOT 5 [multi][Kap. IV.2], RapidEye [multi][Kap. IV.3], DMC [pan][Kap. IV.4])	Kartografie (z. B. lassen sich mit SPOT-Daten Karten im Maßstabsbereich 1:25.000 oder 1:50.000 erstellen) Monitoring (z. B. forstliche Großrauminventuren und Bestandsveränderungen)
12–50 (gering) 50–250 (sehr gering)	erdnahe Satelliten (z. T. Landsat 7 [Kap. IV.1], Envisat [Kap. V.3])	Monitoring im Bereich Landnutzung, Umweltveränderungen (z. B. europaweite Bestandsaufnahme der Bodennutzung; CORINE-Programm [Coordination of Information on the Environment]) Archäologie (Erkennen verschütteter Grundrisse)
> 250 (extrem gering)	geostationäre Satelliten (Meteosat [Kap. V.2])	Wetterbeobachtungen

Eigene Zusammenstellung, nach Albertz 2009, S. 173 ff.; Zeil/Saradeth 2010, S. 51

Trotz des Abwägungsprozesses der Leistungskennziffern bei der Konzipierung von Fernerkundungssystemen ist dennoch ein Trend zu einer immer höheren Auflösung zu beobachten. Es wird allgemein angenommen, dass mit größer werdender Auflösung der Fernerkundungssysteme auch der Informationsgehalt

der Daten steigt. Vorreiter für diese Entwicklung ist nach wie vor das Militär, dessen Fernerkundungsdatenbestände zum Schutz der nationalen Sicherheit jedoch im Gegensatz zu zivilen Satelliten nicht öffentlich zugänglich sind. Auf nationalstaatlicher Ebene wird jeweils individuell geregelt, welche Fernerkundungsdaten mit welcher Auflösung verfügbar gemacht werden und welche nicht. In den USA und in Deutschland ist diese Frage inzwischen gesetzlich geregelt (andere Länder verhalten sich auch ohne gesetzliche Festschreibung ähnlich). In den USA ist lediglich die Nutzung von räumlich extrem hochauflösten Fernerkundungsdaten der Regierung und ihren Verbündeten vorbehalten (Tab. II.2; Kap. IV.1). In Deutschland ist die Nutzung von Fernerkundungsdaten mit einem besonders hohen Informationsgehalt geschützt, wobei der Informationsgehalt anhand aller oben genannten Leistungskennziffern bestimmt wird (§ 2 Abs. 2 SatDSiG) und nicht nur anhand der räumlichen Auflösung wie derzeit in den USA (Kap. IV.3).

In den vergangenen Jahren wurde eine Vielzahl von Fernerkundungssatelliten mit unterschiedlichen Sensorkonfigurationen entwickelt und in Betrieb genommen, die Daten für vielfältige, insbesondere wissenschaftliche Anwendungsgebiete liefern. In den Kapiteln IV, V und VI werden etliche vorgestellt und beispielhafte Anwendungsmöglichkeiten in Afrika beschrieben. Um diese Satelliten betreiben zu können, sind weitere Technikmodule nötig, die nachfolgend vorgestellt werden.

WEITERE NOTWENDIGE TECHNIKMODULE ZUM BETRIEB DER SATELLITEN

3.4

Satelliten als unbemannte Systeme benötigen einerseits ein Transportsystem zur Positionierung und andererseits ein Kommunikationssystem zur regelmäßigen Datenübertragung und Steuerung.

WELTRAUMTRANSPORTSYSTEME UND STARTPLÄTZE

3.4.1

In den vergangenen Jahrzehnten wurden diverse Weltraumtransportsysteme entwickelt.¹¹ Bisher haben sich vertikal startende, unbemannte, nicht wiederverwendbare Trägerraketen zur Positionierung von Objekten im Weltraum durchgesetzt. Allgemein gilt: je schwerer das Objekt bzw. der Satellit und je höher die Umlaufbahn, in die das Objekt bzw. der Satellit gebracht werden soll, desto leistungstärkere Trägerraketen werden benötigt. Je leichter der Satellit, desto einfacher ist die Platzierung, mitunter können mehrere Satelliten mit einer Rakete transportiert und platziert werden (z. B. RapidEye, Kap. IV.3.1).

11 Für einen Überblick über unterschiedliche Weltraumtransportsysteme z. B. TAB 1992.

Russland verfügt derzeit über die größte Vielfalt an Trägerraketen und kommt seit etlichen Jahren auf die meisten Raketenstarts. In den USA wurden ebenfalls unterschiedlich leistungsstarke Weltraumtransportsysteme entwickelt. In Europa gab es in den 1960er und 1970er Jahren verschiedene Raketenentwicklungsprojekte in Italien, Frankreich, Großbritannien und Deutschland. Diese Einzelaktivitäten wurden durch die Gründung der Europäischen Weltraumorganisation (European Space Agency, ESA) Mitte der 1970er Jahre gebündelt und gemeinsam weiterentwickelt. Die ESA verfügt gegenwärtig über zwei unterschiedlich leistungsstarke Trägerraketen für Satelliten (»Ariane 5« und neu »Vega«) und kooperiert diesbezüglich vorrangig mit Russland. Nach dem Scheitern der Pläne zum Bau des Raumtransporters »SÄNGER« wird dieser Technologiebereich in Deutschland gegenwärtig nicht weiter forciert. Zwar werden heute einige Technikmodule für die Ariane 5 in Deutschland gefertigt, an der Entwicklung und dem Bau von Vega hat sich Deutschland jedoch nicht beteiligt. In den letzten Jahren wurden vor allem in Asien (Japan, Indien, China und Südkorea) unterschiedlich leistungsstarke Trägerraketen entwickelt. Auch Israel verfügt über Raketentechnologie zur Positionierung von Satelliten in erdnahe Umlaufbahnen, bisher jedoch weder ein südamerikanisches noch ein afrikanisches Land.

Startplätze für Trägerraketen sollten aus physikalisch-technischer Perspektive äquatornah sein. Aufgrund der höheren Rotationsgeschwindigkeit der Erdoberfläche am Äquator wird von dort aus weniger Treibstoff zum Erreichen der Erdumlaufbahn benötigt. Sicherheitsgründe sprechen für eine Platzierung in wenig besiedelten Gebieten, am besten an östlichen Küsten, weil aufgrund der Erdrotation Raketen möglichst in östliche Richtung starten sollten. Während in den 1960 und 1970er Jahren die USA und Russland ihre Raketenversuche auf eigenem Territorium unternahmen, fanden Raketenversuche unter der Flagge europäischer Länder nicht im eigenen Land statt. Von den für den Start von Trägerraketen ausgelegten, weltweit existierenden Startplätzen¹² befanden sich in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zwei in Afrika, die gegenwärtig jedoch nicht mehr in Betrieb sind (Kasten).

Nationalstaatliche und politische Gegebenheiten führten bisher meist zu einer physikalisch nicht optimalen Standortauswahl. Afrika geriet bei der Startplatzfrage vollständig aus dem Blickfeld. Gegenwärtig erfüllt der inzwischen von der ESA betriebene Raketenstartplatz in Kourou (Französisch-Guyana, Südamerika) die genannten Anforderungen am besten.

12 Es gibt gegenwärtig fünf Startplätze für Trägerraketen in Russland/Kasachstan, sieben in den USA, acht in Asien (China, Japan, Indien, Südkorea), zwei in Südamerika (einer in Französisch-Guyana), einen in Israel und einen in Australien.



(EHEMALIGE) RAKETENSTARTPLÄTZE IM AFRIKANISCHEN RAUM

- › In der Nähe von Hammaguir (Stadt in Algerien nahe der marokkanischen Grenze) hat Frankreich bis 1967 einen Raketenstartplatz betrieben, von dem aus mit einer französischen Trägerrakete vier Satelliten erfolgreich in den Orbit gebracht wurden. Nach der algerischen Unabhängigkeit hat Frankreich seinen Startplatz nach Französisch-Guyana verlegt.
- › Vor der Küste Kenias hat die italienische Weltraumagentur bis in die 1980er Jahre gelegentlich die »San-Marco-Plattform« (bestehend aus zwei ehemaligen Ölplattformen und zwei Versorgungsschiffen) als Raketenstartplatz betrieben. Das Broglio Space Centre war 1964 der erste äquatornahe Raketenstartplatz. Von dort wurden neun Satelliten (je vier italienische und US-amerikanische sowie ein britischer) im Weltraum platziert. Seit 1988 ist keine Nutzung der Plattform mehr bekannt.¹³
- › In Südafrika wird gegenwärtig ein Startplatz als Testgelände betrieben, der bisher jedoch nur für suborbitale Raketen (mit geringerer Flughöhe, die keine Umlaufbahn erreichen) ausgelegt ist. Für die Platzierung von Satelliten in erdnahe oder gar geostationäre Umlaufbahnen ist er nicht ausgelegt.

KOMMUNIKATIONSSYSTEME

3.4.2

Nachdem der Fernerkundungssatellit von der Rakete im Weltraum ausgesetzt wurde, sind Kommunikationssysteme nötig, um einerseits die Satelliten zu steuern (Kontrollzentren) und andererseits die vom Satelliten kontinuierlich aufgenommenen Daten auf der Erde zu empfangen und weiterzuverarbeiten (Datenempfangsstationen). Bisher erfolgt die Kommunikation über Richtfunk mittels langwelliger EMS (Mikro- oder Radiowellenbereich) (Zeil/Saradeth 2010, S. 55). Kontrollzentren und Empfangsstationen werden auch als Bodensegment oder Bodenstationen bezeichnet. Kontrollzentren verfügen über Sendeeinrichtungen zur Satellitensteuerung (»upload«). Sie prüfen regelmäßig die Bahnkoordinaten der Satelliten und steuern die Korrektur eventueller Abweichungen mithilfe des plattformeigenen Antriebs. Bei einigen Fernerkundungssatelliten können die Kontrollzentren die Bahnhöhe der Satelliten und den Blickwinkel der Sensoren ausrichten (z. B. IKONOS, SPOT, RapidEye, Kap. IV), um besondere Aufnahmewünsche zu erfüllen. Datenempfangsstationen bestehen im Wesentlichen aus Antennen(feldern) zum Datenempfang (»download«) und sind an leistungsstarke Datenübertragungsnetze angeschlossen, um die Daten an Aufbereitungszentren weiterzuleiten. Oft sind Kontrollzentren gleichzeitig Empfangsstationen und übernehmen mitunter auch die Datenspeicherung und erste Schritte der Datenaufbereitung. Die unterschiedlichen nationalen Raumfahrtagenturen haben je-

¹³ crpsm.psm.uniroma1.it (15.2.2012)



weils eigene Kontrollzentren für ihre Fernerkundungssatelliten. Die Kontrollzentren der europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Daten (EUMETSAT) und der ESA (European Space Operations Centre, ESOC) befinden sich in Darmstadt (Kap. V).¹⁴

Eine Kommunikation zwischen geostationärem Fernerkundungssatelliten und Bodenstation ist aufgrund der gleichbleibenden Position des Satelliten zur Erde kontinuierlich möglich. Fernerkundungssatelliten mit erdnahen Umlaufbahnen, verändern jedoch ihre Position zur Erde kontinuierlich (Abb. II.6) und können nur in der Zeit ihres Überflugs in Kontakt mit einer Bodenstation treten. Diese Überflugzeitfenster dauern jeweils nur einige Minuten (je nach Fluggeschwindigkeit und Bahnhöhe ca. 7 bis 10 min). Um die stetig steigende Datenmenge auf die Erde zu transferieren, wurde in der Vergangenheit erst ein Netz von Bodenstationen aufgebaut, das zunehmend durch satellitenbasierte Kommunikationssysteme erweitert wird.

BODENSTATIONSNETZE

Heute gibt es ein weltweites Netz an Bodenstationen mit unterschiedlichen Betreiber-, Kooperations- und Finanzierungsstrukturen. Da Satelliten mit fast polaren Umlaufbahnen die Polregionen am häufigsten überfliegen, haben sich einige Bodenstationen und Betreiberstrukturen vor allem in Nordpolnähe etabliert (z. B. das kommerzielle Satellitenservicezentrum Kongsberg Satellite Services [KSAT], u. a. mit einer Bodenstation in Spitzbergen/Norwegen, die SSC-Group u. a. mit einer Bodenstation in Kiruna/Schweden). Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betreibt gegenwärtig zwei Bodenstationen in Deutschland, eine in Kanada und kooperiert mit der in Schweden.

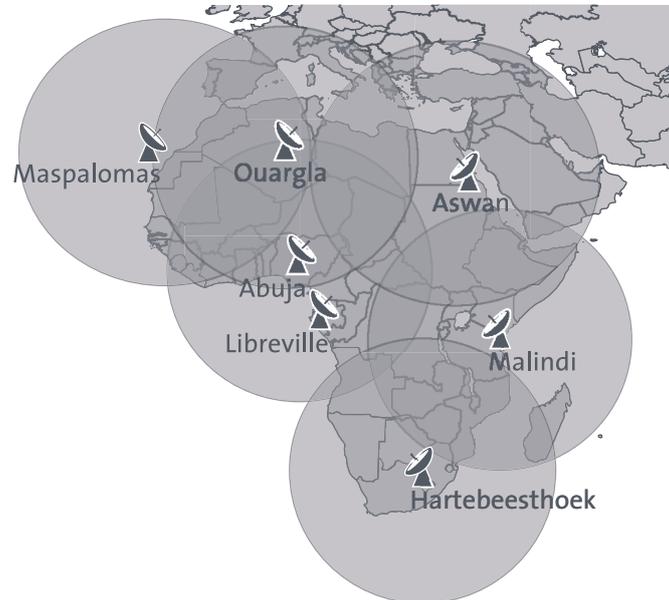
Die europäische Raumfahrtorganisation (ESA) nutzt ihr weltweites Netz »Est-rack«¹⁵ mit insgesamt zehn Bodenstationen, von denen sich zwei Stationen in oder in der Nähe von Afrika befinden (Kasten). Das weltweit größte operative Netz ist das »International Ground Station Network« (IGS). Es wurde mit dem US-amerikanischen Landsat-Programm etabliert und nutzt 21 Bodenstationen mit unterschiedlich starker Leistungsfähigkeit, drei davon in Afrika, die den Status einer »campaign station« haben, d. h., sie werden meist nur kurzzeitig und nicht kontinuierlich eingebunden. Die Situation in Afrika in Bezug auf die Existenz von Bodenstationen wird in Abbildung II.7 und im anschließenden Kasten dargestellt.

14 Auch das zukünftige Kontrollzentrum des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo wird in Deutschland beim DLR in Oberpfaffenhofen angesiedelt sein (ein zweites Kontrollzentrum wird sich in Italien befinden) (Bundesregierung 2010, S. 7).

15 www.esa.int/SPECIALS/Operations/SEM8YCSMTWE_0.html (19.9.2012)

ABB. II.7

BODENSTATIONEN IN AFRIKA



Eigene Darstellung

BODENSTATIONEN IM AFRIKANISCHEN RAUM

- > Aswan/Kairo (Ägypten): Die Empfangsstation Aswan (ca. 1.000 km südlich von Kairo) wurde von einer amerikanischen Firma gebaut. Sie hat eine 6-m-Antenne ursprünglich zum Datenempfang von amerikanischen, französischen und europäischen Fernerkundungssatelliten. Inzwischen gehört sie zur ägyptischen Weltraumagentur NARSS, empfing die Daten des ersten eigenen nationalen Fernerkundungssatelliten EgyptSat-1, und leitete sie zur Archivierung und Verarbeitung zur NARSS weiter (Kap. IV.6.2).¹⁶
- > Maspalomas – Kanarische Inseln (Spanien): Die Bodenstation wurde Anfang der 1960er Jahre errichtet und ursprünglich von der NASA, gegenwärtig vom spanischen nationalen Institut für Weltraumtechnik betrieben. Sie verfügt über ein Kontrollzentrum und eine Datenempfangsstation. Die Station ist Teil des ESA-Satellitenstationsnetzes (Estrack) und des IGS. Neben der Beteiligung an Fernerkundungsaktivitäten ist das Kontrollzentrum für die ESA von strategischer Bedeutung für alle in Französisch-Guyana gestarteten Weltraummissionen, die nach dem Start Maspalomas überfliegen. Das Kontrollzentrum in Maspalomas ist auch in die Überwachung der kritischen Phase nach dem Start eingebunden. Ein weiterer Ausbau der Station wird geplant.¹⁷

¹⁶ www.narss.sci.eg/receiving-station (13.3.2012)

¹⁷ www.esa.int/esaMI/Operations/SEMWPDSMTWE_0.html (15.2.2012)

- › Libreville (Gabun): Die Station befindet sich auf Äquatorhöhe und kann ähnlich wie Maspalomas die Startphase von in Französisch-Guyana gestarteten Raketen überwachen. Sie wird von der französischen Weltraumagentur CNES betrieben. Zum Empfang von Fernerkundungsdaten müsste sie wahrscheinlich erheblich ausgebaut werden.¹⁸
- › Malindi (Kenia): Die Bodenstation wurde in den 1960er Jahren errichtet und wird gegenwärtig von der italienischen Weltraumagentur in Kooperation mit der University of Rome betrieben. Seit 1996 gibt es einen trilateralen Vertrag zwischen Kenia, Italien und der ESA, in dem der Betrieb und die weitere Entwicklung vereinbart werden. Auch die Station in Malindi ist wie die Stationen Maspalomas und Libreville in die ESA-Überwachung von Weltraummissionen eingebunden. Als »campaign station« wurde sie zeitweise in den Datentransfer des IGS eingebunden, eine Integration in spezifische Bodenstationsnetze im Bereich Fernerkundung gibt es nicht. Eine Partnerschaft mit dem Satellite Application Centre in Südafrika wurde vereinbart.¹⁹
- › Hartebeesthoek (Südafrika): Die Bodenstation wurde in den 1960er Jahren errichtet und ursprünglich von der NASA, gegenwärtig von der nationalen Weltraumagentur Südafrikas (SANSA) betrieben. Die Bodenstation verfügt sowohl über ein Kontrollzentrum als auch über eine Datenempfangsstation. Sie ist über das IGS und über KSAT international vernetzt.²⁰
- › Arzew und Ouargla (Algerien): Im Rahmen der DMC (Kap. IV.6.1) wurde 2001 von einer britischen Firma beim nationalen Zentrum für Weltraumtechnik in Arzew eine Bodenstation für die Kommunikation mit dem ersten algerischen Fernerkundungssatelliten Alsat-1 gebaut (Bekhti et al. 2000). Eine Verbindung zur britischen DMC-Bodenstation besteht, eine Integration in internationale Netze nicht. Für die nächsten Satelliten Alsat-2a und 2b, die im Rahmen eines algerisch-französischen Technologieprogramms gebaut werden, wurde eine neue Bodenstation in Ouargla mit Kontroll- und Datenempfangsinstrumenten eingerichtet (Kameche et al. 2011, S. 7).
- › Abuja (Nigeria): Die Station wurde 2011 im Rahmen des DMC-Technologieübertragungsprogramms von einer britischen Firma ausgestattet, um den Betrieb von NigeriaSat-2 selbstständig übernehmen zu können.²¹

18 <http://ids-doris.org/network/sitelogs/station.html?code=LIBB> (13.3.2012)

19 www.esa.int/esaMI/Operations/SEMIIDUL05F_0.html (10.3.2012)

20 www.southafrica.info/about/science/satellite.htm (10.3.2012)

21 <http://blog.sstl.co.uk/archives/381-The-road-to-commissioning-NigeriaSat-2-in-Abuja.html> (25.9.2012)

DATENRELAISSATELLITENSYSTEME

Eine andere Form der direkten Kommunikation zwischen einer zentralen Bodenstation und Fernerkundungssatellit nutzt vorrangig Kommunikationssatelliten, die eine geostationäre Umlaufbahn haben – sogenannte Datenrelaissysteme. Sie bestehen aus einem oder mehreren Kommunikationssatelliten, die ähnlich wie ein Netz an Bodenstationen für unterschiedliche Arten von Weltraummissionen genutzt werden können. Mit dem Aufbau eines Netzes von Datenrelaissatellitensystemen verliert das Netz von Bodenempfangsstationen für Fernerkundungssatelliten an Bedeutung, da mit ihnen eine kontinuierlichere Datenübermittlung möglich wird, ohne dass bestimmte Überflugzeitfenster das System begrenzen (Zeil/Saradeth 2010, S. 55 f.).

Die NASA hat bereits in den 1980er Jahren für die Kommunikation mit dem Space Shuttle und später auch mit der Internationalen Raumstation (ISS) begonnen, ein solches Datenrelaissatellitensystem aufzubauen (»Tracking and Data Relay Satellite System«, TDRSS). Zu ihm gehören gegenwärtig neun Kommunikationssatelliten, zwei weitere sollen 2013 dazukommen. Auch bei zukünftigen europäischen Erdfernerkundungsmissionen in erdnahen Umlaufbahnen soll die Datenübermittlung zunehmend über geostationäre Kommunikationssatelliten und nicht mehr über Bodenstationen erfolgen. Dazu bereitet die ESA die Installation des »European Data Relay System« (EDRS) vor, das bis 2014 aufgebaut und getestet und ab 2016 in den operativen Betrieb übergehen soll.²² Zum EDRS soll mindestens ein eigener geostationärer Kommunikationssatellit gehören und ein Nutzlastanteil eines kommerziellen Kommunikationssatelliten. Beim EDRS soll die Datenübertragung nicht mehr mittels Richtfunk, sondern mittels Lasertechnik erfolgen, da diese die Übertragungsleistung deutlich erhöht und somit die kontinuierlich zunehmende Datenmenge besser übertragen werden kann. Das DLR und deutsche Firmen sind auf diesem Gebiet führend. Deutschland übernimmt wesentliche Teile der Finanzierung des EDRS, sodass in der Folge sowohl mit dem Bau des Kommunikationssatelliten als auch mit der Ausstattung der Bodenstation hauptsächlich deutsche Firmen beauftragt werden. Erste Laserterminals werden gegenwärtig in Deutschland entwickelt und gebaut.²³

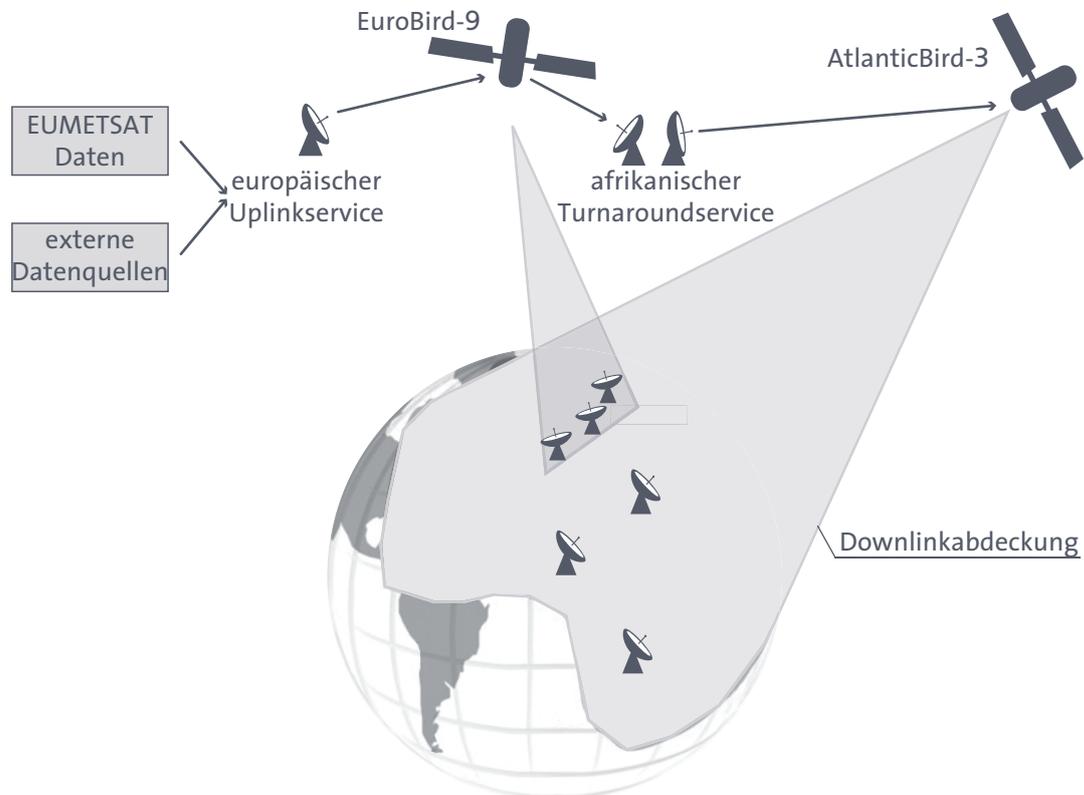
DATENVERTEILUNG MITTELS SATELLITENSYSTEMEN

Nachdem die Fernerkundungsdaten an die Bodenstation übertragen wurden, müssen sie zur Weiterverarbeitung verteilt und zugänglich gemacht werden. Dies kann einerseits über leistungsstarke Internetanschlüsse und zunehmend auch über satellitengestützte Datenverbreitungssysteme erfolgen.

22 www.esa.int/esaTE/SEM5GGKTYRF_index_0.html (29.5.2012)

23 www.esa.int/esaCP/SEMh279U7TG_Germany_0.html (19.9.2012)

ABB. II.8 EUMETCAST: DATENFLUSS UND DOWNLINKABDECKUNG IN AFRIKA



Uplinkservice: Datensendung von der Bodenstation zum Satelliten;
 Turnaroundservice: Datenweiterleitung über Bodenstation;
 Downlinkabdeckung: Ausleuchtzone

Quelle: www.eumetsat.int/groups/ops/documents/image/img_eumetcast_dataflow_sm.jpg, www.eutelsat.com/satellites/5wab3_popd.html (21.3.2012).

Die ESA hat zu Beginn des Jahrtausends ihr sogenanntes »Data Dissemination System« (DDS) vorrangig für Envisat entwickelt (Kap. V.3.1). Die direkte Kommunikation mit dem Fernerkundungssatelliten (Steuerung und Erstempfang der Daten) erfolgt nach wie vor über zwei Bodenstationen in Schweden und Italien. Diese übermitteln die empfangenen Fernerkundungsdaten dann zum einen via Internet und zum anderen über das europäische kommerzielle Kommunikationssatellitennetzwerk Eutelsat an speziell lizenzierte Empfangsstationen. Die Stationen können die Satellitendaten über TV-Antennen, Receiver und PC empfangen und teilweise auch weiterverarbeitete Daten in das DDS einspeisen. Mit dem DDS konnte der Zeitraum vom Datenerstempfang bis zum Empfängerzugriff erheblich verkürzt werden. Er beträgt standardmäßig 3 bis 24 Stunden. Der ursprünglich auf Europa beschränkte Übermittlungsraum des DDS wurde schrittweise erweitert und erstreckt sich heute auch auf Afrika und Südamerika,

wobei die Datenübertragungskapazitäten in Europa am größten sind (Europa 7,5 Mbps via KU-Band, Afrika 2,8 Mbps via C-Band, Südamerika 1,8 Mbps) (Badessi et al. 2002).

Die europäische Wetterorganisation EUMETSAT hat ein vergleichbares System zur Datenübertragung aufgebaut – das EUMETCast-Verteilungssystem. Auch dieses System deckt den afrikanischen Raum vollständig ab (Abb. II.8). Auf globaler Ebene wird gegenwärtig ein weltweites Verteilungssystem von Satellitendaten aufgebaut – das GEONETCast. DDS und EUMETCast sind die europäischen Beiträge dazu (Kap. V u. VI).

Neben einem technischen Anschluss an die Verteilsysteme von Fernerkundungsdaten wird auf der rechtlichen Ebene der Zugang zu diesen Systemen mittels Nutzungslizenzen geregelt, bevor ein tatsächlicher Zugang möglich ist (Kap. II.4.2).

Leistungsstarke Internetanschlüsse oder satellitengestützte Datenverteilsysteme ermöglichen einen erheblich schnelleren Datenzugang. Statt Daten auf Datenträger zu kopieren und zu verschicken, werden Fileserver auf der Grundlage von Lizenzverträgen (Kap. II.4.2) freigeschaltet (Zeil/Saradeth 2010, S. 97).

VON MESSDATEN ZU INFORMATIONEN – INWERTSETZUNG VON FERNERKUNDUNGSDATEN

4.

Mithilfe der Fernerkundungstechnologie wird von Objekten der Erdoberfläche reflektierte oder emittierte EMS aufgenommen und gemessen. Die Technologien zur Generierung dieser Messdaten sowie deren Übertragung auf die Erde sind zwar Teil der Wertschöpfungskette, werden gegenwärtig jedoch oft als Infrastruktur betrachtet. Die vom Satelliten übermittelten Rohdaten sind in der Regel nicht selbsterklärend und ohne spezielle Kenntnisse und geeignete Analysewerkzeuge nicht interpretierbar. Der eigentliche Nutzen oder (Mehr-)Wert der mit Fernerkundungstechnologie aufgenommenen Daten entsteht daher nicht nur bei der Generierung von Abbildern, sondern wird vielmehr durch die Analyse und Interpretation dieser Daten erzeugt. Denn in Fernerkundungsdaten sind eine Vielzahl von geometrischen, physikalischen, biologischen oder sozialen Informationen zum jeweiligen Zielobjekt sowie deren räumliche und zeitliche Beziehungen enthalten (Kap. II.2). Aus dieser Perspektive wird die eigentliche »Inwertsetzung« von Fernerkundungsdaten durch Datenaufbereitung und -verarbeitungsverfahren ermöglicht, durch die aus den Fernerkundungsdaten unterschiedliche Informationen extrahiert werden. Die Prozesskette dieser Inwertsetzung von Fernerkundungsdaten führt vom Satellitenbetreiber und seinem Datenvertrieb über die Datenaufbereitung schließlich zum Nutzer, der an unterschiedlichen Informationen interessiert ist. Notwendige Verarbeitungsschritte der Rohdaten



bis zum Informationsprodukt werden teils schon vom Satellitenbetreiber, teils vom Nutzer selbst, zunehmend aber auch durch spezialisierte Firmen, die häufig als Spin-off aus öffentlichen Einrichtungen entstehen, durchgeführt. Diese Datenaufbereiter bzw. Informationsgenerierer werden auch als »value adder« bezeichnet, die Wirtschaftsbranche auch Geoinformationsindustrie genannt.

Aufgrund der hohen Komplexität, die sich aus den unterschiedlichen technischen Optionen bei der immer spezifischeren Erfassung reflektierter EMS in Kombination mit den ebenfalls sehr vielfältigen Objekten und deren auf unterschiedliche Art und Weise beeinflussbaren Reflexionseigenschaften ergeben, ist ein umfangreiches Wissen nötig, um einerseits relevante Informationen aus den Fernerkundungsdaten zu extrahieren und andererseits mögliche Fehlinterpretationen zu vermeiden. Die möglichst zweckmäßige und effektive Nutzung von vorhandenen Fernerkundungsdaten setzt zum einen die Kenntnis ihrer wichtigsten Eigenschaften (z. B. Spezifika der mit optischen oder mit Radarsensoren aufgenommenen Daten) voraus, zum anderen benötigt sie auch umfangreiche bodennahe Datenerhebungen (als direkte Messverfahren), die quasi als Referenz für die »richtige« Übersetzung dienen. Regelmäßig müssen differenziert erfasste Daten miteinander verknüpft werden, um Informationen abzuleiten (z. B. dienen direkte Messungen vor Ort als Referenz zur Bestimmung der spektralen Signatur von Substanzen).

DATENVERARBEITUNG UND PRODUKTGENERIERUNG

4.1

Für die Verarbeitung und Analyse von Fernerkundungsdaten sind aufgrund der ständig wachsenden Datenmenge leistungsstarke Datenverarbeitungstechniken nötig. Wegen der großen zu verarbeitenden Datenmengen wird in der Fernerkundung ein hohes Maß an Automatisierung angestrebt. Die Meteorologie, als ein Anwendungsbereich der Fernerkundung, hat diesbezüglich auch wegen der langen Forschungs- und Anwendungserfahrungen, die seit ca. 50 Jahren gesammelt werden, zweifellos eine Vorreiterrolle (Baldenhofer 2012). Unabhängig vom jeweiligen Anwendungsbereich besteht die Datenverarbeitung in der Erdfernerkundung im Wesentlichen aus folgenden Grundsritten (Zeil/Saradeth 2010, S. 81 ff.):

- › Datenübertragung, Georeferenzierung und Archivierung (Rohdaten),
- › Datenkorrektur (Datenaufbereitung),
- › Klassifikation der Bildpunkte (Teil 1 der Datenanalyse),
- › Verknüpfung mit anderen Daten (Teil 2 der Datenanalyse),
- › Generierung von Karten oder anderen Informationsprodukten (Ergebnisdarstellung) und
- › Übermittlung an den/die Nutzer.



Nicht für jeden Verwendungszweck müssen alle Schritte durchlaufen werden. Jeder einzelne Verfahrensschritt liefert bereits (Zwischen-)Produkte für unterschiedliche Anwendungen. Je stärker die Daten jedoch verdichtet und mit unterschiedlichen kontextspezifischen Daten kombiniert werden und je weniger spezifische Fachkenntnisse nötig sind, um diese Datenprodukte zu interpretieren, desto besser können die so entstandenen Informationen in vielfältige Prozesse einfließen.

REFERENZIERUNG UND ARCHIVIERUNG

Die von den Sensoren aufgenommenen Messdaten (Rohdaten) werden zur Erde transferiert, also von jeweiligen Bodenstationen in Empfang genommen und sowohl zur Referenzierung als auch zur Archivierung an die Datenzentren der Satellitenbetreiber weitergeleitet.

In einem ersten Schritt wird der kontinuierliche Datenfluss entlang der jeweiligen Flugbahn in einzelne Abschnitte (Szenen) geteilt und geometrisch korrigiert (Albertz 2009, S. 99 ff.). Dabei sind beispielsweise Projektionsverzerrungen je nach Neigungswinkel der Sensoren und Flugrichtung der Trägersysteme oder auch die spezifische Geometrie von Radaraufnahmen zu beachten. Diese geometrisch korrigierten (genormten) Rohdaten werden in einzelne Szenen in einem globalen Referenzsystem abgelegt (Georeferenzierung). Jede Szene erhält somit eine eindeutige Identifizierung. Die Größe einer Szene variiert für verschiedene Satellitensysteme (entsprechend der Breite der jeweiligen Abtastzeile). Zu den Szenen werden Metadaten generiert, mithilfe derer u. a. alle Datenpunkte bzw. Messwerte neben der räumlichen bzw. geografischen auch eine zeitliche Zuordnung erhalten. Fernerkundungsdaten mit ausschließlich geografischer und zeitlicher Referenzierung gelten immer noch als Primärdaten, obwohl sie bereits die erste Stufe des Datenaufbereitungsprozesses in der Erdfernerkundung durchlaufen haben. Sie können in unterschiedliche Softwarepakete mit geografischen Analysetools eingelesen und weiterverwendet werden. Nur für eine vergleichsweise kleine wissenschaftliche Anwendergruppe, die die weitere Datenaufbereitung selbstständig durchführen kann, dürften diese Daten interessant sein.

KORREKTUREN

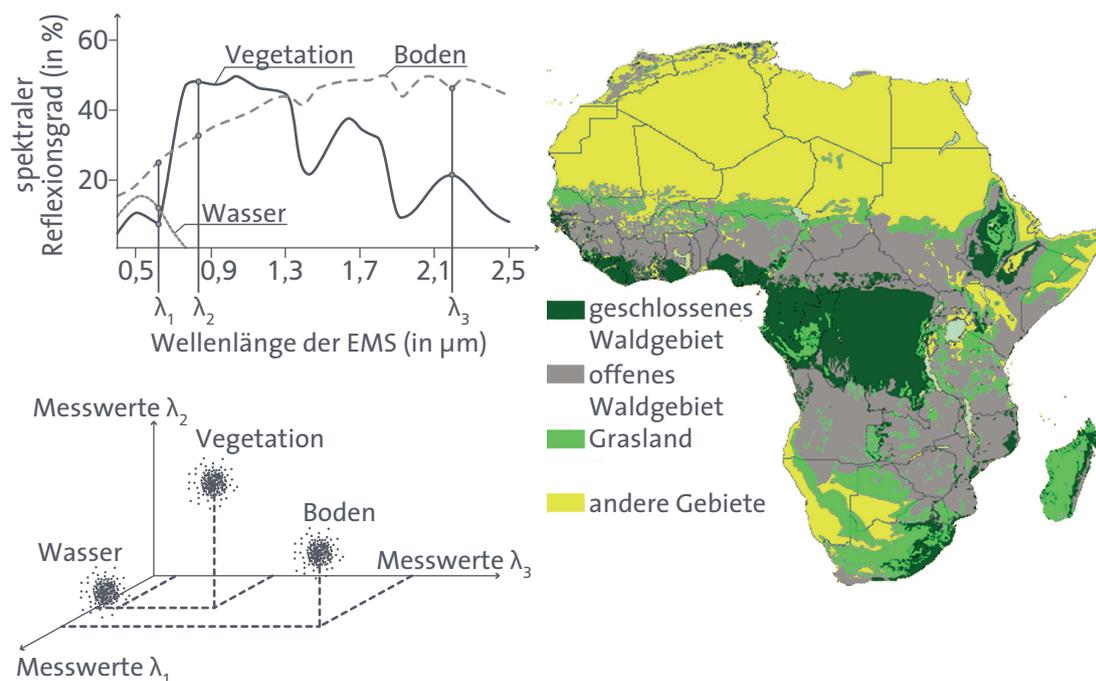
Neben der geometrischen Korrektur der Rohdaten für die Georeferenzierung werden diese regelmäßig weiter korrigiert. Oft ist eine »Atmosphärenkorrektur« der Fernerkundungsdaten nötig, um atmosphärische Störungen bei der Datenerfassung zu reduzieren. Dadurch können gewisse Abweichungen durch unterschiedliche Beleuchtungs- und Witterungsverhältnisse ausgeglichen werden (z. B. Filterungen, Kontrastausgleiche zur Reduktion von Wolkenschatten). Die »Abbilder« werden genauer, Verzerrungen und Unschärfen werden reduziert.

Standardkorrekturen werden in der Regel vom Datenzentrum des Satellitenbetreibers vorgenommen, der sowohl ausschließlich referenzierte als auch referenzierte und korrigierte Datensätze anbietet. Korrigierte Daten stellen quasi die erste Stufe des Veredelungsprozesses von Fernerkundungsdaten dar.

KLASSIFIKATION UND INTERPRETATION

In der nächsten Verarbeitungsstufe wird die Datenmenge schrittweise verdichtet. Aus den Fernerkundungsdaten werden unterschiedliche Informationen extrahiert bzw. Informationsprodukte erzeugt. Dieser Prozess wird in der Fernerkundung auch als eigentlicher Value-adding- (Baldenhofer 2012) oder Inwertsetzungsprozess bezeichnet.

ABB. II.9 PIXELBASIERTE KLASSIFIKATION VON SATELLITENDATEN UND BEISPIELHAFTE THEMATISCHE KARTE AFRIKAS



Eigene Darstellung nach Albertz 2009, S.156; cdi-ac.ornl.gov/ftp/ndp055/africa_lc.gif (30.7.2012)

Für diese Verdichtung der Daten werden unterschiedliche Klassifikationsverfahren eingesetzt, die die Datenmenge zerlegen, deren Einzelteile gruppieren und bezeichnen. In der Fernerkundung werden pixelbasierte und objektorientierte Klassifikationsverfahren verwendet (Zeil/Saradeth 2010, S. 82 ff.). Pixelbasierte Klassifikationsmethoden basieren auf den spektralen Reflexionswerten der Ob-

jekte, die als Bildpunkte von den jeweiligen Sensoren in unterschiedlichen Kanälen aufgenommen wurden. Anhand der spektralen Reflexionswerte werden die einzelnen Pixel in unterschiedliche Klassen eingeteilt, aus denen bereits thematische Karten abgeleitet werden können (Abb. II.9).

Man unterscheidet zwischen unüberwachter und überwachter Klassifikation. Die unüberwachte Klassifikation beruht ausschließlich auf statistischen Verfahren. Bei der überwachten Klassifikation werden zusätzlich Referenzdaten aus sogenannten Trainingsgebieten, in denen spezifische Datenerhebungen durch direkte Vor-Ort-Messungen stattfanden, herangezogen (ausführlicher z. B. in Albertz 2009, S. 155 ff.). Je dezidierter die spektrale Signatur (Kap. II.2.5) möglichst kleinräumig erfasst werden kann, desto aussagekräftiger, aber auch aufwendiger werden die pixelbasierten Klassifikationsverfahren. Dennoch ist eine eindeutige Unterscheidung von Objekten mit diesem Klassifikationsverfahren oft nur bedingt möglich (z. B. weil unterschiedliche Objekte auf einem Geländeauschnitt zu Mischwerten führen oder einzelne Objektklassen überlappende Wertebereiche haben, die im Zeitverlauf nicht immer konstant sind).

Eine Verbesserung der Klassifikationsverfahren kann durch die Kombination von Daten verschiedener Sensoren erreicht werden, z. B. wenn hochauflösende panchromatische Bilddaten mit geringer aufgelösten Multispektraldaten verknüpft werden (multisensorale Bildverarbeitung) oder durch die Kombination von Daten verschiedener Zeitpunkte (multitemporale Bildverarbeitung) (Albertz 2009, S. 127 ff.).

Objektbasierte Klassifikationsverfahren orientieren sich stärker am Prinzip der menschlichen Wahrnehmung und verknüpfen unterschiedliche Parameter (neben den spektralen Reflexionswerten auch Größe, Form, Lage und Kontextinformation) miteinander, um bestimmte Objekte zu identifizieren. Die objektbasierte Klassifikation sucht Bereiche, die sich neben der spektralen Homogenität auch aufgrund ihrer typischen Form und ihrer angrenzenden Nachbarregionen unterscheiden lassen. Diese Klassifikationsverfahren sind hochkomplex und befinden sich z. T. noch im Entwicklungsstadium (Zeil/Saradeth 2010, S. 85). Das Ergebnis soll die Identifikation »sinnvoller« Objekte sein, ein weiterer Schritt auf dem Weg zur Informationsgenerierung aus Fernerkundungsdaten. Ein Beispiel für eine objektbasierte Klassifikation zeigt Abbildung II.10.

Der Automatisierungsgrad bei den Klassifikationsverfahren zur Datenverdichtung ist unterschiedlich. In der Meteorologie ist die Automatisierung am weitesten fortgeschritten, in anderen Bereichen sind regelmäßig noch stärkere manuelle Nacharbeiten nötig, die bis zur vollständig manuellen Kartierung reichen können. Lässt man diese Nacharbeiten aus, wird der Datenverarbeitungsprozess zwar vereinfacht, das Ergebnis ist jedoch fehlerbehafteter. Ein Beispiel dafür ist



die erste Version des Kartendienstes der amerikanischen Firma Apple, in der u. a. Straßen und Brücken teilweise fehlerhaft dargestellt werden.

ABB. II.10 OBJEKTBASIERTE KLASSIFIKATION: ANWENDUNGSBEISPIEL IDENTIFIKATION DER BEHAUSUNGEN EINES FLÜCHTLINGSLAGERS IN DARFUR



links: original Satellitenbild (2004 QuickBird© DigitalGlobe™) eines Teils des Flüchtlingslagers Zam Zam, Darfur; rechts: Objektklassifikation: rot: traditionelle Hütten, grün: Zelte und Planen

Quelle: Zeil/Saradeth 2010, S.89 nach Lang et al. 2010

VERKNÜPFUNG MIT ANDEREN DATEN – AUFBAU EINER GEODATENINFRASTRUKTUR

In der Verknüpfung von Fernerkundungsdaten mit unterschiedlichen zusätzlichen Daten über die zu untersuchenden Objekte wird gegenwärtig ein besonderes Potenzial gesehen (Zeil/Saradeth 2010, S.90). Zusätzliche Daten können aus verschiedenen Quellen stammen, sie können durch direkte Messungen vor Ort (z. B. Bestimmung der Vegetationszusammensetzung, Analyse von Gesteinsproben) oder aus sozioökonomischen Berechnungen oder Statistiken stammen (z. B. Bevölkerungsdichte einer Region), aber auch auf Schätzungen beruhen oder Erfahrungswerte darstellen (z. B. durchschnittliche Personenzahl, die in einem Zelt

leben). In der Geoinformationsindustrie werden diese Daten, die nicht mit Fernerkundungssensoren erfasst werden, auch als In-situ-Daten bezeichnet. Um diese In-situ-Daten mit Fernerkundungsdaten verknüpfen zu können, müssen sie geografisch und zeitlich dergestalt referenziert werden, dass Schnittstellen zu den Fernerkundungsdaten hergestellt werden können. Auch hier gibt es zwei unterschiedliche Konzepte – das der Rasterzellen (jedem Pixel wird ein Wert zugeordnet) und das der Polygone (einem Objekt, z. B. einem Land, wird ein Wert zugeordnet).

National und international werden seit einigen Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen, um verfügbare In-situ-Datenbestände für die Vernetzung mit Fernerkundungsdaten aufzubereiten (d. h., zu prüfen, zu digitalisieren und geografisch und zeitlich zu referenzieren) und eine leistungsfähige Geodateninfrastruktur (GDI)²⁴ aufzubauen. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass die Vernetzung der Datenbestände deren breitere Anwendung u. a. für effiziente Entscheidungsprozesse fördert. In Deutschland wird die nationale Initiative zum Aufbau einer solchen Geodateninfrastruktur (GDI-DE) seit einigen Jahren durch eine Kooperation von Bund, Ländern und Kommunen mit Partnern aus Verwaltung, Wissenschaft und Wirtschaft vorangetrieben, vom Bundesamt für Kartografie und Geodäsie koordiniert und vom sogenannten Lenkungs-gremium GDI-DE angeleitet.²⁵ Auf europäischer Ebene werden die entsprechenden Aktivitäten unter dem Synonym »INSPIRE« verortet (Infrastructure for Spatial Information in Europe, Kap. V.4.2). Aktivitäten auf globaler Ebene werden z. B. durch die Group on Earth Observations (GEO) und die Global Spatial Data Infrastructure Association (GSDI) unterstützt.

ENTWICKLUNG VON INFORMATIONSPRODUKTEN, -DIENSTEN UND -SYSTEMEN

Die Entwicklung von Informationsprodukten aus der Verarbeitung und Aufbereitung von Fernerkundungsdaten ist ein stufenförmiger Prozess, bei dem vielfältige Wissensbestände zusammengeführt werden. Meist werden in ersten Entwicklungsphasen auf einen Sachverhalt zugeschnittene Projekte durchgeführt, die entweder auf eine Wissensgenerierung abzielen und Forschungsfragen beantworten und/oder bereits ein auf diesen Sachverhalt zugeschnittenes spezifisches Informationsprodukt hervorbringen sollen. In diesem Fall gibt es schon eine oder mehrere potenzielle Anwender- bzw. Nutzergruppen, auf die das Informationsprodukt zugeschnitten werden kann. Beispielsweise ist die schnelle

24 Unter den Begriff Geodateninfrastruktur werden in den Industrieländern neben technisch-organisatorischen Maßnahmen u. a. auch politische Weichenstellungen und Entscheidungen subsumiert, die sicherstellen sollen, dass für die Gewinnung von Geodaten und deren Aufbereitung die erforderlichen Ressourcen zur Verfügung stehen.

25 www.geoportal.de/DE/GDI-DE/gdi-de.html?lang=de (6.9.2012)



II. FUNKTIONSPRINZIP, BESTANDTEILE DER TECHNOLOGIE

und aktuelle Kartierung eines von einer Katastrophe betroffenen Gebietes ein Informationsprodukt für eine Katastrophenschutzbehörde und/oder eine Hilfsorganisation.

In nächsten Entwicklungsphasen können spezifische Einzellösungen über pre-operationelle in operationelle bzw. kontinuierliche Informationsdienste für entsprechende Nutzergruppen überführt werden. Ein weiterer Schritt ist die Übertragung auf ähnliche Sachverhalte entweder bei der gleichen Nutzergruppe oder aber für einen neuen Anwender- bzw. Nutzerkreis. Jede Übertragung erfordert immer wieder mehr oder weniger spezifische Anpassungen. Die verfügbaren In-situ-Datenbestände differieren, die jeweiligen Informationsprodukte müssen vor Ort abgeglichen und kontinuierlich kalibriert bzw. validiert und auf potenzielle Anwendergruppen zugeschnitten werden (Zeil/Saradeth 2012, S. 140). Auch Änderungen bei der Datenerfassung (z. B. durch technische Veränderungen der Sensorik, Aufnahmen in anderen spektralen Bandbreiten) erfordern regelmäßig spezifische Anpassungen bei bereits entwickelten Informationsdiensten.

Bisher sind die Informationsprodukte aus dem Verwertungsprozess von Fernerkundungsdaten zu einem großen Teil bildhafte Darstellungen von unterschiedlichen Geländegebieten (z. B. thematische Karten, Abb. II.9). Sie können einmalig erstellt und/oder regelmäßig aktualisiert, d. h., zu Informationsdiensten ausgebaut werden. Das wohl bekannteste Beispiel für regelmäßige Aktualisierungen dürften Wetterberichte sein. Das Spektrum an Produkten und Informationsdiensten, die Fernerkundungsdaten nutzen, wird kontinuierlich erweitert. Die Spanne reicht von dreidimensionalen Geländemodellen (z. B. für die zunehmend autonome Navigation) über Planungshilfen (z. B. zur Potenzialabschätzung eines Gebietes für die Energieerzeugung oder den Auf- bzw. Ausbau von Mobilfunknetzen) bis zu hochgradig verdichteten Informationen (z. B. zu Veränderungen globaler Phänomene wie die Dicke der Ozonschicht oder das Abschmelzen von Eismassen). Werden Fernerkundungs- und In-situ-Daten mithilfe von Datenverarbeitungstechniken zu mehreren solcher Informationsprodukte bzw. -dienste verbunden, spricht man auch von Geoinformationssystemen (GIS).²⁶ Je mehr Daten in Geoinformationssysteme einfließen, desto leistungsfähiger können diese werden. Gegenwärtig sind sie in Ballungsräumen, vor allem in hochentwickelten Regionen, am leistungsstärksten. Ein markantes Beispiel dafür ist das GIS der US-amerikanischen Firma Google, deren Kartendienst Zusatzinformationen zu vielfältigen Gebäuden bietet bis hin zum Zusatzdienst »Street View«.

Die Erschließung neuer Anwendungsbereiche für Fernerkundungsdaten und die Etablierung und der Ausbau von Geoinformationssystemen wird gegenwärtig

²⁶ Der Begriff Geoinformationssystem oder auch geografisches Informationssystem wird unterschiedlich weit gefasst, im engeren Sinn als eine Software, die Geodaten erfasst, verwaltet und Funktionalitäten zur Datenanalyse hat, im weiteren Sinn als ein System aus Software, Hardware, Daten und Anwendungen (Baldenhofer 2012).

stark forciert. In diesem Kontext etabliert sich die Geoinformationsindustrie als ein mehr oder weniger eigenständiger Sektor, der für erweiterte Anwendungsbereiche und neue Nutzergruppen aus verfügbaren Fernerkundungsdaten spezifische Informationsprodukte und Dienstleistungen generiert. Nach der produktionsseitigen Darstellung des Geschäftsfeldes Geoinformationen soll nachfolgend der Blick auf die Nachfrageseite und wirtschaftliche Beziehungsstrukturen zwischen Angebot und Nachfrage gerichtet werden.

DIE NACHFRAGESEITE DES GESCHÄFTSFELDES »GEOINFORMATIONEN«

4.2

ANWENDUNGSBEREICHE UND NUTZERGRUPPEN

Da Fernerkundungssysteme bisher in erster Linie nationalstaatlich oder im Staatenverbund entwickelt, finanziert und betrieben wurden und werden, ist die Verwendung der Daten ursprünglich vor allem mit unterschiedlichen hoheitlichen Aufgaben verknüpft worden. Jenseits der militärischen Anwendungen etablierten sich schrittweise Anwendungsbereiche für weitere hoheitliche Aufgaben im zivilen Bereich. Neben der breiten Verwendung in Wissenschaft und Forschung werden Fernerkundungsdaten inzwischen auch von zahlreichen anderen Bereichen, die in den Industrieländern nach wie vor mehrheitlich zum öffentlichen Sektor gehören, genutzt. Das sind beispielsweise die seit Langem etablierten Wetterdienste oder die Bereiche Kartografie, Katastrophenschutz und Folgenbewältigung, zu denen kontinuierlich weitere Planungs- und Verwaltungsaufgaben hinzukommen. Zeil/Saradeth (2010, S. 98) schätzen, dass gegenwärtig öffentliche Einrichtungen ca. 80 % der Gesamtnachfrage nach Satellitendaten hervorbringen. Auf dem öffentlich zugänglichen Satellitendatenvertriebsmarkt werden gegenwärtig überwiegend optische Daten nachgefragt. Radardaten, die mit ihrer Wolkendurchdringung und Nachtsicht vor allem im militärischen Bereich und bei Sicherheitsanwendungen vorteilhaft sind, haben derzeit einen Anteil von ca. 15 % am öffentlich zugänglichen Datenvertriebsmarkt (Euroconsult 2010).

Zunehmend können neben öffentlichen Einrichtungen auch einzelne Wirtschaftsbereiche (z. B. Landwirtschaft) und auch die Zivilgesellschaft (z. B. die bereits genannten Kartendienste) zu den Nutzerkreisen von Informationsprodukten aus Fernerkundungsdaten gezählt werden (Zeil/Saradeth 2010, S. 153). Deren spezifische Nachfrage nach Informationsdiensten ist nicht homogen. Es gibt vielfältige Nutzergruppen mit unterschiedlichen Weiterverwendungs- bzw. Nutzungsarten, die von der »bloßen« Betrachtung über die Wissensgenerierung in der Forschung, dem Extrahieren von Informationen für andere bis hin zur Weiterverwendung von Informationen für spezifische Entscheidungsprozesse reichen (BBSR 2012, S. 10).

Das Anwendungspotenzial von Fernerkundungsdaten und daraus abgeleiteten Informationsprodukten steigt, je besser die Geoinformationsindustrie ihre Produkte auf die potenziellen Nutzer, deren Bedürfnisse, Wünsche, Kompetenzen und technologische Ausstattung in den jeweiligen Zielregionen zuschneiden kann. Da im Vergleich zu Industrieländern in Entwicklungsländern mehrheitlich andere Verwaltungsstrukturen existieren (z. B. im Bereich Kartografie und Vermessung bis hin zur Grundstücksverwaltung), muss auch mit unterschiedlichen Nutzergruppen für mögliche Informationsprodukte aus Fernerkundungsdaten gerechnet werden.

RECHTLICHE UND WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE DES GESCHÄFTSFELDES

Die Fernerkundung ist in vielen Ländern jahrelang als eine mehr oder weniger ausschließlich hoheitliche Aufgabe aufgefasst worden. Da sowohl die Fernerkundungstechnologie als auch die mit ihr erzeugten Daten vielfältige Einsatzgebiete sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich haben, werden sie mehrheitlich als Dual-Use-Güter bewertet.

Regierungen schufen nationale Weltraumagenturen, legen regelmäßig Weltraumprogramme auf, stellen Gelder für die Umsetzung dieser Programme bereit, sind Eigentümer der Technik und auch für die mit dieser Technik verbundenen Folgen verantwortlich. Erste privatwirtschaftliche Unternehmen, die Satelliten bauen und betreiben, benötigen auf nationaler Ebene eine Zulassung und unterliegen staatlicher Kontrolle (zumindest in den meisten hochindustrialisierten Ländern). Satelliteneigentümer sind auch Eigentümer der geschaffenen Werte, im Fernerkundungsbereich der mit den Satelliten erzeugten Daten (Urheber mit entsprechendem Copyright) (Zeil/Saradeth 2010, S. 155). Bisher werden den erkundeten »Objekten« keine Rechte eingeräumt. Jedoch entstehen Grenzbereiche zunehmend bei höchstaufgelösten und aktuellsten Daten.²⁷

So, wie die ersten Satelliten und die mit ihnen erzeugten Daten in staatlichem Besitz waren, entwickelten sich die ersten Anwendungsgebiete für Fernerkundungsdaten auch aus staatlichen bzw. öffentlichen Aufgaben heraus: Neben militärischen Anwendungen wurden Satellitendaten insbesondere im Bereich Wissenschaft und Forschung sowie in behördlichen Einrichtungen mit Ressortzuständigkeiten z. B. für Meteorologie, Kartografie, Umweltüberwachung und Katastrophenschutz eingesetzt. Auch wenn innerhalb der einzelnen Ressorts der Zugang zu Daten möglich war, wurde ein darüber hinaus gehender Zugang zu Satellitendaten lange Zeit eher restriktiv gehandhabt und nur verarbeitete Informationsprodukte zugänglich gemacht.

²⁷ Es gibt auch Meinungen, die Geodaten allgemein als ein öffentliches Gut betrachten, in der Folge würden dem Datenproduzent keine Urheberrechte gewährt werden.

Kommerzialisierungsinitiativen setzten schrittweise bei der Datenverwendung (Vermarktung) und beim laufenden Betrieb der Satelliten an, was auch mit einer Vereinfachung des Datenzugangs einherging. Dieser Zugang zu Satellitendaten wird inzwischen über Lizenzvereinbarungen realisiert. In sogenannten »End-User License Agreements« (EULA) werden für bestimmte Nutzer (bzw. Nutzergruppen) bestimmte Nutzungsarten (nichtkommerzielle, kommerzielle) vereinbart. Eine Weitergabe von Originaldaten an Dritte wird zum Schutz der Urheberrechte regelmäßig ausgeschlossen, eine Weitergabe von abgeleiteten Informationsprodukten ist dagegen zulässig. Genaue Abgrenzungen von Nutzergruppen, von Nutzungsarten und von Originaldaten und Informationsprodukten sind bisher nicht immer ausreichend juristisch geklärt. Auffassungen dazu werden auch durch Entwicklungsprozesse verändert, beispielsweise lassen sich bei webbasierten Informationsdiensten keine Nutzergruppen definieren (Zeil/Saradeth 2010, S. 156 ff.).

Der Zugang zu bzw. der Vertrieb von Satellitendaten wird inzwischen von mehr oder weniger selbstständigen Geschäftseinheiten des Satellitenbetreibers organisiert. Sie definieren die Zugangsformen und legen gegebenenfalls Bearbeitungsgebühren und Preise für Satellitendaten fest (von referenzierten, korrigierten bis hin zu unterschiedlich aufbereiteten Daten oder auch Informationsprodukten). Formen des Datenzugangs sind gegenwärtig (Zeil/Saradeth 2010, S. 157):

- > vollständig freie und kostenlose Bereitstellung aller Daten eines Satellitenprogramms (teilweise mit Gebühren, entsprechend dem Bereitstellungsaufwand); diese Zugangsform ist vor allem bei Forschungssatelliten gebräuchlich, deren Daten der Wissensgenerierung dienen und die bisher kaum zu marktfähigen Informationsprodukten weiterverarbeitet werden; sie kann auch aufgrund politischer und gesellschaftlicher Weichenstellungen gewählt werden (z. B. der politischen Prämisse der USA, dass mit öffentlichen Geldern finanzierte Programme auch öffentlich zugänglich sein sollen, was zur Öffnung des Landsat-Datenarchivs führte, Kap. IV.1);
- > Aufsplittung des Datenzugangs in einen nichtkommerziellen (z. B. Ausbildungs- und/oder Forschungsbereiche, oder Strukturen ohne funktionierende Marktmechanismen) und einen kommerziellen Bereich;
- > ausschließlich kommerzieller Vertrieb.

Gebühren und/oder Preise für Satellitendaten werden vom Betreiber festgelegt. Unterschiedliche (Re-)Finanzierungszwänge führen dazu, dass Aufwandskomponenten (Investitions- und Betriebskosten der Satelliten) mitunter mit unterschiedlich großen Anteilen in die Preiskalkulation einfließen. Darüber hinaus beeinflussen auch unterschiedliche nachfrageabhängige Faktoren die Preise für Satellitendaten (Zeil/Saradeth 2010, S. 78 ff.), wie z. B.

- > die Datenaktualität (Archivdaten sind preiswerter als aktuelle Daten),
- > die räumliche und spektrale Auflösung (bei optischen Daten ist vor allem die Anzahl der Kanäle von Bedeutung),

- › die Abnahmemenge (Großkundenrabatte) sowie
- › der Aufwand für die Aufbereitung.

Insgesamt sind die Preise für Satellitendaten z. B. im Vergleich zu Luftaufnahmen eher niedrig und sinken tendenziell weiter (Zeil/Saradeth 2010, S.98). Listenpreise werden häufig pro km² abgetasteter Fläche angegeben und variieren je nach Anbieter.²⁸ Werden die Satellitendaten aufbereitet und weiterverarbeitet, steigen die Preise.²⁹

Die Datenaufbereitung und -verarbeitung erfolgt mit spezifischer Software, den bereits erwähnten Geoinformationssystemen (GIS), für deren Entwicklung sich ebenfalls unterschiedliche Geschäftsmodelle herausbilden. Es gibt zahlreiche kommerziell gehandelte GIS als proprietäre (oder quellgeschlossene) Software mit vielfältigen Spezialausbaustufen für unterschiedliche Anwendungsbereiche. Diese dominieren den gewerblichen Bereich und bieten vielfältige Möglichkeiten der Datenbearbeitung. Es gibt jedoch auch quelloffene GIS (Open-Source-Software), an deren Entwicklung und Ausbau sich unterschiedliche Entwicklerkreise beteiligen können und die von öffentlichen Einrichtungen, Netzwerken oder Stiftungen getragen werden.

Auch für die mit diesen GIS entwickelten Produkte bzw. Dienste gibt es unterschiedliche Verwertungsmodelle mit unterschiedlicher Nutzerorientierung. Die Spanne reicht von vollständig frei zugänglichen Diensten (z. B. Copernicus, Kap. V.4) bis zu kostenpflichtigen Produkten bzw. Diensten, die ausschließlich auf den gewerblichen Bereich ausgerichtet sind (z. B. Lagebeurteilungen für Gutachten im Versicherungssektor). Dazwischen gibt es unterschiedlichste Mischformen, bei denen ein Teil der Dienste frei zugänglich und ein Teil (für gewerbliche Zwecke) kostenpflichtig ist (das allgemein bekannteste Beispiel dürfte derzeit Google Earth sein).

Laut Zeil/Saradeth (2010, S.160) liegt der entscheidende allgemeingültige Mehrwert des zunehmend dichter werdenden Netzes der Erdfernerkundung in der Möglichkeit, Prozesse detailgenau und zeitnah zu verfolgen. Das größte Verwertungspotenzial wird gegenwärtig bei räumlich und zeitlich hochaufgelösten und möglichst aktuellen Fernerkundungsdaten gesehen. Hier entstehen vor-

28 Zeil/Saradeth (2010, S.79) verweisen auf Listenpreise zwischen 0,01 Euro/km² für optische Archivdaten mit geringer räumlicher Auflösung und 40 Euro/km² für neue optische Daten mit sehr hoher räumlicher Auflösung. Radardaten mit hoher räumlicher Auflösung sind mitunter erheblich teurer.

29 Zeil/Saradeth (2010, S.96) geben Preisbeispiele für standardmäßige automatische Klassifikationen mit wenigen Gruppen von 0,1 Euro/km² bis zu 2 bis 3 Euro/km² für qualitativ hochwertige Klassifikationen an. Werden darüber hinaus Satellitendaten mit In-situ-Daten abgeglichen und müssen diese z. B. als Vegetations- oder Gesteinsproben noch erhoben werden, können die Preise je nach Aufwand und Dichte der Probenahme schnell in den dreistelligen Bereich pro km² steigen.

rangig kommerzielle Strukturen. Jedoch müssen nicht immer für alle Anwendungsbereiche höchstaufgelöste, aktuellste Fernerkundungsdaten verwendet werden. Für manche Anwendungen reichen auch Archivdaten und mitunter sind auch Fernerkundungsdaten mit geringer spektraler Auflösung ausreichend, z. B. im Bereich Kartografie und Vermessung, wohingegen für andere Anwendungsbereiche eine Zusammenschau von Daten aus verschiedenen spektralen Kanälen vorzuziehen ist.

FAZIT**5.**

Die Erkundung von mehr oder weniger großen Teilen der Erde aus der Ferne ist ein hochkomplexes Verfahren, für das einerseits unterschiedliche Technikmodule nötig sind, um Messdaten zu generieren und diese auf der Erde verfügbar zu machen. Andererseits sind auch spezifische Kenntnisse und Datenverarbeitungstechnologien erforderlich, um diese Daten weiter zu verarbeiten und zu interpretieren. Ziel ist es, aus ihnen Informationen für unterschiedlichste Anwendungsgebiete abzuleiten sowie Informationsdienstleistungen für potenzielle Nutzergruppen zu generieren. Dazu sind Satellitendaten allein in den seltensten Fällen ausreichend, vielmehr müssen sie mit unterschiedlichen In-situ-Daten kombiniert und gemeinsam analysiert werden. Beide Datenbereiche tragen gemeinsam dazu bei, die Leistungsfähigkeit sogenannter Geoinformationssysteme zu erhöhen. Zu beachten ist auch, dass Fernerkundungsdaten je nach spezifischer Aufnahmetechnik sehr verschieden sind. Das spezifische Anwendungsgebiet bzw. die Untersuchungsfrage bestimmt, welche Messdaten jeweils geeignet, ausreichend oder optimal sind.

Die Datenerhebung wird stark durch die Satellitentechnologie geprägt, wobei nach wie vor auch flugzeuggetragene Systeme für unterschiedliche Aufgabenstellungen relevant sind. Beide Systeme können sich ergänzen. Vor allem für einmalige Erfassungen bestimmter Geländeausschnitte können flugzeuggetragene Fernerkundungen mit vergleichsweise geringem technischem und organisatorischem Aufwand auch von Ländern weitgehend selbstständig organisiert und durchgeführt werden, die über keine eigenen Fernerkundungssatelliten verfügen. Aufgrund der geringeren Erdentfernung und Fluggeschwindigkeit sind auch die technischen Anforderungen an die Sensortechnik nicht so groß wie bei satellitengetragenen Systemen. Bei der Aufbereitung und Verarbeitung dieser Daten kann im Gegensatz zu Satellitendaten nicht in so starkem Maße auf bereits bestehende Module und Routinen aufgebaut werden. Darüber hinaus geraten bei großräumigen und wiederkehrenden Messungen flugzeuggetragene Systeme an ihre Grenzen und können mit satellitengetragenen Systemen nicht mehr konkurrieren. Im Einzelfall ist zu prüfen, welche Datenerhebung jeweils infrage kommt.



II. FUNKTIONSPRINZIP, BESTANDTEILE DER TECHNOLOGIE

Die Datenerhebung aus der Ferne ist jedoch nur ein Glied in der Prozesskette der Generierung spezifischer Geoinformationsdienstleistungen. Bei der satellitenbasierten Fernerkundung besteht sie aus mehreren Gliedern, die auf unterschiedlichen Technologien aufbauen und vielfältiges Spezialwissen erfordern. Diese Prozesskette kann grob in folgende (Teil-)Bereiche unterteilt werden:

- › Satelliteninfrastruktur zur Datenaufnahme
 - Entwicklung, Konfiguration und Bau der Fernerkundungssatelliten (Sensoren entsprechend dem Untersuchungsauftrag bzw. dem Anwendungsbereich und der Trägerplattform)
 - Platzierung der Satelliten mittels Raketentechnologie
 - laufender Betrieb, Kommunikation (Steuerung und Datenempfang)
- › Inwertsetzung bzw. Nutzung von Fernerkundungsdaten
 - Zugang zu Satellitendaten (technische und vertragliche Voraussetzungen)
 - Auf- und Ausbau der In-situ-Datenkomponente (bodennahe Datenbestände)
 - Identifikation von Nutzergruppen in spezifischen Anwendungsbereichen (einschließlich Ermittlung des Informationsbedarfs)
 - Entwicklung von Analysekonzepten und Aufbau von Geoinformationsprodukten bzw. -diensten

Die verfügbare Satelliten- und Sensortechnik zur Erdfernerkundung ist nach Jahrzehnten der Forschung, Entwicklung und Anwendung inzwischen sehr vielfältig und hochspezifisch für unterschiedliche Anwendungsgebiete. In der Folge spezifizieren die zu untersuchenden Objekte und die anvisierten Einsatzgebiete jeweils die optimale Technik. Zur Beobachtung der Vegetation werden andere Sensoren verwendet als zur Beobachtung des Witterungsgeschehens oder der Wüstenregionen. Wieder andere kommen zur Detektion möglicherweise tiefer liegender Wasservorkommen zum Einsatz. Sensorkonfigurationen, die für spezifische Analysefragen der Industrieländer der nördlichen Hemisphäre optimiert wurden, können für vergleichbare Analysefragen in Entwicklungsländern durchaus eine gute Datengrundlage liefern, nicht jedoch automatisch für alle. Ob für spezifische Anwendungsgebiete in Afrika bereits verfügbare Fernerkundungsdaten ausreichen oder aber explizit erhoben werden müssen, ist im Einzelfall zu prüfen.

Aufgrund des hohen Ressourcenaufwandes ist insbesondere das Segment der Satellitenplatzierung mittels Raketentechnologie (Trägerraketen und Raketenstartplätze) auf wenige Länder begrenzt. Dabei gilt, je schwerer der Satellit und je größer dessen Umlaufbahn, desto aufwendiger die Platzierung. Die technologische Abhängigkeit afrikanischer Länder dürfte im Teilbereich der Satellitenplatzierung am schwersten zu überwinden sein, denn kein afrikanisches Land verfügt gegenwärtig über Raketentechnologien oder Startmöglichkeiten. Andererseits stehen die diesbezüglich technologieführenden Staaten oder Wirtschaftsräume (vor allem Russland, USA, Europa, China, Indien) auch unter einem gewissen



Druck, ihre ressourcenintensive Raketentechnologie anzuwenden, sodass im Bereich der Satellitenplatzierung die ursprüngliche Monopolstellung einzelner Nationalstaaten überwunden ist und sich ein gewisser Anbietermarkt etabliert hat, zumal die Satellitenplatzierung ein singulärer und abgeschlossener Vorgang ist, was die Nachfrage wiederum begrenzt.

Für die Kommunikation zwischen Satellitenbetreibern auf dem Boden und Fernerkundungssatelliten nach der Platzierung im Weltraum gibt es auch auf dem afrikanischen Kontinent bereits erste Bodenstationen. Eine Integration einzelner Stationen in internationale Netze könnte hilfreich sein, um Personal an Betreiberrou-tinen und Datenverarbeitungsmodule heranzuführen. In der Praxis werden bisher jedoch einerseits die fernerkundungsrelevanten, netzintegrierten Stationen (Maspa-lomas und Malindi) nicht von afrikanischen Staaten betrieben, und andererseits sind die von afrikanischen Ländern betriebenen Stationen kaum in internationale Netze integriert. Der Wissenstransfer im Teilbereich laufender Betrieb bzw. Kommunikation wird durch diese Situation zumindest nicht befördert.

Da die Datenübermittlung jedoch zunehmend über Datenrelaissatellitensysteme und satellitengestützte Datenverteilungssysteme organisiert wird, verliert das Netz der Bodenstationen an Bedeutung. Zwar bleibt eine Bodenstation für den Betrieb und den Datenempfang verantwortlich (und deren Bedeutung steigt), jedoch hat sich der Datenzugang über diese Verteilungssysteme erheblich vereinfacht. Die europäischen Systeme von EUMETSAT und ESA (Abb. II.8) decken inzwischen auch den afrikanischen Kontinent ab. Der Zugang zu diesen Systemen ist in Afrika technisch erheblich einfacher geworden.

Die Inwertsetzung von Fernerkundungsdaten erfolgt im Rahmen der Datenaufbe-reitung in Anwendung spezifischer Fachkenntnisse und unter Einbeziehung viel-fältiger bodennah gewonnener Daten. Spezifische Kenntnisse über die Funktions-prinzipien der EMS und ihrer Wechselwirkung mit Substanzen und Objekten der Erdoberfläche sind nötig, um Fernerkundungsdaten interpretieren und deren viel-fältigen Anwendungspotenziale, aber auch deren derzeitigen Grenzen abschätzen zu können. Der überwiegende Teil des diesbezüglichen Wissens kann als univer-sell gültig bezeichnet werden. Je differenzierter die Aufnahmesensoren spektrale Signaturen einzelner Substanzen und Objekte aufnehmen können, desto deutli-cher werden regionale Abweichungen zutage treten (z. B. weil die Vegetation sich anders zusammensetzt und auch unterschiedliche Einfluss- oder Störfaktoren wirksam sind). Eine Vielzahl von Feldabgleichen ist nötig, um die regionalen Be-sonderheiten angemessen berücksichtigen zu können. Vor allem diese Daten können nur sehr begrenzt aus anderen Regionen übernommen werden. Denn die zu untersuchenden Objekte können sowohl in ihrer Form, Materialzusammenset-zung und Oberflächenstruktur als auch in ihren Reflexionseigenschaften auf-grund von unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen, Luftfeuchtigkeit, Staub-gehalt der Atmosphäre u. a. zwischen nördlicher Hemisphäre und afrikanischem

Kontinent voneinander abweichen. Neben den Feldabgleichen gehen regelmäßig weitere Daten aus anderen Quellen (Statistiken, Schätzungen) in den Verarbeitungsprozess ein. Auch in Bezug auf diese In-situ-Datenkomponente muss mit erheblichen Unterschieden zwischen Industrie- und Entwicklungsländern gerechnet werden. Die Erschließung des In-situ-Datenbereichs (sowohl die Neuerhebung als auch der Zugang zu vorhandenen Datenbeständen, einschließlich Digitalisierung und Referenzierung) ist von elementarer Bedeutung für die Informationsgenerierung aus Fernerkundungsdaten. Dies eröffnet vielfältige Möglichkeiten und Notwendigkeiten zur Ausbildung und Qualifikation von Fachkräften wie auch zur wissenschaftlichen Kooperation.

Auch wenn die verfügbaren In-situ-Daten in einzelnen Ländern Afrikas referenziert, aufbereitet und digitalisiert sind, dürfte dieses Datensegment dennoch kaum vergleichbare Strukturen und Ausmaße erlangen wie in Industrieländern. Das muss bei der Übertragung von Prozeduren zur Generierung von Informationsdiensten, die für Industrieländer entwickelt wurden, berücksichtigt werden. Auch hier dürften entsprechende Anpassungen erforderlich sein.

Der Blick auf die potenziellen Zielgruppen für mögliche Informationsprodukte macht weitere Spezifika sichtbar. Einerseits dürften die Untersuchungsfragen bzw. Informationsbedürfnisse zwischen den Ländern der nördlichen Hemisphäre und afrikanischen Ländern nur bedingt übereinstimmen. Auch wenn das Witterungsgeschehen flächendeckend von Bedeutung ist, haben spezifische Fragen in Bezug auf ein Dürremonitoring oder die Wüstenbildung und -ausbreitung eine regional völlig unterschiedliche Bedeutung. Andererseits dürften sich Nutzergruppen zwischen Industrieländern und Entwicklungsländern unterscheiden. In Industrieländern entsteht die Nachfrage nach Informationsdiensten gegenwärtig wesentlich im öffentlichen Bereich bzw. in öffentlichen bzw. staatlichen Aufgabenfeldern sowie zu einem geringen Anteil auch in privatwirtschaftlichen Strukturen, und Informationsprodukte werden auf diese Nutzer zugeschnitten. In Entwicklungsländern müsste das Augenmerk auch auf andere Strukturen gerichtet werden (z. B. NGOs), um potenzielle Nutzergruppen zu gewinnen. Auch deren spezifische Herangehensweisen und technischen Möglichkeiten (z. B. bei Endgeräten) sollten mit in Betracht gezogen werden.

Vor diesem Hintergrund spricht einiges dafür, dass ein Transfer von Prozeduren zur Generierung von Informationsdiensten, die in Industrieländern für deren spezifische Nutzergruppen entwickelt wurden, in Entwicklungsländern zumindest erhebliche Anpassungen erforderlich macht. Eine Neuentwicklung von spezifischen zielgruppenorientierten Informationsdiensten scheint mitunter angebracht. Dadurch ergeben sich auch jenseits der Ausbildung Möglichkeiten und Notwendigkeiten, qualifizierte Arbeitsplätze vor Ort zu schaffen, die wiederum Kooperationsmöglichkeiten eröffnen.



VÖLKERRECHTLICHE UND MULTILATERALE VEREINBARUNGEN, GLOBALE INITIATIVEN

III.

In den 1960er und 1970er Jahren, als die Staatengemeinschaft dem Weltraumwettbewerb der Supermächte nicht tatenlos zusehen wollte, übernahmen die Vereinten Nationen eine zentrale Rolle bei der Regulierung von Weltraumaktivitäten. Es wurden Gremien geschaffen, die die Verabschiedung unterschiedlicher Grundsätze und völkerrechtlicher Vereinbarungen vorbereiteten. Diese Vereinbarungen rahmen Weltraumaktivitäten bis heute weltweit. Kapitel III.1 gibt einen Überblick über fernerkundungsrelevante Strukturen der UNO und die international ausgehandelten Vereinbarungen. Die UNO hat jedoch kaum Mittel und Möglichkeiten, um sich an der Entwicklung von Weltraum- bzw. Fernerkundungsprogrammen aktiv zu beteiligen.

Nachdem immer mehr Industrieländer eigene Weltraumprogramme entwickelten, tendierten diese weltraumaktiven Länder seit den 1980er Jahren zunehmend dazu, anwendungsbezogene Belange der Fernerkundung untereinander und außerhalb der UNO-Strukturen abzustimmen. Sie schufen dazu spezifische fachbezogene Gremien, in denen sie ihre Aktivitäten abstimmen und weiterentwickeln. Kapitel III.2 stellt Struktur, Arbeitsweise und Ziele insbesondere der Group on Earth Observations (GEO) vor.

Auch wenn sich die weltraumaktiven Länder zu einer friedlichen Nutzung des Weltraums bekennen, wurde und wird bis heute die Entwicklung von Satelliten zur Erdfernerkundung maßgeblich durch militärische Anwendungen zur Aufklärung und/oder Spionage vorangetrieben. In der Folge werden vor allem Satelliten und teilweise auch Fernerkundungsdaten als Dual-Use-Güter oder sensitive Technologien aufgefasst und der Zugang zu bzw. der Export von entsprechenden Technikbestandteilen beschränkt. Kapitel III.3 gibt einen Überblick über die derzeit gültigen Exportbeschränkungen.

Kapitel III beschränkt sich darauf, einen Einblick in verschiedene Ebenen des internationalen Abstimmungsprozesses von Fernerkundungsaktivitäten zu geben. Auf diverse nationale und europäische Fernerkundungsprogramme und spezifische Regulierungen, die die Entwicklung und Anwendung der Fernerkundung fördern sollen, wird ausführlich in Kapitel IV eingegangen.

UNO

1.

Die UNO (United Nations Organization) betreibt für die kontinuierlichen Arbeiten in Bezug auf Weltraumaktivitäten zwei ständige Einrichtungen, den jährlich



III. VÖLKERRECHTLICHE UND MULTILATERALE VEREINBARUNGEN

tagenden Weltraumausschuss COPUOS und das Büro der Vereinten Nationen für Weltraumfragen UNOOSA mit Sitz in Wien (Kasten).

COPUOS (COMMITTEE ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE)

Der Weltraumausschuss wurde 1959 kurz nach den Starts der ersten beiden Satelliten der damaligen UdSSR und der USA von der Generalversammlung eingerichtet, vor allem um die Ausweitung des Wettrüstens ins All zu verhindern. Dem COPUOS gehören gegenwärtig 70 Länder an, von denen nur eine Minderheit eigene Weltraumaktivitäten betreibt. Die Mehrheit sind Entwicklungsländer, die jedoch die weltraumaktiven Mitgliedsländer nicht überstimmen können. Zum COPUOS gehören zwei Unterausschüsse, der wissenschaftlich-technische (WTUA) und der Rechtsunterausschuss (RUA). Die Unterausschüsse bereiten Entscheidungen vor, die dann im COPUOS nach dem Konsensprinzip gefällt werden. Der Weltraumausschuss berichtet direkt an die Generalversammlung der UNO (UNO 2006a, S. 153 ff.).

UNOOSA (UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS)

Entscheidungen des Weltraumausschusses und der Generalversammlung werden vom Büro der Vereinten Nationen für Weltraumfragen (UNOOSA)³⁰ umgesetzt, das auch deren Einhaltung kontrolliert. Im Rahmen dieses Mandats ist das Büro auch für die Förderung der internationalen Zusammenarbeit in Bezug auf die friedliche Nutzung des Weltraums verantwortlich. Ziel der Zusammenarbeit ist die Förderung der wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung besonders in Entwicklungsländern. Das Büro arbeitet mit der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen (Kap. VI.1), anderen UN-Einrichtungen und weiteren internationalen Organisationen zusammen (UNO 2006a, S. 156).

Bei Fragen den Weltraum betreffend gilt, wie bei anderen globalen Themen auch, dass in ersten Abstimmungsrunden Grundsätze und Erklärungen erarbeitet werden, die eine Grundlage bilden, um in nächsten Schritten Verträge aushandeln und verabschieden zu können. Entsprechende Verhandlungen können langwierig sein, vor allem wenn der politische Druck zur Einigung gering ist. Kommt zu einzelnen Themen kein Konsens für einen Vertrag zustande, können zumindest Prinzipienkataloge verabschiedet werden, die jedoch lediglich Empfehlungen für die zwischenstaatliche Zusammenarbeit darstellen, aber keinen Vertragsstatus haben.

In den letzten 50 Jahren wurden vom Weltraumausschuss einige Erklärungen verabschiedet, auf deren Grundlage nachfolgend völkerrechtliche Verträge aus-

³⁰ www.oosa.unvienna.org (9.5.2012)

gehandelt wurden. Insgesamt fünf Verträge zum Verhalten im und zur Nutzung des Weltraums wurden bisher verabschiedet, von denen vier für die Erdfernerkundung relevant sind (Kap. III.1.1).³¹ Diese Verträge wurden in den 1960er und 1970er Jahren vereinbart. Über ein völkerrechtlich verbindliches Vertragswerk, das explizit Erdfernerkundungsaktivitäten regelt, konnte bisher keine vertragliche Einigung erzielt werden. Es wurden lediglich Grundsätze und Erklärungen in Bezug auf Fernerkundungsaktivitäten erarbeitet und verabschiedet (Kap. III.1.2).

VERTRÄGE

1.1

WELTRAUMVERTRAG (OUTER SPACE TREATY [OST])

Der Weltraumvertrag basiert auf dem 1963 verabschiedeten Prinzipienkatalog zur Regelung von Weltraumtätigkeiten (UN-Resolution 1962 [XVIII]). Der »Vertrag über die Grundsätze zur Regelung der Tätigkeiten von Staaten bei der Erforschung und Nutzung des Weltraums einschließlich des Mondes und anderer Himmelskörper« wurde 1967 verabschiedet. 101 Länder oder Organisationen einschließlich Deutschland gelten gegenwärtig als Mitgliedsparteien, 26 weitere Länder haben den Vertrag bisher lediglich unterschrieben.³²

Durch den Weltraumvertrag wird eine weitgehende, jedoch nicht schrankenlose Freiheit für die Erforschung und die wirtschaftliche Nutzung des Weltraums gewährt. Forschung und Nutzung sollen zum Vorteil und im Interesse aller Länder ungeachtet ihres wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklungsstandes erfolgen, da dies Sache der gesamten Menschheit sei (Art. I OST). Die wichtigste Einschränkung dieser Freiheiten bezieht sich auf die Nutzung des Weltraums, die ausschließlich friedlich zu sein hat (Art. IV OST). Für den Mond und andere Himmelskörper gilt diese friedliche Nutzung umfassend (d. h. keine Stützpunkte, keine Waffen, keine militärischen Übungen), für den übrigen Weltraum hingegen nur teilweise (keine Massenvernichtungs- oder Kernwaffen). Die Grenze zwischen Luft- und Weltraum – also der Anwendungsbereich des Vertrags – wird nicht definiert.³³ Hier eröffnet sich ein Graubereich.

Erdfernerkundung sowohl von staatlichen als auch privaten Akteuren zählt grundsätzlich zu den zulässigen Raumfahrtaktivitäten (UNO 2006a, S. 153 ff.). Der Vertrag weist den Nationalstaaten die grundsätzliche Verantwortlichkeit für

31 Alle weltraumrelevanten UN-Resolutionen können eingesehen und heruntergeladen werden unter www.oosa.unvienna.org/oosa/SpaceLaw/gares/index.html (10.5.2012).

32 Nationaler Statusüberblick für alle Weltraumverträge unter www.oosa.unvienna.org/oosatdb/showTreatySignatures.do (10.5.2012).

33 www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/InternatRecht/Einzelfragen/Weltraumrecht/Uebersicht_node.html (11.5.2012)

die in ihrem Hoheitsbereich geplanten und durchgeführten Weltraumaktivitäten zu, die auch eine unbegrenzte Haftung bei fahrlässigem Handeln einschließt (Art. VII OST).

Durch drei nachfolgende Übereinkommen, die in den 1960er und 1970er Jahren verabschiedet wurden, werden Rettungs- und Rückführungsmaßnahmen, die Haftung bei Schäden durch Weltraumgegenstände sowie die Registrierung von in den Weltraum entsandten Gegenständen vereinbart (Meyer-Nehls 2011, S. 33).³⁴

Der Weltraumvertrag stellt bis heute die international wichtigste normative Grundlage im Umgang mit dem Weltraum dar.

WELTRAUMRETTUNGSÜBEREINKOMMEN

Das »Übereinkommen über die Rettung und Rückführung von Raumfahrern sowie die Rückgabe von in den Weltraum entsandten Gegenständen« wurde 1968 von der Generalversammlung der UNO als UN-Resolution 2345 (XXII) verabschiedet. Nach zwei tödlichen Unfällen im Jahr 1967 erfolgte eine schnelle diesbezügliche Konkretisierung des Weltraumvertrags (92 Länder oder Organisationen einschließlich Deutschland gelten als Mitgliedsparteien, 24 weitere Länder haben den Vertrag bisher nur unterschrieben). Neben der Hilfe für Raumfahrtbesatzungen bei Unfällen oder Notlandungen werden Verfahren für die Rückgabe von in den Weltraum entsandten Gegenständen definiert, die außerhalb des Hoheitsgebietes dieses Staates aufgefunden werden (Art. 5). Für den Bereich der Fernerkundung ergibt sich nur aus der Perspektive der Entsorgung eine gewisse Relevanz, wenn die Satelliten während ihres Wiedereintritts in die Atmosphäre nicht vollständig verglühen.

WELTRAUMHAFTUNGSÜBEREINKOMMEN

Das »Übereinkommen über die völkerrechtliche Haftung für Schäden durch Weltraumgegenstände« wurde 1972 als UN-Resolution 2777 (XXVI) verabschiedet (90 Länder oder Organisationen einschließlich Deutschland gelten als Mitgliedsparteien, 23 weitere Länder haben den Vertrag bisher lediglich unterschrieben). Das Übereinkommen sieht vor, dass der Startstaat für Schäden, die seine Weltraumgegenstände auf der Erdoberfläche, in der Luft oder im Weltall an Personen oder Gegenständen eines anderen Staates verursachen, bzw. für Personen- oder Sachschäden an Bord solcher Gegenstände haftet. Startstaaten sind Staaten, die einen Weltraumgegenstand starten oder dessen Start durchführen lassen, aber auch Staaten, von deren Hoheitsgebieten oder Anlagen ein Weltraumgegenstand gestartet wird. Gibt es mehrere Startstaaten, haften diese solidarisch.

34 Ein weiterer Vertrag, der Tätigkeiten auf dem Mond und anderen Himmelskörpern thematisiert, wurde nach etwa 10-jähriger Verhandlungsdauer 1997 verabschiedet. Für die Erdfernerkundung ist er nicht relevant.

Bei Schäden auf der Erdoberfläche gilt die Gefährdungshaftung ohne Rücksicht auf Verschulden (Art. II). Bei Schäden im Weltraum an anderen fliegenden Welt- raumgegenständen gilt die Verschuldungshaftung (Art. III). Schadensersatzan- sprüche sollen vorrangig diplomatisch geklärt werden. Auf Antrag kann auch eine Schadenskommission eingesetzt werden.

Als völkerrechtliches Abkommen legt das Weltraumhaftungsübereinkommen nationalstaatliche Zuständigkeiten und Verfahren fest. Aktivitäten einzelner pri- vater bzw. kommerzieller Akteure werden durch das Weltraumhaftungsüberein- kommen nicht explizit geregelt (Meyer-Nehls 2011, S. 34 f.). Auch bei Starts von hoheitsfreiem Gebiet (z. B. auf hoher See) eröffnet sich ein Graubereich.

WELTRAUMREGISTRIERUNGSÜBEREINKOMMEN

Das »Übereinkommen über die Registrierung von in den Weltraum entsandten Gegenständen« wurde 1974 als UN-Resolution 3235 (XXIX) verabschiedet (57 Länder oder Organisationen einschließlich Deutschland gelten als Mitglieds- parteien, vier weitere Länder haben den Vertrag bisher lediglich unterschrieben). Es verpflichtet alle unterzeichnenden Startstaaten, die in die Erdumlaufbahn ge- brachten Gegenstände zu registrieren und diese Informationen an das zentrale Register der UNOOSA zu übermitteln, das über das Internet zugänglich ist.³⁵ Durch die Registrierung soll einerseits dem Startstaat die Ausübung seiner Ho- heitsgewalt und Kontrolle über das Objekt im Weltraum gesichert werden und andererseits im Schadensfall anderen Staaten die Identifikation und Haftbarma- chung des Startstaates ermöglicht werden. Das Übereinkommen setzt jedoch keine konkreten Fristen für die Registrierung. Mitunter informieren die Start- staaten erst sehr verzögert über in die Erdumlaufbahn gebrachte Gegenstände (Meyer-Nehls 2011, S. 35 f.).

GRUNDSÄTZE UND ERKLÄRUNGEN

1.2

Nachdem in den 1970er Jahren die ersten zivilen Erdfernerkundungssatelliten gestartet wurden und Fernerkundungsdaten für zivile Nutzergruppen verfügbar wurden, drängten vor allem Entwicklungsländer auf eine spezifische Regelung der Erdfernerkundung. Die Entwicklungsländer begründeten ihre Forderung damit, dass die Erkundung fremden Territoriums gegen die Souveränitätsrechte der erkundeten Staaten verstoße (Meyer-Nehls 2011, S. 37 ff.). Die Fernerkun- dungsprinzipien, die 8 Jahre später durch die UN-Resolution 41/65 angenom- men wurden, bauen auf den Grundsätzen des Weltraumvertrags auf und bestär- ken deren Gültigkeit.

³⁵ www.oosa.unvienna.org/oosa/en/SORegister/docsstatidx.html (10.5.2012)

GRUNDSÄTZE BETREFFEND DIE ERDFERNERKUNDUNG AUS DEM WELTRAUM

(»Principles of Remote Sensing«, UN-Resolution A/RES/41/65, 1986 verabschiedet)

Erdfernerkundung im Sinne dieser Grundsätze ist »nur« die Erkundung der Erdoberfläche aus dem Weltraum unter Ausnutzung der Eigenschaften von elektromagnetischer Strahlung, die einer besseren Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen, einer besseren Nutzung des Bodens sowie dem Schutze der Umwelt dient. Fernerkundung zu strategischen und militärischen Zwecken wird von den »Principles of Remote Sensing« (PRS) genauso wenig erfasst, wie die Fernerkundung aus dem Luftraum, der innerhalb des Hoheitsgebietes von Nationalstaaten liegt. Fernerkundungsaktivitäten sind alle Aktivitäten, die zur Nutzung der Erdfernerkundung beitragen (sowohl der Betrieb von Weltraumsystemen als auch das gesamte Datenmanagement und die Informationsgenerierung) (Grundsatz I, A/RES/41/65). In den PRS wird zwischen *Primärdaten* (von den Sensoren aufgenommene und aus dem Weltraum zur Erde übermittelte Daten), *verarbeiteten Daten* (alle Produkte, die aus der zur Nutzbarmachung der Primärdaten erforderlichen Verarbeitung hervorgehen) und *ausgewerteten Informationen* (alle Informationen, die aus der Interpretation der verarbeiteten Daten, der Eingabe von Daten sowie aus Erkenntnissen aus anderen Quellen hervorgehen) unterschieden (Grundsatz I, A/RES/41/65).

Mit dem Prinzipienkatalog billigen die Vereinten Nationen einerseits Erdfernerkundungsaktivitäten grundsätzlich und auch in Zukunft uneingeschränkt, d. h., sie können ohne vorherige Zustimmung oder Unterrichtung des erkundeten Staates vorgenommen werden. Andererseits soll die Erforschung und Nutzung des Weltraums zum Vorteil und im Interesse aller Länder ohne Ansehen ihres wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Entwicklungsstandes erfolgen. Damit soll Fernerkundung sowohl das Prinzip der Freiheit der Forschung und Nutzung befolgen als auch auf der Grundlage der Gleichberechtigung erfolgen. Diese Aktivitäten, ob von staatlichen oder nichtstaatlichen Stellen durchgeführt, werden auf der Grundlage der Achtung des Prinzips der uneingeschränkten und ständigen Souveränität aller Staaten und Völker über ihre eigenen natürlichen Ressourcen und Reichtümer durchgeführt (Grundsatz IV, A/RES/41/65).

Der Grundsatz des Weltraumvertrags, bei Weltraumaktivitäten die internationale Zusammenarbeit zu fördern, wird in den PRS konkretisiert: Erkundende Staaten sollen anderen Staaten, insbesondere Entwicklungsländern, die Möglichkeit einer Beteiligung zu gerechten und allseitig annehmbaren Bedingungen anbieten. Die Beteiligung soll in jedem Fall erfolgen, Konsultationen sollen aufgenommen werden, auch in Bezug auf technische Hilfe (Grundsätze V und VI, A/RES/41/65).

Um Schaden abzuwenden und Menschen vor Naturkatastrophen zu schützen, müssen Daten und Informationen proaktiv so rasch wie möglich an gefährdete Staaten weitergeleitet werden. Auch alle anderen Daten und Informationen zu einem Gebiet werden dem erkundeten Staat zu vernünftigen Bedingungen zu-

gänglich gemacht, wobei die Bedürfnisse und Interessen der Entwicklungsländer besonders zu berücksichtigen sind (Grundsätze X bis XII A/RES/41/65). Die praktische Auslegung dieses Grundsatzes bleibt allerdings unklar. Eine genauere Ausformulierung zum Daten- und Informationstransfer erfolgt nicht.

Der Katalog gibt keinerlei Anhaltspunkte, wie bei privaten und/oder internationalen Fernerkundungsaktivitäten zu verfahren ist (Meyer-Nehls 2011, S.40). Da er kein Vertrag im Sinne des Völkerrechts ist, hat er jedoch ohnehin »nur« empfehlenden Charakter.

ERKLÄRUNG ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT BEI DER ERFORSCHUNG UND NUTZUNG DES WELTRAUMS ZUM VORTEIL UND IM INTERESSE ALLER STAATEN, UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER BEDÜRFNISSE DER ENTWICKLUNGSLÄNDER

(»Space benefits resolution«, UN-Resolution A/RES/51/122, 1996 verabschiedet)

Mit der Resolution 51/122 bekräftigen die Vereinten Nationen die Wichtigkeit einer gemeinsamen und friedlichen Erforschung und Nutzung des Weltraums im Interesse aller Staaten ohne Ansehen ihres wirtschaftlichen, sozialen, wissenschaftlichen und technischen Entwicklungsstandes. Grundsätzlich wird allen Staaten zugestanden, dass sie ihre Beteiligung an internationaler Zusammenarbeit in jeder Hinsicht frei bestimmen können und dass geistige Eigentumsrechte in vollem Umfang zu achten sind (Art. 2 A/RES/51/122).

Weltraumaktive Staaten sollen dem Vorteil und den Interessen der Entwicklungsländer besondere Aufmerksamkeit widmen. Dies gilt für jede Organisationsform, ob staatlich oder nichtstaatlich, kommerziell oder nichtkommerziell, national, bilateral oder multilateral. Die Hilfe für Entwicklungsländer sollte finanzielle und technische Ressourcen vernünftig und effizient zuweisen und darauf abzielen, die angewandte Weltraumtechnik und Raumfahrtkapazitäten zu fördern, sowie den Austausch von Fachwissen und Technologie zu erleichtern (Art. 5 A/RES/51/122).

ERKLÄRUNG ÜBER INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT BEI DER FRIEDLICHEN NUTZUNG DES WELTALLS

(»International cooperation in the peaceful uses of outer space«, UN-Resolution 64/86, 2009 angenommen [Meyer-Nehls 2011, S.47])

Mit der Resolution 64/86 bekräftigen die Vereinten Nationen die Wichtigkeit einer gemeinsamen und friedlichen Erforschung und Nutzung des Weltraums im Interesse der gesamten Menschheit. In einer Art Neuauflage des Weltraumvertrags werden die Staaten, die dem Vertrag bisher noch nicht beigetreten sind, aufgefordert, Beitritt und Ratifikation in Erwägung zu ziehen. Auf die Relevanz der Thematiken Weltraummüll und Katastrophenmanagement wird hingewiesen. Besonderes Augenmerk wird darauf gerichtet, dass es allen Ländern ermög-



licht werden sollte, auf weltraumgestützte Dienste zuzugreifen und diese zu nutzen. Der Kapazitätsaufbau und die institutionelle Stärkung im Bereich des Katastrophenmanagements sollte insbesondere in Entwicklungsländern gefördert werden. Die Generalversammlung legt allen Mitgliedstaaten nahe, der Plattform der Vereinten Nationen für raumfahrtgestützte Informationen beim Katastrophenmanagement und für Notfallmaßnahmen (UN-SPIDER) auf freiwilliger Basis jede erforderliche Unterstützung, einschließlich finanzieller, bereitzustellen.

GRENZEN DES HANDLUNGSRAUMS DER UNO

1.3

Wie eingangs erwähnt, sind im Weltraumausschuss der UNO, der die relevanten internationalen Vereinbarungen vorbereitet, mehrheitlich Länder vertreten, die selbst nicht im Weltraum aktiv sind, zudem haben weltraumaktive Länder Blockademöglichkeiten. Vor diesem Hintergrund konnten vertragliche Einigungen zu Weltraumfragen, die in den 1960er und 1970er Jahren relativ schnell gefunden wurden, später nicht mehr erreicht werden. In den fernerkundungsrelevanten, aber völkerrechtlich unverbindlichen Erklärungen der UNO wird zwar noch regelmäßig besonderes Augenmerk darauf gerichtet, dass alle Länder, insbesondere Entwicklungsländer, aus den vielfältigen Weltraumaktivitäten einzelner Länder oder Staatenverbände Nutzen ziehen sollen. Dies gilt jedoch vor allem als Appell an die weltraumaktiven Länder. Zwar haben die UNO bzw. deren Unterorganisationen einige Initiativen entwickelt, um die Umsetzung dieser Appelle zu befördern (Kap. IV.3.3), allerdings sind die Möglichkeiten für Fördermaßnahmen begrenzt, nicht zuletzt, weil die weltraumaktiven Staaten eigenständige Strukturen geschaffen haben, um fernerkundungsrelevante Aktivitäten voranzubringen und abzustimmen.

Die führenden Industriestaaten, die den eigentlichen Handlungsspielraum in Bezug auf die Entwicklung der Fernerkundung haben, stimmen ihre entwicklungs- und anwendungsbezogenen Fernerkundungsaktivitäten eher in Gremien außerhalb der UNO ab, z. B. seit den 1980er Jahren über die Integrated Global Observing Strategy Partnership (IGOS), eine Initiative der früheren G7-Staaten. Die Koordinierung der dazugehörigen Aktivitäten erfolgt im Committee on Earth Observation Satellites (CEOS).³⁶ Dem CEOS gehören gegenwärtig mehr als 50 nationale Raumfahrtagenturen oder andere nationale oder internationale Organisationen wie die ESA als (assoziierte) Mitglieder an – inzwischen auch die Raumfahrtagenturen Nigerias und Südafrikas (Kap. IV.1.6). Ziel der Partnerschaft ist die bessere Koordinierung sowohl der einzelnen nationalen zivilen Fernerkundungsaktivitäten als auch von Maßnahmen zum besseren Datenaustausch. Die Erarbeitung völkerrechtlicher Vertragswerke gehört nicht zu den Zielsetzungen dieser Partnerschaft.

³⁶ www.ceos.org (16.5.2012)

GEO UND DEREN SYSTEM DER SYSTEME
2.

Im Nachgang des Nachhaltigkeitsgipfels 2002 beschlossen die führenden Industriestaaten auf dem G8-Treffen 2003 einerseits, ihre Anstrengungen in Bezug auf ihre Fernerkundungsaktivitäten zu erhöhen, um das Wissen über das System Erde zu verbessern, und andererseits dazu auch die Entwicklungsländer einzubeziehen. Noch im gleichen Jahr fand auf Einladung der US-Regierung ein Gipfeltreffen zur Erdfernerkundung statt, das mit der »Washington Declaration« abgeschlossen wurde. Diese Absichtserklärung zielt darauf ab, bestehende Strategien und vielfältige Systeme zur Erdbeobachtung miteinander abzustimmen, Fernerkundungsdaten offen und kostengünstig auszutauschen, Datenlücken zu schließen und Entwicklungsländer in diese Aktivitäten einzubeziehen. Dazu wurde die Gründung einer neuen zwischenstaatlichen Organisation beschlossen – die Group on Earth Observations (GEO).³⁷

GEO ist ein Verbund von Regierungen und internationalen Organisationen, der vor allem die breitere Anwendung der Fernerkundungstechnologie zum Ziel hat. Aufgrund der expliziten Anwendungsausrichtung ist die Organisation auch offen für Länder und Institutionen, die in Bezug auf die Fernerkundung lediglich Datennutzungsabsichten haben, ohne dass sie eigene Satellitensysteme installieren wollen. Gegenwärtig gehören der GEO 88 Länder und die Europäische Kommission an, darunter auch 22 afrikanische Länder, sowie 64 zwischenstaatliche, internationale und regionale Organisationen mit einem Mandat für Erdfernerkundung oder vergleichbaren Aufgaben, darunter vier afrikanische Organisationen. GEO führt die Aktivitäten der Industriestaaten wieder stärker mit denen von UNOOSA zusammen. Sowohl CEOS als auch UNOOSA sind Mitglieder von GEO. Sitz des GEO-Sekretariats ist in Genf.

GEO setzt sich zum Ziel, unterschiedliche bereits existierende Satellitensysteme global zu vernetzen (Zeil/Saradeth 2010, S. 76). Dazu soll ein sogenanntes globales System der Systeme (»Global Earth Observation System of Systems«, GEOSS) errichtet werden, das sich aus freiwilligen Beiträgen der Mitglieder und teilnehmenden Organisationen zusammensetzt. Über die Harmonisierung vielfältiger Erdbeobachtungsaktivitäten, einen möglichst offenen und freien Datenaustausch sowie die Intensivierung von Ausbildungsanstrengungen soll die globale Verfügbarkeit von Erdbeobachtungsinformationen deutlich verbessert werden. Der Entwicklungsprozess wird über unterschiedliche Komitees und Arbeitsgruppen gesteuert, die sich um konkrete Teilbereiche kümmern wie z. B.:

- > Architektur und Daten (Standards, Schnittstellen, Datenbanken etc.),
- > Wissenschaft und Technologie (Verbindung zu neuesten Forschungsarbeiten, Monitoring der Entwicklung von GEOSS),

³⁷ www.earthobservations.org (16.5.2012)



III. VÖLKERRECHTLICHE UND MULTILATERALE VEREINBARUNGEN

- › Benutzeroberflächen (Einbeziehung der Nutzer, Bedarfserhebung, Evaluierung der Relevanz von GEOSS und dessen Dienstleistungen) sowie
- › »capacity building« (Aufbau und Stärkung der Fähigkeiten, um Erdbeobachtungsdaten und -informationen zu nutzen, einschließlich des Einsatzes von Open-Source-Systemen).

Von besonderer Relevanz innerhalb von GEOSS ist die Entwicklung der »GEOSS Common Infrastructure« (GCI) – Vereinbarungen zu allgemein anerkannten Standards für die Bereitstellung von Daten. Durch einheitliche technische Standards, Registrierungsprotokolle und Metadaten sollen die einzelnen Fernerkundungsdatenbanken interoperabel werden. Die GCI soll das Rückgrat für einen einfachen Nutzerzugang bilden.

Innerhalb von 2 Jahren hat die GEO-Community Vereinbarungen für die GCI und den Betrieb des GEO-Portals ausgehandelt. Seit 2010 gibt es eine erste Version dieses Portals, über das Nutzer auf Satellitendaten und Softwarepakete zugreifen können (Zeil/Saradeth 2010, S. 75 f.). Anwendungsschwerpunkte und Afrikainitiativen im Rahmen der GEOSS-Aktivitäten für die 10-jährige Implementierungsphase von 2005 bis 2015 werden in Kapitel IV.3.2 vorgestellt.

Die Aktivitäten von GEO und UNO zeigen die Möglichkeiten und Grenzen internationaler Abstimmungsrunden auf dem Gebiet der Fernerkundung auf, bei GEO eher aus der Perspektive der Technologieführer, die breitere Anwendungsfelder erschließen wollen, bei der UNO stärker aus einer entwicklungspolitischen Perspektive heraus, die ein besonderes Augenmerk auf stärkere Teilhabemöglichkeiten legt. Deren Vereinbarungen bilden auf unterschiedlichen Ebenen eine Art Rahmung für den Handlungsraum in Bezug auf Fernerkundung – ein Handlungsraum, in dem weltraumaktive Staaten systemisch bedingt eine eher starke Position haben. Sie können ihre Fernerkundungssysteme kontinuierlich ausbauen, was programmatisch auch Anwendungen in Afrika einschließt – so wie es nicht zuletzt durch unterschiedliche UN-Resolutionen gefordert wird. Eine Auswahl der vielfältigen Fernerkundungssysteme unterschiedlicher Akteure und bereits existierende Anwendungsbeispiele in Afrika, für die GEOSS einen einheitlichen Rahmen bilden soll, werden im nachfolgenden Kapitel IV vorgestellt.

EXPORTKONTROLLREGIME

3.

Unabhängig vom Weltraumvertrag, durch den sich die Unterzeichnerstaaten zur ausschließlich friedlichen Nutzung des Weltraums bekennen, werden nahezu alle Raketen- und Trägertechnologien sowie notwendige technische Komponenten zum Betrieb (die Spanne reicht von Bauteilen für Satelliten bis zu Bodenstationen, Kap. II.3) von den führenden Industrieländern als sensitive Technologien oder Dual-Use-Güter aufgefasst, die neben ziviler Verwendung auch zu militärischen



Zwecken eingesetzt werden können. Zum Schutz der nationalen Sicherheit wurden bereits in den 1980er Jahren Vereinbarungen zur Beschränkung des Exports dieser sensitiven Technologiebestandteile initiiert, ausgehandelt und unterzeichnet, die auf einem Exportverbotsprinzip mit Erlaubnisvorbehalt aufbauen.

Im Kontext der Fernerkundungstechnologie relevant sind einerseits das Missile Technology Control Regime (MTCR) und andererseits das Wassenaar-Abkommen.

MISSILE TECHNOLOGY CONTROL REGIME

MTCR³⁸ ist eine freiwillige, ursprünglich von den G7-Staaten initiierte Organisation, die 1987 eine gemeinsame Richtlinie zur Beschränkung des Exports von Raketen und Trägertechnologien (sowohl komplette Systeme als auch einzelne Komponenten) verabschiedet hat. Entscheidungen über Exportbeschränkungen werden im MTCR im Konsens gefällt. Gegenwärtig hat das MTCR 34 Mitgliedsländer (Abb. III.1), die ihre nationalen Exportkontrollen im Rahmen der Organisation koordinieren. Die vereinbarten Regeln gelten nicht bei Exporten innerhalb der EU- und der NATO-Staaten oder bei Aktivitäten der Europäischen Weltraumagentur ESA (TAB 2011, S. 187 ff.).

Ein regelmäßig aktualisiertes Handbuch führt sensitive MTCR-Technologien auf und enthält Definitionen, Terminologien und technische Spezifikationen der erfassten Trägersystemtechnologien. Der Anwendungsbereich des MTCR wird kontinuierlich erweitert (z. B. Senkung von Nutzlastschwellen), um Trägersysteme, die potenziell in der Lage sind, waffenfähige Nutzlasten zu tragen, möglichst vollständig zu erfassen (WMD Commission 2006, S. 142). Inzwischen werden Systeme, die jegliche Nutzlast über 300 km oder mehr transportieren können, sowie deren Einzelkomponenten zum Start, Antrieb und Betrieb, aber auch Flugkontrollsysteme oder analoge, digitale Signalwandler und Computer auf den MTCR-Listen erfasst (ausführlicher in TAB 2011, S. 189 f.). Für alle Technikbestandteile gilt ein Exportverbot, dessen Aufhebung fallspezifisch beantragt werden kann.

WASSENAAR-ABKOMMEN

Das 1996 vereinbarte Abkommen³⁹ dient der Bekräftigung und Ergänzung bestehender Exportkontrollregime von sensitiven Technologien (TAB 2011, S. 191 ff.). Um die Beschaffung entsprechender sensitiver Dual-Use-Technologie zu unterbinden, tauschen die beteiligten Staaten hierfür relevante Informationen aus, sowohl zu genehmigten Exporten (alle 6 Monate) als auch zu verweigerten Exporten (innerhalb von 60 Tagen). Jede Vertragspartei verpflichtet sich, ihre

38 www.mtcr.info (30.10.2012)

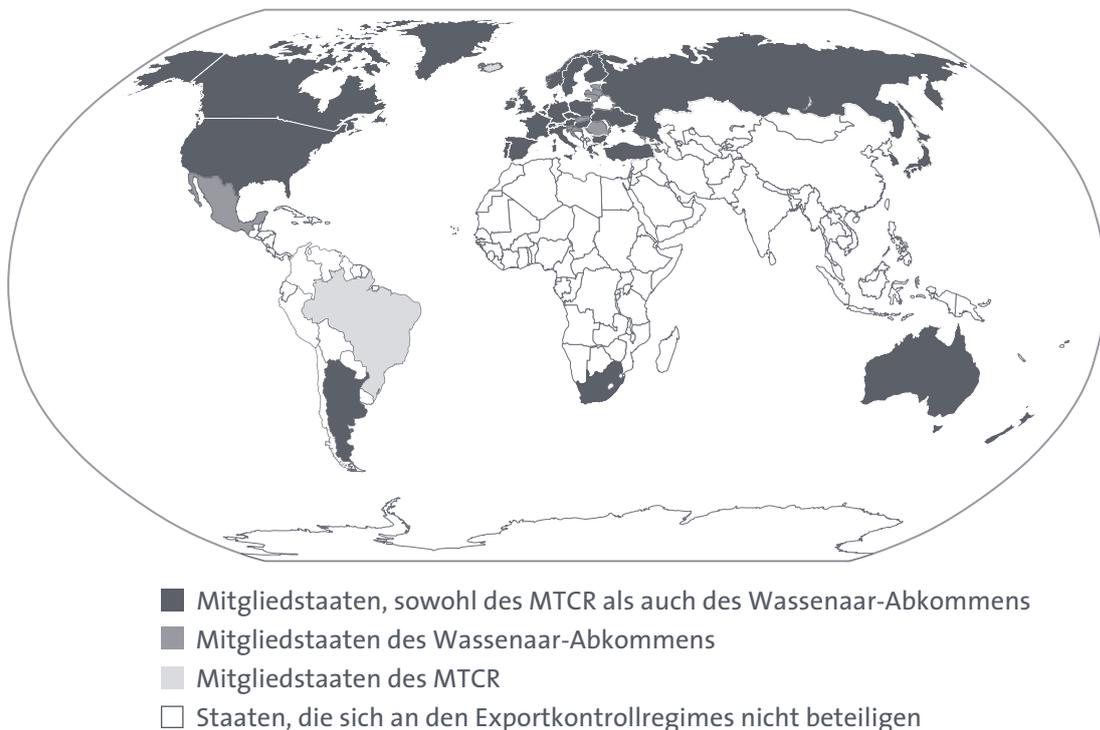
39 www.wassenaar.org (29.10.2012)



III. VÖLKERRECHTLICHE UND MULTILATERALE VEREINBARUNGEN

nationale Exportpolitik auf der Grundlage des Abkommens und seiner Richtlinien und Kontrolllisten (Überblick in TAB 2011, S. 192 f.) zu gestalten. Ziel des Abkommens ist – neben der Förderung von Transparenz und Informationsaustausch – eine erhöhte Verantwortung bezüglich des Transfers von Dual-Use-Gütern und von Technologien, die zu ihrer Herstellung dienen können. Gegenwärtig hat das Abkommen 41 Mitgliedstaaten (Abb. III.1).

ABB. III.1 MITGLIEDSLÄNDER INTERNATIONALER EXPORTKONTROLLREGIME FÜR DUAL-USE-GÜTER



Eigene Darstellung, nach www.mtcr.info/english/partners.html, www.wassenaar.org/participants/index.html (30.10.2012)

Auch wenn beide Vereinbarungen eine leicht voneinander abweichende Mitgliedszusammensetzung haben (z. B. sind bisher die jüngsten EU-Beitrittsländer teilweise nur einem Abkommen beigetreten), wird dennoch deutlich, dass sich die weltraumaktiven Länder in zwei Gruppen teilen. Einerseits die »alten« führenden Industrienächte einschließlich Russland mit einigen weiteren Ländern und andererseits die inzwischen ebenfalls weltraumaktiven »neuen« Gestaltungsmächte in Asien, die sich dem Exportkontrollregime nicht unterwerfen, aber dennoch im Bereich Hochtechnologie tendenziell eine eher protektionistische Wirtschaftspolitik verfolgen.

Beide Vereinbarungen müssen von den Mitgliedsländern in deren jeweilige Rechtssysteme übernommen werden. In den USA fallen entsprechende Technologien weitgehend unter die »International Traffic in Arms Regulations« und damit unter sehr stringente nationale Exportverbote. In Europa werden die MTCR-Richtlinien über die sogenannte EG-Dual-Use-Verordnung⁴⁰ in geltendes nationales Recht umgesetzt. Das Wassenaar-Abkommen wird direkt, in Deutschland durch das Außenwirtschaftsgesetz (AWG) in Verbindung mit der Außenwirtschaftsverordnung (AWV) in nationales Recht umgesetzt (tatsächliche Rüstungsgüter werden darüber hinaus vom Gesetz über die Kontrolle von Kriegswaffen erfasst) (TAB 2011, S. 191).⁴¹

Unter diese Exportkontrollregime bzw. die Genehmigungspflichten fallen nicht nur die Dual-Use-Güter an sich, sondern auch die Ausfuhr der Herstellertechnologie, wie auch die Erbringung entsprechender Dienstleistungen (technische Unterstützung) auch in mündlicher, fernmündlicher oder elektronischer Form (BAFA 2011). Damit begrenzen diese Exportkontrollregime auch Programme, die darauf abzielen, Teile der Fernerkundungstechnologie nach Afrika zu transferieren. Da Regionen mit schwachen staatlichen Gebilden als große Herausforderung für die globale Sicherheit bewertet werden (Bundesregierung 2012b), ist aufgrund des Missbrauchspotenzials auch ein ziviler Technologietransfer kaum möglich.

Im Vergleich zur Satellitentechnologie allgemein wird im Anwendungsgebiet Fernerkundung den damit erhobenen Daten mehrheitlich kein Sicherheitsgefährdungspotenzial unterstellt und infolge auch aus Sicherheitsgründen die Verbreitung nicht beschränkt. Ausgenommen sind lediglich Daten mit besonders hohem Informationsgehalt, deren Erzeugung und Verbreitung auf nationaler Ebene ebenfalls begrenzt wird, auch wenn es dazu keine internationalen Vereinbarungen gibt (Satellitendatensicherheitsgesetze, Kap. IV.1 u. IV.3).

FAZIT

Der von der UNO ausgehandelte Weltraumvertrag gewährt allen Staaten einen großen Handlungsspielraum, den Weltraum zu friedlichen Zwecken zu nutzen. Insbesondere die technologieführenden Staaten machen davon zunehmend Gebrauch. Etliche technologieführende Staaten sehen in der dazu nötigen Technologie ein zunehmendes Sicherheitsgefährdungspotenzial, da die Technikbestand-

40 Verordnung (EG) Nr. 428/2009: Gemeinschaftsregelung für die Kontrolle der Ausfuhr, der Verbringung, der Vermittlung und der Durchfuhr von Gütern mit doppeltem Verwendungszweck bzw. seine Aktualisierungen (zuletzt Verordnung [EU] Nr. 388/2012 vom 19.4.2012 [Amtsblatt L129/12 vom 16.5.2012]).

41 In Deutschland werden Exportlizenzen wie auch Genehmigungen für Technologietransferprogramme beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle beantragt, das in Abstimmung mit der Bundesregierung im Einzelfall entscheidet (BAFA 2011).



III. VÖLKERRECHTLICHE UND MULTILATERALE VEREINBARUNGEN

teile auch für militärische Zwecke eingesetzt werden können. Um einer Proliferation keinen Vorschub zu leisten, begrenzen diese Staaten den Technologietransfer mittels Exportkontrollregimen. Damit werden ohnehin existierende wirtschaftspolitische Motive (nationale Positionen im internationalen Wettbewerb zu stärken und zu schützen) durch sicherheitspolitische Motive massiv verstärkt. In der Summe begrenzen diese Motive einen Technologietransfer in andere Länder erheblich.

Um trotz dieser Begrenzung die zivile Nutzung der Fernerkundung zu befördern, werden gegenwärtig auf internationaler Ebene erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Zugangswege zu den Fernerkundungsdaten zu harmonisieren und zu vereinfachen. Mit Blick auf afrikanische Länder ist zu konstatieren, dass politische Barrieren in Bezug auf einen Technologietransfer zum Bau und Betrieb von Satelliten tendenziell größer werden, wohingegen beim Datenzugang (mit Ausnahme von höchstauflösenden Daten) bestehende Barrieren tendenziell sinken.



NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME UND BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

IV.

Fernerkundungssysteme, die Daten kontinuierlich aufnehmen und allgemein zugänglich machen, werden als operationelle Systeme bezeichnet (Zeil/Saradeth 2010, S. 50). Daten von Satelliten mit diesen Nutzungskonzepten kommen für Anwendungen in Afrika vor allem infrage. Die nachfolgende Darstellung nationaler Satellitensysteme wird auf diesen operationellen Bereich beschränkt.

Sowohl Russland (bzw. die frühere UdSSR) als auch die USA verfügen aufgrund der jahrzehntelangen politischen Schwerpunktsetzung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts über die längsten und umfangreichsten Erfahrungen in Bezug auf Weltraumtechnik im Allgemeinen und Satellitentechnik im Besonderen. Seit den 1960er/1970er Jahren werden in diesen Ländern unterschiedliche Fernerkundungssatelliten entwickelt, gebaut und betrieben. Nachdem deren jeweilige Weltraumindustrie jahrzehntelang mit erheblichen öffentlichen Mitteln protegiert wurde, gibt es infolge von politischen Schwerpunktverschiebungen und von Veränderungen der wirtschaftlichen Situation dort gegenwärtig unterschiedliche Privatisierungsbemühungen, die teilweise mit erheblichen strukturellen Umbrüchen einhergehen. Dennoch gehört die Weltraumindustrie dieser Länder nach wie vor zu den leistungsfähigsten der Welt. Aufgrund des leichteren Zugangs zu Informationen beschränkt sich die nachfolgende Darstellung auf US-amerikanische Erdfernerkundungsaktivitäten im operativen Bereich. In diesem sind die USA nach wie vor eine Art Taktgeber aufgrund der langjährigen Erfahrungen einerseits und der Privatisierungsversuche andererseits. Vor diesem Hintergrund wird auf die Situation in den USA etwas ausführlicher eingegangen. Auch werden unterschiedliche US-amerikanische Fernerkundungssysteme beispielhaft zur Veranschaulichung der in Kapitel II dargestellten Systemkomponenten beschrieben (Kap. IV.1). Einige Anwendungsbeispiele der US-Systeme in Afrika werden aufgezeigt.

Auch einige europäische Länder, allen voran Frankreich, begannen bereits in den 1960er Jahren, nationale Weltraumambitionen zu entwickeln. Seit den 1980er Jahren intensivierten die Länder ihre Weltraumaktivitäten im Allgemeinen und ihre Fernerkundungsaktivitäten im Besonderen. Neben national eigenständigen Aktivitäten wurden in Europa jedoch seit jeher auch gemeinsame europäische Kooperationsprojekte unter der Federführung unterschiedlicher weltraumaktiver europäischer Organisationen durchgeführt, die den Ausbau nationaler Kompetenzen in der Erdfernerkundung stark befördert haben. Diesen europäischen Aktivitäten widmet sich Kapitel V. In Kapitel IV werden die Fernerkundungsaktivitäten von den drei europäischen Ländern vorgestellt, deren Fernerkundungssysteme auch die nationalen Beiträge zur Weltraumkomponente des europäischen

Fernerkundungsprogramms Copernicus (Kap. V.4) bilden. Da Frankreich innerhalb Europas die längste Erfahrung auf dem Gebiet der Fernerkundung hat, werden die französischen Satelliten und nationale Initiativen zur Anwendung in Afrika zuerst behandelt (Kap. IV.2). Im Anschluss wird die Situation in Deutschland detaillierter beschrieben (Kap. IV.3) sowie auf Fernerkundungsaktivitäten Großbritanniens eingegangen (Kap. IV.4). Der Fokus der Darstellung wird stärker auf bi- oder multilaterale Kooperationsformen mit und Anwendungen in afrikanischen Ländern gerichtet.

Nach einem kurzen Einblick in die derzeitigen Entwicklungen einiger asiatischer Länder (Kap. IV.5) wird die gegenwärtige Situation in ausgewählten afrikanischen Ländern detaillierter dargestellt (Kap. IV.6). Vorgestellt werden fernerkundungsrelevante Aktivitäten sowohl in Bezug auf die Datennutzung bereits operationeller Fernerkundungssysteme als auch in Bezug auf den Bau eigener Satelliten. Die vielfältigen Projektbeteiligungen afrikanischer Institutionen werden im vorliegenden Bericht bei den jeweiligen Projektinitiatoren thematisiert. Auf eine wiederholte Nennung oder einen Verweis wird in diesem Teilkapitel verzichtet. Die dieser Systematik geschuldete kurze Abhandlung der Verwendung von Fernerkundungsdaten in afrikanischen Ländern soll nicht den Eindruck vermitteln, dass die diesbezüglichen Aktivitäten in den Ländern Afrikas nicht wahrgenommen wurden. Die Vorstellung potenziell fernerkundungsrelevanter Organisationen in Afrika, die mögliche Schnittstellen für die Entwicklungszusammenarbeit bilden, runden die Darstellung der gegenwärtigen Situation in Afrika ab und bilden gleichzeitig eine Art Brückenglied zu den europäischen Fernerkundungsaktivitäten des nachfolgenden Kapitels. Auf Potenziale und Grenzen nationalstaatlicher Aktivitäten zur breiteren Anwendung der Fernerkundung in afrikanischen Ländern wird im Fazit (Kap. IV.7) eingegangen.

USA

1.

In den USA steuert und entwickelt die National Aeronautics and Space Administration (NASA) seit Jahrzehnten die nationalen Weltraumaktivitäten, die lange Zeit ausschließlich mit öffentlichen Mitteln finanziert und durch den Weltraumwettbewerb mit der früheren Sowjetunion befeuert wurden. Beide Länder haben umfangreiche Weltraumprogramme aufgestellt, in denen die Erdfernerkundung regelmäßig ein Teilbereich war und ist. Während mit den ersten zivilen Satelliten vorrangig Witterungsverhältnisse beobachtet und erforscht wurden, hat sich ab den 1970er Jahren das Beobachtungsspektrum kontinuierlich erweitert. Besondere Bedeutung erlangte das Landsat-Programm, aus dem sich das bisher umfangreichste und weitgehend mit öffentlichen Mitteln eines einzelnen Landes finanzierte Erdfernerkundungssystem »Earth Observing System« (EOS) entwickelte.



Zusätzlich zu diesen staatlichen Aktivitäten sind in den USA Bestrebungen entstanden und forciert worden, Teilbereiche der Weltraumtechnologie zu privatisieren. Nach der Satellitenkommunikation war die Fernerkundung der zweite Bereich der Weltraumtechnologie, in dem Kommerzialisierungsprozesse einsetzen. Vor diesem Hintergrund waren die USA das erste Land, das nationale Regulierungen in Bezug auf den Erdfernerkundungssektor vornahm, um einerseits die nationale Sicherheit und die weltweite Führungsrolle bei zivilen Fernerkundungsaktivitäten abzusichern und andererseits den Erdfernerkundungsbereich schrittweise für private Unternehmungen zu öffnen (Meyer-Nehls 2011, S. 61 f.). Politische Weichenstellungen in den 1980er und 1990er Jahren⁴² ebneten dafür den Weg und begannen, das aufkommende Geschäftsfeld zu strukturieren. Die Kommerzialisierung der Erdfernerkundung sollte in zwei Phasen erfolgen. In der ersten Phase sollte lediglich die Vermarktung der aufbereiteten Satellitendaten und abgeleiteten Informationsprodukte (vor allem des Landsat-Systems) von privaten Unternehmen organisiert werden, während die Regierung weiter für die Datensammlung und -verarbeitung alleinig zuständig blieb. Das Interesse der Industrie war zunächst verhalten. Es stieg erst, als ab 1992 ein tatsächlicher Zugang zu den Satellitendaten über Lizenzen ermöglicht wurde, auch wenn die Urheberrechte an den Daten (wie auch die Haftung für mögliche Folgen der Fernerkundungsaktivitäten) bei der Regierung verblieben.

In der zweiten Phase der Kommerzialisierung sollte ein Übergang zu einer Erdfernerkundung in vollständig privater Verantwortung erfolgen. Dadurch wurden private Erdfernerkundungsaktivitäten möglich. Sie sind jedoch genehmigungspflichtig und unterliegen einem umfangreichen Lizenz- und Regelsystem. Für die Sicherheitsüberprüfung, Zulassung und Kontrolle dieser Aktivitäten ist die National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) zuständig. Mit diesem Regulierungsverfahren konnten private Firmen in den USA in den 1990er Jahren beginnen, Entwicklung und Bau von Fernerkundungssatelliten schrittweise mit privaten Mitteln zu finanzieren sowie den Betrieb und die Datenanwendungen vollständig in kommerzielle Strukturen zu überführen. Inzwischen gibt es in den USA neben dem öffentlich finanzierten Erdfernerkundungssystem der nationalen Weltraumagentur NASA etliche Fernerkundungssatelliten, die vollständig privatwirtschaftlich betrieben werden.

Die USA legen besonderes Augenmerk darauf, dass nationale Sicherheitsinteressen nicht durch diese privatwirtschaftlich organisierten Fernerkundungsaktivitäten gefährdet werden. Eine Sicherheitsgefährdung wird insbesondere bei einem allgemeinen Zugang zu räumlich extrem hochaufgelösten Fernerkundungsdaten unterstellt (Tab. II.3). In diesem Fall behält sich die Regierung das Recht vor, die

42 Der »US Land Remote Sensing Commercialization Act« (1984) sowie der »Land Remote Sensing Policy Act« (1992) waren die ersten Regularien zum Umgang mit Fernerkundungstechnologien. Weitere Regularien schlossen sich an, die 2003 in der »Commercial Remote Sensing Policy« zusammengefasst wurden (Meyer-Nehls 2011, S. 62).

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

Sammlung und Verbreitung der Daten und entsprechender Informationsprodukte zu begrenzen. Dieses Recht zur Begrenzung betrifft nicht nur Daten und abgeleitete Informationsdienste, sondern auch Satellitenbauteile, für die es ein Vertriebs- bzw. Exportverbot mit Erlaubnisvorbehalt gibt.

Die gegenwärtigen Zulassungsbedingungen sehen vor, dass Satelliten in den USA auf Antrag zwar mit räumlich sehr hochauflösenden Sensoren gebaut und installiert werden dürfen, auf die Daten mit einer Auflösung unter einem festgelegten Schwellenwert aber nur Kunden der US-Regierung und speziell ausgewählte Verbündete ein Zugriffsrecht haben. Dieser Schwellenwert liegt gegenwärtig bei 0,5 m bei panchromatischen (pan) und bei 2 m bei multispektralen (multi) Aufnahmen. Laut Zeil/Saradeth (2010, S. 67) wird diese Regelung strikt eingehalten, beispielsweise auch beim Erdbeben in Haiti im Januar 2010.

In den USA gibt es für alle Satellitenbauteile ein grundsätzliches Exportverbot, sie fallen bisher unter die »International Traffic in Arms Regulations« (ITAR), Ausnahmen können jedoch beantragt werden. Eine Exportgenehmigung für diese Bauteile wird u. a. von den Regelungen des Importlandes in Bezug auf den Schutz von hochauflösenden Fernerkundungsdaten abhängig gemacht. Aufgrund ihrer starken Marktposition können die USA dadurch einen gewissen Druck auf andere Staaten ausüben, kommerzielle Aktivitäten bei räumlich extrem hochauflösenden Fernerkundungssystemen zu unterdrücken.

Neben nationalen Sicherheitsinteressen werden durch die Exportverbote auch wirtschaftliche Schutzinteressen zum Erhalt eigener Wettbewerbspositionen abgesichert, die Technikdiffusion und eine freie Marktentwicklung begrenzen. Jedoch wirken Exportverbote vielschichtig, sie befördern u. a. auch eigenständige Entwicklungen in anderen Ländern und das Entstehen von Parallelmärkten. Vor diesem Hintergrund kann der Schutz auch zur Barriere werden, da beispielsweise US-amerikanische Hersteller von diesen Parallelmärkten ausgeschlossen werden. Die bestehenden Exportverbote haben im Satellitenbereich inzwischen das ITAR-free-Label hervorgebracht, mit dem zertifiziert wird, dass Satelliten frei von amerikanischen Bauteilen sind (und beispielsweise eine Platzierung mit chinesischer Raketentechnik möglich ist, ohne dass bestehende Handelsverträge verletzt werden).

SATELLITENSYSTEME ZUR ERDFERNERKUNDUNG **1.1**

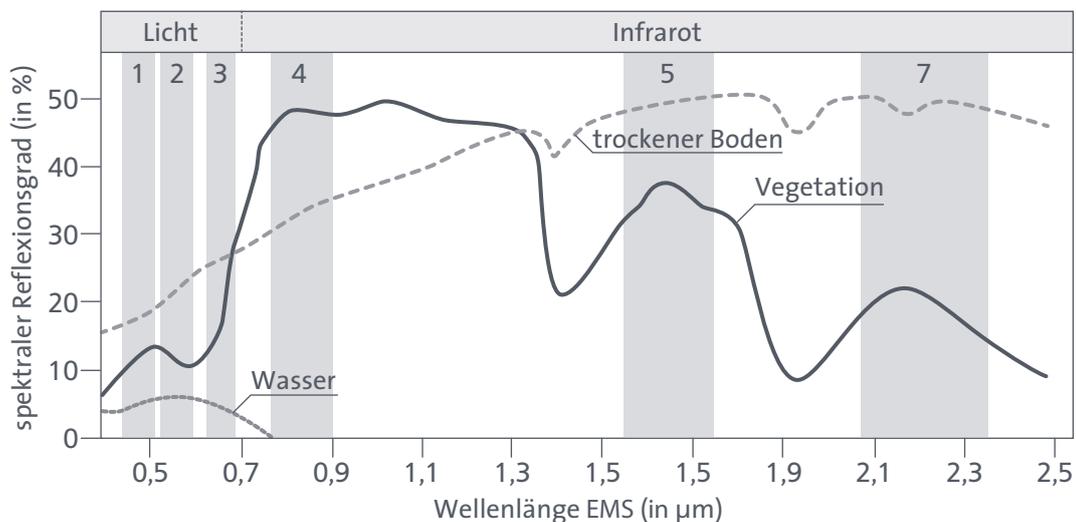
ÖFFENTLICH FINANZIERTE PROGRAMME **1.1.1**

LANDSAT-PROGRAMM

Mitte der 1960er Jahre begann die NASA mit der Planung und Entwicklung eines Satelliten, der explizit unterschiedliche Aufgaben zum Landmonitoring erfül-

len sollte.⁴³ Der Satellit Landsat 1 wurde 1972 gestartet und galt als großer Erfolg. Die Aktivitäten wurden in ein kontinuierliches Fernerkundungsprogramm überführt. Seit 1999 ist Satellit Nummer 7 in Betrieb (Gesamtgewicht: 2,2 t). Bei der Entwicklung der jeweiligen Nachfolgesatelliten war die Gewährleistung der Datenkontinuität stets von hoher Relevanz. Alle Landsat-Satelliten flogen bzw. fliegen auf einer fast polaren, sonnensynchronen Umlaufbahn (Flughöhe 705 km). Ein Umlauf um die Erde dauert ca. 100 Minuten, sodass 14 Umläufe pro Tag erreicht und nach 16 Tagen dieselben Gebiete auf der Erde erneut erfasst werden (Abb. II.6). Die Datenaufnahme erfolgt bisher bei allen Satelliten mit einem optisch-mechanischen Scanner, der auf dem Landsat 7 befindliche »Enhanced Thematic Mapper Plus« (ETM+) nimmt mit insgesamt 100 Spektraldetektoren EMS in 8 Kanälen mehrzeilig auf (Abb. IV.1). Seit 2003 hat der Scanner Probleme beim zeilenweisen Ablesen, die eine aufwendige Bildnachbearbeitung nötig machen (Zeil/Saradeth 2010, S.51 ff.). Die Datenübermittlung auf die Erde erfolgt über das IGS, in das auch drei Bodenstationen in und um Afrika zeitweilig eingebunden sind (Kap. II.3.4.2).

ABB. IV.1 SPEKTRALKANÄLE DES LANDSAT-SCANNERS »ETM+« IM REFLEXIONSSPEKTRUM VON EMS



Kanal 1: 0,45–0,52 µm, Kanal 2: 0,52–0,6 µm, Kanal 3: 0,63–0,69 µm,
 Kanal 4: 0,76–0,9 µm, Kanal 5: 1,55–1,73 µm, Kanal 7: 2,08–2,35 µm
 (sowie Thermalkanal 6: 10,4–12,5 µm, panchromatischer Kanal 8: 0,52–0,9 µm),
 räumliche Auflösung: Kanal 1–5 und 7: 30 m, Kanal 6: 60 m, Kanal 8: 15 m

Quelle: Zeil/Saradeth 2010, S.29

43 landsat.gsfc.nasa.gov (24.7.2012)

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

In der Fernerkundung stellt der 40-jährige Datenbestand des Landsat-Fernerkundungssystems das wohl wichtigste Referenzobjekt mit mittlerer bis geringer räumlicher Auflösung (Tab. II.3) für Analysen von zeitlichen Veränderungen dar (Zeil/Saradeth 2010, S.41). Da jedoch kein Sensor für EMS mit Wellenlängen um 1,4 und 1,9 μm sensitiv ist (Abb. IV.1), lassen sich aus den Landsat-Daten jedoch keine unmittelbaren Aussagen zum Wassergehalt der Vegetation ableiten (Kap. II.2.3).

Nach unterschiedlichen Modellen der Datenbereitstellung werden die gesamten Landsat-Daten seit 2008 kostenlos vom US-amerikanischen geologischen Dienst (»United States Geological Survey«, USGS) zur Verfügung gestellt.⁴⁴

Die Fortführung des allgemein als sehr erfolgreich bezeichneten Landsat-Programms muss zwischen Gewährleistung der Datenkontinuität, was ein zumindest teilweises Festhalten an die einmal gewählte Sensortechnik nahelegt, und Berücksichtigung der technischen Entwicklung, was mit einem Wechsel der Sensortechnik verbunden ist, verortet werden. Die Datenkontinuität steht im Fokus der sogenannten »Landsat Data Continuity Mission« (LDCM), der Start des dazu gehörenden Satelliten Landsat 8 wird derzeit für 2013 geplant.

Ergänzend zum Landsat-Programm wurde mit dem Fernerkundungssatelliten EO-1 die Landsat-Datengenerierung mit neuen Technologien verbunden. EO-1 startete im Jahr 2000 und folgt der Flugbahn der Landsat-Satelliten, wurde jedoch mit weiterentwickelter Sensortechnik ausgestattet. Der verwendete optoelektronische Scanner hat eine breitere spektrale und eine bessere räumliche Auflösung (10 m [pan]), wiegt nur ein Viertel des optisch-mechanischen Scanners von Landsat 7, verbraucht nur ein Fünftel der Energie und war 60 % billiger (Zeil/Saradeth 2010, S.52 f.). EO-1 überträgt seine Daten an vier Bodenstationen (zwei in den USA, je eine in Norwegen und Australien). Seine geplante Betriebsdauer war ursprünglich nur mit 18 Monaten veranschlagt, er ist jedoch bis heute in Betrieb und übertrifft alle Erwartungen.

Landsat und EO-1 sind inzwischen eingebettet in das NASA-Programm EOS.

»EARTH OBSERVING SYSTEM«

1997 starteten die USA ihr nationales Forschungsprogramm »Earth Observing System« (EOS)⁴⁵, zu dem knapp 30 Einzelsatelliten mit unterschiedlichster Sensortechnik, Konfiguration und Größe gehören, die alle ausschließlich auf die Erkundung der Erde ausgerichtet sind. EOS ist gegenwärtig eines der umfangreichsten und aufwendigsten Erdfernerkundungssysteme weltweit. Etliche Satelliten des Programms sind in Kooperation mit anderen Ländern oder anderen Organisatio-

44 landsathandbook.gsfc.nasa.gov (16.2.2012)

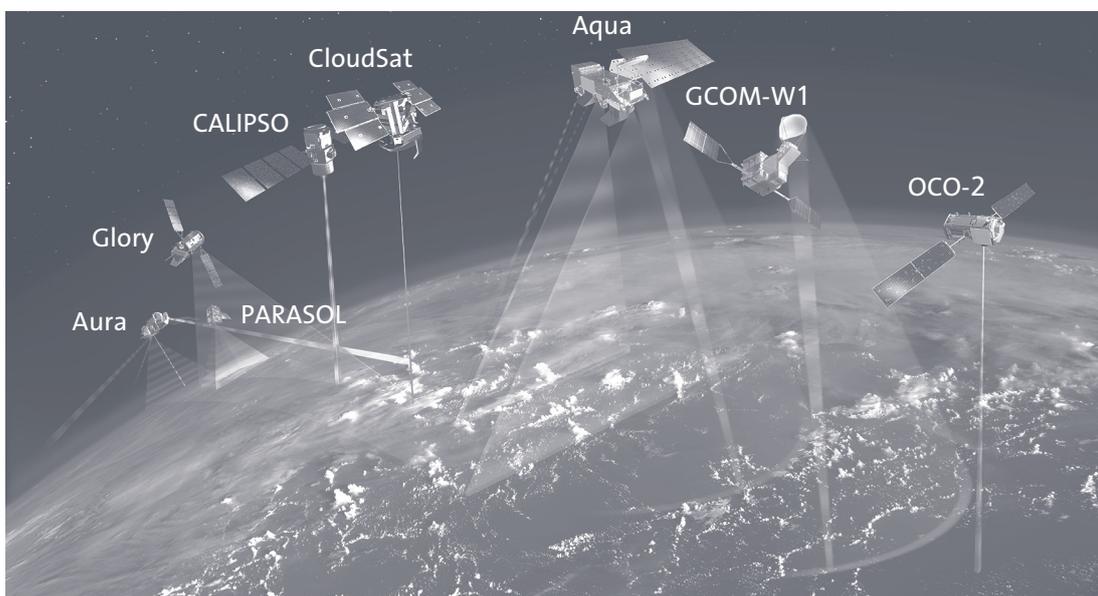
45 <http://eosps0.gsfc.nasa.gov/content/nasas-earth-observing-system-project-science-office> (4.7.2013)

nen entwickelt und gebaut worden (z. B. der Satellit GRACE als US-amerikanisch-deutsche Kooperation, Kap. IV.3). Eine detaillierte Beschreibung aller zum EOS-Programm gehörenden Forschungssatelliten und die unterschiedlichen Kooperationsformen sind im EOS-Handbuch dokumentiert (NASA 2006, S. 54 ff.). Sie reichen von gemeinsam geplanten und durchgeführten Missionen über Kooperationen in Bezug auf einzelne Sensoren oder die Satellitensteuerung bis hin zu Zusammenarbeitsformen bei der Datenauswertung und dem Abgleich mit In-situ-Daten. Auch wenn keine gemeinsamen Aktivitäten mit afrikanischen Ländern gelistet werden, bilden die bereits erprobten Kooperationsformen gegebenenfalls Referenzmodelle, die auch auf afrikanische Länder übertragen werden könnten.

Um die Bedeutung und den Umfang des Programms zu veranschaulichen, wird beispielhaft das Satellitensystem »A-Train« vorgestellt, das lediglich einen Teilbereich des Programms bildet. »A-Train« besteht aus mehreren in Formation fliegenden Forschungssatelliten (Kasten), d. h., die einzelnen Satelliten fliegen auf der gleichen sonnensynchronen Umlaufbahn (Bahnhöhe: 705 km) zeitlich versetzt (Abb. IV.2).

ABB. IV.2

SATELLITENFORMATION »A-TRAIN«



Quelle: www.nasa.gov/images/content/470973main_cloudsat20100723afull.jpg
(8.3.2012)

EXKURS BESCHREIBUNG DER »A-TRAIN-SATELLITEN« (NASA 2006)

Aqua (Start: 2002, geplante Betriebsdauer: 6 Jahre, noch in Betrieb)

Der Satellit ist mit sechs Sensoren ausgestattet (drei optische und drei Radarsysteme; Auflösung: räumlich ca. 1 m, zeitlich 1 bis 2 Tage), von denen vier in US-amerikanischer und je einer in brasilianischer und japanischer Verantwortung entwickelt und gebaut wurden (Gesamtgewicht: ca. 3 t; Kosten für Entwicklung und Start: ca. 1 Mrd. US-Dollar). Lediglich der in brasilianischer Verantwortung gebaute Sensor fiel nach nur 9 Monaten aus. Anwendungsbereiche liegen primär in der Forschung (Meeres- und Atmosphärenbeobachtung, insbesondere zum Wasser- und Kohlenstoffkreislauf). Weitere Anwendungen gibt es in Bezug auf landwirtschaftliche Effizienz, Luftqualität, Kohlenstoff-, Küsten-, Wasser- und Katastrophenmanagement, ökologische Vorhersagen sowie nationale Sicherheit. Zu den Aqua-Wissenschaftsteams, die unterschiedliche Aufgaben im Bereich der Datenvalidierung und Auswertung übernehmen, gehören u. a. auch Wissenschaftler in Nigeria und Südafrika (NASA 2006, S. 76).

Aura (Start: 2004, geplante Betriebsdauer: 5 bis 6 Jahre, noch in Betrieb)

Der Satellit ist mit vier Sensoren ausgestattet (optische und Radarsysteme, die EMS in 21 Kanälen differenziert aufnehmen; räumliche Auflösung: bis in den einstelligen Kilometerbereich), die zum Teil in Kooperation mit Großbritannien, den Niederlanden und Finnland entwickelt und gebaut wurden (Gesamtgewicht: ca. 3 t; Kosten für Entwicklung und Start: ca. 1 Mrd. US-Dollar). Anwendungsbereiche liegen primär in der Forschung, vor allem der Beobachtung der Vorgänge in der oberen und unteren Atmosphäre sowie einer breitgefächerten Umweltbeobachtung (ähnlich wie Envisat, Kap. V.3.1).

PARASOL (Start: 2004, geplante Betriebsdauer: 2 Jahre, noch in Betrieb)

Der Satellit ist lediglich mit einem Spezi­alsensor ausgestattet, der nicht die spektrale Signatur, sondern Richtung und Polarisierung von abgelenkter EMS des optischen Bereichs misst. Der Mikrosatellit (Gesamtgewicht ca. 100 kg) wurde von der französischen Weltraumagentur CNES unter Verwendung bereits erprobter Plattform- und Sensortechnik in kurzer Zeit entwickelt und gestartet. Der Satellit liefert bis heute Daten, allerdings verlässt er seit Ende 2009 langsam seine Position in der A-Train-Formation (er sinkt unter die anderen Satelliten ab), sodass die Daten nicht mehr simultan aufgenommen werden können. Vor seiner vollständigen Abkopplung vom »A-Train« Ende 2012 sollte 2011 der Satellit Glory seine Position in der Formation übernehmen, dieser ging allerdings beim Start verloren. Untersuchungsschwerpunkte liegen primär in der Wolkenbeobachtung, insbesondere der Erfassung der Strahlungseigenschaften und der Zusammensetzung. Neben PARASOL lie-



fern auch die Satelliten CALIPSO und CloudSat Spezialdaten zur Erforschung der Wolken.

CALIPSO (Start: 2006, geplante Betriebsdauer: 3 Jahre, noch in Betrieb)

Der Satellit ist mit drei Sensoren ausgestattet (einem optischen, einem Radar- und einem Laserscanner; räumliche Auflösung: 125 m bis 1 km [optisch und Radar], ca. 1 m [LIDAR]; zeitliche Auflösung: 16 Tage), die in US-amerikanisch-französischer Koproduktion entwickelt und gebaut wurden (Gesamtgewicht: ca. 0,6 t; Kosten für Entwicklung und Start ca. 275 Mio. US-Dollar). Anwendungsbereiche liegen primär in der Erforschung der Einflüsse von Wolken und Aerosolen auf das Wetter und die Luftqualität auf der Erde.

CloudSat (Start: 2006, geplante Betriebsdauer: 3 Jahre, noch in Betrieb)

Der Satellit ist mit einem hochempfindlichen Radarsensor zur Wolkenbeobachtung ausgestattet (ca. 1.000-mal sensitiver als herkömmliche Wetterradare auf geostationären Umlaufbahnen, sodass er auch noch sehr dicke Wolken mit starken Regen- und Schneefällen durchdringen kann; räumliche Auflösung: ca. 500 m; zeitliche Auflösung: 12 Stunden) und wurde von der NASA mit kanadischer Beteiligung entwickelt und gebaut (Gesamtgewicht: ca. 1 t; Kosten für Entwicklung und Start ca. 200 Mio. US-Dollar). Der Satellit wurde zusammen mit dem Satelliten CALIPSO gestartet. Anwendungsbereiche liegen primär in der Wolkenbeobachtung, insbesondere in der Messung der reflektierten EMS.

OCO und Glory (Start: 2009 und 2011, abgestürzt)

OCO (Orbiting Carbon Observatory) (Entwicklungskosten 273 Mio. US-Dollar) sollte die CO₂-Konzentrationen der Atmosphäre erfassen, und Glory (Entwicklungskosten 305 Mio. US-Dollar) den Einfluss der Energieabstrahlung der Sonne auf das Klima und die Atmosphäre untersuchen. Beide Satelliten sollten die A-Train-Formation ergänzen, gingen jedoch infolge des gleichen technischen Fehlers der Trägerrakete beim Start verloren und stürzten ins Meer. Der Start des Satelliten OCO-2 wird gegenwärtig für 2014 geplant.

GCOM (Start ursprünglich 2012 geplant)

GCOM (Global Change Observation Mission)⁴⁶ ist eine japanische Fernerkundungsmission. Der ursprüngliche Plan, alle vorgesehenen Sensoren auf einem einzigen Satellitenbus zu installieren, wurde geändert, nachdem der Satellit ADEOS 2 (eine US-amerikanisch-französisch-japanische Koproduktion) aufgrund von fehlerhaften Sonnensegeln bereits kurz nach dem Start ausfiel. Stattdessen sollen zwei Satelliten gebaut werden GCOM-W und GCOM-C.

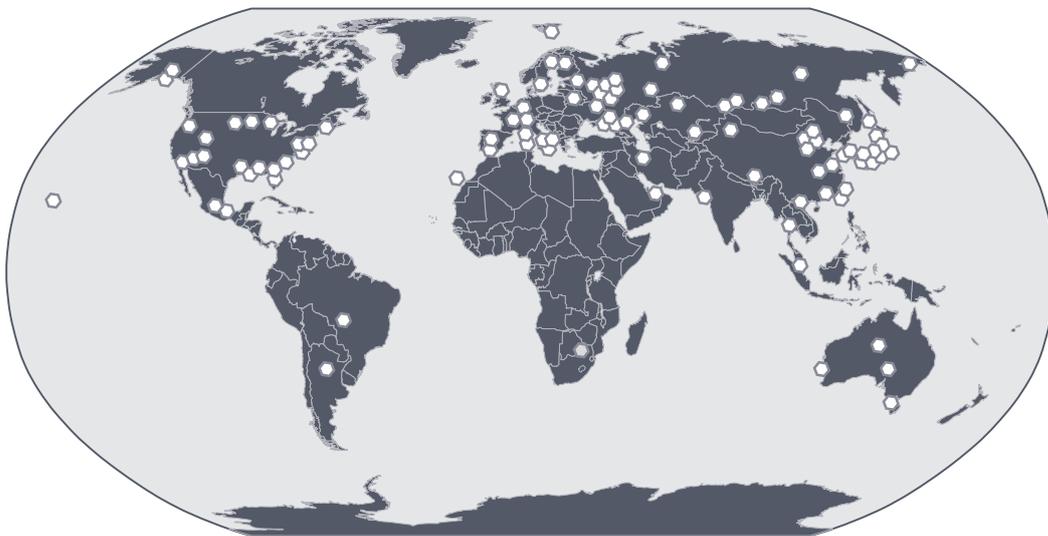
46 www.jaxa.jp/pr/brochure/pdf/04/sat25.pdf (8.3.2012)

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

GCOM-W (Entwicklungskosten 200 Mio. US-Dollar) ist mit einem passiven Mikrowellenradiometer zur Beobachtung von Wasserphänomenen auf der Erde ausgestattet und 2012 gestartet worden. GCOM-C wird mit einem optoelektronischen Sensor ausgestattet, der EMS vom nahen UV bis zum thermalen Infrarot in mehreren Kanälen aufnehmen soll. Anwendungsbereiche liegen primär in der Beobachtung von Wasser- und Klimaphänomenen. Dieser Satellit ist noch nicht gestartet worden.

ABB. IV.3

EMPFANGSSTATIONEN FÜR EOS-DATEN UND INFORMATIONSDIENSTE



Quelle: Kelly et al. 2010, S.8

Allein durch das EOS-Programm hat sich die Zahl operationeller Sensoren im Weltraum innerhalb von 6 Jahren verdreifacht. In der Folge ist auch die Datenmenge, die kontinuierlich zur Erde übertragen und gespeichert wird und für wissenschaftliche und/oder kommerzielle Anwendungen zur Verfügung steht, gestiegen. Die Datenübertragung auf die Erde erfolgt im Wesentlichen über drei EOS-Bodenstationen (davon zwei nordpolnah). Über das Daten- und Informationssystem EOSDIS und unterschiedliche themenspezifische Datenzentren werden die Satellitendaten jeweils mit eigenen Analysetools aufbereitet, archiviert und zugänglich gemacht. Die Datenzentren bieten auch eine Reihe von Informationsprodukten und -diensten an. Der Zugang zu Daten und Informationsdiensten ist für registrierte Nutzer nahezu in Echtzeit entweder über Breitbandinternetanschlüsse oder über das Datenrelaissatellitensystem TDRSS (Kap. II.3.4.2) mit Empfangsstationen möglich. Die Kosten für die minimale Geräteausstattung für eine Empfangsstation schätzen Kelly et al. (2010, S.9) auf ca. 200.000 US-Dollar (ohne Installation). Die wissenschaftlichen EOS-Daten (für die die NASA die alleinigen Urheberrechte hat) und Aufbereitungssoftware werden von der

NASA kostenlos zur Verfügung gestellt. Bis 2010 gab es 100 solcher Empfangsstationen, darunter jedoch nur zwei in Afrika – eine ist die zu Spanien gehörende Bodenstation in Maspalomas und eine Empfangsstation befindet sich in Südafrika (Abb. IV.3).

Das EOS-Programm mit seinem im Auf- und Ausbau befindlichen Daten- und Informationssystem liefert einen Beitrag zur US-amerikanischen Geodateninfrastruktur (Kap. II.4).⁴⁷ Daten des EOS-Programms fließen auch als unterschiedliche nationale Beiträge in GEOSS ein (Kap. VI.2).

Im Rahmen von EOS ist die NASA 1997 erstmalig eine Kooperation mit einem kommerziellen Satellitenbetreiber eingegangen, der sowohl Planung und Bau als auch den operationellen Betrieb des Satelliten übernahm (OrbView-2).

PRIVAT FINANZIERTER FERNERKUNDUNGSSATELLITEN

1.1.2

Die Privatisierung des Erdfernerkundungssektors in den USA begann schrittweise. Das Unternehmen Orbital Sciences Corporation (OSC) beteiligte sich zunächst an Satellitenmissionen, indem es den Satellitenbus baute und den operativen Betrieb des Satelliten übernahm. Der 1995 gestartete OrbView-1 war der erste in öffentlich-privater-Partnerschaft gebaute Satellit mit einem Sensor zur Wetterbeobachtung. Der 1997 gestartete OrbView-2 besaß einen von der NASA entwickelten, optoelektronischen Sensor, der sich insbesondere zur Ozeanbeobachtung eignete. Für den operativen Betrieb des Satelliten und die Vermarktung der Daten wurde ORBIMAGE, als Spin-off von OSC, gegründet. Von diesem privaten Satellitenbetreiber kaufte die NASA erstmalig Fernerkundungsdaten und hatte für diese Daten auch Veröffentlichungsrechte bis Ende 2004. Ein Folgevertrag in dieser Form kam nicht zustande (NASA 2006, S.216 f.). Nachdem Ende 2010 der Sensor ausfiel, wurde diese Mission für beendet erklärt. OrbView-3 wurde 2003 gestartet. Der optoelektronische Sensor liefert hochaufgelöste Daten (1 m [pan] und 4 m [multi] in fünf Kanälen), seit 2007 jedoch aufgrund technischer Probleme in deutlich reduzierter Qualität. OrbView-4 ging beim Start verloren.

Space Imaging Ltd. ist die zweite privatwirtschaftliche Firma, die seit Ende des letzten Jahrtausends auf dem kommerziellen Fernerkundungsmarkt agiert. Nach einem Fehlstart, bei dem der erste Satellit verlorenging, wurde im September 1999 der Satellit IKONOS (ein Nachbau) erfolgreich positioniert. Der Sensor liefert hochaufgelöste Daten (0,82 m [pan] und 3,3 m [multi]). Der Satellit hat eine Wiederkehrzeit von 11 Tagen, die sich aufgrund der starken Neigefähigkeit der Sensoren jedoch wesentlich verändern lässt. Durch die Neigefähigkeit können die Daten auch für die Berechnung von Geländemodellen herangezogen werden (Zeil/Saradeth 2010, S.66 f.).

⁴⁷ <http://earthdata.nasa.gov/about-eosdis> (8.3.2012)



Im Jahr 2006 wurde Space Imaging Ltd. von ORBIMAGE aufgekauft und das Konsortium in GeoEye® umbenannt.⁴⁸ Auch die Nachfolgesatelliten von OrbView und IKONOS heißen GeoEye. 2008 wurde GeoEye-I als nächste Satellitengeneration mit hochauflösenden Sensoren in Betrieb genommen. Die räumliche Auflösung der Sensoren erreicht 0,41 m (pan) und 1,65 m (multi), öffentlich zugänglich sind jedoch nur Daten oberhalb der Schwellenwerte von 0,5 m (pan) und 2 m (multi). Damit wird eine Bildqualität erreicht, die schon stark in Richtung Luftbild tendiert und diese sukzessive ersetzen wird. Mit GeoEye-II, dessen Start für 2013 geplant ist, sind Bodenaufösungen von 0,25 m bzw. 1 m geplant. Damit wird dann die Lücke zwischen Luftbild und Satellitenbild vollständig geschlossen werden (Zeil/Saradeth 2010, S. 67).

GeoEye gilt gegenwärtig als eines der weltgrößten Unternehmen für den Vertrieb und die Aufbereitung von Fernerkundungsdaten (ca. 300 Mitarbeiter, Jahresumsatz mehr als 200 Mio. US-Dollar). Laut Zeil/Saradeth (2010, S. 68) ist GeoEye derjenige kommerzielle Anbieter von räumlich höchstaflösenden Satellitendaten, der in Zukunft das größte Potenzial auf diesem Markt haben wird.

DigitalGlobe™ ist eine weitere Firma, die sich auf dem Markt der Fernerkundungsdaten etabliert hat. Sie startete im Jahr 2000 ihr eigenes hochauflösendes Satellitenprogramm namens QuickBird. Der Satellit hat eine räumliche Auflösung von 0,6 m (pan) und 2,4 m (multi). Nachdem der erste Satellit beim Start verlorenging, konnte der Nachbau Ende 2001 erfolgreich installiert werden. Der Nachfolgesatellit WorldView I wurde 2007 mit einem Sensor, der nur im panchromatischen Bereich mit einer räumlichen Auflösung von 0,5 m aufzeichnet, ausgestattet und platziert. Dieser Satellit ist in einer Kooperation mit einer Behörde, die dem US-Verteidigungsministerium unterstellt ist (National Geospatial Intelligence Agency, NGA), entwickelt worden. Ein Teil der Fernerkundungsdaten ist der NGA vorbehalten. 2009 wurde WorldView II gestartet, dessen Sensor in acht Kanälen mit hoher räumlicher Auflösung aufzeichnet (0,46 m [pan] und 1,8 m [multi], öffentlich zugänglich sind jedoch nur Daten oberhalb der Schwellenwerte). Diese Spezifikationen machen den neuen Satelliten zu einem wichtigen Instrument für detaillierte Untersuchungen von Veränderungsprozessen auf der Erdoberfläche – von der Vegetation bis zu Sicherheitsaspekten (z. B. der Beobachtung von Flüchtlingslagern) (Zeil/Saradeth 2010, S. 68).

BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

1.2

Fernerkundungsdaten, die mit US-amerikanischen Fernerkundungssystemen aufgenommen wurden, werden in unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt und verwendet. Die Entscheidung, alle Landsat-Daten und Teile der EOS-Daten-

⁴⁸ launch.geoeye.com/LaunchSite/about/faq.aspx (14.8.2012)



bestände kostenlos zugänglich zu machen, kann sicher als ein Meilenstein bezeichnet werden, auch für mögliche Anwendungen in Afrika. Damit wird es sowohl für viele Organisationen der Entwicklungshilfe als auch für Fachkräfte in afrikanischen Ländern erheblich leichter, die Fernerkundungsdaten zu nutzen und spezifische Informationsdienste zu entwickeln. Auch Schulungs- und Ausbildungsprogramme profitieren von dieser Situation. In unterschiedliche Geoinformationssysteme sind Landsat-Datensätze teilweise bereits standardmäßig integriert bzw. können diese Daten leicht integriert werden.

Der Ansatz des freien Zugangs und der freien Nutzung von Geodaten wird von unterschiedlichen Softwareentwicklern aufgegriffen und weitergeführt. Insbesondere die 2006 gegründeten Non-Profit-Organisationen Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) und OpenStreetMap Foundation entwickeln Open-Source-Geoinformationssysteme, deren Informationsdienste unter der Verwendung der Landsat-Daten ebenfalls vollständig kostenlos genutzt und weiterentwickelt werden können. Diese Möglichkeit sollte für sogenannte »value adder« von Fernerkundungsdaten in Entwicklungsländern ein attraktives Angebot bedeuten. 2011 haben OSGeo und die Internationale Kartographische Vereinigung sich zum Ziel gesetzt, innerhalb der nächsten 3 Jahre weltweit 20 Open-Source-Entwicklungs- und Ausbildungszentren⁴⁹ aufzubauen. Das erste Zentrum wurde in den USA am Center for Earth Observation der North Carolina State University eröffnet. Das erste afrikanische Zentrum wurde 2012 in Südafrika eröffnet (Kap. IV.6.5).

Nachfolgend soll beispielhaft auf zwei spezifische Informationsdienste, die mit öffentlichen Mitteln aufgebaut wurden, sowie auf privatwirtschaftlich forcierte Initiativen zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Geoinformationsdiensten für den afrikanischen Raum eingegangen werden. Abschließend werden internationale Kooperationen genannt, die ebenfalls darauf abzielen, dass die Fernerkundungstechnologie auch in Afrika nutzbringend eingesetzt werden kann.

INFORMATIONSDIENST: »FAMINE EARLY WARNING SYSTEMS NETWORK«

»Famine Early Warning Systems Network« (FEWS NET)⁵⁰ ist ein Hungerfrühwarnsystem, das mit Mitteln der staatlichen Entwicklungshilfe (United States Agency of International Development, USAID) aufgebaut wurde. Internationale, regionale und nationale Partner beteiligen sich und stellen Daten bereit, auf deren Grundlage Gefährdungen der Ernährungssicherheit in Afrika, Mittelamerika und Afghanistan frühzeitig erkannt werden sollen, sodass gegebenenfalls Gegenmaßnahmen ergriffen werden können.

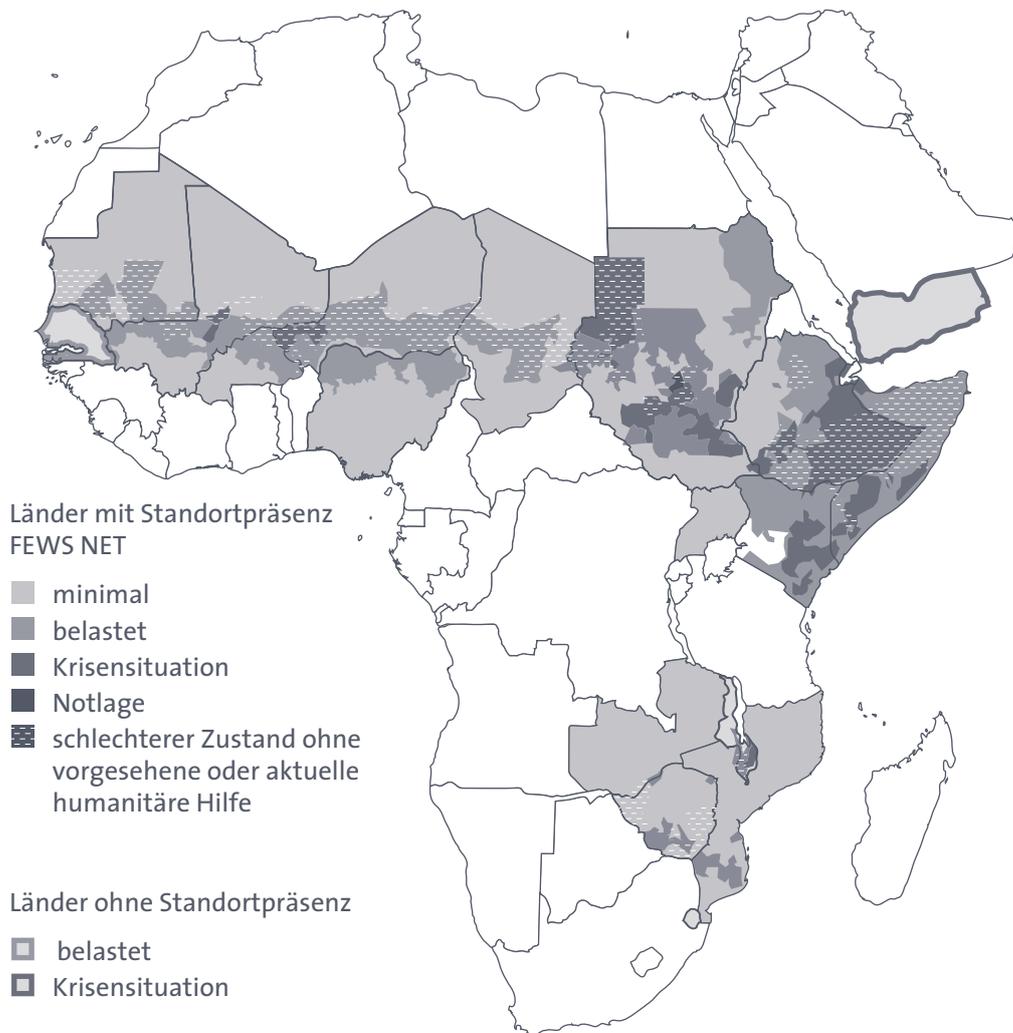
49 Weitere Informationen zu Open-Source-Zentren unter <http://gis.ncsu.edu/osgeorel/> (10.10.2012)

50 www.fews.net/ (26.3.2012)

^
 > IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
 v

Mit der Entwicklung von FEWS NET wurde bereits Ende der 1980er Jahre begonnen. An FEWS NET sind gegenwärtig 21 Länder Afrikas beteiligt. Aufbauend auf unterschiedlichen Fernerkundungsdaten (vor allem von meteorologischen Satelliten) werden Modelle entwickelt und gespeist, mit denen beispielsweise regionale Wassersättigungsgrade und Vegetationsunterschiede erfasst oder Regenwahrscheinlichkeiten berechnet werden. Die Modelldaten werden mit vielfältigen weiteren sozioökonomischen Daten verknüpft, zu prospektiven Indikatoren für regionale Ernährungskrisen weiterverarbeitet und grafisch und verbal dargestellt (Abb. IV.4). Mithilfe dieses Hungerfrühwarnsystems wurden für Teile Mauretaniens und die Gebiete am Horn von Afrika bereits im März 2012 Krisen im Sommer prognostiziert.

ABB. IV.4 FEWS NET: GESCHÄTZTE NAHRUNGSMITTELSICHERHEITSBEDINGUNGEN (MÄRZ 2012)



Quelle: www.fews.net/_fews/images/imagery/Global_near_fp.png (26.3.2012)



INFORMATIONSDIENSTE »DEVELOPMENT LOOP« UND »CLIMATE CHANGE AND AFRICAN POLITICAL STABILITY«

Die gemeinnützige Organisation Development Gateway⁵¹ (Spin-off der Weltbank) hat zusammen mit Esri (Entwickler kommerzieller Geoinformationssysteme, die unter ArcGIS firmieren) und zwei US-amerikanischen Universitäten den Informationsdienst »Development Loop for AidData«⁵² entwickelt, der Entwicklungshilfeaktivitäten weltweit darstellt. Für den Prototypen, der seit 2011 verfügbar ist, wurden die Daten von Projekten der Weltbank und der Afrikanischen Entwicklungsbank georeferenziert und aufgenommen. Mit dem Informationsdienst können Aktivitäten der Entwicklungszusammenarbeit weltweit dargestellt und interpretiert werden, was die Transparenzinitiativen dieses Bereichs unterstützt und wodurch Informationen für entsprechende Entscheidungsprozesse aufbereitet werden. Die Entwickler weisen darauf hin, dass die Aussagekraft des Informationsdienstes erhöht wird, je mehr Geberorganisationen sich beteiligen und je besser das vielfältige Einzelengagement differenziert oder gemeinschaftlich abgebildet werden kann. Der Informationsdienst bereitet inzwischen Daten für vielfältige vorausschauende politische Entscheidungsfindungsprozesse auf, die mitunter über die ursprüngliche Programmidee hinausgehen; z. B. wird der Informationsdienst in Malawi eingesetzt, um für die Regierung auf nationaler Ebene externe Finanzierungen abzubilden und zu verfolgen (Richardson 2012). Für diese GIS-Anwendung sind keine Fernerkundungsdaten erforderlich.

Parallel dazu hat das Robert S. Strauss Center for International Security and Law (Universität Texas) den Geoinformationsdienst »Climate Change and African Political Stability«⁵³ entwickelt, durch den Indikatoren der regionalen Verwundbarkeit errechnet und visualisiert werden können (Abb. IV.5).

Fernerkundungsdaten könnten insbesondere verwendet werden, um regionale Verwundbarkeitsindikatoren anhand von Veränderungen der natürlichen Lebensbedingungen zu ermitteln. In der weiteren Entwicklung wurde die Anzahl der Indikatoren kontinuierlich erhöht. Insbesondere für Afrika wurden Indikatoren zu politischen, wirtschaftlichen und sozialen Gefährdungen integriert, die klimainduzierte regionale Verwundbarkeiten zusätzlich verschärfen. Der Geoinformationsdienst visualisiert unterschiedliche regionale Verwundbarkeitsindikatoren in Afrika und deren Veränderungen im zeitlichen Verlauf. Der Informationsdienst, der im Auftrag des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums entwickelt wurde, kann u. a. auch Verlaufsformen kriegerischer Auseinandersetzungen abbilden (z. B. konnte gezeigt werden, dass paramilitärische Gruppen von Uganda

51 www.developmentgateway.org/ (10.10.2012)

52 <http://developmentloop.com/> (10.10.2012)

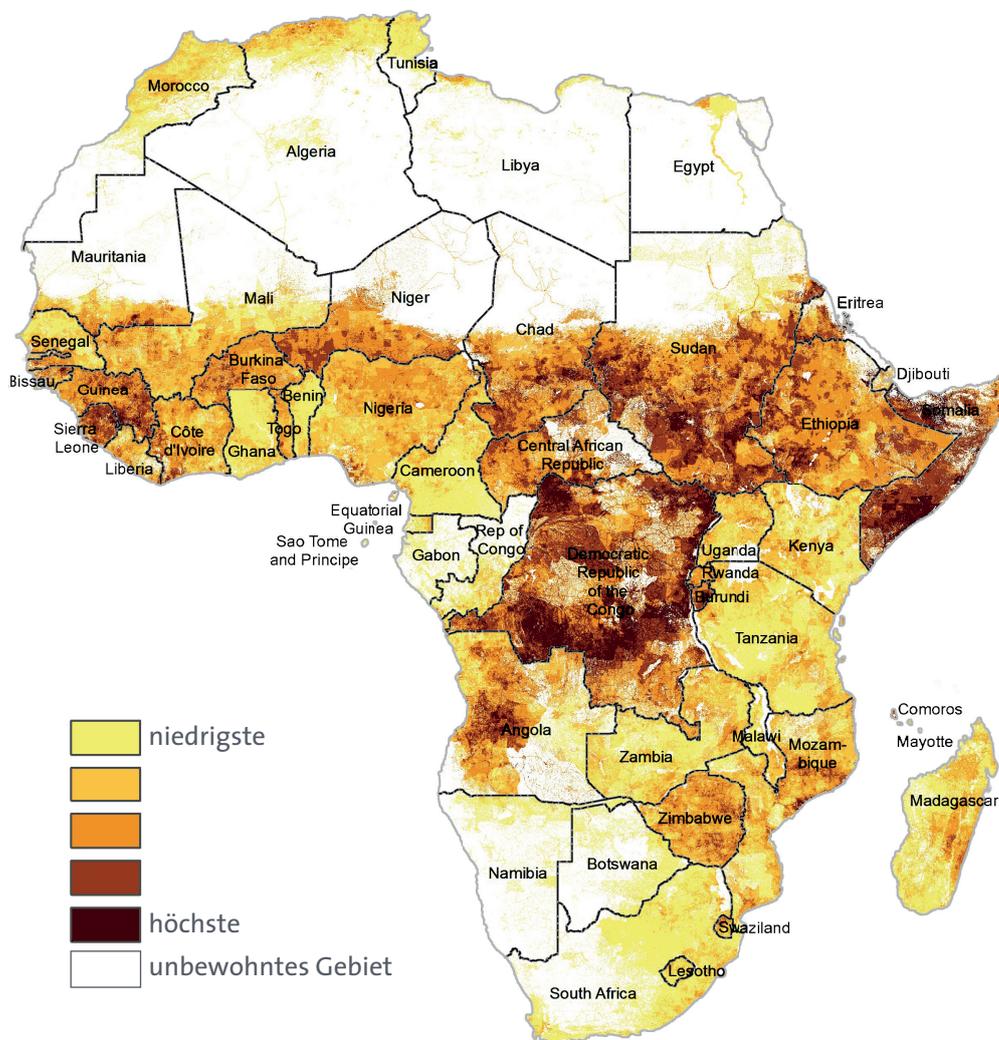
53 www.strausscenter.org/ccaps/climate-vulnerability-publications.html?download=89 (10.10.2012)

^
 > IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
 v

aus insbesondere in Regionen mit besonders hoher Verwundbarkeit im Südsudan und in der Demokratische Republik Kongo abwanderten).

2012 wurden beiden Geoinformationsdienste, die weiterhin auch singulär genutzt werden können, für Afrika miteinander verknüpft. Dadurch kann u. a. abgebildet werden, wie Mittel der Entwicklungszusammenarbeit in spezifische Regionen fließen und möglicherweise die Verwundbarkeit dort im Zeitverlauf verändern. Die Entwickler bezeichnen den Informationsdienst als signifikante Innovation im Kontext der Transparenzinitiative zur Steigerung der Effektivität von nicht nur globalen Entwicklungspartnerschaften (Richardson 2012).

ABB. IV.5 ZUSAMMENGESETZTER VERWUNDBARKEITSINDIKATOR* IN AFRIKA



* Summe aus Indikatoren zur klimabedingten Belastung, Bevölkerungsdichte, Haushalts- und Ortswiderstandsfähigkeit sowie Staatsführung und Gewalt

Quelle: Busby et al. 2011, S.5

PRIVATWIRTSCHAFTLICHE PROJEKT BETEILIGUNGEN UND GIS-ENTWICKLUNGEN IN UND FÜR AFRIKA

Die Geoinformationsdienste der US-amerikanischen Firma Google, die hauptsächlich Satellitendaten der Firma DigitalGlobe verwenden, haben in den letzten Jahren eine hohe Bekanntheit erlangt, denn die Informationsdienste von Google Earth bzw. Google Maps, die auf eine Nutzung durch die Zivilbevölkerung ausgerichtet wurden, stehen weitgehend kostenlos via Internet zur Verfügung.

Um die Anwendungspotenziale in Afrika zu erweitern, beteiligt sich auch Google an unterschiedlichen Initiativen, beispielsweise an einem Kooperationsprojekt zwischen der amerikanischen Columbia Universität, der englischen Universität von Reading und der nationalen Wetteragentur Äthiopiens mit dem Titel »Building Capacity to Produce and Use Climate and Environmental Information for Improving Health in East Africa«⁵⁴. In Ostafrika waren bodennahe Witterungsaufzeichnungen, wenn sie nicht ganz fehlten, oft lücken- und/oder fehlerhaft sowie außerhalb der Wetteragentur nur schwer zugänglich. Das Projekt zielte darauf ab, diese bodennahen Witterungsdaten mit Satellitendaten aus 30 Jahren zu vergleichen und zu erweitern und diese verbesserten Witterungsinformationen der breiteren Öffentlichkeit, z. B. in der Wissenschaft und im Gesundheitssystem in digitalisierter Form per Internet frei zugänglich zu machen. Neben der verbesserten Datenbereitstellung gehörte zum Projekt auch ein Trainingsprogramm für potenzielle Nutzergruppen, um diese zu befähigen, Witterungsdaten besser in ihren Anwendungsgebieten berücksichtigen zu können. Die Datenverarbeitungsroutinen zur Aufbereitung von besonders bruchstückhaften bodennahen Witterungsdaten mit Satellitendaten, die im Rahmen dieses Projekts entstanden sind, können auch in anderen Ländern und Regionen in Afrika genutzt werden.

Google kündigte auf der UN-Klimakonferenz im Dezember 2010 (COP 16) an, eine »Google Earth Engine« zu entwickeln. Sie soll Satellitendaten in Bezug auf das Monitoring von Landnutzungsänderungen aufbereiten und online und für die Wissenschaft und andere öffentliche Bereiche kostenlos zugänglich machen. Die Initiative wurde auf dem Treffen grundsätzlich begrüßt, jedoch bestanden bei Experten Zweifel über die Fähigkeit, mit dieser Plattform akkurate Daten zu Wäldern und Ökosystemen vor allem in den Entwicklungsländern bereitstellen zu können. Insbesondere wurde bezweifelt, dass mit einer einzigen einheitlichen Prozedur die Umweltsituation in unterschiedlichsten Ländern und Regionen allein auf der Basis von Satellitendaten korrekt wiedergegeben werden kann.⁵⁵ Der erste Prototyp dieses Informationsdienstes befindet sich gegenwärtig noch in der Entwicklung.⁵⁶

54 portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt/gateway/PTARGS_0_2_7959_0_0_18/Final%20Google%20report.pdf (14.8.2012)

55 www.scidev.net/en/news/google-earth-engine-launched-in-cancun.html (14.8.2012)

56 <http://earthengine.google.org/#intro> (14.8.2012)

WEITERE ANWENDUNGEN UND INTERNATIONALE KOOPERATIONEN

Über unterschiedliche internationale Kooperationen und Netzwerke stehen die Daten diverser US-amerikanischer Satellitenprogramme auch für Anwendungen in Afrika zu Verfügung, z. B.:

- > Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen (Kap. VI.1): Landsat, QuickBird und GeoEye-1 sind beteiligt.
- > GEO und dessen in Aufbau befindliches System GEOSS (Kap. VI.2): Die USA sind GEO-Gründungsmitglied und haben eine Gruppe von 17 vor allem staatlichen Institutionen gebildet, die sich am Aufbau von GEOSS beteiligen.⁵⁷
- > UNO (Kap. VI.3): Vor allem Daten des Landsat-Programms werden aufgrund des kostenlosen Zugangs in vielfältigsten Projekten der UNO und ihrer spezifischen Organisationseinheiten (UNOOSA, UN-SPIDER) verwendet (Beispiele in UN-SPIDER 2010).

FRANKREICH

2.

Frankreich räumt Aktivitäten im Weltraum seit Jahrzehnten einen sehr hohen Stellenwert ein und fördert diese in einem hohen Maß. Das Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) koordiniert alle diesbezüglichen nationalen Aktivitäten. Bereits in den 1960er Jahren startete CNES das national eigenständige Satellitenprogramm. Über vielfältige Kooperationen beteiligt sich CNES an weiteren bi- bis multinationalen Fernerkundungsprogrammen. Auch in Frankreich reicht die Spanne der Finanzierungsmodelle für diese Fernerkundungsaktivitäten von vollständig öffentlichen über öffentlich-private Partnerschaften bis hin zu ersten rein kommerziellen Projekten.

SATELLITENSYSTEME ZUR ERDFERNERKUNDUNG

2.1

ÖFFENTLICH FINANZIERTE SATELLITENKOOPERATIONEN

2.1.1

A-TRAIN UND JASON (FRANZÖSISCH-US-AMERIKANISCHE KOOPERATIONEN)

Frankreich beteiligt sich an der A-Train-Formation mit dem Satelliten PARASOL, der vollständig in Frankreich konzipiert, gebaut und finanziert wurde, und mit dem Satelliten CALIPSO, der gemeinschaftlich gebaut wurde und betrieben wird.

Jason ist ein französisch-US-amerikanisches Fernerkundungsprogramm zur Meeresbeobachtung. Die Satelliten Jason-1 (Start 2001) und Jason-2 (Start 2008) befinden sich auf einer geneigten Umlaufbahn in 1.340 km Höhe, wodurch sie sich besonders zur Beobachtung tropischer Meere eignen (Abb. IV.6). Die Satel-

⁵⁷ usgeo.gov (18.7.2012)

liten sind mit unterschiedlichen Radarsensoren zur Bestimmung von Wellenhöhen und Wasserdampfgehalt der Luft sowie mit unterschiedlichen Instrumenten zur genauen Positionsbestimmung ausgestattet. Zusammen mit den Envisat-Daten (Kap. V.3.1) bilden die Jason-Daten die wichtigste Informationsquelle für präzise globale Vorhersagen über Meeresströmungen und Wellengang (Höhenmessungen des Meeresspiegels auf 4 cm genau) (NASA 2006, S. 167 ff.).

ORFEO (FRANZÖSISCH-ITALIENISCHE KOOPERATION)

Das Satellitenprogramm ORFEO (»Optical and Radar Federation for Earth Observation«) wurde 2006 als französisch-italienische Kooperation begonnen. Italien lieferte vier Satelliten, COSMO-SkyMed 1 bis 4 (Start von 2007 bis 2010),⁵⁸ die mit Radarsensoren (»X-Band Synthetic Aperture Radar«) ausgestattet sind. Die SAR-Antenne ist schwenkbar und kann senkrecht zur Flugbahn unterschiedlich große Flächen aufnehmen, die räumliche Auflösung variiert von 1 bis 100 m. Die Konstellation von vier baugleichen Satelliten ermöglicht eine hohe zeitliche Auflösung. Frankreich liefert die Satelliten Pléiades 1 und 2 (Start 2011 und geplant 2013)⁵⁹ mit hochauflösenden optoelektronischen Sensoren, die EMS in fünf Kanälen aufnehmen (räumliche Auflösung 0,5 m [pan] und 2 m [multi]). Die geplante Lebensdauer beträgt 5 Jahre.

Die Satelliten der ORFEO-Formation sind so positioniert, dass sie zusammen jedes Gebiet der Erde mindestens einmal am Tag aufnehmen können, wobei aufgrund der schwenkbaren Aufnahmetechnik bestimmte Gebiete sogar innerhalb von ca. 4 Stunden wiederholt aufgenommen werden können. Durch spezifische Aufnahmekonstellationen und Datenverarbeitung (Interferometrie) können hochgenaue Datenprodukte, wie z. B. digitale Höhenmodelle, abgeleitet werden. Sowohl militärische als auch zivile Nutzungskonzepte sind vorgesehen.

MEGHA-TROPIQUES (FRANZÖSISCH-INDISCHE KOOPERATION)

Der Satellit⁶⁰ wurde in einer Kooperation zwischen der französischen und indischen Weltraumagentur entwickelt. Von den vier Radarsensoren wurden zwei von CNES konzipiert und in Frankreich gebaut, einer ist eine indisch-französische Ko-Produktion und ein Sensor wurde in Italien gebaut. Die indische Weltraumagentur ISRO übernahm den Bau des Satellitenbusses und die Platzierung des Satelliten Ende 2011. Der Satellit befindet sich auf einer vergleichsweise stark geneigten Umlaufbahn (Höhe 864 km, Bahnneigung 20° zum Äquator). Durch diese Bahnneigung werden nur die Tropenregionen beobachtet, wodurch auch Daten zu weiten

58 www.telespazio.it/cosmo.html (17.6.2012)

59 smc.cnes.fr/PLEIADES/lien2_sat.htm (17.6.2012). Obwohl Frankreich über die ESA über eigene Raketentechnologie verfügt, wurde Pléiades 1 mit einer russischen Träger-rakete befördert, für die eine extra Startrampe auf dem ESA-Raketenstartplatz in Französisch-Guyana gebaut wurde.

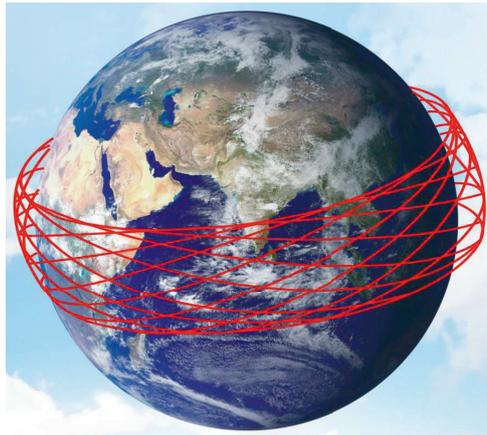
60 <http://smc.cnes.fr/MEGHAT> (8.3.2012)

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

Teilen Afrikas aufgezeichnet werden. Die nördliche Hemisphäre wird gar nicht überflogen. Da nur ein Teil der Erdoberfläche überflogen wird, werden diese Gebiete auf der Erde in kürzeren Abständen gescannt (Abb. IV.6).

ABB. IV.6

UMLAUFBAHN DES SATELLITEN MEGHA-TROPIQUES



Quelle: www.isro.org/pslv-c18/pdf/pslv-c18-brochure.pdf (16.2.2012)

Mit dem Satelliten soll das Wetter in den Tropenregionen beobachtet werden, insbesondere Strahlungsbudgets, das Reflexionsverhalten der Wolkenbedeckung und die Energieverteilung im tropischen Konvektionssystem.

SPOT-SATELLITEN – EINE ÖFFENTLICH-PRIVATE PARTNERSCHAFT 2.1.2

SPOT («Système pour l'Observation de la Terre») ist das für zivile Anwendungen konzipierte Erdfernerkundungsprogramm der französischen Weltraumagentur CNES. 1986 wurde der erste Fernerkundungssatellit SPOT 1 (Gesamtgewicht 1,8 t) mit der europäischen Trägerrakete Ariane 1 vom Startplatz in Französisch-Guyana mit einer geplanten Lebensdauer von 3 Jahren in einen sonnensynchronen Umlauf (822 km) gebracht. SPOT 1 stellte einen technologischen Entwicklungssprung in der Erdfernerkundung dar: Zwei schwenkbare optoelektronische Scanner, die in vier Spektralkanälen aufzeichnen, lieferten bereits 3 Tage nach dem Start Daten mit einer räumlichen Auflösung von 10 m (pan) und 20 m (multi) und erreichten aufgrund der Neigefähigkeit eine zeitliche Wiederholung von bis zu 2 bis 3 Tagen. Damit war die französische SPOT-Mission erheblich leistungsstärker als das US-amerikanische Landsat-Programm.

SPOT 1 lieferte 18 Jahre lang Daten. Die Datenkontinuität wird bis heute gewährleistet. SPOT 4 wurde 1998 gestartet und ist noch aktiv. Die höchste Auflösung liefert seit 2002 SPOT 5 (räumliche Auflösung 2,5 m oder 5 m [pan], 10 m [multi], 20 m [Infrarot]). Durch die Zwillingssformation der Satelliten SPOT 4 und SPOT 5 ist die tägliche Beobachtung fast jeden Punktes auf der Welt mög-

lich. Die ursprünglich für SPOT 1 entwickelte Satellitenplattform gilt inzwischen als Industriestandard für eine Vielzahl von Missionen.

Das SPOT-Programm wurde von Anfang an für eine kommerzielle Datennutzung angelegt. Bau und Betrieb der Satelliten übernahm die Firma EADS Astrium, für die Vermarktung der Daten und die Entwicklung von abgeleiteten Informationsdiensten wurde Spot Image (eine 100 %ige Tochterfirma von EADS Astrium, die 2010 in EADS Astrium Services integriert wurde) gegründet. Laut Betreiberangaben hält SPOT 5 im Segment der 2 m aufgelösten Satellitenbilddaten derzeit einen Anteil von ca. 80 % am Weltmarkt.⁶¹ 2009 legte EADS Astrium sein vollständig eigenfinanziertes Projekt »Astro Terra« auf, das die Weiterführung der SPOT-Mission gewährleisten soll. Dafür werden SPOT 6 (2012 gestartet) und SPOT 7 (Start für 2014 geplant) die bestehende Satellitenformation ergänzen. Trotz dieser kommerziellen Grundstruktur gibt es auch einen nichtkommerziellen Nutzungsbereich, der auch Anwendungen in Afrika gezielt in den Blick nimmt.

Die Daten des SPOT-Programms sind vor allem für die Vegetationsbeobachtung geeignet, wie z. B. zur Forstkartierung und zum Monitoring landwirtschaftlicher Anbauflächen. Das Programm der Europäischen Kommission zur Überwachung von Subventionsvergaben in der Landwirtschaft (MARS) verwendet beispielsweise SPOT-4-Daten zum Vergleich von Anbauflächen und Fruchtarten in jährlichem Abstand. Die hohe räumliche Auflösung und die Fähigkeit, durch Stereobilder digitale Höhenmodelle und maßstabgetreue Oberflächenbilder zu erstellen, wird zur Überarbeitung von topografischen Karten (im Maßstab von 1:50.000 bis 1:10.000) genutzt.

INITIATIVE ZUM TECHNOLOGIETRANSFER NACH AFRIKA

2.1.3

Nach der Etablierung des britischen Technologietransferprogramms DMC (Kap. IV.4) hat auch der französische Satellitenbauer EADS Astrium unter Beachtung des Exportkontrollregimes bzw. der europäischen Dual-Use-Verordnung (Kap. III.3) ein Technologietransferprogramm ausgearbeitet, in dessen Rahmen der Bau von Satelliten (schlüsselfertig und/oder teilgefertigt), der Bau von Bodensegmenten und mehrjährige Schulungsprogramme für Ingenieure angeboten werden. Nach der thailändischen hat die algerische Raumfahrtbehörde ASAL (Kap. IV.6.1) mit EADS Astrium 2006 einen Wirtschaftsvertrag im Rahmen dieses Technologietransferprogramms abgeschlossen. Zum Lieferumfang gehören der Bau des Satelliten Alsat-2a,⁶² eine Intensivschulung (laut EADS Astrium verbracht über 20 algerische Ingenieure rund 3 Jahre mit dem französischen Entwicklungsteam), die Vor-Ort-Installation von Bodenstationen sowie die Bereitstellung der Trägerplattform und der Nutzlast für einen Satelliten Alsat-2b, dessen Endfer-

⁶¹ www.astrium.eads.net/de/news/25-jahre-spot-satelliten.html (7.3.2012)

⁶² www.astrium.eads.net/de/programme/alsat-2.html (8.3.2012)

tigung die algerischen Ingenieure selbst übernehmen sollen. 2010 wurde Alsat-2a mit einer indischen Trägerrakete platziert (Alsat-2b ist bisher noch nicht platziert). Der Vertrag wurde mit staatlichen Exportkreditgarantien abgesichert.

Inwiefern ein tatsächlicher Technologietransfer im Rahmen dieses Programms gelingt und die jeweiligen Länder eigene Kapazitäten zum Bau und Betrieb von Fernerkundungsdaten aufbauen, bleibt abzuwarten.

BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

2.2

Ebenso wie das amerikanische Landsat-Programm ist auch das französische SPOT-Programm aufgrund seines inzwischen langjährigen Datenbestandes, seiner hohen räumlichen Auflösung und seines Nutzungs- und Vermarktungskonzepts weit verbreitet, u. a. auch für Anwendungen in Entwicklungsländern. Zahlreiche Forschungsprojekte und nutzerinitiierte oder zumindest nutzerfokussierte Anwendungsprojekte verwenden Daten des SPOT-Programms.

FORSCHUNGSPROJEKTE

CNES beschäftigt sich seit etlichen Jahren unter dem Begriff »teleepidemiology« mit Anwendungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten zur Untersuchung von Krankheitsausbrüchen und deren Ausbreitung (Marechal et al. 2008). Die epidemiologischen Daten zu den jeweiligen Krankheiten werden dazu auf lokaler Ebene vor Ort erfasst (In-situ-Datenkomponente). In den vergangenen Jahren wurden in ausgewählten Regionen Afrikas unterschiedliche Projekte durchgeführt, z. B. im Senegal zum Rifttalfeieber⁶³ (Lacaux et al. 2006; Vignolles et al. 2009) und zu Malaria (Machault et al. 2009) sowie in Burkina Faso zu Malaria (Dambach et al. 2012). Bei diesen Krankheiten, die gehäuft in tropischen Regionen auftreten, liegt die Vermutung nahe, dass Oberflächenfeuchtigkeit und kleine Gewässer die Ausbreitung dieser Krankheiten begünstigen. Spezifische räumlich und zeitlich hochaufgelöste Fernerkundungsdaten sind nötig, um daraus gegebenenfalls krankheitsbegünstigende Situationen erkennen zu können. Für Vegetations- und Oberflächengewässeranalysen wurden Daten mit SPOT 5 erhoben, der sich aufgrund seiner Möglichkeit, die Sensoren auf eine bestimmte Untersuchungsregion auszurichten, sowie aufgrund der hohen räumlichen und spezifisch spektralen Auflösung eignete. Meteorologische Daten wurden in der Vergangenheit durch den TRMM-Satelliten⁶⁴ bereitgestellt, zukünftig dürfte auch Megha-Tropiques die Daten liefern können.

63 Rifttalfeieber ist eine Virusinfektion, die durch Mücken übertragen wird und fast ausschließlich in unterschiedlichen Regionen Afrikas auftritt.

64 TRMM: Tropical Rainfall Measuring Mission; der Satellit wurde in einer Kooperation zwischen den USA und Japan im Rahmen von EOS entwickelt und platziert.

Durch die hochaufgelösten Fernerkundungsdaten werden unterschiedliche Indikatoren (z. B. Höhenlage, Oberflächenwasser, Niederschlagsmengen, Oberflächentemperaturen, Luftfeuchtigkeit, Landbedeckung, Vegetation) berechnet, die wiederum differenzierte feuchtigkeitsassoziierte Geländeklassifikationen ermöglichen. Vor Ort wurden Daten zur Mückenpopulation (Larven und Mücken) und zu aufgetretenen Krankheiten erfasst. Aus satellitendatenbasierten Indikatoren und krankheitsrelevanten In-situ-Daten werden Vorhersagemodelle erstellt, mit denen Erkrankungsrisiken prospektiv abgeschätzt werden sollen.

Die Projekte im Senegal wurden bilateral durchgeführt. Ein Forschungsinstitut in Dakar war für die lokale Datenerhebung verantwortlich und lieferte Fachwissen zu den Krankheiten und diese begünstigenden Faktoren. Französische Partner waren für die Bereitstellung der Fernerkundungsdaten und die Modellbildung zuständig. Das Projekt in Burkina Faso wurde trilateral durchgeführt (auch ein deutsches Forschungsinstitut war beteiligt).

Die genannten Projekte gelten als Forschungsprojekte zur Modellbildung und Wissensgenerierung, sie zielen (noch) nicht auf den Aufbau (pre)operationeller Informationsdienste.

INITIATIVE »PLANET ACTION«

Die Firma Spot Image initiierte 2007 die Initiative »Planet Action«⁶⁵ als eine neue Form der Zusammenarbeit im Non-Profit-Bereich. Die Initiative unterstützt Fernerkundungs- und GIS-Fachgruppen bei deren Hilfen für NGOs sowie diverse Organisationen und Institutionen im Forschungs-, Ausbildungs- und Anwendungsbereich, die sich mit Klimaänderungs- und Anpassungsthemen befassen. Vision der Initiative ist die Verwendung von Fernerkundungs- und GIS-Technologien bei der Auseinandersetzung mit und der Bewältigung von Folgen der Klimaveränderung.

Durch die Initiative wurden und werden mehr als 400 Projekte unterstützt, davon 127 in Afrika, die in Anlehnung an Themen der UN-Umweltkonventionen (Kap. VI.3) insgesamt acht Rubriken zugeordnet werden. In Afrika werden in den Rubriken Biodiversität und seine Erhaltung sowie Wald und Entwaldung die meisten Projekte durchgeführt. Auch in anderen Rubriken werden zahlreiche Projekte durchgeführt. Am häufigsten in Subsahara-Afrika (Abb. IV.7). An einigen wenigen Projekten in Afrika sind auch deutsche Partner beteiligt (Kasten).⁶⁶

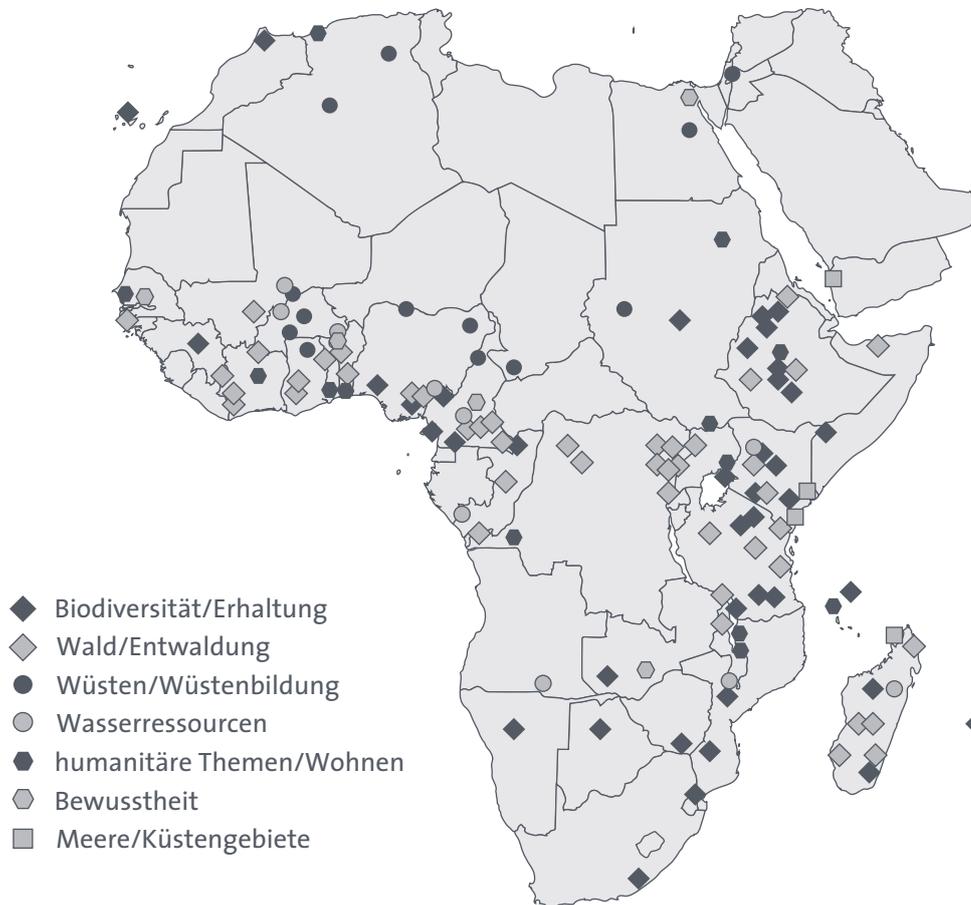
Regelmäßig stehen bei den Projekten Aktivitäten und Maßnahmen vor Ort im Mittelpunkt, die durch unterschiedliche Monitoring- oder Analyseverfahren, die sich u. a. auf Fernerkundungsdaten stützen, begleitet und ergänzt werden. Die Initiative »Planet Action« ist ein Teil des UN-SPIDER-Netzwerks (Kap. VI.3).

65 www.planet-action.org (19.7.2012)

66 Detaillierte Informationen zu den einzelnen Projekten unter www.planet-action.org.

ABB. IV.7

INITIATIVE »PLANET ACTION«, PROJEKTE IN AFRIKA



Quelle: www.planet-action.org/web/44-explore-on-the-map.php?projectID=5401
 (20.7.2012)

ANGEWANDTE FERNERKUNDUNGSPROJEKTE IN AFRIKA IM RAHMEN DER INITIATIVE »PLANET ACTION« MIT DEUTSCHER BETEILIGUNG

- > Bewertung eines Bewässerungsprojekts im Sourou-Tal (Burkina Faso)
 Deutsche Beteiligung: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ, Magdeburg); Geographisches Institut der Universität Göttingen
- > Einfluss geografischer Faktoren und Klimaveränderungen auf die Verbreitung wasserassoziierter Infektionskrankheiten (Burkina Faso)
 Deutsche Beteiligung: Geographisches Institut der Universität Göttingen
- > Maßnahmen zum Erhalt des Tai-Sapo-Komplexes, des größten grenzüberschreitenden Waldgebietes in Westafrika (Elfenbeinküste)
 Deutsche Beteiligung: Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie (Leipzig)
- > Waldmonitoring der Dalloo- und Surod-Forstgebiete in Somaliland (Somalia)



- Deutsche Beteiligung: Welthungerhilfe (Projektfinanzierung), Terralabs International Deutschland (Projektdurchführung)
- › Analyse von Biodiversitätsmustern in afroalpinen Ökosystemen im Angesicht der Klimaveränderung und der sozioökonomischen Transformation (Äthiopien)
Deutsche Beteiligung: Initiative »Global Change Ecology« und internationale Graduiertenschule »African Studies« der Universität Bayreuth; Geographisches Institut der Universität Würzburg
 - › Bestimmung der oberirdischen Biomasse und des Kohlenstoffspeicherpotenzials mithilfe von Satellitendaten im Waldschutzgebiet von Abdoulaye (REDD-Mechanismen)(Togo)
Deutsche Beteiligung: Hamburg University of Applied Sciences
 - › Umweltplanungsstrategien unter Bedingungen der schnellen Expansion im Großraum Kairo (Ägypten)
Deutsche Beteiligung: Institut für Landschaftsökologie der Universität Münster
 - › Klimaänderung und Planungskonsequenzen: Bewertung der Verwundbarkeit durch den Klimawandel der Stadt Beira (Mosambik)
Deutsche Beteiligung: GTZ/GIZ
 - › BALE Mountain Nationalpark – der erste kohlenstoffneutrale Park (Äthiopien, abgeschlossenes Projekt)
Deutsche Beteiligung: Zoologische Gesellschaft Frankfurt

AKTIVITÄTEN IM RAHMEN DER ENTWICKLUNGSZUSAMMENARBEIT UND INTERNATIONALE KOOPERATIONEN

Im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit ist Frankreich für viele afrikanische Länder grundsätzlich ein Hauptansprechpartner, u. a. weil Französisch aufgrund der kolonialen Vergangenheit offizielle Amtssprache etlicher afrikanischer Länder ist. Laut Komp et al. (2010, S.37) setzt Frankreich seine europäische Vorreiterrolle in der Fernerkundungstechnologie im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit auch aktiv ein (z. B. Initiative »Planet Action«). Über zahlreiche internationale Kooperationen ist CNES mit seinen Satellitenprogrammen an vielfältigen Anwendungsprojekten in Afrika beteiligt. Die französische Entwicklungsagentur (Agence Française de Développement, AFD) und die staatsnahe Gesellschaft IGN France International führen vielfältige Zusammenarbeitsprojekte mit afrikanischen Ländern durch. In Fernerkundungsprojekten ist vorrangig IGN France International ein starker Wettbewerber deutscher Consultingfirmen.

Die Daten des französischen SPOT-Programms wie auch die der Satellitensysteme Jason und ORFEO fließen in das im Aufbau befindliche, europäische Informationsportal Copernicus ein und stehen darüber hinaus auch weiteren Anwendungen in Afrika zur Verfügung (Kap. V.4). Frankreich ist auch über europä-

ische (Kap. V) und internationale Kooperationen (Kap. VI) an vielfältigen Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungsprojekten der Fernerkundungstechnologie in afrikanischen Ländern maßgeblich beteiligt.

DEUTSCHLAND

3.

Bereits vor dem Fall der Mauer haben sich die beiden deutschen Staaten an unterschiedlichen internationalen Fernerkundungsprojekten beteiligt, die Bundesrepublik vor allem durch seine Mitgliedschaft in der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) (Kap. V.3), die DDR im Rahmen von Kooperationen mit der damaligen UdSSR. Nach der Wiedervereinigung hat Deutschland kooperative Fernerkundungsaktivitäten im Rahmen der ESA weiterverfolgt und erste eigenständige Fernerkundungssatelliten geplant, gebaut und betrieben. Weltraumaktivitäten im Allgemeinen und Fernerkundungsaktivitäten im Besonderen werden in Deutschland im Wesentlichen von der Bundesregierung finanziert und gelenkt. Für deren Planung und Umsetzung ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zuständig – sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich. Die erste Satellitenmission zur expliziten Erdfernerkundung initiierte die Bundesregierung 1995 als Leitprojekt für die Raumfahrtindustrie in den östlichen Bundesländern, um das dort existierende Raumfahrt-Know-how zu fördern. Damit begann der Aufbau eigenständiger nationaler Erdfernerkundungssatelliten mit öffentlichen Mitteln.

AUSRICHTUNG DER DEUTSCHEN WELTRAUMPOLITIK

3.1

In der 2006 erstmals aufgelegten Hightech-Strategie der Bundesregierung stellte die Raumfahrt den finanziell größten Einzelbereich dar. Die Aufwendungen der Bundesregierung für die Raumfahrt wurden seitdem um etwa 10 % pro Jahr gesteigert auf insgesamt 1,2 Mrd. Euro im Jahr 2010, wobei mehr als die Hälfte des Betrages an die ESA fließt (Bundesregierung 2010, S.2 ff.). Die Raumfahrt wird gegenwärtig als ein zentraler Pfeiler der Hochtechnologiepolitik bezeichnet und die Erdbeobachtung an erster Stelle der strategisch auszubauenden Kompetenzen genannt (Bundesregierung 2010, S.6). Dort werden nicht nur Spitzenpositionen zum Teil mit Alleinstellungsmerkmalen, sondern auch die Konzentration auf solche Hightech-Spitzenleistungen angestrebt. Ziel ist es, eine europäische Vorreiterrolle zu übernehmen und die Technologieführerschaft bei diesen Schlüssel- und Schrittmachertechnologien zu festigen (Bundesregierung 2010, S.14). Das Streben nach immer leistungsstärkerer und neuartiger Technologie ist in der gegenwärtigen Weltraumstrategie der Bundesregierung stark ausgeprägt. »Der ›2. Platz‹ in Europa sollte nicht nur Grund zur Zufriedenheit, sondern auch Ansporn sein« (Bundesregierung 2010, S.4).

Besondere Stärken der deutschen Weltraumindustrie werden in der Satellitentechnologie gesehen. Unterschiedliche Satellitenmissionen zur Erdfernerkundung werden entweder über die Beteiligung an ESA-Projekten (Kap. V.3) oder auch als national eigenständige Fernerkundungsmissionen gefördert. Während bei ESA-Beteiligungen nach wie vor zwischenstaatliche Organisationen die Betreiber der Satelliten bleiben, wird bei national eigenständigen Missionen auch in Deutschland über öffentlich-private Partnerschaften eine Überführung in private Strukturen angestrebt (Bundesregierung 2010).

Um die Kommerzialisierung normativ zu untermauern, wurde in Deutschland 2007 das Satellitendatensicherheitsgesetz verabschiedet, das, analog zum US-amerikanischen Verfahren, den Betrieb von Fernerkundungssystemen, die Daten mit besonders hohem Informationsgehalt erzeugen können, zulassungspflichtig macht (§ 3 Abs. 1 SatDSiG) und das Verbreiten hochaufgelöster Fernerkundungsdaten (Kap. II.3.2.3) aus nationalen Sicherheitsgründen reguliert. Deutschland ist gegenwärtig das erste europäische Land mit einer solchen Regelung, das damit auch einen rechtsverbindlichen Rahmen für private Fernerkundungsaktivitäten geschaffen hat (Meyer-Nehls 2011, S. 68).

Die Bundesregierung vertritt den Ansatz, dass die Raumfahrt die Infrastruktur liefert und Daten bereitstellt, die Datenauswertung jedoch einen eigenständigen Bereich bildet (Bundesregierung 2010, S. 4). In der Folge wird die Raumfahrt als Schlüssel für die Lösung globaler Herausforderungen bezeichnet und betont, dass sich die Raumfahrtstrategie in den Gesamtrahmen politischer Zielsetzungen einordnet. Schnittstellen zu Globalisierung, Wissensgesellschaft, Klimawandel, Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen und der gesamtstaatlichen Sicherheitsvorsorge werden zwar genannt. Da die Datenanwendungen als nachgelagerte Dienstleistungen jedoch außerhalb der Betrachtung liegen, bleibt offen, wie Sektoren- oder Förderkonzepte unterschiedlicher Ressorts wie z. B. Entwicklungszusammenarbeit oder Bildung und Forschung, die diesen Schlüssel erst in praxisrelevante Lösungen übertragen, konkret mit der Weltraumstrategie verknüpft werden.⁶⁷

⁶⁷ Noch deutlicher wird diese Position bei der Acatech-Positionierung zur deutschen Raumfahrtpolitik, in der insbesondere im Bereich der Erdbeobachtung die »nachgelagerten Mehrwertdienste« als anderer Wirtschaftssektor aufgefasst werden (acatech 2010, S. 7), wodurch die gesamte Anwendung der Technologie aus der Betrachtung ausgeklammert wird und bei der Entwicklung von perspektivischen Leitlinien keine Rolle mehr spielt.

SATELLITENSYSTEME ZUR ERDFERNERKUNDUNG

3.2

ÖFFENTLICH FINANZIERTE SATELLITEN

3.2.1

Das DLR listet eine Reihe von Satellitenmissionen⁶⁸ auf, die in unterschiedlichen Kooperationsformen entstanden sind und durchgeführt wurden bzw. werden. Im Rahmen der Erdfernerkundung liefern die folgenden öffentlich finanzierten Satelliten kontinuierlich Daten.

CHAMP (2000–2010), GRACE (SEIT 2002), SWARM (IN PLANUNG) – SATELLITEN EINES GEOWISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNGSPROGRAMMS

Der Forschungssatellit CHAMP,⁶⁹ ein Gemeinschaftsprojekt des Geoforschungszentrums Potsdam (GFZ) und des DLR, war die erste national eigenständige, öffentlich finanzierte Fernerkundungsmission. Über Kooperationen bei der Gerätebereitstellung waren die französische und die US-amerikanische Weltraumagentur an der Mission beteiligt. Der Satellit wurde mit russischer Trägertechnologie (Trägerrakete und Startplatz) im Jahr 2000 auf seine Umlaufbahn gebracht. Die Sensoren dieses Forschungssatelliten erfassten Daten zum Schwere- und Magnetfeld der Erde und zur Temperatur- und Wasserdampfverteilung in der Atmosphäre. Der Satellit lieferte bis 2010 Daten und wird von den Betreibern als eine der erfolgreichsten nationalen Satellitenmissionen bewertet.

GRACE⁷⁰ gilt als technische Weiterentwicklung von CHAMP und soll mittels spezifischer Magnetfeldsensoren ebenfalls das Gravitationsfeld der Erde untersuchen. Bei GRACE ermöglichen allerdings zwei in Formation fliegende Kleinsatelliten (jeweils 460 kg) eine viel höhere Messgenauigkeit im Vergleich zu CHAMP. Die Zwillingsatelliten wurden in einer deutsch-amerikanischen Kooperation entwickelt (deutscher Partner war das GFZ) und mit russischer Trägertechnologie positioniert. Beide Satelliten fliegen auf derselben Umlaufbahn (Bahnhöhe zwischen 450 und 500 km) mit einem Abstand von 200 km Entfernung zueinander. Für diesen Formationsflug wurde das Verfahren »Satellite-to-Satellite-Tracking« entwickelt. Neben der Erforschung geophysikalischer Phänomene werden Anwendungspotenziale vorrangig im Bereich der zunehmend autonomen Navigation von Flugobjekten gesehen.

Über Bodenstationen in Norwegen (Spitzbergen) und Deutschland (Neustrelitz) werden die aufgenommenen Daten an das Datenzentrum am GFZ übermittelt, das für die Datenaufbereitung und Qualitätsprüfung verantwortlich ist und die wissenschaftliche Analyse der Daten leitet. Bei der Aufbereitung der Satellitenda-

68 www.dlr.de/rb/desktopdefault.aspx/tabid-2814/ (5.3.2012)

69 www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2440/3586_read-5330/ (5.3.2012)

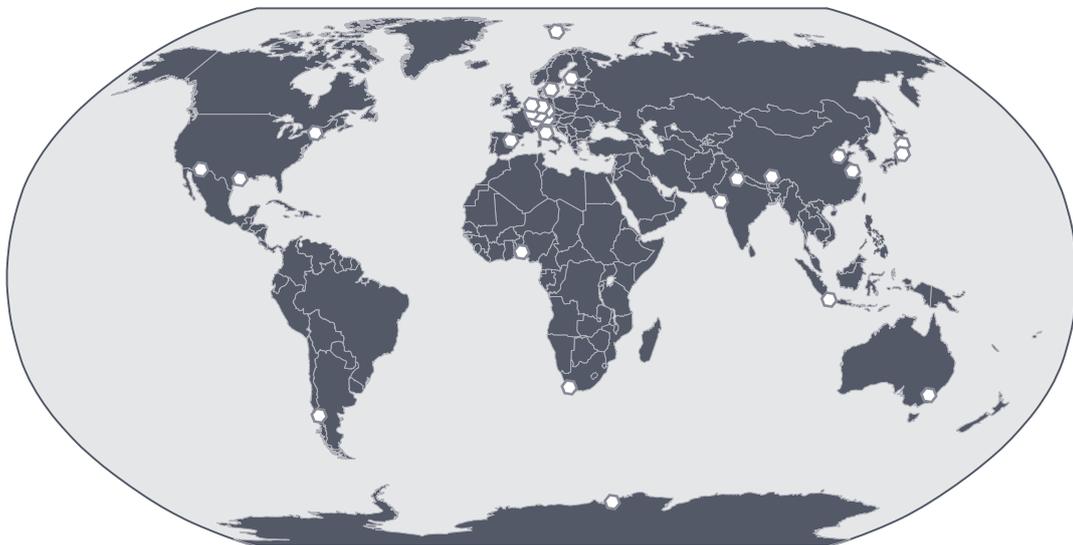
70 www.dlr.de/rb/desktopdefault.aspx/tabid-6813/11188_read-6309/ (5.3.2012)

ten werden diese u. a. mit unterschiedlichen geodynamischen In-situ-Datenreihen verglichen und gemeinsam analysiert. Für diese terrestrischen Messungen wird im Rahmen des »Global Geodynamics Project«⁷¹ ein weltweites Messstationsnetz aufgebaut (Abb. IV.8). Im Rahmen einer 1998 zwischen Deutschland und Südafrika vereinbarten Wissenschaftskooperation wurde das südafrikanische astronomische Observatorium in Sutherland aufgebaut und in dieses Netz integriert. 2010 begann der Aufbau einer zweiten afrikanischen Station (in Djougou, Benin).

Satelliten- wie auch In-situ-Daten werden internationalen Forschungsgruppen zur Verfügung gestellt, die sich an der Auswertung beteiligen können. Die Daten sind, nach kurzer Anmeldung, im Information System and Data Center des GFZ oder bei der NASA frei verfügbar.⁷² Der Schwerpunkt der gemeinsamen Analyse von Satelliten- und In-situ-Daten liegt gegenwärtig in Europa, die Analyseverfahren sollen jedoch auch auf andere Regionen der Erde übertragbar sein. Über die bilaterale Kooperation mit Südafrika werden neben dem Observatorium vier weitere Forschungseinrichtungen als Kooperationspartner an den Forschungsarbeiten zur Datenauswertung beteiligt.⁷³

ABB. IV.8

WELTWEITES STATIONSNETZ FÜR BODENNAHE GEODYNAMISCHE MESSUNGEN (STAND 2010)



Quelle: www.eas.slu.edu/GGP/maps/world5b.pdf (5.3.2012)

71 www.eas.slu.edu/GGP/ggphome.html (5.3.2012)

72 GTZ ISDC-Archiv: <http://isdc.gfz-potsdam.de>; NASA: <http://podaac.jpl.nasa.gov/> (FTP via JPL/PO.DAAC)

73 www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+1/sec12/topics/observatories_and_satellite_infrastructure/SAGOS (5.3.2012)

Die thematische Fortsetzung der CHAMP- und GRACE-Missionen soll die SWARM-Mission – drei in Formation fliegende Satelliten – werden, die gegenwärtig unter der Leitung der ESA vorbereitet wird. In Deutschland sind das GFZ und das DLR beteiligt, das deutsche SWARM-Projektbüro befindet sich am GFZ. Es bereitet die Datenauswertung und -nutzung in verschiedenen Geowissenschaften vor. Die Satelliten sollen 2013 von Russland aus gestartet werden.

BIRD (2001–2004), TET-1 (SEIT 2012) – SATELLITEN FÜR EINE FIREBIRD-KONSTELLATION

Der Mikrosatellit BIRD⁷⁴ wurde vom DLR am Standort Berlin entwickelt und 2001 als Beiladung einer indischen Rakete in seine sonnensynchrone Umlaufbahn gebracht. Er ist mit einem Infrarotsensor ausgestattet, der es erstmals ermöglichte, die Ausdehnung von Waldbränden und die auftretenden Flammentemperaturen aus dem Weltall zu bestimmen. Parallel zum satellitengetragenen Sensor wurde eine flugzeuggetragene Sensorvariante getestet. Obwohl der Satellit eine räumliche Auflösung von 185 m hat, können mittels mathematischer Verfahren Feuer mit einer Flächenausdehnung ab ca. 50 m detektiert werden. Ein Teil der Datenaufbereitung (einschließlich der Klassifikation) erfolgt bereits an Bord des Satelliten, sodass die übertragene Datenmenge reduziert wird. Die Bodenstation in Neustrelitz übernahm den Datenempfang. Der Satellit war bis 2004 im operationellen Betrieb (Sensortests werden nach wie vor durchgeführt).

Auf BIRD aufbauend wurde der Technologieerprobungsträger (TET)⁷⁵ entwickelt, ein Mikrosatellitenbus mit planmäßiger Betriebsdauer von nur einem Jahr, der eine neue Art der Technologieprüfung unter realen Bedingungen erlaubt, bevor einzelne Technikkomponenten für den Langzeiteinsatz vorgesehen werden. Der Infrarotsensor des ersten Satelliten dieser Serie, TET-1,⁷⁶ hat im Vergleich zu BIRD stark erweiterte Möglichkeiten der sofortigen Datenverarbeitung an Bord. TET-1 sollte als Beiladung bereits im Frühjahr 2011 mit russischer Raketentechnik platziert werden, der Start musste jedoch mehrfach verschoben werden und erfolgte mit 16 Monaten Verspätung.

Neben dem Bau und Betrieb der Satelliten wurden Möglichkeits-, Machbarkeits- und Marktstudien durchgeführt. Eine FIREBIRD-Satellitenkonstellation befindet sich beim DLR in Planung. Sie könnte die Weltraumkomponente für ein automatisiertes Waldbrandfrühwarnsystem bilden, das unterschiedliche flugzeuggetragene und bodennahe Komponenten eines Waldbrandüberwachungssystems ergänzen könnte. Auch bodennahe Überwachungssysteme werden gegenwärtig in mehreren Bundesländern getestet. Spezifische Geoinformationssysteme sollen helfen, Waldbrände früh zu erkennen und Löscheinsätze effektiv zu organisieren,

74 www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2440/3586_read-5329/ (5.3.2012)

75 www.dlr.de/rd/desktopdefault.aspx/tabid-2274/3396_read-5085/ (11.9.2012)

76 www.dlr.de/os/desktopdefault.aspx/tabid-7156/12283_read-29219/ (11.9.2012)

sodass zerstörerische Brände verhindert werden. Infolge steigender Waldbrandrisiken arbeiten Forschergruppen weltweit am Aufbau solcher Systeme.

SATELLITEN IN ÖFFENTLICH-PRIVATEN PARTNERSCHAFTEN 3.2.2

Nach den ersten erfolgreichen nationalen Satellitenmissionen, die mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden, ging man im weiteren Verlauf dazu über, Erdfernerkundungssysteme in öffentlich-privaten Partnerschaften zu entwickeln und zu betreiben. Damit soll auch in Deutschland der Versuch unternommen werden, diesen Teil der Weltraumtechnologie schrittweise in kommerzielle Strukturen zu überführen und die staatliche Finanzierungshilfe zu reduzieren.

TERRASAR-X, TANDEM X

TerraSAR-X⁷⁷ wurde 2007 gestartet (Gesamtgewicht ca. 1,2 t, Bau- und Startkosten ca. 130 Mio. Euro, geplante Betriebsdauer 5 Jahre). Er fliegt auf einer fast polaren sonnensynchronen Umlaufbahn (Flughöhe 514 km) mit einer Wiederholrate von 11 Tagen. Seitwärtsausrichtungen der Sensorik erlauben es jedoch, dass einzelne Punkte auf der Erdoberfläche alle 2 bis 3 Tage erfasst werden können. Der Satellit verfügt über einen Radarsensor, der EMS im X-Band verwendet. Der Sensor kann in verschiedenen Modi mit unterschiedlicher räumlicher Auflösung betrieben werden. Der Modus mit der höchsten Bodenauflösung (1 bis 2 m) ist vor allem für urbane und andere sehr detaillierte Anwendungen interessant. Über Interferometrie können aus den Daten auch Geländemodelle erstellt werden.

2010 wurde der weitgehend baugleiche Zwillingssatellit TanDEM X gestartet. Er wird auf einer nahezu identischen Umlaufbahn in einem exakten Abstand von 200 m zu TerraSAR-X mit nur wenigen Zentimetern Toleranz gehalten.⁷⁸ Die Hauptaufgabe der TanDEM-Mission ist die Erstellung eines homogenen und sehr genauen digitalen Oberflächenmodells der Erde, das voraussichtlich ab 2013 verfügbar ist. Darüber hinaus eröffnen sich Anwendungsfelder im Bereich der Landnutzung und Vegetation, des Krisenmanagements sowie der Hydrologie, Geologie und Glaziologie. Da die Verwendung der Radardaten dieser Satelliten aufwendige Vorverarbeitungen erfordert, für die in den meisten Entwicklungsländern derzeit sowohl die Experten als auch die Software fehlen, schätzen Komp et al. (2010, S. 47) die Einsatzmöglichkeiten in der Entwicklungszusam-

⁷⁷ www.dlr.de/eo/desktopdefault.aspx/tabid-5725/9296_read-15979/ (18.7.2012)

⁷⁸ Die Abstandshaltung wird über das TOR-System (Tracking, Occultation and Ranging) gewährleistet, das inzwischen eine zentimetergenaue Messung der Position erlaubt, wodurch eine autonome Navigationskontrolle und Synchronisierung der Radarinstrumente möglich wird. Es wurde vom GFZ entwickelt und gebaut (Kosten 0,5 Mio. Euro). Diesen TOR-Systemen wird insbesondere in Verbindung mit unterschiedlichen im Aufbau befindlichen Satellitennavigationssystemen ein großes Marktpotenzial unterstellt.

menarbeit als schwierig ein, jedoch dürfte das verbesserte digitale Oberflächenmodell wiederum insbesondere in den Entwicklungsländern die Anwendungsqualitäten aller anderen Satellitendaten erhöhen.

Beide Satelliten wurden in einer öffentlich-privaten Partnerschaft zwischen dem DLR und EADS Astrium entwickelt und gebaut. Im Rahmen dieser Partnerschaft wurde vereinbart, dass EADS Astrium den Betrieb des Satelliten übernimmt, Dateneigner ist und InfoTerra (eine 100 %ige Tochterfirma EADS Astrium) exklusiv die kommerziellen Nutzungsrechte hat, es jedoch ein staatliches Nutzungsrecht für hoheitliche Aufgaben gibt (z. B. freier Zugang zu Forschungszwecken) (DLR 2010; Zeil/Saradeth 2010, S. 63 f.).⁷⁹

RAPIDEYE

Das Erdfernerkundungssystem RapidEye besteht aus fünf baugleichen Mikrosatelliten (jeweils ca. 150 kg schwer), die 2008 mit einer einzigen russischen Rakete auf ihre sonnensynchrone Umlaufbahn (Höhe 630 km) gebracht wurden (Zeil/Saradeth 2010, S. 64 f.). Sie sind mit einem identischen schwenkbaren hochauflösenden optoelektronischen Scanner ausgestattet (räumliche Auflösung: 6,5 m, durch spezifische Datenaufbereitungsverfahren kann jedoch eine Auflösung von 5 m erreicht werden). Damit kann die Formation (theoretisch) jeden Ort der Erde einmal täglich aufnehmen und somit sehr aktuelle Bilddaten liefern. Theoretisch deshalb, weil die ungenügende Beleuchtung in der Nacht und Bewölkung (vor allem in den Tropen) das optische System begrenzen. Die Sensoren zeichnen in fünf Spektralkanälen auf, u. a. im sogenannten Red-Edge-Kanal, mit dem die Vegetation genau beobachtet werden kann (Kap. II.2.3, Tab. II.3). Anwendungspotenziale liegen in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Umweltschutz und Nachhaltigkeit, Infrastruktur und Energie, Sicherheit und Katastrophenschutz (RapidEye 2012). Insbesondere Vegetationsstudien zur prospektiven Abschätzung von Ernteerträgen, das Monitoring von Dürreperioden oder sich anbahnende und die Ernte beeinträchtigende Katastrophen (z. B. Heuschrecken in Afrika) sollen mit RapidEye-Daten möglich sein.

Auch das RapidEye-Fernerkundungssystem wurde in einer nationalen öffentlich-privaten Partnerschaft geplant, gebaut und betrieben. Nach einer Ideenfindungsphase im DLR zur kommerziellen Vermarktung von Fernerkundungsdaten und der Entwicklung eines Geschäftsplans wurde 1998 die RapidEye AG als Spin-off des DLR gegründet. Für Entwicklung, Bau und Start des Satellitensystems waren Investitionen in Höhe von 160 Mio. Euro erforderlich. Im Kooperationsvertrag

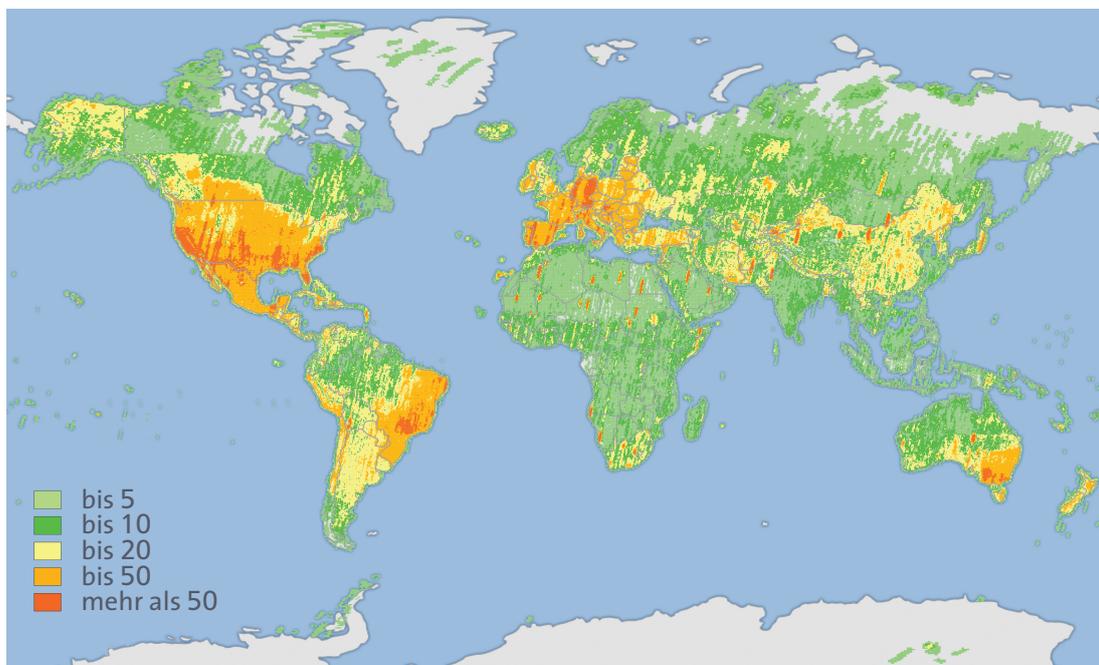
⁷⁹ Von der Konstruktion und den technischen Eigenschaften her ist das Satellitentandem TerraSAR-X/TanDEM X dem Satellitensystem SAR-Lupe sehr ähnlich. SAR-Lupe ist eine militärische Satellitenmission bestehend aus fünf Radarsatelliten der Bundeswehr, mit (angeblich) noch höherer Bodenauflösung als TerraSAR-X. Die Daten von SAR-Lupe sind jedoch nicht für zivile Anwendungen verfügbar.

zwischen dem Bund und der RapidEye AG wurde vereinbart, dass der Bund die technologische Entwicklung und den Bau des Sensorsystems unterstützt (ca. 10 % der Investitionssumme) und im Gegenzug nichtkommerzielle Nutzungsrechte an einem Datenkontingent bekommt (Wissenschaftlern wird darüber ein freier Zugang ermöglicht). Der überwiegende Anteil der Investitionssumme ist privat in Form von Wagniskapitalfinanzierung aufgebracht worden. Das Bodensegment in Brandenburg/Havel (gleichzeitig Firmensitz) wurde mit finanzieller Unterstützung des Landes Brandenburg und des Fonds der Europäischen Regionalförderung errichtet. Das eigentliche Satellitensystem wurde unter der Leitung eines kanadischen Unternehmens entwickelt und gebaut.

2011 meldete RapidEye, dass das Datenarchiv mehr als 90 % des afrikanischen Kontinents erfasst hat (einzelne Regionen sogar mehrmals) und dass weniger als 10 % der Daten durch Wolkenbedeckung beeinträchtigt sind. Damit sind Fernerkundungsdaten grundsätzlich vorhanden, jedoch im Vergleich zu den industrialisierten Regionen viel weniger. Komp et al. (2010, S.47) sind der Meinung, dass das System für den Einsatz in Projektgebieten der Entwicklungszusammenarbeit nur bedingt geeignet ist, weil weltweite Managementunterstützungen von großen Agrarproduktionsflächen priorisiert werden, und kleine Flächen nur geringe Priorität bei der Aufnahmeplanung haben. Die globale Abdeckung und die Aufnahmehäufigkeit des Datenarchivs belegen diese Aussage (Abb. IV.9).

ABB. IV.9

RAPIDEYE-DATENARCHIV: GLOBALE ABDECKUNG UND FREQUENZ



Quelle: www.rapideye.net/about/resources.htm?tab=2#TabbedPanels1 (16.2.2012)

Um die Daten in Afrika besser vermarkten zu können, hat die RapidEye AG bisher sieben regionale Vertriebspartnerschaften abgeschlossen, die entweder in Nord- oder Südafrika beheimatet sind und teilweise übernationale Zuständigkeit haben. Beispielsweise ist Geo Data Design (Pty) Ltd. mit Sitz in Kapstadt für die gesamte Region Subsahara-Afrika zuständig.⁸⁰

Obwohl das Fernerkundungssystem erfolgreich installiert wurde und der operative Betrieb Anfang 2009 begann, konnte die Rapid Eye AG bereits nach gut 2 Jahren die Kreditverpflichtungen nicht mehr erfüllen und meldete Insolvenz an. Ein kanadischer Anbieter von optischen Satellitenbildern (Iunctus Geomatics) hat im August 2011 die RapidEye AG übernommen und führt die Geschäfte fort.

GEPLANTE NATIONALE FERNERKUNDUNGSSATELLITEN

3.2.3

ENMAP

Als strategisches Ziel der deutschen Raumfahrt wird die Entwicklung der deutschen EnMAP-Mission⁸¹ (geplanter Start 2015), eines mit einem Hyperspektralsensor ausgestatteten Erdbeobachtungssatelliten, bezeichnet (Bundesregierung 2010). Das Projektmanagement ist beim DLR angegliedert, die wissenschaftliche Leitung der Mission liegt beim GFZ. Bau und Betrieb wird mit deutschen Industriepartnern vorbereitet. Der schwenkbare optoelektronische Scanner des Satelliten soll über mehr als 200 Messkanäle im Spektralbereich von 0,42 bis 2,45 μm verfügen, eine räumliche Auflösung von bis zu 30 m haben und aufgrund der Neigefähigkeit des Scanners eine Beobachtungswiederholzeit von 4 Tagen erreichen. Bei einer geplanten Datenübertragungsrate von 320 MB pro Sekunde wird er in der Lage sein, mehr als die sechsfache Datenmenge im Vergleich zu allen im Jahr 2005 aktiven 41 Sensoren des US-amerikanischen EOS-Systems zu übertragen. Das Bodensegment, das für die Kontrolle und Steuerung des Satelliten sowie für das Handling der Daten zuständig ist, soll durch das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) am DLR angeleitet werden.

Die bereits initiierte und geförderte Nutzungsvorbereitung der EnMAP-Daten antizipiert vielfältige wissenschaftliche und kommerzielle Anwendungsbereiche. Schwerpunkte werden in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Boden- und Landmanagement, Binnengewässer und Küstenbereiche, sowie Geologie und Prospektion gesehen. Bei der Untersuchung naturnaher Oberflächen stehen vorwiegend Ökosystemgradienten und globale Vegetationsgradienten im Vordergrund, die auch bei der Beurteilung globaler Fragestellungen wie der Ernährungs-sicherung, dem Wasserkreislauf oder für das Monitoring von REDD-Maßnahmen (Kap. VI.3) eingesetzt werden können (Zeil/Saradeth 2010, S. 48 f.).

80 www.rapideye.net/buy/distributors.htm (17.7.2012)

81 www.enmap.org/ (7.3.2012)

INITIATIVEN ZUM TECHNOLOGIETRANSFER**3.3****TUBSAT – EIN UNIVERSITÄRES AUSBLIDUNGSPROGRAMM ZUM BAU VON SATELLITEN**

TUBSAT⁸² ist ein Mikrosatellitenprogramm des Instituts für Luft- und Raumfahrt der TU Berlin, das 1985 als praxisorientiertes Ausbildungsprogramm für Studenten initiiert wurde. Das Design der Satelliten ist einfach gehalten, sie dienen der Ausbildung der Studenten auf dem Gebiet der Satellitensteuerung und erlauben zudem einfache Erdbeobachtungsanwendungen. Bisher wurden sieben Satelliten zu Ausbildungs- und Fernerkundungszwecken gebaut und in Betrieb genommen, darunter MAROC-TUBSAT, ein in Kooperation mit dem marokkanischen Fernerkundungszentrum (CRTS, Kap. IV.6.3) entwickelter, gebauter und 2001 gestarteter Mikrosatellit, und LAPAN-TUBSAT, ein in Kooperation mit der indonesischen Raumfahrtagentur (LAPAN) entwickelter und 2007 gestarteter Satellit. Das TUBSAT-Programm ist einerseits ein Ausbildungsprogramm zum Bau von Satelliten. Soweit bekannt ist das Programm bisher nicht auf die Entwicklung von Datenanwendungen ausgerichtet. Die Satelliten können zwar mit einfachen Sensoren ausgestattet werden, ein umfangreicher Transfer und die wissenschaftliche Analyse der Daten sind jedoch nicht vorgesehen. Die Fortführung des Trainings- und Technologietransferprogramms soll durch ein Spin-off der Universität erfolgen (Berlin Space Technologies GmbH⁸³). Mit LAPAN kamen Folgeverträge zustande. LAPAN hat begonnen, sein eigenes Fernerkundungssystem aufzubauen. Zwei Fernerkundungssatelliten wurden in Eigenregie entwickelt, gebaut (mit Sensoren aus Deutschland) und 2011 gestartet. Der wissenschaftliche Kooperationsvertrag mit dem marokkanischen Fernerkundungszentrum lief aus, Folgeverträge kamen bisher nicht zustande.

Das TUBSAT-Programm dient andererseits auch der Weltraumverifikation neuer Technologien. Gegenwärtig wird ein neuer Satellit (TUBIN) national eigenständig geplant und entwickelt (mit Unterstützung des DLR). Er soll mit neuartiger Nanosatellitentechnik operieren und eine Masse von nur ca. 15 kg haben. Der Satellit soll mit einem Infrarotsensor zur Beobachtung von »Hotspots« oder zur Messung von Oberflächentemperaturen sowie mit einem Prozessor zur ersten Datenaufbereitung an Bord des Satelliten ausgestattet werden. Der Start in eine erdnahe Umlaufbahn ist für 2014 vorgesehen. Eine Hinwendung zum FIRE-BIRD-Programm wird deutlich.

82 www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/tubsat/ (19.3.2012)

83 www.berlin-space-technologies.com (10.10.2012)

BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

3.4

Da in der Weltraumtechnologie im Allgemeinen und in der Fernerkundung im Besonderen der Inwertsetzungsprozess anderen Wirtschaftsbereichen zugeordnet wird, finden zwar vielfältige Anwendungen auf unterschiedlichen Ebenen und in diversen Ressortbereichen statt, jedoch erfolgen diese eher zersplittert und nicht im Rahmen einer umfassenden Anwendungsstrategie.

FORSCHUNGSPROJEKT »MALAREO«

Ein Anwendungsbeispiel für die Verwendung von Fernerkundungsdaten des Satellitensystems »RapidEye« ist das Projekt »Malareo«⁸⁴. Das Projekt geht der Frage nach, ob es möglich ist, mithilfe von Fernerkundungstechnologien (einschließlich der Verknüpfung mit In-situ-Daten und räumlichen Datenklassifikationsverfahren) Malariarisikogebiete zu identifizieren und zu beobachten und auf dieser Grundlage Informationsdienste für effizientere Malariakontrollprogramme bereitzustellen. Dazu wurde eine 25.000 km² große, grenzüberschreitende Region von Südafrika, Swasiland und Mosambik innerhalb von 2 Monaten erfasst. Mit einer objektorientierten Klassifikation werden Waldgebiete, Buschland, Grasland/Savannen, Feuchtgebiete, große Landwirtschaftsflächen, Felsen, Siedlungen, Straßen, offene Fließgewässer sowie stehende Gewässer bestimmt und eine Landbedeckungskarte mit einer räumlichen Auflösung von 5 m erstellt. Mithilfe dieser Klassifikation sollen Malariarisikogebiete bestimmt werden, auf deren Grundlage dann Vorhersagemodelle zur Verbreitung von Malaria-mückenpopulationen entwickelt werden sollen. Gewisse thematische Ähnlichkeiten gibt es zu Forschungsprojekten, die die französische Weltraumagentur CNES unter dem Begriff »teleepidemiology« unterstützt (Kap. IV.2.2). Das Projekt wird durch das 7. Forschungsrahmenprogramm der EU finanziert und gehört zur »GMES/Copernicus and Africa-Initiative« (Kap. V.4). Die Arbeiten werden von einem Konsortium mit sechs Partnern durchgeführt, darunter drei aus Südafrika oder Swasiland.

PROJEKTE IM RAHMEN DER DEUTSCHEN ENTWICKLUNGSZUSAMMENARBEIT

Neben vielfältigen Forschungsprojekten, die Fernerkundungstechnologien nutzen, werden auch unterschiedliche Projekte im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit durchgeführt. Diese Projekte sollen dazu beitragen, die deutsche Entwicklungspolitik⁸⁵ umzusetzen, deren Leitlinien und Konzepte das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)

84 <http://malareo.eu> (19.6.2012)

85 2011 wurde ein explizites Afrikakonzept der Bundesregierung vorgelegt (Bundesregierung 2011b), zu dessen Umsetzung auch Anwendungen der Fernerkundung Beiträge leisten können.

entwickelt. Mit der Durchführung können unterschiedliche Organisationen beauftragt werden. Die im Kontext der Anwendung von Fernerkundungstechnologien in Afrika wichtigsten Durchführungsorganisation sind die KfW Entwicklungsbank, die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), die 2011 durch den Zusammenschluss der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), der Internationalen Weiterbildung und Entwicklung gGmbH (InWEnt) und dem Deutschen Entwicklungsdienst (DED) entstand.

Die BGR hilft gegenwärtig im Rahmen der technischen Zusammenarbeit in unterschiedlichen Ländern Afrikas über längere Zeiträume (teilweise inzwischen bereits seit 10 Jahren) beim Aufbau nationaler geologischer Dienste (Botswana, Elfenbeinküste, Ghana, Malawi, Namibia) und beim nachhaltigen Wassermanagement (Regionen im Nigerbecken und um den Tschadsee).⁸⁶ Zu den Projektaktivitäten gehören u. a. Kapazitätsbildungsmaßnahmen (On-the-Job-Training) für Fachpersonal in Bezug auf die Digitalisierung und Nutzung von Fernerkundungs- und In-situ-Daten, die Entwicklung und Nutzung von spezifischen Geoinformationsdiensten und die Unterstützung von Managementmaßnahmen. Ein Beispiel für eine Anwendung der Fernerkundung im Rahmen der technischen Zusammenarbeit ist die Kooperation der BGR und der staatlichen Geothermal Development Company in Kenia zur Erfassung des geothermischen Potenzials des Rift Valleys (Bollinger-Kanne 2012). Kenia steht bereits heute in Bezug auf geothermische Stromkapazitäten weltweit an zehnter Stelle und verfolgt ambitionierte Pläne, sich als Geothermiepionier weiter zu entwickeln. Im Rahmen des Geotherm-Programms⁸⁷ werden Projektpartner bei der Exploration und dem Aufbau geothermaler Anlagen von der BGR unterstützt. Dazu wurden Daten von flugzeuggetragenen Thermalsensoren erhoben und mit entsprechenden Satellitendaten (Landsat, Thermalkanal 6, Kap. IV.1.1.1) von deutschen und kenianischen Experten gemeinsam ausgewertet. Dieses Verfahren hat insbesondere in einem frühen Stadium der Exploration die geochemische Exploration wesentlich erleichtert, da relevante Gasaustritte (Fumarolen) bestimmt und gezielt angefahren werden konnten, was dazu führte, dass Geothermieprobebohrungen schneller und gezielter vorbereitet werden konnten (Abb. IV.10).

In den 1980er und 1990er Jahren wurde vielfach versucht, die Erdfernerkundungstechnologie auch im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit zu nutzen. Bei der GTZ wurde eine entsprechende Arbeitsgruppe eingerichtet. Laut Komp et al. (2010, S. 43) wurde in dieser Zeit im Vergleich zu heute deutlich häufiger eine systematische Prüfung der potenziellen Beiträge der Erdfernerkundung zur

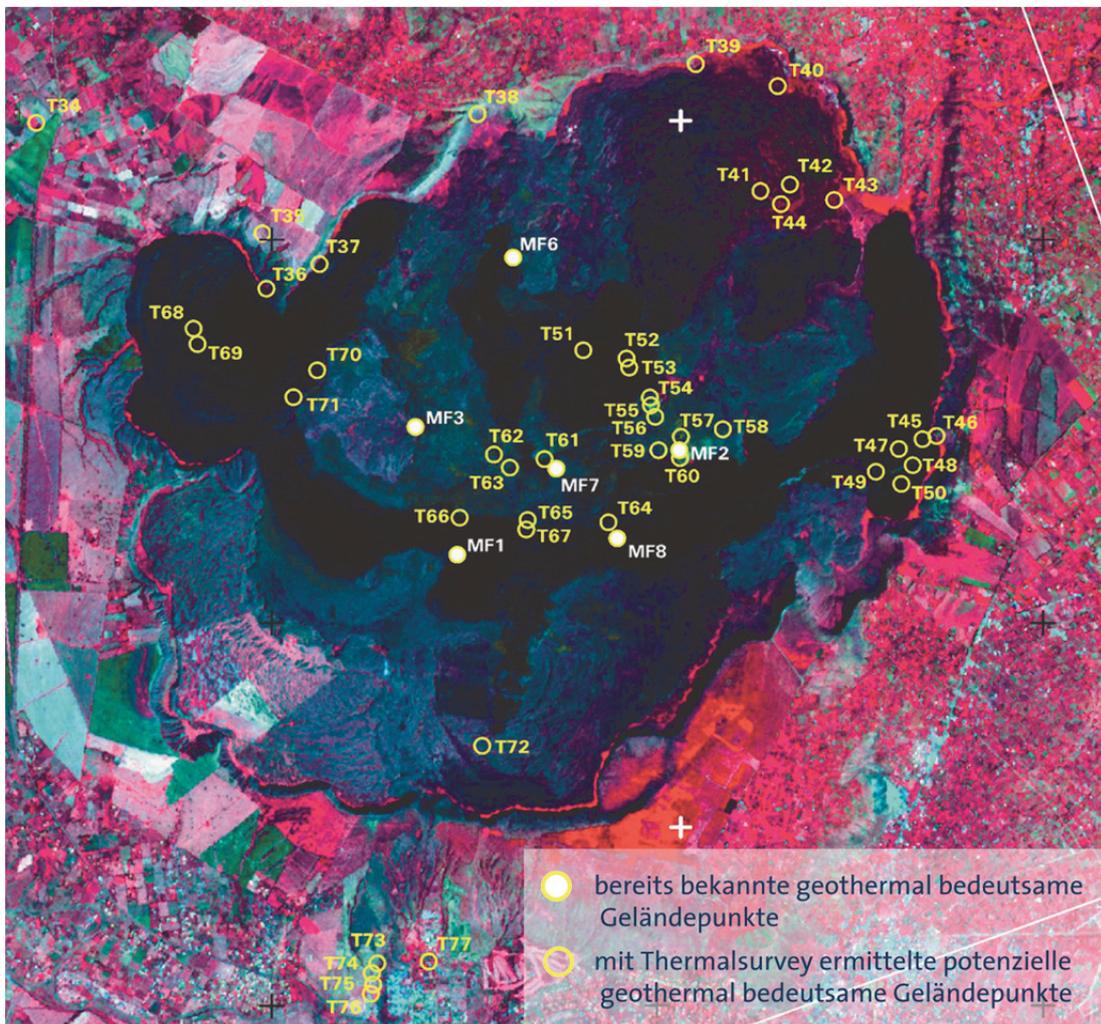
86 www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Laender/laender_node.html (20.10.2012)

87 www.bgr.bund.de/DE/Themen/Zusammenarbeit/TechnZusammenarbeit/Projekte/Laufend/Afrika/1056_2009-2222-9_Geotherm.html (20.10.2012)

^
 > IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
 v

Umsetzung der Ziele der deutschen Entwicklungspolitik vorgenommen. Die gegenwärtig stärkere Ausrichtung auf lokale Mikroprojekte und die Fokussierung auf Basisgesundheits- und Genderprojekte hat die Institutionenförderung und den damit verbundenen Infrastrukturaufbau in den Hintergrund treten lassen. Die Arbeitsgruppe bei der GTZ wurde aufgelöst und auch der Einsatz der Fernerkundung wird nicht mehr systematisch verfolgt, was jedoch nicht bedeutet, dass nicht dennoch Projekte durchgeführt wurden, die Fernerkundungstechnologien verwenden und einen Fokus auf einen nachhaltigen Technologietransfer legen.

ABB. IV.10 GEOTHERMIEEXPLORATION IN KENIA: THERMALFERNERKUNDUNG ZUR ERLEICHTERUNG GEOLOGISCHER GELÄNDEPRÜFUNG



Quelle: © Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Komp et al. (2010) haben zahlreiche Interviews mit Mitarbeitern der GIZ geführt und diese nach aus ihrer Sicht erfolgreichen Fernerkundungsprojekten im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit befragt. Im Gutachten wurden vier Best-Practice-Beispiele für einen erfolgreichen Technologieeinsatz und -transfer dargestellt (Komp et al. 2010, S. 16 ff.), von denen eines einen Bezug zu Afrika hat (Kasten).

FÖRDERUNG DES ARAB CENTER FOR THE STUDIES OF ARID ZONES AND DRY LANDS (ACSAD) (SEIT 1993)

1993 wurde zwischen dem ACSAD⁸⁸ und der GTZ eine Partnerschaft vereinbart, die auf die Umsetzung der UN-Wüstenkonvention fokussiert und in Kooperation mit unterschiedlichen Landwirtschaftsministerien und Universitäten durchgeführt wird. Im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Beratung der Länder der arabischen Liga sollen deren Möglichkeiten zur Nutzung von Fernerkundungstechnologien und Entwicklung von regionalen GIS verbessert werden. Durch die umfangreichen Schulungsmaßnahmen und die langjährige Entwicklungszusammenarbeit konnte das ACSAD sein Dienstleistungsangebot u. a. im Bereich der Anwendung und Anpassung von GIS erheblich verbessern. Im Rahmen der Partnerschaft wurden vorrangig Pilotprojekte in Syrien, dem Libanon und Jordanien durchgeführt. Der Wissenstransfer in andere Länder der Arabischen Liga, wie z. B. dem Sudan, wurde anschließend vom ACSAD selbstständig geleistet. In der Vergangenheit hat das ACSAD, als internationale Organisation mit einem Mandat der arabischen Liga, als eine Art Multiplikator die Durchführung von Umsetzungsvorhaben vor Ort begünstigt. Da ACSAD seinen Sitz in Damaskus (Syrien) hat, sind aufgrund des Bürgerkriegs gegenwärtig alle Aktivitäten unterbrochen. Die deutschen Kooperationspartner gehen bisher noch davon aus, dass nach einer Lageberuhigung das ACSAD seine Funktionsfähigkeit schneller wiedererlangen kann als nationale Institutionen und dass eine zukünftige Unterstützung von besonderer Bedeutung auch für den Wiederaufbau der Region ist.

Im Rahmen der Projekte wurden bisher vorrangig Fernerkundungsdaten von US-amerikanischen, französischen und ESA-Satelliten genutzt, nicht jedoch von deutschen Fernerkundungssatelliten. Das liegt u. a. darin begründet, dass die Projekte bereits seit vielen Jahren laufen und die Mitarbeiter ihre Projekte rückblickend bewerteten, d. h. in einem Zeitrahmen, als die deutschen Fernerkundungssatelliten mehrheitlich noch gar nicht im operationellen Betrieb waren. Eine weitere Ursache für diese Situation ist sicher, dass in der Entwicklungszusammenarbeit vor allem einfach zugängliche und seit Langem verfügbare Daten und Informationsprodukte verwendet werden und in Deutschland auch staat-

88 www.giz.de/themen/de/12016.htm (23.7.2012)

liche Nachfrage im Rahmen kommerzieller Geschäftsmodelle befriedigt werden soll. Es bleibt abzuwarten, inwiefern sich zukünftig auch deutsche Fernerkundungsdaten neben denen von anderen Programmen wie Landsat und SPOT im Bereich der Entwicklungszusammenarbeit etablieren können. Laut Komp et al. (2010, S.43) setzt die inzwischen nachgewachsene Generation von Experten mit agrar- oder geowissenschaftlicher Ausbildung wieder vermehrt GIS-Software als Arbeitsmittel in der Entwicklungszusammenarbeit ein.

INTERNATIONALE KOOPERATIONEN

Wie in Frankreich sind auch in Deutschland unterschiedliche Fernerkundungsprogramme über zahlreiche internationale Kooperationen an vielfältigen Anwendungsprojekten in Afrika beteiligt. Daten der beiden in öffentlich-privater Partnerschaft entwickelten deutschen Satellitensysteme werden u. a. in Copernicus (Kap. V.4) eingespeist und stehen darüber hinaus auch für Entwicklungen von Anwendungen in Afrika zur Verfügung. TerraSAR-X bzw. TanDEM X bildet auch den deutschen Beitrag zur Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen (Kap. VI.1).

Wie Frankreich ist Deutschland eines der zahlungsstärksten Mitglieder von EUMETSAT und ESA und über diese Mitgliedschaft auch an vielfältigen Anwendungsprojekten dieser Organisationen in Afrika beteiligt (Kap. V). Neben der Beteiligung an der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen und an den Aktivitäten der Group on Earth Observations engagiert sich Deutschland stark in diversen UN-Initiativen, betreibt ein Programmbüro im Rahmen der UN-SPIDER-Aktivitäten sowie die Sekretariate der Klimarahmenkonvention und der Wüstenkonvention (Kap. VI), die Schnittstellen für vielfältige fernerkundungsrelevante Aktivitäten sind.

GROSSBRITANNIEN

4.

Um die Weltraumaktivitäten Großbritanniens zu koordinieren, wurde 1985 das British National Space Centre (BNSC) gegründet, welches 2010 in die UK Space Agency (UK SA)⁸⁹ überführt wurde, die für das zivile nationale Weltraumprogramm verantwortlich ist. In diesem Programm setzt die britische Regierung das Engagement in Bezug auf Fernerkundung fort, spricht sich jedoch gegen die bemannte Raumfahrt aus. Dieses staatliche Engagement wird maßgeblich über den nationalen Beitrag zur Europäischen Weltraumorganisation ESA organisiert. Auf nationaler Ebene konzentriert die UK SA ihre Mittel auf Satellitenanwendungen – den Bereich mit dem größten wirtschaftlichen Potenzial. Gefördert werden nationale und internationale Projekte zur wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Zu-

89 www.bis.gov.uk/ukspaceagency (19.10.2012)

sammenarbeit. In der Folge wurden unterschiedliche Weltraumaktivitäten in privatwirtschaftliche Strukturen überführt und teilweise auch privat gefördert.

Vor diesem Hintergrund hat die Universität von Surrey in den 1980er Jahren das kooperative Mikrosatellitenprogramm »Disaster Monitoring Constellation« (DMC)⁹⁰ entwickelt und für die Umsetzung 1985 das Spin-off-Unternehmen Surrey Satellite Technology Ltd (SSTL)⁹¹ gegründet, das in Kooperation mit der Universität Mikrosatelliten entwickelt und in Kleinserien baut (z. B. alle Satelliten der DMC und des RapidEye-Systems).

»DISASTER MONITORING CONSTELLATION« – BRITISCHE INITIATIVE ZUM TECHNOLOGIETRANSFER

Die DMC war ein erstmaliger Verbund von Mikrosatelliten im Low-Cost-Bereich, die mit einer gewissen zeitlichen Versetzung positioniert werden. Der DMC-Verbund ermöglicht bei gezielter Ausrichtung der optoelektronischen Sensoren eine hohe zeitliche Auflösung der Datenaufnahme. Die räumliche Auflösung liegt zwischen 4 m (pan) und 5 bis 32 m (multi). Die explizite Low-Cost-Ausrichtung ging zumindest in der Anfangsphase mit gewissen Qualitätsabstrichen bei der Datenaufnahme einher. Die Satelliten werden mehrheitlich in Kooperation insbesondere mit neuen Weltraumnationen gebaut und betrieben. Das DMC-Programm zielt auf einen Transfer von Wissen und Technologie in allen Teilbereichen der Prozesskette zur Generierung von Informationsdiensten in die jeweils kooperierenden Länder, soweit dies die Exportkontrollregimes bzw. die europäische Dual-Use-Verordnung (Kap. III.3) zulässt. Der Satellitenbau ist mit einem Ausbildungsprogramm für Ingenieure aus den jeweiligen Ländern verbunden. Nach der Platzierung geht der Satellit in den Besitz des jeweiligen Landes über, das auch den operationellen Betrieb übernimmt und Rechteinhaber der Daten wird (Erläuterungen zum Kooperationsmodell: Kap. IV.6 Algerien, Nigeria).

Folgende Länder und Satelliten gehörten bzw. gehören zum DMC:

- > Algerien: Alsat-1 (2002 gestartet, nicht mehr in Betrieb, Betreiber: nationale Weltraumbehörde ASAL, Kooperation wurde beendet)
- > Nigeria: NigeriaSat-1 (2003 gemeinsam mit BILSAT-1 und UK-DMC gestartet, nicht mehr in Betrieb), Kooperation wurde fortgesetzt. NigeriaSat-2 und NigeriaSat-X (beide 2011 gestartet, Satellitenbetreiber: nationale Weltraumbehörde NASRDA)

90 www.dmcii.com (11.6.2012)

91 Seit 2008 gehört SSTL zu EADS Astrium (www.sstl.co.uk [19.10.2012]).

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

- > Türkei: BILSAT-1 (2003 gestartet, nicht mehr in Betrieb, Betreiber: TUBITAK Space Technologies Research Institute,⁹² Kooperation wurde beendet, der Betreiber hat selbstständig einen weiteren Satelliten entwickelt und gebaut)
- > Großbritannien: UK-DMC (2003 gestartet, außer Betrieb, Betreiber: SSTL), UK-DMC2 (2008 gestartet, Betreiber: DMC International Imaging LTD)
- > China: Beijing-1 (2005 gestartet, Betreiber: BLMIT, ein chinesisches privates Unternehmen zum operativen Betrieb und zur kommerziellen Datenverwertung dieses Satelliten)
- > Spanien: DEIMOS-1 (2008 gestartet, Betreiber: DEIMOS SPACE S.L.U., ein 2001 gegründetes privates spanisches Unternehmen)

Die DMC-Satellitenkonstellation war Vorbild für das deutsche RapidEye-Satellitensystem. Für den operationellen Betrieb und die Verwertung der Daten sind im DMC-System jedoch unterschiedliche nationale Institutionen verantwortlich. Die britische Firma DMC International Imaging LTD (DMCii) koordiniert die Aktivitäten der einzelnen Betreiber.

ANWENDUNGEN IN AFRIKA

Im Rahmen des DMC-Kooperationsprojektes soll in den beteiligten Ländern sowohl ein lückenloser Fernerkundungsdatenservice aufgebaut als auch eine öffentliche und kommerzielle Verwertung der Fernerkundungsdaten vor Ort etabliert werden. Mit den DMC-Satelliten werden räumlich hochaufgelöste Satellitendaten bereitgestellt, für die es inzwischen vielfältige Anwendungsgebiete und zahlreiche Datenverarbeitungsverfahren gibt. Die Betreiber beteiligen sich unentgeltlich mit ihren Satelliten an der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen (Kap. VI) und können darüber hinaus die Daten eigenständig verwerten.

Vorrangige Anwendungsbereiche jenseits des Katastrophenmanagements werden beispielsweise in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Hydrologie, im Umweltmonitoring oder in der Kartografie (Landbedeckung, Siedlungsentwicklung) gesehen (z. B. Tunali et al. 2002). Für die Realisierung dieser Anwendungspotenziale sind die nationalen Betreiber selbst verantwortlich (Kap. IV.6). Jedoch können sie durch die britische Koordinierung und die Beteiligung an der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen (Kap. VI.1) Hilfe beim Aufbau eigener Kompetenzen bekommen. Die Satelliten des DMC sind Bestandteile der Weltraumkomponente des europäischen Copernicus-Programms. Sie liefern Fernerkundungsdaten insbesondere für die Region Subsahara-Afrika (Kap. V.4).

92 Das TUBITAK Space Technologies Research Institute wurde 1985 an der mittelöstlichen technischen Universität in Uzay eingerichtet und wird öffentlich finanziert. Dort wurde in der Folge der Erdbeobachtungssatellit RASAT eigenständig entwickelt, gebaut und 2011 mit einer russischen Trägerrakete platziert. RASAT ist kein Bestandteil von DMC (www.uzay.tubitak.gov.tr [12.6.2012]).

Ähnlich wie Frankreich ist auch Großbritannien aufgrund der kolonialen Vergangenheit für viele afrikanische Länder ein Hauptansprechpartner bei Kooperationsprojekten. Im Unterschied zu Frankreich, wo französische Fernerkundungstechnologie regelmäßig im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit eingesetzt wird, spielt sie laut Komp et al. (2010, S. 36 f.) bei der britischen Entwicklungszusammenarbeit jedoch keine spezielle Rolle.

ASIATISCHE LÄNDER

5.

CHINA

China verfolgt derzeit wohl die ambitioniertesten nationalen Ziele in Bezug auf die Raumfahrt. Die für das nationale zivile Weltraumprogramm verantwortliche China National Space Administration (CNSA) gab in ihrem nationalen Weißbuch der chinesischen Weltraumaktivitäten⁹³ von 2006 an, dass allein im Zeitraum von 2001 bis 2005 22 Satelliten eigenständig entwickelt wurden, die zu sechs unterschiedlichen Serien mit verschiedenen Anwendungsschwerpunkten gehören (u. a. Meteorologie, Erkundung terrestrischer Ressourcen). China verfügt über unterschiedliche Trägerraketen und Raketenstartplätze sowie über Bodenstationen zum Betrieb der Satelliten, zum Datenempfang und zu deren Weiterverarbeitung. In Bezug auf den Datenzugang verweist CNSA auf mehrere vor allem bilaterale Kooperationen.

Potenziell hohe Relevanz für Anwendungen in Afrika hat die chinesisch-brasilianische Kooperation zur Erdfernerkundung CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite).⁹⁴ Zu CBERS gehören gegenwärtig drei Satelliten (CBERS-1, der von 1999 bis 2003 Daten lieferte, CBERS-2, seit 2003 operativ, und CBERS-2B, seit 2007 operativ), zwei weitere (CBERS-3 u. CBERS-4) sollten einige Jahre später gestartet werden. Bisher wurde der Start jedoch immer wieder verschoben, er ist gegenwärtig für 2013 und 2014 geplant. Die Satelliten sind jeweils mit drei unterschiedlichen optoelektronischen Sensoren ausgestattet und erreichen räumliche Auflösungen von bis zu 20 m (Zeil/Saradeth 2010, S. 175 f.). Anwendungsgebiete werden vorrangig in den Bereichen allgemeine technische Forschung und Entwicklung, Landressourcen (z. B. Bergbau, Öl- und Gasgewinnung), Städtebau, Umweltbeobachtung, Landwirtschaft und Katastrophenmanagement gesehen. CBERS ist in der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen und in GEOSS eingebunden (Kap. VI).

Nach der erfolgreichen Etablierung des CBERS-Systems wurde unter anderem versucht, die Kooperation und Anwendung mit und in afrikanischen Ländern zu

93 www.cnsa.gov.cn/n615709/n620681/n771967/79970.html (12.3.2012)

94 www.cbears.inpe.br (19.7.2012)

intensivieren. Dazu wurden einerseits vier Bodenstationen auf dem afrikanischen Kontinent über Kooperationsverträge in den Datentransfer einbezogen (Abb. II.7). Andererseits wurde 2007 beschlossen, dass alle Daten für Endnutzer in Afrika kostenlos über das Verteilungssystem GEONETCast zur Verfügung gestellt werden (GEO 2007, S.2). Dazu müssen jedoch Bodenstationen für den Datenempfang ausgestattet und Arbeitsplätze an dieses Netz angeschlossen werden. Bisher wurde jedoch zusätzlich zu den bereits integrierten Bodenstationen lediglich eine weitere (Libreville, Gabon) für den Empfang und die Weiterverwendung von CBERS-3-Daten vorbereitet. Es ist nicht bekannt, inwieweit neben der technischen Ausstattung auch Trainingsmöglichkeiten vor Ort etabliert werden, um die Fähigkeiten zur Verarbeitung und Anwendung der Daten zu verbessern.

INDIEN

Indien wurde in Bezug auf seine Weltraumaktivitäten ursprünglich durch die UdSSR unterstützt. Bereits in den 1970er Jahren wurde die Indian Space Research Organisation (ISRO)⁹⁵ gegründet, die die indischen Weltraumaktivitäten forcierte und zunehmend unabhängig machte. Gegenwärtig hat das indische Raumfahrtprogramm seine Schwerpunkte im Bereich der Erdfernerkundung einschließlich der Trägerraketen und der gesamten notwendigen Bodentechnik. Alle Komponenten werden inzwischen von der ISRO selbst entwickelt, gebaut und betrieben. Neben dem seit den 1980er Jahren laufenden nationalen Satellitensystem (Insat), zu dem unterschiedliche geostationäre Satelliten zur Kommunikation und Wetterbeobachtung gehören, gibt es ein ebenfalls seit Jahrzehnten laufendes indisches Erdfernerkundungssystem (IRS), in dessen Rahmen seit 1988 inzwischen 16 Satelliten auf erdnahe Umlaufbahnen gestartet wurden. Schwerpunkte des nationalen Fernerkundungsprogramms bilden Wettervorhersagen, Kartografie, landwirtschaftlich orientierte Anwendungen sowie Beiträge zum Katastrophenmanagement. Für die kommerziellen Belange der ISRO ist die Firma Antrix⁹⁶ gegründet worden, über die u. a. auch die Platzierung des deutschen Fernerkundungssatelliten BIRD abgewickelt wurde und die sämtliche Fernerkundungsdaten der ISRO vermarktet (europäischer Vertriebspartner ist Euro-map in Neustrelitz) (Zeil/Saradeth 2010, S. 172).

ISRO beteiligt sich an der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen und den Aktivitäten der Group on Earth Observations (Kap. VI). Kooperationen mit und/oder Projekte zur Anwendung der indischen Fernerkundungstechnologie in afrikanischen Ländern sind dem TAB nicht bekannt.

95 www.isro.org (25.5.2012)

96 www.antrix.gov.in (25.5.2012)

WEITERE ASIATISCHE LÄNDER

Japan verfügt ebenfalls über eine vollständige Raumfahrtinfrastruktur (Raketentstartplatz, Trägerraketen, Bodeninfrastruktur), deren Kapazität jedoch nicht an die der chinesischen oder indischen Infrastruktur heranreicht. Verschiedene Fernerkundungssatelliten wurden seit 1987 gestartet. Besonderes Augenmerk liegt im Bereich der Ozeanforschung. Kooperationsbeziehungen bestehen insbesondere zu den USA (z. B. im Rahmen des EOS-Forschungsprogramms, Kap. IV.1.1). Japan beteiligt sich an der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen und den Aktivitäten der Group on Earth Observations (Kap. VI).

Indonesien startete nach der Jahrtausendwende ein eigenes Satellitenprogramm mit Unterstützung des Technologietransferprogramms TUBSAT der TU Berlin. Auch Südkorea, Thailand, Vietnam, Malaysia und Singapur starteten ihre eigenen nationalen Raumfahrtprogramme, in denen Fernerkundungssysteme jeweils einen Teilbereich darstellen.

Diese unterschiedlichen nationalen Programme asiatischer Länder wurden und werden auch durch Kooperationsbeziehungen zu den USA, Russland oder Europa entwickelt, wobei nach einer Etablierungsphase eine zunehmende technologische Eigenständigkeit erreicht wird. Inzwischen kann zwischen einigen asiatischen Ländern in Bezug auf Weltraumaktivitäten eine verstärkte Wettbewerbssituation beobachtet werden. Während viele weltraumaktive Länder ihre diesbezüglichen Aktivitäten stärker aufeinander abstimmen, der Wettlauf an Bedeutung verliert sowie politische Intentionen in Bezug auf die Technologieführerschaft sinken, kann in Asien gegenwärtig das Gegenteil beobachtet werden. Hier werden derzeit erhebliche technologische Ressourcen parallel aufgebaut, die Anwendungen suchen (Moltz 2011) – auch in Afrika.

FERNERKUNDUNGSAKTIVITÄTEN IN AFRIKA

6.

Auch etliche afrikanische Länder haben in den vergangenen Jahren begonnen, Fernerkundungsaktivitäten zu entwickeln. Diese Aktivitäten sind auf unterschiedliche Bereiche ausgerichtet. Die wirtschaftlich stärksten Länder streben die Entwicklung, den Bau und den Betrieb eigener Fernerkundungssatelliten an (Algerien, Ägypten, Nigeria und Südafrika). Andere Länder richten ihre Aktivitäten auf eine stärkere Nutzung von verfügbaren Fernerkundungsdaten aus. Unterschiedliche Organisationen, Institutionen und Akteure bilden sich auch in Afrika heraus, die diese Strategien unterstützen wollen und sollen. Sie bilden Schnittstellen für einen möglichen Transfer von Teilbereichen der Fernerkundungstechnologie. Im Folgenden werden – nach einem Überblick über nationale Aktivitäten – unterschiedliche für die Fernerkundung relevante regionale Organisationen vor-

gestellt. Die nachfolgende Darstellung basiert im Wesentlichen auf Internetrecherchen des TAB. Sie soll einen Einblick in die derzeitige Situation der Anwendung der Fernerkundung geben und erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Vielfältige Fernerkundungsanwendungen, an denen afrikanische Länder beteiligt sind, werden im Rahmen von spezifischen Afrikaprogrammen durchgeführt (wie z. B. der französischen Initiative »Planet Action« oder durch europäische Kooperationsprojekte). Sie werden wegen der transparenteren Darstellungsmöglichkeit jeweils bei diesen Initiatoren vorgestellt. Auf eine doppelte Nennung wird in diesem Kapitel verzichtet, obwohl sie einen nicht unerheblichen Teil der Fernerkundungsaktivitäten afrikanischer Länder ausmachen. Für weitere Anwendungsprojekte, die hier ebenfalls nur unsystematisch dargestellt werden könnten, wird auf die Literatur verwiesen (z. B. Zeil/Kienberger 2007; SDI Magazine, Region Afrika⁹⁷).

ALGERIEN

6.1

2002 wurde die nationale Agence Spatiale Algérienne (ASAL)⁹⁸ gegründet, um ein nationales Weltraumprogramm zu entwickeln und zu betreiben. 2006 wurde das »Programme Spatial National – Horizon 2020« von der damaligen Regierung verabschiedet. Vorrangige Arbeitsbereiche sind Satellitenentwicklung und Bau für Anwendungen in der Fernerkundung und Kommunikation. Der erste eigene Fernerkundungssatellit Alsat war ein 90 kg schwerer Mikrosatellit mit einem optoelektronischen Scanner, der EMS in drei Kanälen mit einer räumlichen Auflösung von 32 m aufnahm. Er wurde von der Firma Surrey Satellite (SSTL) in England unter Beteiligung und Ausbildung von elf algerischen Ingenieuren gebaut und 2002 mit russischer Raketentechnik platziert. Alsat-1 war der erste Satellit der DMC (Kap. IV.1.4), sendete bis 2010 Daten an die dafür eingerichtete Bodenstation (Kap. II.3.4) und war über DMC an der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen beteiligt (Kap. VI). Diese Kooperation wurde nicht fortgesetzt.

Jedoch wurde ein neues Kooperationsprogramm mit EADS Astrium (die SSTL 2008 übernahm) abgeschlossen, das ebenfalls einen schrittweisen Transfer der Fernerkundungstechnologie nach Algerien ermöglichen soll. Das Programm sieht die Entwicklung von zwei baugleichen Mikrosatelliten Alsat-2a und Alsat-2b vor. Beim Bau von Alsat-2a haben algerische Ingenieure und Wissenschaftler ein umfassendes Ausbildungsprogramm in diesem Fall in Frankreich durchlaufen. 2010 wurde Alsat-2a mit einer indischen Trägerrakete platziert. Der Bau von Alsat-2b wird von ASAL-Ingenieuren in Algerien übernommen. Er soll im Jahr 2012 platziert werden. Beide Satelliten sind mit einem optoelektronischen Scan-

97 www.sdimag.com/Africa/ (10.10.2012)

98 www.asal.dz (29.5.2012)



ner ausgestattet, der mit einer räumlichen Auflösung von 2,5 m (pan) und von 4 m (multi) in vier Kanälen EMS aufnimmt. Das Zweisatellitensystem soll Algerien mit sehr hochwertigem Fernerkundungsdaten versorgen, für vielfältige Anwendungen in Bereichen wie Kartografie, Land- und Forstwirtschaft, Überwachung von Wasser-, Erz- und Ölvorkommen, Ernteschutz, Krisenmanagement bei Naturkatastrophen und Raumplanung. Für die Realisierung dieser Anwendungspotenziale ist ASAL verantwortlich.

Auch dieses zweite Kooperationsprogramm umfasst die Installation einer Bodenstation (Kontrollzentrum und Datenempfangs- und -verarbeitungseinheiten), über die ASAL die beiden Satelliten komplett von algerischem Boden aus betreiben kann und die Datenverarbeitung übernehmen soll. An die Strukturen der DMC-Kooperation wurde nicht angeknüpft. Die neue Bodenstation, mit der ASAL inzwischen den operativen Betrieb von Alsat-2a übernommen hat, befindet sich an einem anderen Ort (Kap. II.3.4; Kameche et al. 2011, S. 7), die Datenverarbeitung findet nach wie vor am Sitz von ASAL in Algier statt.

Anwendungsschwerpunkte der Fernerkundung bei ASAL sind:

- > natürliche Ressourcen (Atlas geschützter Gebiete, Hydrologie, Geologie, Küstenzonen),
- > Bebauung (Städtebau, Grundstücksregistrierung, Tourismusgebiete) und
- > Risiken (Katastrophen, Überschwemmungen, Waldbrände, Heuschrecken, Wüstenbildung).

Bei der Durchführung unterschiedlicher Projekte und der Entwicklung von Informationsprodukten arbeitet ASAL themenbezogen mit zahlreichen nationalen Institutionen und Behörden zusammen, länderübergreifende Aktivitäten werden nicht erwähnt.⁹⁹ ASAL verweist auf zahlreiche bi- und multilaterale Kooperationen zu den führenden Weltraumnationen in Amerika, Europa (auch zum DLR) und Asien, jedoch nur auf eine mit anderen afrikanischen Ländern. Diese zielt auf den Bau eines gemeinschaftlichen afrikanischen Fernerkundungssystems, des »African Resource Management Satellite Constellation« (ARMC, Kap. IV.6.8).

ÄGYPTEN

6.2

Im Rahmen eines bilateralen US-amerikanisch-ägyptischen Kooperationsprojekts wurde bereits Anfang der 1970er Jahre ein Fernerkundungszentrum an der Egyptian Academy of the Scientific Research and Technology (ASRT) gegründet, aus der 1994 die National Authority for Remote Sensing and Space Sciences (NARSS)¹⁰⁰ hervorging. Sie hat gegenwärtig zwei Arbeitsschwerpunkte: einer-

⁹⁹ Weiter führende Informationen zu den Anwendungsbereichen unter www.asal.dz.

¹⁰⁰ www.narss.sci.eg (29.5.2012)

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

seits die Entwicklung von Fernerkundungssensoren und technischen Modulen, um eigene nationale Fernerkundungssatelliten zu bauen und andererseits die Anwendungen von verfügbaren Fernerkundungsdaten. Für den Bau des ersten Satelliten EgyptSat-1 ist Ägypten eine Kooperation mit der Ukraine eingegangen. Zu der Kooperation gehörte auch die Ausbildung ägyptischer Satellitenexperten. Der Mikrosatellit ist mit zwei Sensoren, einem hochauflösenden multispektralen Scanner und einem Infrarotsensor mit einer räumlichen Auflösung von 8 m ausgestattet, mit dem die Landesoberfläche in 70 Tagen vollständig aufgenommen werden kann. Er wurde 2007 mit einer geplanten Betriebszeit von 5 Jahren von Kasachstan aus in seine Umlaufbahn gebracht. Ägypten verfügt über eine eigene Bodenstation zum Empfang und über ein Datenverarbeitungszentrum zur Archivierung und Weiterverarbeitung der Satellitendaten. Mitte 2010 brach der Kontakt zum Satelliten ab. Der Bau von EgyptSat-2 sollte in viel stärkerem Umfang eigene Entwicklungen beinhalten. Der Start war ursprünglich für 2012 geplant, ist gegenwärtig jedoch auf unbestimmte Zeit verschoben worden. Für den Bau des dritten Satelliten DesertSat ist eine Kooperation mit Italien vorgesehen, die Zeitpläne dafür sind jedoch vage.

Die Anwendung von Fernerkundungsdaten sollen praxisorientiert in unterschiedlichen Abteilungen (z. B. Geologie, Umwelt und Landnutzung, Landwirtschaft, Ingenieurtechnische Anwendungen), aber auch durch Forschungsprojekte und Kooperationen ausgebaut werden. Staatliche Einrichtungen engagieren sich beim Aufbau einer nationalen Geodateninfrastruktur, um Fernerkundungsdaten mit vielfältigen anderen Daten zu verknüpfen. Die NARSS hat 2012 ein internetbasiertes Geoportal entwickelt, um georeferenzierte Daten in das nationale GIS zu integrieren. Absichtserklärungen wurden mit chinesischen Fernerkundungsinstitutionen und der italienischen Weltraumagentur unterzeichnet, die zu bilateralen Kooperationen führen sollen. Die NARSS verweist auch auf Beteiligungen an Kooperationsprojekten mit der EU, explizit auf das durch das 7. Forschungsrahmenprogramm geförderte Projekt »PEGASO«¹⁰¹, bei dem u. a. Fernerkundungsanwendungen ein integriertes Küstenzonenmanagement der Anrainerstaaten des Mittelmeers und des Schwarzen Meers unterstützen sollen. Ägyptische Wissenschaftler der NARSS sind an unterschiedlichen wissenschaftlichen Projekten im In- und Ausland beteiligt, u. a. an Untersuchungen der nordafrikanischen Wüste zur Ortung von unterirdischen Grundwasservorkommen (Aquiferen).¹⁰²

101 www.pegasoproject.eu (25.9.2012) (nicht unter der Initiative »GMES/Copernicus and Africa« verortet)

102 Weiter führende Informationen zu einzelnen Projekten unter www.narss.sci.eg/Projects.aspx.

MAROKKO
6.3

1989 wurde in Marokko das nationale Royal Center for Remote Sensing (CRTS)¹⁰³ gegründet, um gemeinsam mit der Regierung, mit Universitäten und der Wirtschaft ein nationales Fernerkundungsprogramm zu entwickeln und umzusetzen. Ein Aufgabenfeld von CRTS ist die Entwicklung eines eigenen nationalen Geoinformationssystems mit den Anwendungsfeldern Land- und Forstwirtschaft, Kartografie, Flächennutzung, Urbanisierung, Ozeanografie, Wasserressourcen, Desertifikation und Naturkatastrophen.

Ein weiteres Aufgabenfeld sind Ausbildungsmöglichkeiten in Bezug auf Welt- raumtechnologien. CRTS hat zusammen mit dem Institut für Luft- und Raum- fahrt (ILR) der TU Berlin den Satelliten MAROC-TUBSAT¹⁰⁴ vorrangig für Ausbildungszwecke gebaut und 2001 platziert. Der Satellit hat einen in Marok- ko gebauten »einfachen« optischen Sensor, der wie eine Kamera einzelne Bilder aufnimmt, dessen Möglichkeiten zur kontinuierlichen Datenübertragung jedoch begrenzt sind. Über ebenfalls »einfache« Bodenstationen in Marokko und Berlin (auf dem Dach des ILR in Berlin) können die Daten in begrenztem Umfang emp- fangen werden. Der Vertrag zwischen CRTS und der TU Berlin ist ausgelaufen und wurde nicht fortgesetzt. Es wird vermutet, dass Marokko weiterhin eigene Ziele in Bezug auf den Bau von Fernerkundungssatelliten hat, Aktivitäten wer- den jedoch nicht offengelegt.

NIGERIA
6.4

Im Jahr 1999 wurde die National Space Research and Development Agency (NASRDA)¹⁰⁵ gegründet. Sie setzt sich zum Ziel, bis zum Jahr 2025 die techno- logische Kompetenz aufzubauen, um eigene Satelliten entwickeln, bauen, starten und nutzen zu können. Dazu gibt es sechs unterschiedliche Aktivitätszentren im Land, u. a. ein National Centre for Remote Sensing (NCRS),¹⁰⁶ das für Satelli- tendatenbeschaffung, Weiterleitung und Anwendungsentwicklung zuständig ist.

Der erste nationale Satellit NigeriaSat-1 wurde analog zur algerischen Entwick- lung ebenfalls als Teil des Katastrophenfrühwarnsystems DMC von SSTL in Großbritannien gebaut und 2003 von Russland aus platziert. Er besitzt den glei- chen optoelektronischen Sensor wie der algerische Alsat-1. NASRDA hat die Kooperation fortgesetzt. NigeriaSat-2 und parallel dazu NigeriaSat-X, ein Aus- bildungs- und Trainingssatellit für nigerianische Wissenschaftler und Ingenieure,

103 www.crt.s.gov.ma (25.5.2012)

104 www.raumfahrttechnik.tu-berlin.de/tubsat/maroc-tubsat/ (29.5.2012)

105 www.nasrda.gov.ng (29.5.2012)

106 www.ncrs.nasrda.net (29.5.2012)

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

wurde ebenfalls von SSTL gebaut. Beide Satelliten wurden 2011 mit einer russischen Trägerrakete gestartet. NigeriaSat-2 ist mit optoelektronischen Scannern ausgestattet, die EMS in einer räumlichen Auflösung von 2,5 m (pan) und 5 bis 32 m (multi) aufnehmen. NigeriaSat-X ist mit einem Sensor ausgestattet, der EMS in drei Kanälen mit einer räumlichen Auflösung von 22 m aufnehmen kann. Beide Satelliten gehören zum DMC. NigeriaSat-2 wird von den zur NASRDA gehörenden Bodenstationen betrieben (Kap. II.3.4).¹⁰⁷

In Verbindung mit den Fernerkundungssatelliten hat die NASRDA folgende anwendungsorientierte Aufgabenbereiche definiert:

- > Aufbau einer nationalen Geodateninfrastruktur
- > Landwirtschaft und Lebensmittelsicherheit
- > Medizin (u. a. Lokalisierung von Epidemien, Vorhersage und Prävention, weltraumgestützte Forschungsprojekte im Bereich Telemedizin)
- > Ausbildung (Lernhilfen z. B. Bereitstellung von Schulatlanten, Lokalisierung von Institutionen)
- > Geologie
- > Planung (städtische und Regionalplanung, Siedlungs- und Straßenbau)
- > Energie (z. B. Erdöl- und Erdgasproduktion, Pipelinemonitoring, Planung von Kraftwerken)
- > Umwelt (Risikozonen lokalisieren und beobachten, Umweltmonitoring)

Anwendungen sollen durch die kommerzielle Tochterfirma GeoApps Plus Ltd. realisiert werden, die als singulärer Anlaufpunkt für alle Daten, Produkte, Services, Konsultationen und Trainingsangebote konzipiert wurde. Zu konkreten Anwendungsprojekten liegen dem TAB keine Informationen vor.

Die NASRDA beteiligt sich über DMC an der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen und ist aufgrund der eigenen Weltraumaktivitäten auch Mitglied der internationalen Kooperation weltraumaktiver Staaten CEOS (Kap. VI).

SÜDAFRIKA

6.5

Die südafrikanischen Aktivitäten zur Entwicklung eines Erdbeobachtungssatelliten begannen in den 1980er Jahren in universitären Strukturen, ohne dass zu dieser Zeit nationale Weltraumprogramme oder -agenturen existierten. Diese Strukturen entwickelten sich erst danach.

SUNSAT-1¹⁰⁸ war der erste Mikrosatellit (64 kg), der von der University of Stellenbosch entwickelt, gebaut und im Jahr 1999 mit US-amerikanischer Raketen-

¹⁰⁷ Unklar ist, ob auch NigeriaSat-X von der Bodenstation der NASRDA betrieben wird.

¹⁰⁸ www.sunspace.co.za/home/history/ (19.3.2012)



technik platziert wurde. Er war mit einem hochauflösenden optoelektronischen Scanner ausgestattet, der in drei Kanälen aufzeichnete und eine räumliche Auflösung von 15 m hatte. Der Satellit sendete 2 Jahre lang Fernerkundungsdaten. 2001 ging der Kontakt verloren. Primäres Ziel der Mission war es, hochauflösende Satellitendaten von Südafrika mit geringen Kosten herzustellen. Die SUNSAT-Daten eigneten sich besonders für Vegetationsanalysen.

SumbandilaSat war der zweite südafrikanische Mikrosatellit. Er wurde von der University of Stellenbosch, der Firma SunSpace (einem Spin-off der Universität) und dem nationalen Rat für wissenschaftliche und industrielle Forschung CSIR (Council for Scientific and Industrial Research) gebaut. Das Satellitenzentrum des CSIR hat die Satellitensteuerung und die Datenübermittlung übernommen. Der Satellit wurde mit einem multispektralen Scanner ausgestattet, dessen Daten u. a. zum Monitoring von Katastrophen verwendet werden sollten. Weitere Anwendungen wurden in den Bereichen nachhaltige Land- und Forstwirtschaft, Stadtplanung, Malariabekämpfung sowie Beobachtung von Elefanten gesehen (Zeil/Saradeth 2010, S. 173 f.). Der Satellit wurde 2009 mit russischer Raketentechnologie platziert, sendet allerdings seit 2011, nachdem er in einen Sonnensturm geriet, keine Daten mehr.

2011 wurde die South African National Space Agency (SANSA)¹⁰⁹ gegründet, um die Weltraumaktivitäten gezielt weiterzuentwickeln. Das Satellitenzentrum des CSIR wurde inzwischen von der nationalen Weltraumagentur SANSA übernommen. Ziel von SANSA ist es, einen möglichst großen Nutzen aus der Weltraumtechnologie in Bezug auf die sozioökonomische Entwicklung, den Erhalt der Umwelt und das Ressourcenmanagement zu ziehen, explizit werden Katastrophen, Gesundheit, Energie, Klimavariabilität bzw. -änderung, Wetter, Wasser, Schutz der Ökosysteme, Landwirtschaft sowie Erhalt der Biodiversität genannt (DST 2007, S. 16). Ein Entwicklungsziel bis 2018, das SANSA zusammen mit der University of Stellenbosch verfolgt, ist die »African Resource Management Satellite Constellation« (ARMC) (Kap. IV.6.8). Aufgrund der eigenen Weltraumaktivitäten ist Südafrika wie Nigeria Mitglied in CEOS (Kap. III.1.3).

Unterschiedliche wissenschaftliche Einrichtungen in Südafrika nutzen Fernerkundungsdaten in ihren jeweiligen Forschungsbereichen und bauen ihre Fernerkundungsaktivitäten auch im Rahmen wissenschaftlicher Kooperationen aus. Auf der Basis einer seit 1998 bestehenden Wissenschaftskooperation zwischen der National Research Foundation und dem deutschen Geoforschungszentrum wurde beispielsweise das erste geodynamische Observatorium des Kontinents in Südafrika eingerichtet und weitere wissenschaftliche Einrichtungen an den Analysen der CHAMP- bzw. GRACE-Satellitendaten beteiligt (Kap. II.3). Südafrika hat zeitnah die Initiative der Internationalen Kartographischen Vereinigung und

109 www.sansa.org.za (29.5.2012)

der Open Source Geospatial Foundation aufgegriffen und 2012 am Centre for Geoinformation Science (Universität in Pretoria) das erste afrikanische Open-Source-Entwicklungs- und -Ausbildungszentrum in Afrika eröffnet.¹¹⁰

Ein zweiter Schwerpunkt der südafrikanischen Weltraumpolitik ist neben der Erdfernerkundung der Bau des »Square Kilometre Array« (SKA)¹¹¹, des größten Radioteleskops der Welt, das gegenwärtig als ein internationales Großprojekt mit einer Investitionssumme von 1,5 Mrd. Euro geplant wird. Es soll über ein System von mehreren Tausend Empfangsstationen auf der Erde kontinuierlich Daten aus dem Weltall empfangen, die der astrophysikalischen Grundlagenforschung dienen. Mit der Entscheidung für den Bau des SKA in Südafrika ist einerseits mit einem technologischen Entwicklungsschub in Bezug auf die Antennentechnologie und Datenauswertung zu rechnen, andererseits werden spezifische Kapazitäten über Jahre an das SKA-Projekt gebunden, die dann nicht für Erdfernerkundungsanwendungen verfügbar sein dürften.

Südafrika wird vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als strategisch wichtiges Partnerland bezeichnet. Um bestehende Kooperationen zu intensivieren, wurde vom südafrikanischen Department of Science and Technology (DST) und dem BMBF 2012 ein bilaterales deutsch-südafrikanisches Wissenschaftsjahr vereinbart (BMBF 2012), in dem neben einem Schwerpunktthema SKA auch Raum für vielfältige anwendungsbezogene Fernerkundungsprojekte beispielsweise in den Bereichen Klimawandel oder Urbanisierung ist.

LÄNDER OHNE EIGENE SATELLITENPROGRAMME

6.6

Einige afrikanische Länder konzentrieren ihre Aktivitäten auf die Nutzung von verfügbaren Fernerkundungsdaten und die Entwicklung von nationalen Geoinformationssystemen. Die Bandbreite diesbezüglicher nationaler Aktivitäten ist groß, denn jedes Land hat eigene Kontextbedingungen. Beispielhaft soll nachfolgend die Situation in Tunesien, Ghana und im Sudan skizziert werden.

TUNESIEN

In Tunesien wurde 1998 das National Remote Sensing Center of Tunisia (CNT)¹¹² gegründet. Entwicklung und Bau eigener Fernerkundungssatelliten stehen nicht im Fokus der Organisation. Sie ist ausgerichtet auf die Anwendung

110 web.up.ac.za/default.asp?ipkCategoryID=16145&subid=16145&ipklookid=11#Open (10.10.2012)

111 www.skatelescope.org (19.3.2012)

112 www.cnt.nat.tn (19.3.2012)



von verfügbaren Fernerkundungsdaten und die Entwicklung von Geoinformationssystemen für nationale Aufgaben. Dazu liegen Schwerpunkte in der Ausbildung, der Verbesserung der In-situ-Datensituation und der Entwicklung von Informationsdiensten. Auf den Internetseiten des CNT wird auf unterschiedliche internationale Kooperationen mit der EU und besonders mit Ländern des Euro-Mittelmeerraums hingewiesen. Darüber hinaus wird vermerkt, dass das CNT den Council of Administration of the Regional Centre for Remote Sensing of the States of North Africa (CRTEAN) leitet und die Präsidentschaft des Board of Directors of the African Organization of Cartography and Remote Sensing (AOCRS) hält (Kap. IV.6.7). Das CNT war bis 2007 an einem Forschungsprojekt der ESA (»AQUIFER-Projekt«, Kap. V.3.3) beteiligt. Die Entwicklung der letzten Jahre ist jedoch unklar.¹¹³

GHANA

Im Mai 2012 wurde das erste nationale Ghana Space Science and Technology Centre mit Sitz in Accra vom nationalen Ministerium für Umwelt, Wissenschaft und Technologie, weiteren nationalen Kommissionen und dem Weltraumbüro der Vereinten Nationen (UNOOSA, Kap. VI.3) gegründet. Junge Wissenschaftler sollen Fähigkeiten erwerben, um Fernerkundungsdaten interpretieren und Geoinformationssysteme anwenden zu können. Das erste Projekt, das mithilfe von südafrikanischen Experten durchgeführt wird, ist die Wiederinbetriebnahme einer aufgegebenen Bodenstation eines Kommunikationssatellitenbetreibers in der Nähe von Accra und der Umbau der Station, um Fernerkundungsdaten empfangen zu können. Das Zentrum versucht, eine finanzielle Unterstützung für den Zeitraum von 2012 bis 2024 in Höhe von 5 Mrd. US-Dollar einzuwerben, um weltraumwissenschaftliches Wissen aufzubauen und die Infrastruktur zu entwickeln.¹¹⁴

Ein Anwendungsbereich wird in der Landvermessung und Kartierung gesehen, um die wachsende Zahl diesbezüglicher Konflikte zu senken. Bevor die eigentlichen Arbeiten beginnen können, soll vordringlich ein entsprechender Regulierungsrahmen für die Landvermessung und Kartierung geschaffen werden (Times 2012).

SUDAN

Bereits 1977 wurde ein nationales Fernerkundungszentrum im Sudan gegründet. Daraus ging 1995 die National Remote Sensing Authority (RSA)¹¹⁵ hervor. Das

¹¹³ Die Internetseiten von CNT wurden 2008 letztmalig aktualisiert, der letzte Eintrag in deren Literaturdatenbank stammt aus dem Jahr 2006.

¹¹⁴ www.scidev.net/en/sub-suهران-africa/news/ghana-opens-space-research-centre.html (8.10.2012)

¹¹⁵ www.rasdn.org (1.10.2012)

Mandat der RSA umfasst den Einsatz von Fernerkundungsdaten und Geoinformationssystemen in Regierungsbehörden, Universitäten und Forschungsinstituten des Sudan, um Anwendung, Forschung, Beratung, Ausbildung und Kapazitätsaufbau zu fördern sowie Strukturen zum Einsatz von Satellitentechnologien zu definieren. Neben der RSA gibt es unterschiedliche fachspezifische Institutionen, die Fernerkundungstechnologien verwenden, um nationale Geoinformationssysteme aufzubauen, u. a. die Landesvermessungsbehörde Sudanese National Survey Authority (SNSA). Diese Institutionen sind über unterschiedliche regionale Organisationen in spezifische Strukturen eingebunden, die bei der Anwendung von Fernerkundungstechnologien behilflich sind. Beispielsweise kann der Sudan als Mitglied der Arabischen Liga Unterstützung vom Arab Center for Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD) oder vom Regional Center for Mapping of Resources for Development (RCMRD) bekommen. Mit dem SNSA an erster und dem RSA an einer weiteren Stelle gibt es im Sudan sogar formal vereinbarte Ansprechpartner zum RCMRD.

Dennoch ist die gegenwärtige Situation im Sudan in Bezug auf die Nutzung von Fernerkundungsdaten nicht zufriedenstellend. Die Ausstattung der RSA ist hauptsächlich auf Forschung und Lehre ausgerichtet. Nach Angaben der UNO verfügte sie 2008 zwar in Bezug auf Hard- und Softwaresysteme über moderne Ausbildungskapazitäten, jedoch nicht über flächendeckende aktuelle nationale Geodaten (UNESCO 2009). Ebenso fehlt es an interdisziplinärer Expertise und/oder Personal, um eine systematische Einbindung der Fernerkundung in verschiedene Fachressorts, wie zum Beispiel das Agrarministerium, voranzutreiben (Haub et al. 2008). Die Landesvermessungsbehörde SNSA, die den Datenbestand verbessern sollte, verfügte 2008 zwar über verschiedene analoge Aufnahme-, Auswertungs- und Datenaufbereitungssysteme, von denen jedoch keines funktionierte. In der Folge ist der derzeit aktuellste flächendeckende topografische Kartensatz des Sudan eine Kartenserie aus dem Jahr 1936 im Maßstab 1:250.000, die 1976 aktualisiert wurde. Darüber hinaus gibt es ca. 220 Kartenblätter im Maßstab 1:100.000 aus den Jahren 1967, 1980 und 1983 (Komp et al. 2010, S.28 f.). Die Entwicklung von nationalen Geoinformationssystemen dürfte bei diesen Rahmenbedingungen keine leichte Aufgabe sein.

MULTINATIONALE ORGANISATIONEN ZUR UNTERSTÜTZUNG VON FERNERKUNDUNGSAKTIVITÄTEN 6.7

Neben vielfältigen nationalen Fernerkundungsaktivitäten gibt es unterschiedliche zwischenstaatliche Organisationen, die die Anwendung der Fernerkundungstechnologie auf unterschiedlichen administrativen Ebenen unterstützen können. Dazu zählen sogenannte »Umbrella-Organisationen« wie z. B.:



- › Afrikanische Union (AU): Die AU (Hauptsitz: Äthiopien)¹¹⁶ ist 2002 aus der früheren Organisation für Afrikanische Einheit hervorgegangen und ein Zusammenschluss aller afrikanischen Staaten (außer Marokko). Die AU lehnt sich in gewisser Weise an die Organisationsform der EU an. Das wirtschaftliche Entwicklungsprogramm der AU ist die New Partnership for Africa's Development (NEPAD) mit Sitz in Südafrika.¹¹⁷ Die Europäische Kommission stimmt ihre afrikaspezifischen Fernerkundungsaktivitäten (Initiative »GMES/Copernicus and Africa«) mit der Afrikanischen Union ab (Kap. V.4).
- › United Nations Economic Commission for Africa (UNECA): Die UNECA (Hauptsitz: Äthiopien)¹¹⁸ ist eine der fünf regionalen Wirtschaftskommissionen der UNO, die Verbindungen einerseits zu unterschiedlichen UN-Unterorganisationen und andererseits zu diversen Fachorganisationen hat. Die UNECA ist Mitglied von GEO und assoziiertes Mitglied von CEOS (Kap. VI.2).
- › Regionale Wirtschaftsorganisationen wie z. B. die Arabische Liga (1945 gegründet mit 22 Mitgliedern in Nordafrika und in Asien) oder die Westafrikanische Wirtschaftsgemeinschaft (ECOWAS, 1975 gegründet mit 15 Mitgliedern, darunter Nigeria, einem Land, das ambitionierte Ziele in Bezug auf den Aufbau und die Nutzung der Fernerkundungstechnologie hat und das in der Gemeinschaft eine gewisse Vormachtstellung besitzt).

Noch spezifischer können fachbezogene zwischenstaatliche Organisationen als Multiplikatoren zur Erschließung potenzieller Nutzergruppen für Fernerkundungsanwendungen beitragen, wie z. B.:

- › African Center for Meteorological Application for Development (ACMAD): Diese afrikanische Wetterorganisation (Sitz: Niger)¹¹⁹ wurde 1987 von der UNECA und der Weltorganisation für Meteorologie der Vereinten Nationen (WMO) gegründet. Die jeweiligen nationalen Wetterinstitutionen aller afrikanischen Staaten sind Mitglied von ACMAD. Die Organisation selbst kooperiert u. a. mit EUMETSAT, ist Mitglied von GEO und über diese Vernetzungen auch in Entwicklungsprojekte zur breiteren Nutzung der Fernerkundung in Afrika eingebunden (Kap. V.2). Über ACMAD können potenzielle Nutzergruppen für meteorologische Informationsdienste zentral angesprochen werden. Über die Internetseiten der Organisation sind bereits vielfältige Informationsdienste zu Witterungs-, Klima- und Umweltthemen abrufbar (z. B. wird regelmäßig über Starkregen und Flutrisiken in Afrika informiert).
- › African Ministerial Conference on the Environment (AMCEN): Die AMCEN wurde 1985 als ein ständiges Forum afrikanischer Umweltminister gegründet, um Umweltthemen mit Relevanz für den gesamten Kontinent zu diskutieren.

116 www.au.int/en/ (19.7.2012)

117 www.nepad.org/ (19.7.2012)

118 new.uneca.org/ (19.7.2012)

119 www.acmad.org (19.7.2012)

^
> IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

Die Konferenz der inzwischen über 50 Mitgliedsländer findet im 2-Jahresrhythmus statt. Auch AMCEN könnte im Kontext globaler Umweltabkommen (Kap. VI.3) als Multiplikator fungieren, um themenspezifische Zuständigkeits- und Entscheidungsstrukturen als potenzielle Nutzergruppen für Informationsdienste anzusprechen.

- > African Organization of Cartography and Remote Sensing (AOCRS): Die AOCRS (Sitz: Algerien) wurde 1988 gegründet, um die Aktivitäten ihrer 24 Mitgliedsländer in Bezug auf Kartografie und Fernerkundung zu koordinieren.

Etliche dieser Organisationen konnten Entwicklungen im Bereich der Nutzung von Fernerkundungsdaten anstoßen und u. a. auch die Gründung von fachspezifischen Anwendungszentren unterstützen. Dazu zählen regionale Fernerkundungszentren wie z. B.

- > Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (ACSAD): Das ACSAD (Sitz: Syrien)¹²⁰ wurde 1971 als eine multilaterale Forschungsinstitution der Arabischen Liga gegründet. Die Aufgaben von ACSAD umfassen alle Aspekte der Nutzung natürlicher Ressourcen. ACSAD soll als regionaler Dienstleister beispielsweise die Länder der arabischen Liga bei der Umsetzung der UN-Wüstenkonvention unterstützen (Kap. VI.3). Seit knapp 20 Jahren werden unterschiedliche Pilotprojekte des ACSAD im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit unterstützt. Im Anschluss an diese Projekte soll ACSAD im Rahmen seines Mandats als Multiplikator fungieren und den Transfer der Anwendung von Fernerkundungstechnologien in den arabischen Raum unterstützen. Nach Einschätzung der Gutachter hat ACSAD diese Funktion seit der Jahrtausendwende auch zunehmend aktiv verfolgt (Kap. IV.3). Der derzeitige Bürgerkrieg hat dazu geführt, dass etliche Mitarbeiter aus unterschiedlichen Ländern der Arabischen Liga zumindest vorübergehend das Land verließen, das ACSAD-Gebäude in Aleppo wurde aufgegeben.
- > Council of Administration of the Regional Centre for Remote Sensing of the States of North Africa (CRTEAN): CRTEAN (Sitz: Tunesien) wurde 1990 von fünf nordafrikanischen Ländern als zwischenstaatliche Organisation gegründet, weitere fünf kamen Anfang des Jahrtausends dazu. Frankreich ist ein Kooperationspartner. Ziel ist die Unterstützung, Koordination, Harmonisierung und Abstimmung der nationalen Politiken in Bezug auf die Fernerkundung und die Entwicklung von Geoinformationssystemen dieser Länder (UNO 2006b, S. 6).
- > Regional Center for Mapping of Resources for Development (RCMRD): Das RCMRD (Sitz: Kenia)¹²¹ wurde 1975 unter der Schirmherrschaft von UNECA

120 www.codanet.net/codanet/sections/About/ACSAD.aspx?displang=en-us&OrgID=88d903e3-6ea8-4c11-8f04-eb1b1fa5f8e8 (23.7.2012)

121 www.rcmrd.org/ (19.7.2012)

und der Organization of African Unity (OAU) gegründet, um Erdfernerkundung, Kartografie und Vermessung in afrikanischen Ländern zu unterstützen (Komp et al. 2010, S.28). Es ist eine zwischenstaatliche Non-Profit-Organisation von 15 afrikanischen Ländern. Sie gilt als eine bedeutende überregionale Instanz für den Kapazitätsaufbau und die technische Beratung sowie den Aufbau von Institutionen. Bisher wurden mehr als 3.000 Experten ausgebildet und unterschiedliche Länder beim Aufbau von Vermessungs- und Kartografieeinrichtungen unterstützt. Trotz seiner beachtlichen technischen, räumlichen und personellen Ausstattung liegt eine Schwäche des RCMRD darin, dass eine nachhaltige Förderung der Verbreitung von Erdfernerkundungstechnologie darauf angewiesen ist, dass die repräsentierenden Institutionen in den jeweiligen Mitgliedstaaten sowohl als Multiplikator des Technologietransfers in die Länder als auch als Sprachrohr des Bedarfes aus den Ländern hin zum RCMRD agieren können (Komp et al. 2010, S.28). Diese Schnittstellen funktionieren nicht immer reibungslos (s. Länderbeispiel Sudan).

- > African Association of Remote Sensing of the Environment (AARSE): AARSE (Sitz: Südafrika)¹²² ist ein 1992 gegründetes nichtstaatliches Netzwerk afrikanischer Wissenschaftler und Experten, die auf dem Gebiet der Fernerkundung und Geoinformationssysteme tätig sind. Das Netzwerk führt Fachkonferenzen durch und organisiert regionale und lokale Seminare zur Nutzung der Fernerkundung in Umweltstudien. AARSE wird u. a. von UNECA und der ESA unterstützt und ist Mitglied von GEO.

Etliche zwischenstaatliche Organisationen und diverse Fachgremien, die Fernerkundung in Afrika zu einer breiteren Nutzung führen wollen, sind Mitglieder der GEO. Sie sind sowohl an bilateralen Projekten als auch an unterschiedlichen Kooperationsprojekten mit europäischen oder internationalen Organisationen beteiligt, auf die in den nachfolgenden Kapiteln V und VI näher eingegangen wird.

AFRIKANISCHE INITIATIVEN ZUM AUSBAU EIGENER FERNERKUNDUNGSKAPAZITÄTEN

6.8

In unterschiedlichen afrikanischen Kooperationen, Netzwerken und Initiativen werden Ideen entwickelt, wie die Fernerkundung in Afrika weiterentwickelt und zu einer breiteren Anwendung gebracht werden kann. Diese fokussieren teilweise auf eine verbesserte Datennutzung, teils auf neue Organisationsstrukturen oder auch auf den Bau eigener Satelliten.

2005 starteten verschiedene Ausbildungs- und Datenanwendungsorganisationen (RCMRD, AOCRS, CRTEAN) mit der Unterstützung von UNECA eine Initiative zur Schaffung eines geodätischen Referenzrahmens für Afrika (»African Geo-

122 <http://africanremotesensing.org/> (25.10.2012)

^
› IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

detic Reference Frame«, AFREF).¹²³ Er soll die Basis für ein (multi)nationales, dreidimensionales Referenznetzwerk umfassen, das kompatibel ist zum weltweit gültigen Standard (»International Terrestrial Reference Frame«). Die Implementierung ist für den Aufbau von Satellitennavigationssystemen erforderlich.

Eine andere Initiative wurde unter dem Namen »Environmental Information in Africa« (EIS-Africa)¹²⁴ von unterschiedlichen Non-Profit-Organisationen aus dem Bereich der Geoinformationsnutzung angestoßen mit dem Ziel, ein panafrikanisches Netzwerk zu etablieren, das Informationen über nachhaltige Entwicklung leicht zugänglich macht. Dazu gehört u. a. die Idee, ein Webportal zur Entwicklung und Unterstützung der Forschung und Anwendung von Geoinformationen zu entwickeln. Verbindungen bestehen zu den afrikanischen Organisationen AARSE und AOCRS. EIS-Africa ist ein Partner für unterschiedliche UN-Programme. Über die UNECA ist die Initiative z. B. in die »Mapping for Africa Initiative«, die zunächst ein kontinentweites Inventar verfügbarer Daten und Fehlstellen anstrebt, oder die »Africa-Spatial Data Infrastructure«, die sich um die Implementierung von Standards für Metadaten bemüht, eingebunden. Darüber hinaus hat EIS-Africa Verbindungsstellen zur UNEP (Umweltprogramm der UNO) über deren »Division of Early Warning and Assessment« und zur GEO.

Verschiedene Initiativen versuchen, eine multilaterale Weltraumorganisation zu gründen, um Afrikas begrenzte Mittel für die Weltraumtechnik wirksamer nutzen zu können. 2009 schlug der frühere Direktor des ägyptischen Raumfahrtprogramms Argoun vor, eine panarabische Weltraumagentur einzurichten. Die arabischen Nationen des Nahen Ostens und Afrikas sollten eine Weltraumindustrie aufbauen, um zur Entwicklung eines neuen, hochauflösenden Erderkundungssatelliten für Afrika beizutragen. Dazu sollte ein konkretes multilaterales Programm unter Beteiligung von Universitäten und der Industrie erarbeitet werden. Eine ähnliche Initiative unternahmen die für Kommunikations- und Informationstechnik zuständigen Minister der Afrikanischen Union, die 2010 die Gründung einer afrikanischen Weltraumagentur anregten, um eine Verbesserung der Telekommunikation in weiten Teilen Afrikas zu erreichen. Die Minister sehen auch in diesem Bereich einen erheblichen Entwicklungsbedarf.

Argoun (2011) konkretisierte seinen Vorschlag einer gemeinsamen Weltraumagentur, um – analog zur europäischen Organisationsstruktur der ESA (Kap. V.1) – die bisherigen Satellitenaktivitäten afrikanischer Länder zu bündeln und einen gemeinsamen, auf die Bedürfnisse afrikanischer Länder zugeschnittenen Fernerkundungssatelliten (AfricaSat) zu bauen. Aufgrund der afrikanischen Wüstenausbreitung in Kombination mit der Wasserknappheit soll er auf die Erfassung unterschiedlicher mineralischer Substanzen und die Detektion von Aquiferen zugeschnitten werden.

123 geoinfo.uneca.org/afref/Intro.htm (24.7.2012)

124 www.ein-africa.org (24.7.2012)

2009 unterschrieben Algerien, Kenia, Nigeria und Südafrika eine Absichtserklärung zum Bau des Fernerkundungssystems »African Resource Management Satellite Constellation« (ARMC) (Adebola 2009). ARMC soll ein hoch- bis höchstauflösendes System mehrerer Mikrosatelliten werden, die in Kooperation mit unterschiedlichen afrikanischen Ländern gebaut und betrieben (ähnlich der DMC-Konstellation) sowie für vielfältige Anwendungsbereiche wie Landwirtschaft und Ernährungssicherheit, Klima- und Umweltbeobachtung, Wassermanagement und Dürremonitoring, Bodennutzung und Bergbau, Katastrophenmonitoring, Fischerei sowie friedenserhaltende Maßnahmen genutzt werden soll (Mostert 2008; DST 2007, S. 18). Unter der Schirmherrschaft der NEPAD sollten neben der Weltraumkomponente auch die Bereiche Anwendungsinfrastruktur, Informationsdienste und öffentliche Wahrnehmung in den Blick genommen und aufgebaut werden.

Am 2010 erstmalig gestarteten internationalen Wettbewerb¹²⁵ für neue Anwendungsideen von »einfachen« Mikro- bzw. Nanosatelliten (Gewicht unter 15 kg, Entwicklungskosten unter 6 Mio. US Dollar) beteiligten sich etliche Teams aus afrikanischen Ländern (Algerien, Ägypten, Äthiopien, Kenia, Nigeria, Senegal, Südafrika, Tunesien) mit unterschiedlichsten Ideen. Auch wenn sich derzeit nicht abschätzen lässt, inwiefern diese Initiativen, die sich mitunter visionär anmutende Ziele setzen, realisierbar sind, eröffnen sie dennoch vielfältige Anknüpfungspunkte und Möglichkeiten für Dialog, Zusammenarbeit und Unterstützung.

Neben seinen visionären Ideen sprach Argoun (2011) jedoch auch einige kritische Punkte bei der Nutzung bereits verfügbarer Fernerkundungstechnologie an. Er wies insbesondere auf Defizite in Bezug auf die spezifische Verarbeitung und Nutzung von vorhandenen Fernerkundungsdaten hin und bemerkte, dass viele afrikanische Länder diesbezüglich hinter anderen Ländern zurückliegen. Die Fähigkeiten zur Datenaufbereitung gelten jedoch als eine zentrale Schlüsselkompetenz, um Fernerkundungsdaten für eigene Interessen nutzbar machen zu können. Durch den Bau und Betrieb von eigenen afrikaspezifischen Fernerkundungssatelliten würde die Entwicklung dieser Kompetenzen noch dringender, da die Passfähigkeit bestehender Kompetenzen aus den Industrieländern tendenziell sinken dürfte und diese Dienstleistungen folglich schwieriger eingekauft werden können. Argoun (2011) bemängelte darüber hinaus auch die insgesamt fehlende Kooperation der satellitenorientierten Länder Afrikas untereinander.

FAZIT UND AUSBLICK

7.

Eine zusammenfassende Analyse des gegenwärtigen Zustands und sich abzeichnender Entwicklungen im Bereich der Erdfernerkundung auf Länderebene soll helfen, Potenziale für zukünftige Kooperationen und Möglichkeiten und Gren-

125 www.spacemic.net/finalists1.html (25.9.2012)

zen des Technologietransfers abschätzen zu können. Die Struktur des Kapitels aufgreifend, wird zunächst der Teilbereich Entwicklung, Bau und Betrieb von Satelliten thematisiert (Kap. IV.7.1) und im Anschluss auf die Nutzung bereits verfügbarer Fernerkundungssysteme für Anwendungen in Afrika eingegangen (Kap. IV.7.2).

ENTWICKLUNG UND BETRIEB DER SATELLITENINFRASTRUKTUR ZUR DATENAUFNAHME

7.1

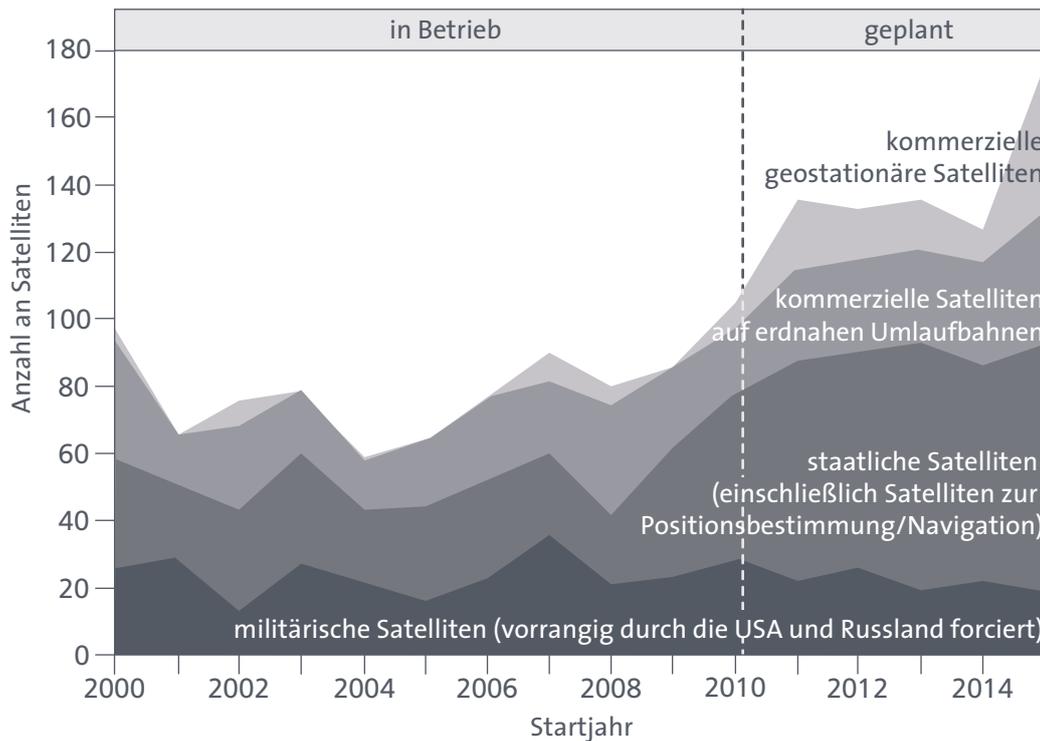
In den vergangenen Jahrzehnten haben viele Länder begonnen, in Bezug auf die satellitengetragene Fernerkundung eigene Kapazitäten aufzubauen. Die in diesem Kapitel vorgestellten Satellitensysteme repräsentieren nur einen Teil der inzwischen weltweit installierten Satelliteninfrastruktur zur Erdfernerkundung. Nach der Prognose von Euroconsult (2010) wird sich die Zahl der operationellen Satelliten weltweit bis 2015 weiter erhöhen, obwohl die Zahl militärischer Satelliten zurückgehen dürfte. Ein Wachstum wird sowohl bei öffentlich bzw. staatlich als auch bei kommerziell betriebenen Satelliten erwartet (Abb. IV.11). Nationalstaatliche Akteure werden, da sie weiterhin Satelliten betreiben und sich über öffentlich-private Partnerschaftsmodelle an kommerziellen Betriebsformen beteiligen, auch zukünftig einen großen Handlungsraum im Bereich Satellitentechnik allgemein und Fernerkundung speziell haben.

Derzeit sind jedoch nur wenige Länder in der Lage, die gesamte Prozesskette der satellitengestützten Fernerkundung eigenständig abzudecken. Nur Staaten oder Staatenverbünde mit langjährigen und sehr ambitionierten, staatlich forcierten und geförderten Weltraumprogrammen konnten bisher das nötige Wissen, die technischen Voraussetzungen und die dazu erforderlichen Ressourcen aufbauen bzw. bereitstellen.

Die USA gehören zu den Ländern mit den weltweit längsten und umfangreichsten Erfahrungen im Bereich der Fernerkundung. Das Spektrum der in eigenen Programmen entwickelten und betriebenen Fernerkundungssatelliten ist groß. Es reicht von Satelliten für jahrzehntelange kontinuierliche und systematische Datenerfassungen über hochkomplexe, mit unterschiedlichen Sensoren und Instrumenten bestückte Einzelentwicklungen, die vielfältige Anwendungen in Wissenschaft und Forschung ermöglichen sollen, bis zu weniger komplex konfigurierten kleineren und nicht so kostenintensiven Satelliten. Beim Auf- und Ausbau der Satelliteninfrastruktur gehen die USA inzwischen vielfältige Kooperationsbeziehungen zu Ländern ein, die US-amerikanische Datenzugangsvorgaben einhalten. Kooperation wie z. B. die »Mitnahme« eines Sensors auf einem anderen Satelliten haben in den vergangenen Jahren dazu beigetragen, dass u. a. einige europäische und südamerikanische Länder ihre Fähigkeiten zum Bau einzelner Satellitenkomponenten weiterentwickeln konnten, ohne dass sie für alle Technikbe-

standteile der gesamten Prozesskette verantwortlich waren. Solche Kooperationsbeziehungen könnten Referenzmodelle darstellen, auch für Kooperationen mit afrikanischen Ländern.

ABB. IV.11 SATELLITEN BIS 2010 IM UMLAUF UND BIS 2015 GEPLANT



Quelle: Zeil/Saradeth 2010, S. 98, nach Euroconsult 2010

Frankreich gilt als europäischer Vorreiter in Bezug auf die Fernerkundungstechnologie sowohl beim Satellitenbau als auch im Bereich Raketentechnologie. Neben national eigenständig durchgeführten Satellitenbauprogrammen gibt es in Frankreich ebenfalls unterschiedliche Kooperationen zum Bau und Betrieb von Satelliten. Ein Technologietransferprogramm wurde für den Bau des zweiten algerischen Fernerkundungssatelliten Alsat-2 aufgelegt, durch das etliche algerische Ingenieure und Wissenschaftler in Frankreich ausgebildet wurden. Da aufgrund der kolonialen Vergangenheit in etlichen Ländern Afrikas Französisch noch weit verbreitet ist, bieten sich gegebenenfalls Ausbildungs- und Trainingskurse in Frankreich an.

Auch Deutschland hat spezifische Kompetenzen in Bezug auf den Bau und Betrieb von Fernerkundungssatelliten, nutzt für die Platzierung der Satelliten jedoch die Kapazitäten anderer Länder. Eigenständige Entwicklungen zielen wesentlich darauf ab, eine wissenschaftlich-technologische Vorreiterposition in sich



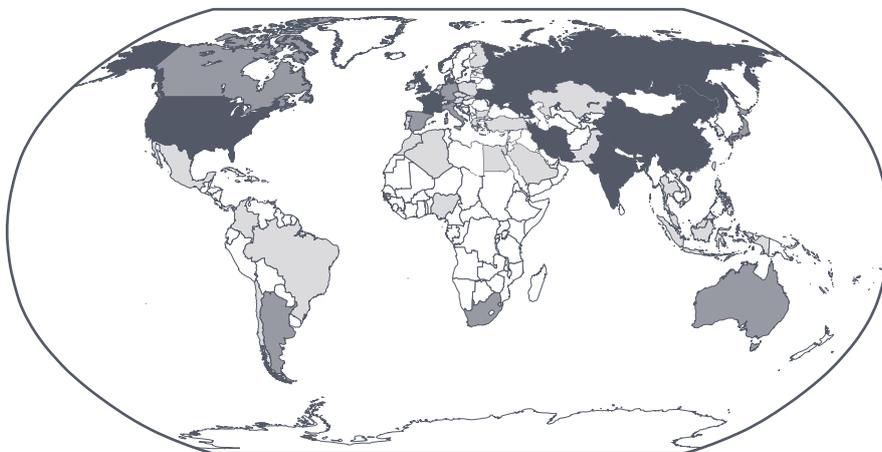
IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA

abzeichnenden Anwendungsbereichen mit hohem Marktpotenzial zu besetzen (z. B. zur höchstpräzisen autonomen Navigation, bei der Aufnahme, Übertragung und Verarbeitung großer, spektralhochdifferenzierter Fernerkundungsdatensätze, im Bereich Radartechnik, Nanosatellitentechnik und laserbasierte Datenübertragung). Unter Beachtung der gegenwärtigen technischen und wissenschaftlichen Möglichkeiten vieler afrikanischer Länder dürfte diese technologische Ausrichtung in Bezug auf die Übertragbarkeit und Anwendbarkeit in Länder Afrikas nur bedingt Potenzial haben. Interessant könnte jedoch die im Rahmen der BIRD/FIREBIRD-Entwicklung anvisierte On-Board-Datenaufbereitung sein, die erstmalig darauf abzielt, die zu übertragende Datenmenge zu reduzieren, sodass sich das Datenhandling auf der Erde wieder vereinfachen dürfte. In Bezug auf einen Transfer von Satellitentechnologie in Länder Afrikas ist auch das Mikrosatellitenprogramm TUBSAT zu nennen, durch das in der Vergangenheit im Rahmen einer Wissenschaftskooperation mit Marokko und Indonesien für jedes Land ein einfacher Ausbildungssatellit entwickelt, gebaut und platziert wurde (MAROC-TUBSAT 2001, LAPAN-TUBSAT 2007). Indonesien hat inzwischen auch die nächste Stufe des Technologietransfers vollzogen und einen weiteren Satelliten in stärkerer Eigenverantwortung gebaut und platziert, ein dritter Satellit ist in Planung. Für die Entwicklung von Datenanwendungen ist bisher jedoch keine programmatische Einbindung bekannt. Die jeweiligen Länder müssen wahrscheinlich stärkere eigene Datenaufbereitungs- und Analysetools entwickeln.

Das gegenwärtig zweifellos relevanteste kooperative Satellitenbau- und -betriebsprogramm, das einen schrittweisen Technologietransfer der gesamten Prozesskette der satellitenbasierten Fernerkundung anvisiert, ist das von der britischen Universität in Surrey entwickelte DMC-Programm (Kap. IV.4). Ingenieure und Wissenschaftler aus teilnehmenden Ländern werden ähnlich wie beim deutschen TUBSAT-Programm ausgebildet und am Bau von Satelliten schrittweise stärker beteiligt. Die Satelliten sind nicht »nur« Ausbildungssatelliten, sondern mit optischen Sensoren ausgestattet, mit denen räumlich hochaufgelöste Satellitendaten bereitgestellt werden, für die es inzwischen vielfältige Anwendungsgebiete und zahlreiche Datenverarbeitungsverfahren gibt. Die Satellitenbetreiber bzw. die Datenanwendungseinheiten können sich über den DMC-Verbund, an dem sich mehrere Länder mit weitgehend identischen Satelliten beteiligen, und über internationale Anwendungsprogramme (Kap. VI) in unterschiedliche Netzwerke integrieren. Dadurch können sie einerseits selbst Erfahrungen sammeln und andererseits andere Netzwerkgruppen für Spezifika in afrikanischen Ländern sensibilisieren. Durch das DMC-Programm wurden in den vergangenen Jahren vier bis dahin nichtweltraumaktive Länder (darunter zwei afrikanische Länder Algerien und Nigeria) bei ihren Bemühungen unterstützt, nationale Kompetenzen für Entwicklung, Bau, Betrieb und Anwendung von Fernerkundungstechnologie auszubauen. Bisher hat nur Nigeria die Kooperation fortgesetzt.

Neben Algerien und Nigeria (sowie ansatzweise Marokko) haben auch Ägypten und Südafrika eigene Kompetenzen in Bezug auf den Bau und/oder den Betrieb von Fernerkundungssatelliten aufbauen können, Ägypten durch eine Kooperation mit der Ukraine. Südafrikanische Kompetenzen in Bezug auf den Satellitenbau und -betrieb sind ursprünglich im universitären Bereich aufgebaut worden, ohne dass dieses Engagement durch explizite Kooperationen mit Technologietransferprogrammen befördert wurde. Erst im Laufe der Zeit wurden diese Aktivitäten durch staatliche Strukturen (Entwicklung eines Weltraumprogramms, Lenkung durch eine Weltraumagentur) gefestigt. Bis auf Südafrika gab es in den genannten Ländern zumindest nationale Fernerkundungszentren, mehrheitlich auch nationale Weltraumagenturen, die spezifische Entwicklungsprogramme auflegten und dazu auch erhebliche öffentliche Mittel bereitstellten, um die genannten Kooperationsprojekte zu finanzieren. Gebaut wurden vergleichsweise einfache Satelliten, die »normale« Standarddaten liefern, ohne Anspruch auf technologische Exklusivität – ein Marktbereich, der kaum im Fokus der Weltraumstrategien technologieführender Länder liegt und zunehmend durch kommerzielle Betreiber abgedeckt wird.

ABB. IV.12 VERBREITUNG DER SATELLITENTECHNOLOGIE WELTWEIT (STAND 2009)



- Länder, die eigenständig entwickelte Satelliten mit eigenen Raketen erfolgreich platzieren.
- Länder, die eigenständig Satelliten entwickelt haben, aber über keine eigene Raketentechnologie verfügen.
- Länder, die mithilfe anderer Länder Satelliten entwickelt und platziert haben.
- Länder ohne Belege für eigene Kompetenzen in Bezug auf Bau, Positionierung und Betrieb von Satelliten.

Quelle: nach upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bb/Satellite_operatingnations.svg/800px-Satellite_operating_nations.svg.png (19.3.2012)

Abbildung IV.12 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die bisherigen nationalen Möglichkeiten, die Prozesskette der Generierung satellitengestützter Fernerkundungsdaten eigenständig abzudecken. Trotz des Engagements einzelner afrikanischer Länder wird deutlich, dass sich die derzeitigen Kompetenzen afrikanischer Länder in Bezug auf den Bau, die Platzierung und den laufenden Betrieb von Fernerkundungssatelliten, der mit der Verfügungsgewalt über die aufgenommenen Daten einhergeht, deutlich von denen anderer Regionen unterscheidet. Die Begriffe der »digitalen Kluft« oder der »digitalen Spaltung« zwischen Industrie- und Entwicklungsländern, die im Kontext der allgemeinen Entwicklung in Richtung Informations- und Wissensgesellschaft mitunter verwendet werden, spiegeln sich bei der Beherrschung der Satellitentechnologie anschaulich wider.

Seitdem die Entwicklung der Fernerkundungstechnologie weg von hochkomplexen, für vielfältige Fragestellungen zugleich konzipierten und mit langen Planungs- und Entwicklungszeiten verbundenen Systemen in Richtung kleiner Satelliten mit einfacherer Ausstattung tendiert, sinken zumindest einige Barrieren für einen Technologietransfer in afrikanische Länder.

NUTZUNG VON FERNERKUNDUNGSDATEN FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

7.2

Die in etlichen Ländern operationell betriebenen Fernerkundungssatelliten liefern bereits umfangreiches Datenmaterial. Spezifische Vertriebsstrukturen sollen den Datenzugang erleichtern und deren Nutzung unterstützen und voranbringen. Vor diesem Hintergrund konzentrieren einige Länder Afrikas ihre Fernerkundungsaktivitäten auf die Nutzung bereits verfügbarer Fernerkundungsdaten (z. B. Tunesien), ohne dass sie den Bau und Betrieb eigener Satelliten planen. Auch wenn »nur« die Nutzung bereits vorhandener Satelliteninfrastruktur angestrebt wird, müssen dennoch unterschiedliche Teilbereiche in den Blick genommen werden:

- › Daten- bzw. Informationszugang,
- › Erschließung bodennaher Datenbestände,
- › Auf- und Ausbau der Fähigkeiten zur Datenverarbeitung,
- › Erschließung von Anwendungsbereichen sowie Identifikation und Sensibilisierung von Nutzergruppen.

In allen Bereichen müssen neben einer gewissen technischen Ausstattung spezifische Kenntnisse erworben und Kompetenzen aufgebaut werden, um Akteuren in Afrika zu einer schrittweisen Eigenständigkeit bei der Nutzung von Fernerkundungsdaten zu verhelfen. Bisher gibt es in allen Teilbereichen in afrikanischen Ländern Barrieren, die die Anwendung von Fernerkundungstechnologien zumindest erschweren. Neben nationalen und/oder regionalen Aktivitäten afrikani-



scher Länder wurden sowohl durch öffentliche als auch durch kommerzielle Akteure in etlichen technologieführenden Ländern Initiativen angestoßen, die dazu beitragen sollen, die bestehenden Barrieren abzubauen und Kapazitäten zur Aufbereitung und Verwendung von Fernerkundungsdaten auf- und auszubauen.

Einige der genannten Aktivitäten gelten als Meilensteine oder Best-Practice-Beispiele: Dazu zählt die Entscheidung der US-Regierung, die Landsat-Datenarchive vollständig frei zugänglich zu machen. Aufgrund der langjährigen Laufzeit dieses Programms sind bereits vielfältige Datenaufbereitungsroutinen entstanden, die zu diversen standardisierten Informationsdiensten z. B. in den Bereichen Kartografie und Monitoring langfristiger Umweltveränderungen geführt haben. Ähnlich können Entscheidungen gewertet werden, Daten zumindest afrikanischen Nutzern kostenlos zur Verfügung zu stellen (wie im chinesisch-brasilianischen Fernerkundungsprogramm CBERS) oder Daten von Forschungssatelliten allgemein kostenlos zugänglich zu machen, auch wenn aus diesen Daten mitunter noch nicht so vielfältige Informationsdienste vor allem für afrikarelevante Anwendungen entwickelt wurden. Auch die Entscheidung von Satellitenbetreibern, mit kommerziellen Verwertungsstrukturen Anwendungen in Afrika dem Non-Profit-Bereich zuzuordnen und einen kostengünstigeren Datenzugang zu gewähren, hilft, dass beim Datenzugang eine Barriere insbesondere für arme Länder sinkt, die eine selbstständige Nutzung der Fernerkundungstechnologie behindert.

Als ein weiteres gutes Beispiel für die Erschließung von Anwendungspotenzialen der Fernerkundung in Afrika kann die von einem französischen Satellitenbetreiber initiierte Initiative »Planet Action« gewertet werden, die zu einer Vernetzung von Geoinformationsdienstleistern einerseits und vielfältigen potenziellen teilweise spezifisch afrikanischen Nutzergruppen (z. B. NGOs) andererseits führt. Durch die thematische Ausrichtung auf Anpassungsmaßnahmen an globale Umweltveränderungen werden spezifische regionale Probleme in den Blick genommen und ist eine Anbindung an unterschiedliche UN-Aktivitäten möglich, die inzwischen auch durch etliche nationale oder zwischenstaatliche Programme unterstützt wird. Die gebündelte, übersichtliche und transparente Darstellung der Aktivitäten hilft, aus bestehenden Projekten Anwendungserweiterungen und neue Kooperationsmöglichkeiten zu entwickeln und gegebenenfalls Projektdoppelungen oder -überschneidungen zu vermeiden. Mit dieser Initiative kann bei vielfältigen praxisnahen problemorientierten Akteuren vor Ort eine Sensibilisierung für die Nutzungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten und abgeleiteten Informationen stattfinden, ohne dass vergleichbare öffentliche Verwaltungs- oder Governancestrukturen wie in Industrieländern erforderlich sind. Parallel dazu werden Geoinformationsdienstleister für die spezifischen Informationsbedürfnisse von potenziellen Nutzern vor Ort sensibilisiert. Auch tragen die Projekte mosaikstückartig dazu bei, vor Ort verfügbare In-situ-Daten zu digitalisieren und besser verfügbar zu machen. Dadurch wird auch dieser zweite Datenbereich, der für die

^
› IV. NATIONALE FERNERKUNDUNGSSYSTEME – ANWENDUNGEN IN AFRIKA
v

Entwicklung von Geoinformationssystemen nötig ist, dezentral gestärkt. Durch diese Initiative werden Datenbestände zur Verfügung gestellt und erschlossen sowie Informationsdienstleister und Nutzergruppen sensibilisiert und vernetzt, wodurch bestehende Barrieren zur Nutzung der Fernerkundung in Entwicklungsländern tendenziell reduziert werden.

Auch die langjährige deutsche Unterstützung des ACSAD, das sich zu einem eigenständigen Geoinformationssystem entwickelt hat und zunehmend Schulungen anbieten und weitere Anwendungen der Fernerkundung erschließen konnte, wird von Komp et al. (2010, S. 18 ff.) als gutes Beispiel mit explizitem Technologietransfer im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit bewertet. Das Zentrum kann als Multiplikator fungieren, da es einerseits über die Arabische Liga mit mehreren Ländern Afrikas vernetzt ist und andererseits über unterschiedliche UN-Umweltübereinkommen (z. B. Wüstenkonvention) an sich daraus ableitende Programmaktivitäten angebunden ist. Nationale Akteure und deren Informationsbedürfnisse werden eigenverantwortlich ermittelt, diese zur Bereitstellung von bodennahen Daten angeregt und an die Nutzung von Geoinformationssystemen und/oder Fernerkundungsdaten herangeführt. Das Beispiel zeigt jedoch auch, dass eine Unterstützung von Multiplikatoren sowohl Chancen als auch Risiken verstärkt. Durch den bürgerkriegsbedingten Ausfall des ACSAD ist auch die Verbindung zu den jeweiligen Zielregionen unterbrochen und können Resultate jahrelangen Engagements im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit gefährdet werden.

Das bereits genannte DMC-Transferprogramm gilt ebenfalls als ein gutes Beispiel in Bezug auf den Aufbau nationaler Kompetenzen zur Nutzung bzw. Anwendung von Fernerkundungsdaten. Es zwingt die beteiligten Länder in viel stärkerem Maße dazu, selbstständig eigene Anwendungsgebiete und Nutzergruppen zu finden, die jeweils verfügbaren In-situ-Daten zu erfassen und in eigene nationale nutzerorientierte Geoinformationssysteme zu integrieren. Die institutionelle Vernetzung bietet vielfältige Optionen der gegenseitigen Hilfe und arbeitsteiligen Weiterentwicklung. So effektiv dieses Programm für einzelne afrikanische Länder auch sein mag, muss jedoch einschränkend darauf hingewiesen werden, dass dieses Modell des Technologietransfers die derzeitigen Möglichkeiten insbesondere der ärmsten Länder bei Weitem übersteigen dürfte.

Vielfältige Aktivitäten auf nationaler Ebene versuchen, Entwicklungen zur Nutzung von Fernerkundungsdaten auch in afrikanischen Ländern zu unterstützen. Nur einige wurden hier beispielhaft vorgestellt. Neben diesen national initiierten Aktivitäten gewinnen in Bezug auf Fernerkundungsanwendungen in Afrika die Initiativen europäischer und internationaler Organisationen zunehmend an Bedeutung, die verstärkt multinationale Institutionen in Afrika als mögliche Multiplikatoren in ihre Aktivitäten einbeziehen.



FERNERKUNDUNGSSYSTEME EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN UND BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

V.

Neben diversen Weltraumstrategien, -programmen und -aktivitäten einzelner Länder haben sich seit den 1970er Jahren in Europa zwischenstaatliche Regierungsorganisationen etabliert, in denen Weltraumaktivitäten abgestimmt, thematisch differenziert und teilweise auch gemeinsam verfolgt werden. Damit wurden in unterschiedlichen Bereichen erforderliche Ressourcen gebündelt. Besonders auffällig ist das im Bereich der Raketentechnik, aber auch in mehreren Anwendungsfeldern der Satellitentechnologie. In Kapitel V.1 werden zunächst die wichtigsten europäischen Organisationen mit Fernerkundungsaktivitäten entsprechend ihrer Etablierung chronologisch vorgestellt. Im Anschluss werden deren Fernerkundungssysteme behandelt; zuerst wird auf die jeweiligen Satelliten eingegangen, dann werden ausgewählte Anwendungsbereiche angesprochen und die gegenwärtigen Initiativen zur Anwendung in Afrika thematisiert.

Kapitel V.2, das sich den Fernerkundungsaktivitäten der Europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten (EUMETSAT) widmet, soll insbesondere verdeutlichen, wie umfangreich die Satellitendatenaufbereitung allein im Bereich der Meteorologie inzwischen ist. Es soll auch gezeigt werden, welche Möglichkeiten sich durch die europäischen Organisationsstrukturen für Kooperationen einerseits zwischen den europäischen Mitgliedsländern und andererseits mit Ländern Afrikas eröffnen. Analog werden in Kapitel V.3 die Fernerkundungsaktivitäten der Europäischen Weltraumorganisation ESA vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird in diesem Kapitel auf die Darstellung der Entwicklung von Informationsdiensten gelegt, die bereits erste Elemente des im Aufbau befindlichen umfassenden europäischen Geoinformationssystems Copernicus (bis 2012 als GMES [»Global Monitoring for Environment and Security«] bezeichnet) sind. Kapitel V.4 widmet sich dann explizit Copernicus, dem Gemeinschaftsprojekt von EU und ESA zur Nutzung und weiteren Entwicklung der europäischen Fernerkundungsinfrastruktur, und stellt die bisher definierten fünf vorrangigen Anwendungsbereiche dieses Geoinformationssystems sowie die Initiative »GMES/Copernicus and Africa« vor.

Diese europäischen Aktivitäten können nationale Aktivitäten europäischer Länder in Bezug auf die Anwendung von Fernerkundung insbesondere in Afrika wesentlich verstärken und neue Möglichkeiten des Technologietransfers und der Kooperation eröffnen. Die in Kapiteln V.2 bis V.4 vorgestellten Aktivitäten werden im Fazit (Kap. V.5) hinsichtlich ihrer Möglichkeiten für die Entwicklungszusammenarbeit und ihrer Beiträge für einen Technologietransfer in Länder Afrikas zusammenfassend diskutiert.

ORGANISATIONSTRUKTUR IN EUROPA

1.

EUROPÄISCHE WELTRAUMORGANISATION (ESA)

1975 wurde die Europäische Weltraumorganisation ESA (European Space Agency) als ein Zusammenschluss mehrerer europäischer weltraumaktiver Institutionen gegründet.¹²⁶ Gründungsidee der ESA war die bessere Koordinierung und Weiterentwicklung unterschiedlicher Weltraumaktivitäten der europäischen Länder, um einerseits den damaligen technologischen Rückstand gegenüber den USA und der UdSSR aufzuholen und andererseits die Weltraumtechnologie für friedliche Zwecke einzusetzen. Die Ausrichtung auf friedliche Zwecke wurde im Gründungsübereinkommen explizit verankert (Art. II CSE/CS[73]19, rev.7). Die Aktivitäten der ESA werden in Projekten organisiert und unterschiedlichen Programmen bzw. Bereichen zugeordnet. Neben dem Bereich Entwicklung und Einsatz von Trägersystemen werden die Bereiche Erdfernerkundung, bemannte Raumfahrt, Weltraumwissenschaft, Kommunikation sowie Forschung/Technologie unterschieden. Die einzelnen Mitgliedsländer entscheiden bei den meisten Bereichen selbst, in welchem Umfang sie sich an welchen Projekten beteiligen.

Die ESA hat gegenwärtig 18 europäische Mitgliedstaaten sowie Kooperationsbeziehungen mit drei weiteren europäischen Ländern und Kanada. Die finanzielle Beteiligung der einzelnen Länder besteht aus einem Grundfinanzierungsanteil entsprechend der jeweiligen Wirtschaftskraft (BIP) sowie optionalen Beteiligungen an einzelnen Programmen, die jeweils individuell vereinbart werden. Die finanziellen Beiträge der einzelnen Länder werden vollständig aus den jeweiligen Staatshaushalten finanziert und fließen anteilig als Aufträge an deren nationale Raumfahrtindustrie zurück (Prinzip des geografischen Mittelrückflusses).¹²⁷ Das Gesamtbudget der ESA betrug 2010 ca. 3,75 Mrd. Euro. Deutschland war mit 626 Mio. Euro (16,7 %) nach Frankreich mit 681 Mio. Euro (18,2 %) der zweitgrößte nationale Beitragszahler.¹²⁸ Deutschland beteiligt sich seit vielen Jahren insbesondere an der Entwicklung und dem operativen Betrieb unterschiedlicher Fernerkundungssysteme, die im Aktivitätsbereich »Observing the Earth«¹²⁹ gebündelt werden. In diesen Bereich flossen 2010 708 Mio. Euro (knapp 19 % des ESA-Budgets). Der Hauptsitz der ESA ist in Paris, daneben gibt es verschiedene Zentren mit spezifischen Aufgabenbereichen. Für die Überwachung der ESA-Satelliten ist das Europäische Raumflugkontrollzentrum ESOC

126 Dazu gehören die European Launcher Development Organisation (Entwicklung und Bau von Trägersystemen), die European Space Research Organisation (Entwicklung und Bau von wissenschaftlichen Satelliten) sowie die Europäische Fernmeldekongferenz.

127 Das Prinzip des geografischen Mittelrückflusses ist nicht konform mit der Idee des freien Wettbewerbs im Binnenmarkt der EU.

128 www.esa.int/esaMI/About_ESA/SEMNQ4FVL2F_0.html (7.6.2012)

129 www.esa.int/esaEO/index.html (22.3.2012)



(European Space Operations Centre) in Darmstadt verantwortlich, für das Sammeln, Speichern und Verteilen von Satellitendaten an die ESA-Partner das Europäische Raumfahrtforschungsinstitut ESRIN (European Space Research Institute) in Frascati bei Rom.

Die ESA unterhält über eine spezielle Rahmenvereinbarung enge Beziehungen zur Europäischen Union (EU 2004). 2004 wurde ein gemeinsamer Weltraumrat geschaffen, der zwar auf der höchsten Gremienebene angesiedelt ist, jedoch kein Entscheidungsmandat hat (Entscheidungen müssen von den jeweils zuständigen Ministerräten bestätigt werden). Inzwischen entwickeln ESA und Europäische Kommission eine gemeinsame Weltraumpolitik, deren erste Kooperationsprojekte die satellitengestützten Systeme zur globalen Erdfernerkundung *Copernicus* (Kap. V.4) und zur Navigation *Galileo* sind. Die ESA hat parallel zur Abstimmung mit der Europäischen Kommission die Etablierung des European Space Policy Institute (ESPI) initiiert, das helfen soll, die gemeinsamen Weltraumstrategien der ESA und der Europäischen Kommission vorzubereiten und zu entwickeln. Es hat seinen Sitz in Wien und wird von der ESA und der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH finanziert. Inzwischen hat das ESPI mehr als 30 Mitglieder und Partner, darunter nationale Weltraumagenturen wie z. B. CNES oder DLR, internationale Organisationen wie EUMETSAT oder UNOOSA, aber auch Unternehmen wie Arianespace oder EADS Astrium sowie Forschungseinrichtungen mit ziviler und/oder militärischer Ausrichtung wie die Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler GmbH oder das US-amerikanische Eisenhower Center for Space and Defense Studies.¹³⁰

EUROPÄISCHE ORGANISATION FÜR TELEKOMMUNIKATION (EUTELSAT)

Nach der ESA wurde 1977 Eutelsat¹³¹ ursprünglich auch als zwischenstaatliche Regierungsorganisation gegründet, jedoch im Zuge der Liberalisierung des europäischen Telekommunikationssektors privatisiert und in eine Aktiengesellschaft (Eutelsat S. A.) überführt. Aufgabe von Eutelsat ist es, eine satellitenbasierte Telekommunikationsinfrastruktur in Europa zu entwickeln und zu betreiben. Mit gegenwärtig 28 Kommunikationssatelliten ist Eutelsat heute der drittgrößte Betreiber dieser Satelliten weltweit und laut eigenen Angaben die Nummer 1 im Raum Europa, Mittlerer Osten und Afrika. Sein Marktanteil beträgt 33 % in Europa und 14 % weltweit. Im Zuge der verstärkten Nutzung von Kommunikationssatelliten bei der Übermittlung von Fernerkundungsdaten ergeben sich verstärkt Kooperationsmöglichkeiten zwischen den unterschiedlichen Betreibern von Fernerkundungs- und Kommunikationssatelliten (Kap. II.3.3.4).

¹³⁰ www.espi.or.at (7.6.2012)

¹³¹ www.eutelsat.com (7.6.2012)

EUROPÄISCHE ORGANISATION FÜR DIE NUTZUNG METEOROLOGISCHER SATELLITEN (EUMETSAT)

1986 wurde EUMETSAT ebenfalls als zwischenstaatliche Regierungsorganisation gegründet. Sie hat die Aufgaben, Fernerkundungsdaten für Wettervorhersagen und Klimaforschung zu erheben und aufzubereiten. EUMETSAT übernahm die bis zu diesem Zeitpunkt von der ESA koordinierten europäischen meteorologischen Satellitenprogramme. EUMETSAT gehören inzwischen 26 europäische Mitgliedstaaten sowie fünf weitere kooperierende Staaten an. Die Beiträge der einzelnen Länder werden entsprechend der jeweiligen Wirtschaftskraft (BIP) ermittelt, daher ist der deutsche Anteil an der EUMETSAT-Finanzierung (Jahresbudget 2011 ca. 306 Mio. Euro) der größte (ca. 19,2%). Die Zentrale von EUMETSAT befindet sich in Darmstadt. EUMETSAT betreibt eine Reihe von meteorologischen Satelliten und stellt deren Daten und aufbereitete Informationen in erster Linie den Wetterdiensten ihrer Mitgliedsländer zur Verfügung. Planung, Bau und Platzierung der Satelliten erfolgt meist in Kooperation mit unterschiedlichen nationalen Weltraumorganisationen und/oder der ESA. EUMETSAT liefert auch einen Beitrag zum europäischen Fernerkundungssystem Copernicus (Kap. V.4).

EUROPÄISCHE UNION (EU)

Für die EU-Kommission waren Weltraumaktivitäten lange Zeit kein Schwerpunktthema, da einerseits nur ein Teil der Mitgliedsländer eigenständig weltraumaktiv war und andererseits europaweite zivile Weltraumaktivitäten über die eigenständigen Organisationen ESA, EUMETSAT und Eutelsat organisiert und durchgeführt wurden. Nachdem die europäischen Länder während des gemeinsamen NATO-Einsatzes infolge der Kosovokrise 1999 jedoch festgestellt hatten, dass sie hochgradig von der Aufklärungs- und Navigationsinfrastruktur des US-amerikanischen Militärs abhängig waren und sich in der Wahrnehmung ihrer souveränen Aufgaben gefährdet sahen, forderten sie die Führung der ESA und die Europäische Kommission auf, eine kohärente europäische Strategie für die Raumfahrt zu erarbeiten (Zeil/Saradeth 2010, S. 71). Daraufhin hat die Europäische Kommission zusammen mit der ESA im Jahr 2000 ein gemeinsames Grundsatzzpapier für eine europäische Strategie für die Raumfahrt ausgearbeitet, indem die Basis der Raumfahrtaktivitäten gestärkt, die wissenschaftlichen Kenntnisse erweitert und das Wissen und die Technologien aus der Raumfahrt bedarfsorientiert verwertet werden (EK 2000, S. 2). Hauptziele dieser europäischen Weltraumstrategie sind gegenwärtig die Unabhängigkeit von außereuropäischen Systemen und die Bündelung von boden-, luft- und weltraumgestützten Datenquellen zu einem globalen Erdbeobachtungsnetzwerk.



Bei der Umsetzung der Ziele der EU-Weltraumstrategie muss die Europäische Kommission neben der Einhaltung EU-interner Abstimmungsverfahren auch mit anderen nationalen und europaweiten Organisationen, die teilweise ähnliche Ziele verfolgen, kooperieren – sie selbst hat bisher keinerlei eigene Infrastrukturkomponenten und auch kein ausführendes Organ. Langwierig wurde dieser Abstimmungsprozess insbesondere mit der ESA, die ausschließlich auf zivile Anwendungen ausgerichtet ist, wohingegen die EU-Weltraumpolitik duale Nutzungskonzepte verfolgt. Denn neben vielfältigen Aktivitäten im zivilen Bereich soll auch die Umsetzung und Begleitung der Gemeinsamen Außen- und Sicherheitspolitik (GASP) und der Europäischen Sicherheits- und Verteidigungspolitik (ESVP) gewährleistet werden (Zeil/Saradeth 2010, S. 71 f.).

Angesichts der unterschiedlichen strategischen Ausrichtungen der Europäischen Kommission und der ESA war die Entwicklung eines gemeinsamen Umsetzungsprogramms keine leichte Aufgabe. Bisher hat dieses Programm zwei Bereiche: die satellitengestützte Erdfernerkundung *Copernicus* (Kap. V.4) und das Satellitennavigationssystem *Galileo*¹³². Die Bundesregierung betont, dass beides zivile Systeme unter ziviler europäischer Kontrolle seien, deren Daten und Dienste unterschiedlichen Anwendern offen stehen werden (Bundesregierung 2011a, S. 2 ff.). Die Europäische Kommission geht von einer stärkeren Parallelität zwischen ziviler und militärischer Nutzung aus, die eine zivile Dominanz nicht herausstreicht. Sie weist darauf hin, dass die gemeinsame zivile und militärische Nutzung von Kapazitäten und Daten spezielle Verfahren und damit auch Zusatzkosten bei den relevanten Empfangsstationen und Aufbereitungszentren mit sich bringt, weil dort die Trennung zwischen zivilen und militärischen Systemen weiterhin bestehen bleibt. Sie geht weiter davon aus, dass insbesondere die Dienste verbesserte Techniken für die Datenerzeugung und -auswertung hervorbringen werden, von denen zivile und militärische Nutzer profitieren können, die so implizit eine duale bzw. vielseitige Nutzung ermöglichen (EK 2004, S. 16). 2010 wurde diese Auffassung durch die Verordnung 911/2010 konkretisiert: »Auf Sicherheit bezogene Dienste sind ein wichtiger Teil der GMES-Initiative. Europa wird von der Nutzung der Weltraum- und In-situ-Infrastrukturen in den Diensten profitieren, mit denen auf die Herausforderungen für Europa im Sicherheitsbereich reagiert wird – vor allem Grenzkontrollen, Überwachung der Meere und Unterstützung der auswärtigen Maßnahmen der Union.« (Abs. 23, EU 2010, S. 3) Die Europäische Kommission lässt sich in Bezug auf ihre Fernerkundungsaktivitäten von unterschiedlichen EU-Institutionen unterstützen. Im Bereich der zivilen Anwendun-

132 Die Messung der geografischen Position eines Objekts an der Erdoberfläche ist auch für die Fernerkundung wichtig, insbesondere in Bezug auf die Positionierung und die exakte Georeferenzierung (Lagegenauigkeit von Bodenkontrollpunkten). Sie gilt jedoch ähnlich wie die Satellitenkommunikation nicht als integraler Bestandteil der Erdfernerkundung und wird in diesem Bericht deshalb nicht näher thematisiert.



gen wird sie vom Institute for Environment and Sustainability (IES),¹³³ eines der acht Forschungsinstitute des Joint Research Centre (JRC) der Kommission mit Sitz in Ispra (Italien), unterstützt. Das IES koordiniert einerseits unterschiedliche EU-interne, aber auch internationale Aktivitäten zur Zusammenführung und Harmonisierung von Fernerkundungsdaten und bereitet andererseits Fernerkundungsdaten zu Informationsprodukten insbesondere für europäische Entscheidungsträger auf (z. B. Informationspflichten, die sich aus internationalen Umweltabkommen ergeben; Kap. VI.3). Im Bereich der sicherheitspolitischen und/oder militärischen Anwendungen ist das 2002 gegründete Satellitenzentrum der Europäischen Union (EUSC)¹³⁴ relevant, das seinen Sitz in Spanien in der Nähe von Madrid hat. Das Zentrum soll die Entscheidungsfindung im Bereich der gemeinsamen Außen- und Sicherheitspolitik unterstützen, indem es die Auswertung von Fernerkundungsdaten und die Erstellung von diesbezüglich relevanten Informationen übernimmt.

ERDFERNERKUNDUNG BEI EUMETSAT

2.

1977 begann die europäische eigenständige Nutzung der Fernerkundung im Bereich der Meteorologie, nachdem die ESA den ersten europäischen Wettersatelliten Meteosat 1 auf seine geostationäre Umlaufbahn gebracht hatte. Insbesondere die Verarbeitung der Daten entwickelte sich zunehmend zu einem eigenen Geschäftsfeld und führte 1986 zur Gründung von EUMETSAT, das den operativen Betrieb der meteorologischen Satelliten und das Datenmanagement (kontinuierliche Datenbereitstellung und Aufbereitung) übernahm und seitdem aufbereitete Fernerkundungsdaten in erster Linie den meteorologischen Organisationen der Mitgliedsländer zur Verfügung stellt, die wiederum die Weiterverarbeitung und Informationsbereitstellung für vielfältige nationale Nutzergruppen (als Endkunden) übernehmen. Inzwischen betreibt EUMETSAT unterschiedliche Satelliten zur Wetter- und Klimabeobachtung auf unterschiedlichen Umlaufbahnen.

SATELLITENSYSTEME ZUR ERDFERNERKUNDUNG

2.1

GEOSTATIONÄRE WETTERSATELLITEN

Derzeit aktiv sind noch ein Satellit der 1. Generation Meteosat-7 (befindet sich über Indien) sowie zwei Wettersatelliten der 2. Generation Meteosat-8 und Meteosat-9 (teilweise auch MSG-1 und MSG-2 [Meteosat Second Generation] genannt).

¹³³ <http://ies.jrc.ec.europa.eu> (19.6.2012)

¹³⁴ europa.eu/agencies/regulatory_agencies_bodies/security_agencies/eusc/index_de.htm (7.6.2012)



Die Satelliten der 2. Generation sind über Afrika positioniert und seit 2004 bzw. 2007 im operationellen Betrieb.¹³⁵ Die Satelliten sind jeweils mit zwei Sensoren ausgestattet, zum einen mit einem optischen System, das witterungsrelevante Daten in zwölf spektralen Kanälen aufzeichnet, und zum anderen mit einem im sichtbaren bis infraroten Bereich empfindlichen Radiometer, das Daten für die Analyse und Beobachtung des Strahlungshaushalts der Erde liefert. Die Sensoren ermöglichen u. a. die Erfassung von Daten zum atmosphärischen Wasserdampf, zu Feinpartikeln und Oberflächenmerkmalen wie z. B. Schnee-, Eis- oder Vegetationsverteilung. Meteosat-8 hat eine räumliche Auflösung von 1 km (pan) bzw. 3 km (multi) und liefert alle 15 Minuten Daten vom jeweils gleichen Gebiet auf der Erde. Auch wenn das Zielgebiet der Satelliten Europa ist, befindet sich Afrika positionsbedingt im Aufnahmezentrum der Sensoren (Kap. II.3.2.2). Die Meteosat-Satelliten haben eine um ein Vielfaches höhere Datentransferrate. Aus den empfangenen Daten können aktuellere und dezidiere Wetterinformationen und -vorhersagen abgeleitet werden.

ERDNAHE WETTERSATELLITEN

Zu den Wettersatelliten mit erdnahe Umlaufbahn gehören einerseits die MetOp-Satelliten, die eine polare Umlaufbahn haben, und andererseits die Jason-Satelliten mit einer geneigten Umlaufbahn, an deren Mission sich EUMETSAT über Kooperationen beteiligt.

MetOp-A¹³⁶ wurde gemeinsam von EUMETSAT und der europäischen Weltraumagentur ESA in Kooperation mit der französischen Weltraumagentur CNES und der US-Wetterbehörde NOAA entwickelt und von EADS Astrium gebaut. Unterschiedliche Satellitenmodule sind keine Neuentwicklungen, sondern Nachbauten bzw. Anpassungen von anderen Satelliten. Der Satellitenbus baut auf dem ESA-Satelliten Envisat auf, Instrumente zur Energieversorgung und Steuerung wurden bereits für die französischen SPOT-Satelliten entwickelt, und auch die Nutzlast (Sensoren und Instrumente zur Datenübertragung) setzt sich teilweise aus Instrumenten zusammen, die für andere Satelliten entwickelt wurden. Diese Nutzlast besteht aus mehr als zehn Sensoren (teilweise baugleich mit Instrumenten US-amerikanischer Wettersatelliten), die unterschiedliche Daten zum Wettergeschehen aufzeichnen und übertragen. MetOp-A hatte ein Startgewicht von 4,1 t. MetOp-B wurde 2012 gestartet, der Start von MetOp-C wird gegenwärtig für 2018 geplant. Die Gesamtkosten für die MetOp-Satellitenmission werden mit ca. 2,5 Mrd. Euro angegeben, wobei nur 20 % für Entwicklung, Bau und Platzierung der Satelliten und ca. 80 % für den laufenden Betrieb der Satelliten sowie für den Empfang und die Auswertung der Daten veranschlagt werden.

¹³⁵ www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/MeteosatSecondGeneration/index.htm?l=en (21.3.2012)

¹³⁶ www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/Metop/index.htm?l=en (21.3.2012)



Die Jason-Satelliten¹³⁷ wurden ursprünglich in einer amerikanisch-französischen Kooperation geplant und entwickelt (Kap. IV.2). Durch die geneigte Umlaufbahn sind die Satelliten besonders für die Beobachtung tropischer Meere optimiert und ermöglichen dadurch insbesondere auch die Erforschung und Vorhersagen zu den Witterungsphänomenen El Niño und La Niña sowie die Beobachtung von äquatornahen Küstengebieten und Binnengewässer. Laut EUMETSAT wird der in Planung befindliche Jason-3-Satellit von EUMETSAT und NOAA gemeinsam entwickelt. Nachdem 19 Mitgliedsländer ihre Beteiligung zugesichert haben, kann EUMETSAT ca. 25 % der geplanten Kosten in Höhe von 252 Mio. Euro übernehmen. Der Start ist Ende 2013 geplant.

DATENVERARBEITUNG

2.2

EUMETSAT nutzt unterschiedliche Bodenstationen mit verteilten Aufgabenbereichen. Die Kontrolle und Steuerung aller Satelliten erfolgt über die EUMETSAT-Zentrale in Deutschland (Sitz: Darmstadt). Der Datenempfang erfolgt bei den Meteosat-Satelliten der 1. Generation über eine Bodenstation in Italien, bei den Satelliten der 2. Generation und bei den Jason-Satelliten über eine Bodenstation in Deutschland in der Nähe der Zentrale und bei den MetOp-Satelliten über eine nordpolnahe Bodenstation (Norwegen, Spitzbergen). Bei Problemen kann auf Backupstationen in Rumänien und den Kanarischen Inseln zurückgegriffen werden. Die Datenübermittlung an die Verarbeiter- und Nutzergemeinschaft erfolgt über das organisationseigene Datenrelaisystem EUMETCast (Kap. II.3.4.2).

Die Datenverarbeitung und Bereitstellung von Informationsdiensten erfolgt über spezielle Auswertungszentren (Satellite Application Facilities, SAF), die jeweils unterschiedliche Themenbereiche abdecken (Tab. V.1). Unter der Leitung eines nationalen Wetterdienstes werden die einzelnen SAF von unterschiedlichen internationalen Konsortien entwickelt und betrieben. Zu diesen Konsortien gehören neben Wetterdiensten regelmäßig auch andere Forschungseinrichtungen und Datenanalyseinstitutionen.

Die nationalen Wetterdienste der Mitgliedsländer und der kooperierenden Staaten haben einerseits Zugang zu den Fernerkundungsdaten und den abgeleiteten Informationen und sind andererseits für die Endaufbereitung und die Verbreitung der Informationsdienste in ihrem Land verantwortlich. Dazu nutzen sie unterschiedliche Medien und Formate, über die nationale und lokale Wetterinformationen kontinuierlich und mehrheitlich kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Über ein Lizenzsystem kann auch anderen Institutionen Zugang zu den Daten und/oder Informationsdiensten von EUMETSAT gewährt werden. Dabei wird unterschieden, ob die Daten Forschungs- und Weiterbildungszwecken die-

¹³⁷ www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/Jason-2/index.htm?l=en (21.3.2012)

nen oder in kommerzialisierten Strukturen genutzt werden, z. B. bei Fluggesellschaften oder kommerziellen Wetterdiensten.

TAB. V.1 ÜBERBLICK ÜBER DIE DATENAUSWERTUNGSZENTREN (SAF) VON EUMETSAT

SAF-Themenbereiche	leitender Wetterdienst	Beteiligung	Link für weitere Informationen
Kurzfristvorhersage	Spanien	Frankreich, Schweden, Österreich	www.nwcsaf.org
Ozean und Meereis	Frankreich	Norwegen, Dänemark, Niederlande, Schweden	www.osi-saf.org
Klimaüberwachung	Deutschland	Schweden, Finnland, Belgien, Niederlande, Schweiz	www.cmsaf.eu
numerische Wettervorhersage	Großbritannien	Niederlande, Frankreich, Europäisches Zentrum für Wettervorhersage (ECMWF)	www.nwpsaf.org
Landoberflächenanalyse	Portugal	Belgien, Frankreich, Deutschland, Finnland	www.landsaf.meteo.pt
meteorologische Nutzung spezifischer Sensordaten (GRAS)	Dänemark	ECMWF, Spanien, Großbritannien	www.grassaf.org
Ozonüberwachung	Finnland	Deutschland, Niederlande, Dänemark, Belgien, Frankreich, Griechenland	www.o3saf.fmi.fi
operationelle Hydrologie und Wasserwirtschaft	Italien	Deutschland, Finnland, ECMWF, Türkei, Ungarn, Frankreich, Belgien, Slowenien, Österreich	www.hsaf.meteoam.it

Quelle: www.eumetsat.int/Home/Main/Satellites/GroundNetwork/ApplicationGroundSegment/SAFs/index.htm?l=en (26.3.2012)

BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

2.3

Insbesondere die Meteosat-Satelliten der 2. Generation, die über Afrika positioniert sind, waren ein Katalysator für Technologietransferinitiativen nach Afrika. Diese Initiativen werden einerseits bilateral und andererseits auch durch eine Verzahnung mit Aktivitäten der EU und in Abstimmung mit der World Meteorological Organization (WMO) organisiert. Eine Maßnahme im Rahmen dieser Initiativen ist die Ausweitung des organisationseigenen Datenrelaissystems EU-

METCast, um einen Zugang zu allen EUMETSAT-Daten und Informationsdiensten auch ohne leistungsfähige Breitbandanschlüsse auf dem afrikanischen Kontinent zu ermöglichen (Abb. II.8; Kap. II.3.3.4). Was sich oberflächlich nach einer technischen Detaillösung anhört, bildet im globalen Kontext ein Schlüsselement für den Zugang afrikanischer Länder auch an das im Aufbau befindliche weltweite Geoinformationssystem GEOSS (Kap. VI.2). Weitere Maßnahmen sind die Einrichtung eines speziellen »User Forum Africa«,¹³⁸ durch das Anwender aus Afrika kontinuierlich unterstützt werden, sowie der Auf- und Ausbau vielfältiger Kooperationsbeziehungen mit afrikanischen Ländern und Organisationen (Kasten).

KOOPERATIONSBEZIEHUNGEN VON EUMETSAT ZU ORGANISATIONEN IN AFRIKA

- > 1996: African Center for Meteorological Applications for Development (ACMAD; Sitz: Niamey, Niger). Schwerpunkt der Kooperation sind Aktivitäten im Bereich Klimamonitoring in Afrika.
- > 1996: Regional Centre of the Interstate Committee for Drought Control in the Sahel (AGRHYMET; Sitz: Niamey, Niger). Schwerpunkt der Kooperation sind Datenanwendungen in den Bereichen Niederschlagsschätzungen sowie agrometeorologische und hydrologische Fragestellungen. AGRHYMET war regionales Referenzzentrum für Westafrika im Rahmen der Projekte PUMA und AMESD) und verantwortlich für den Schwerpunkt Acker- und Weidelandmanagement.
- > 1998: Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA; Sitz: Dakar, Senegal). Schwerpunkt der Kooperation sind Ausbildungsaktivitäten (insbesondere die Nutzung von Satellitendaten in der Meteorologieausbildung in Afrika).
- > 1999: African Union Commission (AUC; Hauptsitz: Addis Ababa, Äthiopien). Die Kooperation zielt auf eine bessere Koordinierung und Bündelung europäischer Aktivitäten zur Verbesserung der wirtschaftlichen Entwicklungen in Afrika ab. Sie ist ein Beitrag zur »Joint Africa-EU-Strategy«, die 2007 zwischen der EU und AUC verabschiedet wurde und Grundlage u. a. für das AMESD-Projekt und die Initiative »GMES/Copernicus and Africa« ist (Kap. V.4).

Darüber hinaus wird mithilfe von speziellen Projektprogrammen seit einigen Jahren ein afrikanisches Netzwerk aufgebaut, das meteorologischen Serviceorganisationen in afrikanischen Ländern einerseits einen operativen Zugang zur aktuellen Satellitentechnologie vor Ort gewährt und sie andererseits bei der Entwicklung von afrikaspezifischen Anwendungen unterstützen soll. Neben bila-

138 www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/InternationalRelations/Africa/index.htm?l=en (1.6.2012)



teralen Kooperationsvereinbarungen zwischen EUMETSAT und Organisationen in Afrika wurde über eine Kooperation zwischen EUMETSAT und der EU die Finanzierung weiterer Projekte ermöglicht.

PROJEKTKOOPERATION ZWISCHEN EUMETSAT, EU UND AU

PREPARATION FOR USE OF MSG IN AFRICA (PUMA: 2001–2005)

Im Rahmen der Kooperation, an der sich verschiedene europäische und afrikanische Organisationen und Institutionen beteiligten, wurden über den European Development Fund der EU insgesamt 11,4 Mio. Euro für das Projekt bereitgestellt. PUMA¹³⁹ zielte darauf ab, afrikanische Einrichtungen u. a. zu befähigen, verbesserte Wettervorhersagen zu erstellen, Extremwetterereignisse frühzeitig zu erkennen und/oder das Katastrophenmanagement zu verbessern. Dazu wurde die technische Ausstattung von Kooperationspartnern in Afrika verbessert, ein Schulungsprogramm aufgelegt und unterschiedliche Pilotprojekte durchgeführt. 2003 begann die Entwicklung von PUMA-Empfangsstationen (sogenannte »eStations«). Zu diesen »eStations« gehören einerseits die Datenempfangs- und Verarbeitungstechnik und andererseits ein operationeller Zugang zu State-of-the-Art-Fernerkundungsdaten und -Informationsdiensten (via EUMETCast). Die ersten Stationen wurden in Kenia, Niger, Simbabwe, Mauritius, Südafrika und Marokko aufgebaut. Sie dienten u. a. der Erprobung der Technik unter »afrikanischen Bedingungen«. Geprüft wurde u. a., inwiefern Staub, Hitze oder Feuchtigkeit einen konstanten operativen Betrieb der Technik beeinträchtigen und ob Anpassungen nötig sind. Parallel zur dieser Testphase begann das zugehörige Ausbildungsprogramm. Dazu wurden zwei »MSG Colleges« in Kenia und Niger errichtet, die mit speziellen Trainingsräumen mit PC-Arbeitsplätzen, Ausbildungssoftware und Datenzugang via EUMETCast ausgestattet wurden. Die dort angebotene »methodisch-technische Ausbildung von Ausbildern« erfolgte in kleinen Teams (jeweils fünf bis sechs Personen eines Landes, teils Meteorologen, teils Ingenieure). Diese ausgebildeten Nationalteams sollen im Anschluss die Schulungen im eigenen Land tragen und weiterentwickeln. Neben der Ausstattung und Ausbildung wurden im Rahmen von PUMA auch Pilotprojekte unterstützt, die Fernerkundungsdaten auch für nichtmeteorologische Anwendungsbereiche nutzbar machen sollen (Kasten).¹⁴⁰

PUMA war das erste panafrikanische Technologieprojekt im Rahmen der Fernerkundung, das über den European Development Fund der EU unterstützt wurde. In der Projektlaufzeit entstand ein Netzwerk aus 53 Ländern und fünf regio-

139 www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/InternationalRelations/Africa/SP_1226315293835 (1.6.2012)

140 www.eumetsat.int/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_PUMA_POSTER_EN&RevisionSelectionMethod=LatestReleased abrufbar (5.6.2012)



V. FERNERKUNDUNGSSYSTEME EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN

nen Zentren. Durch das Projekt konnten die beteiligten afrikanischen Länder dahingehend unterstützt werden, die notwendigen Voraussetzungen für die Entwicklung eigener Fernerkundungsanwendungen zu schaffen. Nach Meinung des EUMETSAT-Projektleiters hat PUMA die Erwartungen aller Beteiligten weit übertroffen.¹⁴¹ Inwiefern die unterschiedlichen Teilnehmer des Netzwerks nach Beendigung des Projekts eigenständig agieren und Fernerkundungsanwendungen für spezifische Nutzergruppen generieren, geht aus der Projektdokumentation nicht hervor.

PILOTPROJEKTE ZUR ANWENDUNG VON MSG-DATEN IN AFRIKA (IM RAHMEN DER PUMA-AKTIVITÄTEN)

- › Netzwerkgestützte kontinuierliche Beobachtung der Wüstenbildung in Westafrika
Projektleitung: AGRHYMET (Sitz: Niger)
- › Evaluation der Wasserressourcen im Kasai-Flussbecken
Projektleitung: Agence Nationale de Météorologie et Télédétection par Satellite (Sitz: Demokratische Republik Kongo)
- › Nutzung von MSG-2-Daten in Südafrika für verbesserte Wetterprognosen
Projektleitung: Südafrikanischer Wetterdienst (SAWS)
- › Monitoring der Degradation natürlicher Ressourcen in Kenia
Projektleitung: Ministerium für Wasserressourcenentwicklung (Kenia)
- › Satellitendatenanwendung im Westindischen Ozean
Projektleitung: Ozeanographisches Institut von Mauritius
- › Management der maritimen Nahrungskette senegalesischer Küstengebiete
Projektleitung: Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique (Senegal)

»AFRICAN MONITORING OF THE ENVIRONMENT FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT« (AMESD: 2007–2013)

Nach Beendigung von PUMA wurde 2007 AMESD¹⁴² als Folgeprojekt gestartet, das auf einer Anfrage der afrikanischen Minister für Umwelt an die EU basiert. Über den European Development Fund der EU wurden insgesamt 21 Mio. Euro für dieses Projekt bereitgestellt (ca. 3 Mio. Euro pro Jahr, eine ähnliche jährliche Projektförderung wie bei PUMA). Im Rahmen von AMESD soll die in PUMA bereits etablierte Nutzung von meteorologischen Fernerkundungsdaten übertragen werden auf Anwendungen in den Bereichen Umwelt- und Klimamonitoring. AMESD zielt darauf ab, Entscheidungsträgern auf multinationaler und nationaler Ebene einen vollständigen Zugang zu Umweltdaten und Informationsdiens-

141 www.eumetsat.int/Home/Main/News/Press_Releases/004046?l=de (4.6.2012)

142 www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/InternationalRelations/Africa/SP_1226315282739 (1.6.2012)

ten zu gewähren. Zudem sollen die Regierungen afrikanischer Staaten darin unterstützt werden, ihre Aktivitäten im Zusammenhang mit internationalen Umweltverpflichtungen zu belegen, sodass sie bei strategischen globalen Umweltprogrammen eine aktivere Rolle einnehmen können.

Hauptpartner des Projekts auf europäischer Seite sind die Europäische Kommission und EUMETSAT. Auf afrikanischer Seite wird das Projekt von der Kommission der Afrikanischen Union geleitet und soll über fünf regionale Wirtschaftsgemeinschaften (REC) mit je einem regionalen Implementierungszentrum (RIC) in fünf Schwerpunktbereichen und drei Querschnittsaufgaben möglichst allen Ländern Afrikas Zugang zu notwendigen Ressourcen für die Nutzung von Fernerkundungsdaten gewähren (Kasten).¹⁴³

Zum Lenkungsausschuss des Projekts gehören u. a. Vertreter der REC wie auch der AU, der EU und von EUMETSAT sowie Vertreter von WMO, UNECA, UNEP und FAO. Technische Hilfe leistet ein Konsortium aus vier europäischen Firmen unter der Leitung eines französischen Technologiekonzerns.

»AFRICAN MONITORING OF THE ENVIRONMENT FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT« (AMESD) SCHWERPUNKTTHEMEN:

- › Management von Acker- und Weideland in Westafrika
REC: Economic Community of West African States (ECOWAS)
RIC: AGRHYMET (Sitz: Niger)
- › Regionales Wasserressourcenmanagement in Zentralafrika
REC: Communauté Economique et Monétaire de l'Afrique Centrale (CEMAC)
RIC: Commission Internationale du Bassin Congo/Oubangui/Sangha (CICOS, Sitz: Demokratische Republik Kongo)
- › Landwirtschaft und Umweltressourcenmanagement im südlichen Afrika
REC: Southern African Development Community (SADC)
RIC: Meteorologisches Service Department (MSD, Sitz: Botswana)
- › Landdegradation, Vermeidung der Wüstenausbreitung und Erhalt der natürlichen Umwelt
REC: Intergovernmental Authority on Development (IGAD, Sitz: Dschibuti)
RIC: Climate Prediction and Applications Centre (ICPAC, Sitz: Kenia)
- › Marines und Küstenmanagement im Indischen Ozean
REC: Indian Ocean Commission (IOC)
RIC: Ozeanographisches Institut von Mauritius (Sitz: Mauritius)

¹⁴³ www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/InternationalRelations/Africa/SP_1226315282739 (5.6.2012)



QUERSCHNITTSAUFGABEN VON AMESD:

- › Weiterentwicklung der PUMA-Infrastruktur (Ausbau der EUMETCast Empfangsstationen bei den nationalen Wetterdiensten in afrikanischen Ländern)
- › Ausbildung, insbesondere im Kontext der Anwendung von Erdfernerkundungsdaten im Bereich Umweltmanagement
- › institutionelle Hilfen, um Fernerkundungsdaten für politische Entscheidungsprozesse aufzubereiten und einzuspeisen

Kritische Stimmen bemängeln im Projekt AMESD die Organisationsform mit den fünf regionalen Wirtschaftsgemeinschaften (REC) und Implementierungszentren (RIC), die jenseits des Projekts kein offizielles Mandat haben, für die es kein politisches Rahmenwerk für den Daten- bzw. Informationsaustausch gibt und die mitunter bisher kaum geschultes Personal für die Entwicklung eigener Informationsdienste haben. Vor diesem Hintergrund hätte in der ersten Projektphase ein größeres Gewicht auf den Aufbau der Organisationsstrukturen und intensive Schulungsmaßnahmen gelegt werden müssen (Zeil/Saradeth 2010, S.165 f.).

Ungeachtet einzelner Kritikpunkte bewerten die Kooperationspartner das Projekt bereits vor dem Ende der Laufzeit positiv. Die Fortsetzung der Aktivitäten ist bereits vereinbart worden.

»MONITORING OF ENVIRONMENT AND SECURITY IN AFRICA« (2013–2018)

Für das Anschlussprojekt »Monitoring of Environment and Security in Africa« (MESA)¹⁴⁴ ist der Etat deutlich erhöht worden (insgesamt 37 Mio. Euro, was eine Verdoppelung der jährlichen Förderung bedeutet). MESA knüpft an die Organisationsstruktur, Schwerpunkte und Querschnittsaufgaben von AMESD an und soll diese fortführen und ausbauen.

Die Aktivitäten von PUMA, AMESD und MESA werden von den Organisatoren auch als Wegbereiter insbesondere für die europäische Initiative »GMES/Copernicus and Africa« angesehen. Sie sollten innerhalb von Copernicus zum Informationsdienst »Natural Resource Monitoring in Africa« (NARMA) weiterentwickelt und ausgebaut werden (Kap. V.4).

Neben den vorgestellten Afrikainitiativen ist EUMETSAT über seine Mitgliedschaft im CEOS, der GEO (Kap. VI.2) sowie seit 2012 der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen (Kap. VI.1) ebenfalls an Kooperationen mit afrikanischen Ländern beteiligt.

¹⁴⁴ www.amesd.org/home/144-mesa-a-leap-forward-for-earth-observation-applications-in-africa-.html (25.7.2012)

ERDFERNERKUNDUNG BEI DER ESA**3.**

SATELLITENSYSTEME ZUR ERDFERNERKUNDUNG**3.1**

Die ersten operationellen Fernerkundungssatelliten der ESA, die Anwendungsbereiche jenseits der Meteorologie erschließen sollten, waren ERS-1 (1991–2000) und ERS-2 (1995–2011). Beide Satelliten waren mit unterschiedlichen optischen und Radarsystemen ausgestattet, um Daten zum Zustand der Meere, der Atmosphäre und der Landoberfläche zu erheben. Parallel dazu wurde Envisat, ein Umweltsatellit der Superlative von der ESA geplant, gebaut und betrieben.

ENVISAT (2002–2012, GEPLANTE BETRIEBSDAUER 5 JAHRE)

Der von 14 Ländern und über 100 europäischen Firmen über einen Zeitraum von 10 Jahren entwickelte, gebaute und mit ESA-Raketentechnologie gestartete Envisat¹⁴⁵ war der bis dahin am besten ausgestattete (zehn verschiedene Sensoren), schwerste (8,2 t Startgewicht) und teuerste (Gesamtkosten ca. 2,3 Mrd. Euro) zivil genutzte Erdfernerkundungssatellit weltweit. Deutschland beteiligte sich in erheblichem Maß an der Finanzierung und am Bau des Satelliten. Im Gegensatz zum A-Train-Missionskonzept der NASA wurden beim Envisat-Konzept alle Sensoren auf einer einzigen Trägerplattform montiert. Dadurch wurden einerseits kontinuierlich gleichbleibende Rahmenbedingungen für die Aufnahmen garantiert und der operative Betrieb vereinfacht. Andererseits mussten auch alle Aktivitäten in einem Zeitraum und auf einen Satelliten gebündelt werden, und bei technischen Problemen drohte ein großer Verlust.

Envisat flog auf einer fast polaren sonnensynchronen Umlaufbahn (Flughöhe 782 km). Zwar wiederholte sich erst nach 35 Tagen die Flugbahn, jedoch konnte aufgrund der großen Schwadbreite der meisten Sensoren (Abb. II.5 u. II.6 unten) die Erde in einem Zeitraum von einem Tag bis 3 Tagen vollständig mit einer räumlichen Auflösung von 30 m abgebildet werden. Über unterschiedliche optoelektronische Scanner bzw. Spektrometer und Radarsysteme wurden vielfältige Umweltdaten erfasst (z. B. Feuchtigkeitsgehalte, Oberflächentemperaturen und -beschaffenheit). Nach einem Totalausfall der Kommunikationssysteme im April 2012 und vielfältigen vergeblichen Kontaktversuchen wurde die Mission im Mai 2012 für beendet erklärt. Envisat übertrug pro Tag ca. 225 GB Daten an seine Bodenstationen, die über das DDS der ESA zeitnah der Anwendergemeinschaft zur Verfügung gestellt wurden (Kap. II.3.3.4). Aufgrund des einfachen und schnellen Datenzugangs ist die Empfängergemeinschaft kontinuierlich angestiegen auf knapp 50 operationelle Datenaufbereitungsstationen vor allem in Europa, aber auch in Afrika und Südamerika.

145 <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat> (16.2.2012)



Envisat-Daten wurden und werden vorrangig eingesetzt, um globale Umweltphänomene zu erforschen und das Klima, die Ozeane sowie die Landflächen der Erde zu überwachen. Der Satellit hatte auch Aufgaben in Bezug auf die Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen (Kap. VI.1).

Obwohl Envisat als großer Erfolg der ESA gewertet wird, zeichnet sich derzeit nicht ab, dass zukünftig weitere Fernerkundungssatelliten mit dieser Größe und Komplexität gebaut werden. Der Trend geht derzeit vielmehr hin zu kleinen, leichten und »einfachen« Satelliten, die gegebenenfalls in einer Formation mit anderen fliegen und Daten aufzeichnen.

MIKROSATELLITENSERIE DER ESA

Die Proba-Satelliten (»Project for On-Board Autonomy«)¹⁴⁶ bilden die Mikrosatellitenserie der ESA. Sie agieren weitgehend autonom, dadurch können Zielerkennung, Flugsteuerung und Datenerfassung weitgehend selbstständig ausgeführt werden. Proba-1 (2001 gestartet, in Betrieb) ist mit zwei optoelektronischen Sensoren ausgestattet (räumliche Auflösung: 5 m [pan] und 18 m [multi]). Der Satellit dient neben Forschungszwecken auch der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen. Proba-2 wurde 2009 gestartet, Proba-V wurde im Mai 2013 gestartet und soll Aufgaben der französischen SPOT-Satellitenserie fortführen.

»EARTH EXPLORERS« DER ESA

Ähnlich dem EOS der NASA (Kap. IV.1) bündelt auch die ESA Fernerkundungsaktivitäten zur Erforschung globaler Phänomene der Erde.¹⁴⁷ Dazu werden bereits folgende Satelliten betrieben bzw. sind in Planung:

- › GOCE (2009 gestartet zur Untersuchung des Gravitationsfeldes),
- › SMOS (2009 gestartet zur Messung der Bodenwasserkonzentration sowie des Salzgehaltes der Meere),
- › CryoSat-2 (2010 gestartet zur Messung unterschiedlicher Parameter der polaren Eisschicht),
- › Swarm (Start Ende 2013 geplant, zur Untersuchung der Dynamik des Erdmagnetfeldes),
- › ADM-Aeolus (Start für 2013 geplant, soll mit Laser und Spiegelteleskop ausgestattet werden, um mit dem Lidar-Prinzip (Kap. II.3.1) die Dynamik der Erdatmosphäre zu erfassen) und
- › EarthCARE (Start für 2016 geplant, zur Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen Bestandteilen der Atmosphäre, Kooperation mit der japanischen Weltraumagentur).

¹⁴⁶ www.esa.int/esaEO/SEM9WO2VQUD_index_0_m.html (22.3.2012)

¹⁴⁷ www.esa.int/esaLP/ASEWGWNW9SC_LPearthexp_0.html (22.3.2012)

Alle Satelliten werden Teile der Weltraumkomponente von Copernicus bilden (Kap. V.4). Der Zugang zu den Fernerkundungsdaten und zu ersten operationellen Informationsdiensten der ESA erfolgt für lizenzierte Nutzer bzw. Anwender entweder über das Internet oder über das organisationseigene satellitengestützte Datenvertriebssystem DDS (Kap. II.3.3).

ENTWICKLUNG VON GEOINFORMATIONSDIENSTEN – ANWENDUNGSBEREICH WALDBEOBACHTUNG

3.2

Neben dem Auf- und Ausbau der Satelliteninfrastruktur hat die ESA auch mit der Entwicklung von Geoinformationssystemen begonnen, die unter der Bezeichnung »GMES/Copernicus Service Element« (GSE) verankert werden. Beispielhaft für diesbezügliche Aktivitäten soll das Waldbeobachtungsprogramm (»Forest Monitoring«, GSE FM)¹⁴⁸ vorgestellt werden, das einen Beitrag der ESA zum im Aufbau befindlichen Copernicus-Kooperationsprojekt darstellt und dort unter dem Schwerpunkt »Landbeobachtung/saisonaler und jährlicher Veränderungsmonitor« verortet und weiterentwickelt wird (Kap. V.4.3.1).

Ziel der Aktivitäten ist es, Informationsdienste für die Erfassung und Sicherung der ökologischen Funktionen in Wäldern sowie zur Überwachung der Landnutzung zu entwickeln (Zeil/Saradeth 2010, S. 11 f.). Die erste Projektphase (2003–2009) begann mit umfangreichen Abstimmungsprozessen mit relevanten Entscheidungsträgern, die zukünftige Nutzer der zu entwickelnden Informationsdienste sein sollen, um Informationsbedarf, Entwicklungsschwerpunkte und Ausgestaltung der zu entwickelnden Dienste zu erarbeiten. 18 sogenannte Serviceprovider beteiligten sich in dieser Projektphase an der Entwicklung der Informationsdienste, darunter allein sechs aus Deutschland, auch die Projektkoordination übernahm eine deutsche Geoinformationssysteme (GAF AG 2009, S. 31). In der sich anschließenden Folgephase wurde der Ausbau von GSE FM durch ein ähnliches Netzwerk aus Service Providern, Endnutzerorganisationen¹⁴⁹ und Forschungspartnerschaften fortgesetzt.

Mithilfe von GSE FM werden Informationen für das Wald- und Landnutzungsmanagement erstellt und auch Informationen über Eingriffe in den Waldbestand, u. a. die Kohlenstoffbilanz, geliefert. Sie beruhen auf Berechnungsmodellen, in die sowohl Fernerkundungsdaten als auch umfangreiche bodennahe Messungen eingehen. Die daraus abgeleiteten Schätzungen sollen beispielsweise die Länder unterstützen, ihre Berichtspflichten zur Umsetzung unterschiedlicher internationaler Umweltabkommen zu erfüllen (Tab. V.2).

148 www.gmes-forest.info (30.5.2012)

149 Zu den Endnutzerorganisationen gehört der südafrikanische CSIR.



TAB. V.2

»FOREST MONITORING« (GSE FM): ANWENDUNGSFELDER

räumliche Gliederung	Informationsbereitstellung/Anwendungsfelder
regional/Europa	gesamteuropäische Waldüberwachung
national	Unterstützung der Berichtspflichten für die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) und das Kyoto-Protokoll über Veränderungen in der Landnutzung und im Waldbestand (»land use, land-use change and forestry«, LULUCF)
national und darunter	Aktualisierung der Information über den Zustand der Wälder, Unterstützung des Umweltmonitorings, Auffinden und Beobachten von natürlichen und von Menschen verursachten Waldschäden
lokal	Unterstützung beim Management und der Berichterstattung im Rahmen von Clean-Development-Mechanism-Projekten, die durch Landnutzungs- oder Aufforstungsmaßnahmen zur Reduktion der Kohlenstoffemissionen beitragen (CO ₂ -Emissionsreduktionszertifikate)

Quelle: Zeil/Saradeth 2010, S.118

Ein hohes Anwendungspotenzial des GSE FM zeichnet sich gegenwärtig insbesondere in Entwicklungsländern im Zusammenhang mit dem UN-Programm zur Reduzierung der Abholzung tropischer Wälder ab (UN-REDD, Kap. VI.3). Zahlreiche Projekte im Rahmen der Initiative »GMES/Copernicus and Africa« knüpfen insbesondere an die Arbeiten im Rahmen von GSE FM und die REDD-Überlegungen an.

BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN IN AFRIKA

3.3

Die Auswertung der Fernerkundungsdaten und die Informationsgenerierung erfolgen in einer Vielzahl unterschiedlicher Projekte. In Bezug auf Anwendungspotenziale für Afrika sind insbesondere die »TIGER-Initiative« und der »Global Monitoring for Food Security« (GMFS) relevant.

»TIGER-INITIATIVE« UND »AQUIFER-PROJEKT«

Nach dem »World Summit on Sustainable Development« (WSSD) 2002 in Johannesburg startete die ESA im Kontext des Committee on Earth Observation Satellites (CEOS, Kap. III.1) die »TIGER-Initiative«¹⁵⁰, die die Erfassung, Auswertung und Nutzung wasserbezogener Geoinformationen für ein verbessertes Wasserressourcenmanagement in afrikanischen Staaten unterstützen soll. Die

¹⁵⁰ www.tiger.esa.int/about.php (6.6.2012)



Initiative wird vom afrikanischen Ministerrat für Wasser (AMCOW), UNECA und UNESCO sowie der African Development Bank und weiteren Organisationen unterstützt. Im Rahmen der Initiative gibt es drei parallel laufende Aktivitätsfelder: Datenzugang (1), Ausbildungsprogramme (2) und Aufbau von Informationsdiensten (3). Daten insbesondere der Satelliten Landsat, SPOT und Envisat werden über DVD, über das Internet und über das satellitengestützte Datenzugangssystem der ESA (DDS, Kap. II.3.3) zur Verfügung gestellt. Bis 2011 wurden 17 DDS-Empfangsstationen in lokalen Wasserbehörden oder in technischen Zentren in Afrika, insbesondere in Regionen, die keine leistungsstarke Internetanbindung haben, installiert. Über diese kann auf Fernerkundungsdaten zugegriffen werden, die mit drei Sensoren des Envisat-Satelliten aufgenommen wurden (der Zugang zu weiteren Datenbeständen soll folgen) (ESA 2012, S. 10). Das Ausbildungsprogramm erfolgt in unterschiedlichen Phasen, mit einer Vielzahl von Trainingskursen und themenbezogenen Workshops zur Nutzung von Fernerkundungsdaten, zuerst unter der Leitung der Universität in Twente (Niederlande), dann verstärkt anwendungs- bzw. projektbezogener in drei TIGER-Regionalbüros in Kenia (beim RCMRD), in Niger (beim AGRHYMET) und in Südafrika (bei der Water Research Commission) (Kap. II.6.8), durch die ein Netzwerk afrikanischer Institutionen (z. B. Wasserorganisationen, Universitäten, technische Zentren) unterstützt und ausgebaut werden soll.

Im Rahmen des 10-jährigen Implementierungsplans des dritten Aktivitätsfeldes begannen 2004/2005 vielfältige Projektaktivitäten, die den Status der Wasserressourcen in Afrika untersuchten. Aus diesem Pool von Forschungsprojekten wurden 16 Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte (präoperationelle Phase) ausgewählt und weiterentwickelt. In diesen Projekten wurden fernerkundungsbasierte Wasserinformationsdienste an die speziellen Anforderungen potenzieller Nutzer in Afrika angepasst und die Praxistauglichkeit vor Ort geprüft. Aus dem Portfolio wurde das »AQUIFER-Projekt« als Erstes ausgewählt, um für Regionen im Einzugsgebiet von zwei grenzüberschreitenden Grundwasserreservoirs in Nordafrika (Aquiferengebiete SASS, SAI, Abb. V.1) unterschiedliche Informationsdienste bis zum operationellen Betrieb weiterzuentwickeln (UNESCO 2010).

Schwerpunkte der zu entwickelnden Dienste liegen sowohl in den Bereichen Kartografie als auch im Monitoring von Landnutzung und Landbedeckung sowie Größe und Veränderungen von Oberflächenwasserreservoirs. Darüber hinaus werden für die Grundwasserreservoirs die Wasserentnahmemengen auf der Basis des Wasserbedarfs von ausgewählten Ackerflächen sowie Verdunstungs- und Niederschlagsmengen geschätzt, um anhand dieser Parameter für die gesamten Aquiferengebiete Wasserbilanzen aufzustellen. Ein weiteres Augenmerk der zu entwickelnden Informationsdienste liegt auf Bodenabsenkungen, die möglicherweise infolge der Grundwasserentnahme auftreten können (Saradeth et al. 2010, S. 4).

ABB. V.1

AQUIFERENBEOBACHTUNGSGEBIETE
(»AQUIFER-PROJEKT«, »TIGER-INITIATIVE, ESA)



SASS: »Système Aquifère du Sahara Septentrional«; SAI: »Système d'Aquifère d'Iullemeden«
Quelle: Saradeth et al. 2010, S. 1

Die Informationsdienste sollen nationale Behörden und internationale Institutionen in Bezug auf das grenzüberschreitende Grundwassermanagement in Nordafrika unterstützen. Entsprechende Nutzergruppen sind am Projekt beteiligt und arbeiten mit unterschiedlichen europäischen und afrikanischen Forschungs- und Entwicklungsorganisationen zusammen (Tab. V.3). Dabei wurde Wert darauf gelegt, die in afrikanischen Ländern existierenden Institutionen und deren verfügbare Fernerkundungsressourcen einzubeziehen (z. B. die NigeriaSat-Fernerkundungsdaten).

Nächstes Ziel der Initiative ist die Entwicklung eines integrierten Wasserressourcenmanagements für unterschiedliche afrikanische Regionen, in denen die Wasserknappheit ein besonderes Problem ist (TIGER-NET). Dafür stellt die ESA von 2012 bis 2015 insgesamt 1,5 Mio. Euro bereit (ESA 2012, S. 37).

»GLOBAL MONITORING FOR FOOD SECURITY«

Das Informations- und Frühwarnsystem »Global Monitoring for Food Security« (GMFS)¹⁵¹ wurde von der ESA entwickelt, um die Ernährungssicherung insbe-

151 www.gmfs.info (30.5.2012)



sondere in Afrika zu verbessern. In dem Projekt arbeiten internationale (ESA, EU, UNO), regionale (die regionalen Wirtschaftsorganisationen Afrikas) und nationale Organisationen zusammen. Auf nationaler Ebene sind dies Ministerien in neun afrikanischen Ländern.¹⁵²

TAB. V.3 »AQUIFER-PROJEKT«: PROJEKTTEAM UND NUTZERGRUPPEN

Europa	Projektteam Afrika	Nutzergruppen
GAF AG (Deutschland) (Projektleitung)	Centre National des Techniques Spatiales (Algerien)	Observatoire du Sahara et du Sahel (Tunesien) (Koordinator der Nutzergruppen)
C-S SCOT (Frankreich)	Center for Remote Sensing and Space Science (Libyen)	Direction Générale des Ressources en Eau (Tunesien)
Joanneum Research (Österreich)	AGRHYMET (Provider für SAI-Aquifere) (Niger)	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (Algerien)
Universität Jena (Deutschland)	National Space Research Development Agency (Nigeria) (stellt NigeriaSat-Daten bereit)	General Water Authority (Libyen)
Vista Geowissenschaftliche Fernerkundung (Deutschland)	Centre National de Télé-détection (Tunesien)	Ministère des Mines, de l'Energie et de l'Eau (Mali)
		Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification (Niger)
		Federal Ministry of Water Resources (Nigeria)

Quelle: Saradeth et al. 2010, S.3

GMFS zielt darauf ab, bestehende Frühwarnsysteme zur Ernährungssicherung durch Satellitendaten zu präzisieren und den Prognosezeitraum zu verlängern. Die dazu nötigen landwirtschaftlichen Produktionsmodelle bauen auf der Erfassung und Dokumentation von Bestands- und Wuchsbedingungen lokaler Kulturen und deren Erträge auf den jeweiligen Anbauflächen auf und verwenden sowohl Fernerkundungsdaten des Envisat-Satelliten als auch In-situ-Messungen. GMFS ist im Vergleich zum US-amerikanischen Hungerfrühwarnsystem, dass eine Kartierung von hungergefährdeten Regionen erstellt, detaillierter, da der Dienst auch Informationen liefert, die als Planungsgrundlage des gesamten landwirtschaftlichen Produktionsprozess dienen können. Für die Entwicklung des GMFS-Informationendienstes wurde ein Zeitraum von 10 Jahren vorgesehen

¹⁵² Alle Länder beteiligen sich auch am US-amerikanischen Hungerfrühwarnsystem (FEWS NET, Kap. IV.1.2).



(2003–2012). Der Informationsdienst GMFS wird inzwischen über das Internet und über das DDS der ESA zur Verfügung gestellt und soll die beteiligten afrikanischen Regierungen früher in die Lage versetzen, mögliche Ausfälle oder Überproduktionen zu erkennen und gegebenenfalls schneller darauf reagieren zu können. Die beteiligten Regierungen sollen insgesamt darin unterstützt werden, die jährliche Anbauplanung zu verbessern und infolge die Ernährungssicherheit zu erhöhen.

Der Verlust des Envisat-Satelliten im Frühjahr 2012 dürfte dazu geführt haben, dass etliche Anpassungsmaßnahmen und Modellkalibrierungen erforderlich wurden, da Daten von anderen Satelliten eingesetzt werden mussten.

GMFS ist ein Beitrag der ESA zu dem im Aufbau befindlichen Copernicus-Programm (Kap. V.4), der Service wird dort unter dem Schwerpunkt »Landbeobachtung/saisonaler und jährlicher Veränderungsmonitor« verortet sein und weiterentwickelt werden. Der GMFS-Informationsdienst unterstützt die Arbeit der Vereinten Nationen im Rahmen ihrer Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation FAO und des Welternährungsprogramms WFP (Zeil/Saradeth 2010 S. 115 f.).

COPERNICUS – EIN EUROPÄISCHES GEMEINSCHAFTS-PROGRAMM ZUR ERDBEOBACHTUNG

4.

Das europäische Gemeinschaftsprogramm zur Erdbeobachtung wurde unter der Bezeichnung »Global Monitoring for Environment and Security« (GMES) entwickelt und im Dezember 2012 in Copernicus umbenannt.¹⁵³ Es wird von der Europäischen Kommission geleitet und hat sowohl nationale (Frankreich, Großbritannien, Italien, Deutschland) als auch europäische (EUMETSAT, ESA) Kooperationspartner, die unterschiedliche, bereits existierende Fernerkundungssysteme als Weltraumkomponenten beisteuern. Aufgrund der Vielzahl beteiligter Akteure entwickelte sich ein mehrere Jahre dauernder Abstimmungsprozess mit unterschiedlichen Positionspapieren und Vereinbarungen (Zeil/Saradeth 2010, S. 73).¹⁵⁴ Von der Konzeptentwicklung bis zur Verabschiedung der entsprechenden Verordnung über die ersten operativen Tätigkeiten dauerte es mehr als 10 Jahre.

Ziel des Programms ist es, ein qualitativ hochwertiges und eigenständiges europäisches Geoinformationssystem zu schaffen. Dabei sollen möglichst viele europäische Einzelinitiativen in einem abgestimmten organisatorischen Rahmen mit-

¹⁵³ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1345_en.htm (11.12.2012)

¹⁵⁴ »Outline GMES EC Action Plan« (EC COM[2001] 609 final); »GMES – From Concept to Reality« (EC COM[2005] 565 final); »GMES – We care for a safer planet« (EC COM-2008-0748); »GMES and its initial operations« (EC COM-2009-223); »GMES – Challenges and Next Steps for the Space Component« (EC COM-2009-589-Final); EU 2010; EK 2011a u. 2011b

einander verbunden und gezielt noch bestehende Lücken in der Erdfernerkundung geschlossen werden. Copernicus hat drei Systembereiche: die Weltraumkomponente (Kap. V.4.1), die In-situ-Komponente (Kap. V.4.2) und die Generierung von Informationsprodukten bzw. -diensten (Kap. V.4.3). Mit dieser Struktur greift Copernicus auf europäischer Ebene das Konzept einer umfassenden Geodateninfrastruktur auf.

Die Grundidee des Programms ist ein freier Zugang zu Fernerkundungsdaten und Informationsdiensten (EK 2011b, S.2). Das betrifft vor allem umweltrelevante Informationen, deren öffentlicher Zugang durch die Aarhus-Konvention bereits normativ fundiert ist (Kasten). Sicherheitsrelevante Daten und Informationsdienste, in erster Linie extrem hochaufgelöste Fernerkundungsdaten, die einem Geheimhaltungsstatus unterliegen (Regulierung in den USA und Deutschland, Kap. IV.1. u. IV.3.), werden nur berechtigten Nutzern zugänglich sein.

ÜBEREINKOMMEN ÜBER DEN ZUGANG ZU INFORMATIONEN, DIE ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG AN ENTSCHEIDUNGSVERFAHREN UND DEN ZUGANG ZU GERICHTEN IN UMWELTANGELEGENHEITEN (UNECE 1998)

(Aarhus-Übereinkommen, 1998 von der UNECE verabschiedet, 2001 in Kraft getreten, bisher von 41 Vertragsparteien ratifiziert, deutsche Ratifizierung 2007)

Das Übereinkommen zielt darauf ab, der Öffentlichkeit Informationen über den Zustand der Umwelt (von Umweltbestandteilen wie Atmosphäre, Wasser, Boden und natürlichen Lebensräumen oder Artenvielfalt) zugänglich zu machen. Durch den Informationszugang soll die Beteiligung der Öffentlichkeit an Umweltangelegenheiten gestärkt werden (Bundesregierung 2006). Einen Anspruch auf Informationszugang gilt gegenüber öffentlichen Einrichtungen und solchen, die öffentliche Aufgaben im Bereich des Umweltschutzes wahrnehmen. Der Informationsanspruch muss nicht begründet werden und soll in 1 bis 2 Monaten erfüllt werden, wenn keine Ablehnungsgründe vorliegen (z. B. Nichtverfügbarkeit, Geheimhaltungsansprüche wie nationale Sicherheit, laufende Gerichtsverhandlungen). Umweltdaten sollen der Öffentlichkeit gebührenfrei zugänglich gemacht werden, für aufbereitete Informationen können auskunftspflichtige Stellen angemessene Gebühren erheben. Unverzüglich sind Informationen in Bezug auf unmittelbare Gefahren für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu veröffentlichen.

Laut Europäischer Kommission (2011b, S.4 f.) werden zum Aufbau von GMES/Copernicus für den Zeitraum von 1998 (Beginn der Aktivitäten) bis 2013 von der EU und der ESA gemeinsam mehr als 3,2 Mrd. Euro bereitgestellt. Davon entfallen auf die Weltraumkomponente rund 1,65 Mrd. Euro der ESA und 780 Mio. Euro der EU (einschließlich Datenankauf von den beitragenden Mis-



sionen). Auf die Entwicklung von Informationsdiensten entfallen bis zu 240 Mio. Euro der ESA und bis zu 520 Mio. Euro der EU, die diese Mittel bisher über ihre Forschungsrahmenprogramme (FRP) vergibt.

Für den Zeitraum von 2014 bis 2020 wird für den laufenden Betrieb und die Weiterentwicklung von Copernicus gegenwärtig mit Kosten von insgesamt 5,8 Mrd. Euro gerechnet, davon laut ESA-Schätzung 4,4 Mrd. Euro für die Weltraumkomponente (einschließlich des Satellitendatenankaufs), 350 Mio. Euro für die In-situ-Komponente und 1,1 Mrd. Euro für die Entwicklung von Informationsdiensten. Bisher gibt es noch keine verbindliche Regelung, über welche Finanzierungsstrukturen diese Mittel bereitgestellt werden sollen. Die Europäische Kommission (EK 2011b, S. 5) schlägt vor, ab 2014 GMES/Copernicus außerhalb des EU-Finanzrahmens über einen speziellen Fonds zu finanzieren, an dem sich alle EU-Mitgliedsländer anteilig entsprechend ihrem Bruttonationaleinkommen beteiligen sollen. Dieser Vorschlag wurde vom Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss (EWSA) als übereilt, ungerechtfertigt und sehr risikant bezeichnet und unter Berücksichtigung der derzeitigen Situation vollständig abgelehnt (EWSA 2012, S. 72). Auch das Europäische Parlament erachtet diesen Vorschlag als nicht tragfähige Option (EP 2012).

WELTRAUMKOMPONENTE

4.1

Die Weltraumkomponente wird gegenwärtig durch die »Contributing Missions« (CM) gebildet, deren Daten teilweise oder vollständig in Copernicus einfließen. Die CM sind folgende, in den vorherigen Kapiteln bereits vorgestellte, operationelle Satellitensysteme:

- > Frankreich/z. T. Italien: SPOT, Jason-2, ORFEO (Kap. IV.2)
- > Deutschland: TerraSAR-X, TanDEM X, RapidEye (Kap. IV.3)
- > Großbritannien: DMC (Kap. IV.4)
- > EUMETSAT: Meteosat (2. Generation), MetOp (Kap. V.2)
- > ESA: ERS, Envisat, Earth Explorer Mission (Kap. V.3.1)

Zukünftig sollen Satelliten der Sentinel-Serie (die ersten drei Satelliten sollen 2013/2014 gestartet werden) die Datenkontinuität der unterschiedlichen operationellen CM sicherstellen und mögliche Datenlücken schließen. Die einzelnen Satelliten werden von der ESA im Auftrag der Europäischen Kommission gezielt für Copernicus mit unterschiedlichen hochleistungsfähigen Sensoren ausgerüstet.¹⁵⁵

¹⁵⁵ Weitere Informationen zu den Sentinel-Satelliten und ihrer Ausstattung in Zeil/Saradeth (2010, S. 73 ff.) oder unter www.esa.int/esaMI/Operations/SEM98Z8L6VE_0.html (22.3.2012).

IN-SITU-KOMPONENTE**4.2**

Im Rahmen von Copernicus wird die In-situ-Komponente weit gefasst und beinhaltet nicht nur bodennahe Datenerhebungen, sondern auch alle nichtweltraumbetriebenen Beobachtungssysteme (flugzeuggetragene Fernerkundung, Wetterballone usw.), aber auch erste Informationsprodukte (digitale topografische und thematische Karten, digitale Höhenmodelle, sozioökonomische Daten usw.). Die In-situ-Komponenten werden von den Mitgliedstaaten betrieben, einige Teilbereiche werden auch regional oder global koordiniert (z. B. »EuroGeoGraphics« für kartografische bzw. »EuroGeoSurveys« für geologische Informationen). Voraussetzung für die Verknüpfung der In-situ-Daten mit den Weltraumdaten ist eine gemeinsame europäische Geodateninfrastruktur (GDI), die durch die europäische INSPIRE-Richtlinie rechtlich fundiert wird (Kasten).

**SCHAFFUNG EINER GEODATENINFRASTRUKTUR IN DER EU (INSPIRE)
(RICHTLINIE 2007/2/EG) UND DEREN ÜBERNAHME IN DEUTSCHES RECHT**

Die Richtlinie zielt darauf ab, innerhalb der EU ein Netzwerk aufzubauen, das den Austausch, die gemeinsame Nutzung, den Zugang und die Verwendung von georeferenzierten Daten und Informationsdiensten über die verschiedenen Verwaltungsebenen und Sektoren der Mitgliedstaaten hinweg erleichtert (Meyer-Nehls 2011, S. 50). Damit sollen die Voraussetzungen für eine vorausschauende, grenzüberschreitende Gestaltung des Umwelt- und Naturschutzes sowie das Monitoring der ergriffenen Maßnahmen und deren Erfolge geschaffen werden. Auch eine kurzfristige, abgestimmte Reaktion auf aktuelle Situationen wie Überflutungen oder andere grenzüberschreitende Katastrophen soll dadurch vereinfacht werden.

Mit dem Geodatenzugangsgesetz (GeoDG) aus dem Jahr 2009 wurde die INSPIRE-Richtlinie auf Bundesebene in deutsches Recht übernommen. Auf der Ebene der Bundesländer müssen eigene Landesgesetze erlassen werden.¹⁵⁶

Die gemeinsame europäische Geodateninfrastruktur ist eine zentrale Grundlage für die Verknüpfung der In-situ-Daten und Informationsprodukte mit Fernerkundungsdaten und die darauf aufbauenden Copernicus-Dienste. Die Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie ist folglich eng mit dem Aufbau von Copernicus verknüpft und ist eine Grundlage für die Funktionsfähigkeit von Copernicus-Diensten. Die Harmonisierung der Verbindungen zwischen Copernicus und den INSPIRE-Aktivitäten wird vom Institut für Umwelt und Nachhaltigkeit des Joint Research Centre der Europäischen Kommission (IES) koordiniert.¹⁵⁷

¹⁵⁶ Stand der Umsetzung unter www.gdi-de.org

¹⁵⁷ <http://ies.jrc.ec.europa.eu/DE/de-our-work/policy/policy-gmes.html> (19.6.2012)



Im Auftrag der Europäischen Kommission koordiniert die Europäische Umweltagentur (EEA) die In-situ-Komponente von Copernicus. Die EEA kann sich für diese Aufgabe auf unterschiedliche Netzwerke stützen (z. B. European Environment Information and Observation Network). Seit 2010 führt die EEA diese Aktivitäten im Rahmen des Projekts »GMES In-situ-Coordination« (GISC) durch, das durch das 7. Forschungsrahmenprogramm der EU finanziert wird.¹⁵⁸ Durch das Projekt soll ein Open-Access-Datenzugang zu allen relevanten In-situ-Daten für Copernicus-Services stimuliert, die Barrieren für eine kosteneffektive und nachhaltige Datenbereitstellung überwunden sowie der operationelle Rahmen der In-situ-Daten für die ersten Copernicus-Dienste sichergestellt werden. Eine detaillierte Beschreibung der In-situ-Komponente und die Datenanforderungen aus der Perspektive der unterschiedlichen Informationsdienste liefert beispielsweise EEA (2011).

INFORMATIONSDIENSTE: ANWENDUNGSBEREICHE UND PROJEKTE IM RAHMEN DER AFRIKAINITIATIVE

4.3

Im Rahmen von Copernicus sollen die von den unterschiedlichen Kooperationspartnern bisher einzeln entwickelten Projekte und (prä)operationellen Dienste zusammengeführt, genutzt und weiterentwickelt werden.

Das wesentliche politische Interesse an der Initiative ist die Bereitstellung von Informationsprodukten bzw. -diensten (EK 2004, S.9). Vor diesem Hintergrund ist Copernicus auch in erster Linie ausgerichtet auf politische Entscheidungsträger auf regionaler, insbesondere europäischer, nationaler und/oder lokaler Ebene (als Endnutzer). Die Copernicus-Informationen sollen zu deren Entscheidungsfindung sowohl in Umwelt- als auch in Sicherheitsbelangen beitragen und die Implementierung der dazugehörigen Gesetze begleiten. Daneben sollen auch Privatunternehmen und Bürger Copernicus-Informationen nutzen können. Projekte zur Entwicklung von Informationsdiensten werden im Rahmen von Copernicus bis 2012 im Wesentlichen folgenden fünf Anwendungsbereichen (»thematic areas«) zugeordnet (mit Kurzbezeichnungen):

- › Landmonitoring (»geoland«, ausschließlich zivile Anwendungen);
- › Überwachung der Meere/Küstenzonen (»MyOcean«, ausschließlich zivil);
- › Überwachung von Atmosphäre/Klima (»MACC« ausschließlich zivil);
- › Katastrophenmanagement/Risikoreduzierung (»SAFER« ausschließlich zivil);
- › Sicherheit/Krisenmanagement (»G-MOSAIC«, zivil-militärische Kooperationen).

Unter diesen Bereichen gibt es weitere thematische »Domains« aber auch verschiedene Aktivitäten, die sich diesen Bereichen nicht eindeutig zuordnen lassen.

¹⁵⁸ www.d-gmes.de/in-situ-komponente (23.3.2012)

Neben der Entwicklung von Informationsdiensten für europäische Entscheidungsträger gibt es im Rahmen der Copernicus-Aktivitäten die Programminitiative »GMES/Copernicus and Africa«, die explizit Anwendungspotenziale in Afrika untersucht.¹⁵⁹ Die Initiative geht auf die Maputo-Erklärung 2006 sowie auf das EU-Afrikagipfeltreffen in Lissabon 2007 und die im Vorfeld des Treffens erarbeiteten EU-Resolutionen »EU Strategy for Africa: Towards a Euro-African pact to accelerate Africa's Development« (COM [2005] 489 final) und »From Cairo to Lisbon – The EU-Africa Strategic Partnership« (COM [2007] 357 final) zurück. Im Rahmen dieser Initiative entstand die Lissaboner Erklärung zu »GMES and Africa«, die auf die Entwicklung einer Partnerschaft zwischen GMES/Copernicus und Afrika durch folgende Aktivitäten abzielt:

- › Vertiefung des Dialogs mit den afrikanischen Nutzern sowie zwischen Politikern in Afrika und Europa, um die richtigen Anforderungen für eine Übertragung von Diensten auf den afrikanischen Kontinent zu vereinbaren;
- › Nutzung der bestehenden Initiativen und Projekte für die Stärkung und den Aufbau von Erdbeobachtungskapazität in Afrika sowie besondere Berücksichtigung bereits existierender afrikanischer Programme, um Duplikationen zu vermeiden;
- › Etablierung einer langfristigen Partnerschaft zwischen europäischen und afrikanischen Beteiligten.

Ziel des Abstimmungsprozesses war es, eine Strategie (Aktionsplan für GMES und Afrika) bis 2010 zu erarbeiten. Eine Koordinierungsgruppe, bestehend aus sieben europäischen und sieben afrikanischen Institutionen, wurde unter der Federführung des Joint Research Centre der Europäischen Kommission (JRC) eingesetzt. Insbesondere die JRC-Institute für Umwelt und Nachhaltigkeit (IES) und für den Schutz und die Sicherheit der Bürger (IPSC) übernahmen diesbezügliche Aktivitäten. Statt der Strategie ist bisher jedoch nur eine Erklärung über das weitere Vorgehen (»GMES-Africa High Level Strategic Document«) und eine gemeinsame Absichtserklärung (EK/AU 2010) vorgelegt worden (Zeil/Saradeth 2010, S. 143 f.). Darin wird insbesondere die Initiative zur Gründung einer afrikanischen Weltraumagentur unterstützt, die dazu führen könnte, dass sich afrikanische Länder in Weltraumfragen stärker abstimmen und in internationalen Gremien ihre gemeinsamen Interessen besser vertreten können. Deren vorrangige Aktivitätsfelder werden in der Nutzung der Satellitentechnologie gesehen, neben dem Anwendungsgebiet Kommunikation insbesondere in der Fernerkundung. Dort sollte vorrangig die bessere Nutzung von Fernerkundungsdaten in den Anwendungsbereichen Wetter- und Umweltmonitoring und Klimaänderungen an-

159 [www.gmes.info/pages-secondaires/news/news-detail/?no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=2](http://www.gmes.info/pages-secondaires/news/news-detail/?no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=2) (14.6.2012)



gestrebt werden. Auch die Gründung eines Instituts für Weltraumwissenschaften an der Pan African University¹⁶⁰ wird befürwortet.

Unter dem Label »GMES/Copernicus and Africa« wird seitens der EU insbesondere die Förderung der Afrikainitiativen von EUMETSAT (PUMA, AMESD, MESA) aus dem European Development Fund (Kap. V.2) und die Förderung von Projekten mit afrikanischer Beteiligung durch die Forschungsrahmenprogramme verortet, gegenwärtig werden zehn Projekte im Rahmen der Initiative gefördert. Nachfolgend werden die Copernicus-Anwendungsbereiche vorgestellt und deren derzeitige Afrikaprojekte kurz umrissen (Kästen).

LANDMONITORING (»GEOLAND«)

4.3.1

Der Anwendungs- oder Servicebereich Landmonitoring¹⁶¹ bündelt Aktivitäten in Bezug auf terrestrische Informationen. Die bereits von der ESA gestarteten Aktivitäten zum Aufbau eines Informationsdienstes zur Waldüberwachung (GSE FM) werden in den Bereich Landmonitoring überführt und weiterentwickelt. Informationsdienste über die Landbedeckung und -nutzung sowie deren Veränderungen sollen auf folgenden zwei Ebenen entwickelt werden (Zeil/Saradeth 2010, S. 109 ff.):

- › Kernkartendienste unterteilt in
 - »Euroland« (Basisinformation für Europa)
 - »BioPar« (Biophysikalische Parameter auf kontinentaler und globaler Ebene)
 - »SATChMO« (saisonale und jährliche Veränderungskartierung auf lokaler, kontinentaler und globaler Ebene)
- › Kerninformationsdienste, die spezifische Informationen in Bezug auf die Umsetzung der europäischen Umweltpolitik und auf internationale Vereinbarungen zu Klimawandel, Ernährungssicherung und nachhaltige Entwicklung in Afrika liefern.

»Euroland« hat eine lokale Komponente, die für die großen städtischen Zentren Europas einen »urban atlas« mit 19 thematischen Klassen (räumliche Auflösung 25 m [Stadt] und 100 m [Umland]) erstellt, und eine kontinentale Komponente, die Veränderungsinformationen in fünf thematischen Klassen (räumliche Auflösung 50 bis 100 m) bereitstellt sowie effiziente Methoden für die Aktualisierung der Landbedeckungsinformation im CORINE-Programm (Coordination of Information on the Environment) der Europäischen Kommission liefert. »Euroland« ist auf die Europäische Kommission und die Europäische Umweltagentur als vorrangige Nutzer ausgerichtet.

¹⁶⁰ Die Pan African University (Sitz: Lagos, Nigeria) wurde 1991 gegründet. Sie hat bisher drei Bereiche: Business School, School of Media and Communications, Enterprise Development Centre (www.lbs.edu.ng [15.9.2012]).

¹⁶¹ www.gmes.info/pages-principales/services/land-monitoring/; www.gmes-geoland.info/ (12.6.2012)



Ziel von »BioPar« ist die Entwicklung eines Monitoringsystems für unterschiedliche biophysikalische Parameter (Vegetation, Energiebilanz, Wasserkreislauf) auf regionaler, europäischer und globaler Ebene. Die Dienste sollen annähernd in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden.

PROJEKTE DER INITIATIVE »GMES/COPERNICUS AND AFRICA«

- › »Natural Resource Monitoring in Africa« (NARMA): Anknüpfung an EUMETSAT-Afrikainitiative, »eStations« sollen automatisch Umweltindikatoren generieren und lokalen Experten kostenlos zur Verfügung stellen, keine Angaben zu afrikanischer Projektbeteiligung¹⁶²
- › »Information Service on Agricultural Change« (ISAC): Daten werden vom britischen Satelliten des DMC geliefert, nicht von afrikanischen, fünf FuE-Partner, darunter ein afrikanischer (GeoSAS [private Consultingfirma] Sitz: Äthiopien)¹⁶³
- › »Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation« (REDD): Projekte zur Erfassung von Waldrodungen und -schädigungen sowie Schätzungen daraus resultierender Treibhausgasemissionen¹⁶⁴
 - »ReCover«: keine afrikanische FuE-Beteiligung, neun kooperierende Nutzerorganisationen, darunter eine aus Afrika (Observatoire Satellital des Forêts d'Afrique Centrale, Demokratische Republik Kongo)¹⁶⁵
 - »REDDAF«: Anknüpfung an ESA-Waldbeobachtung (GSE FM), fünf FuE-Partner, darunter einer aus Afrika (Université de Bangui, Zentralafrikanische Republik), kooperierende Nutzerorganisationen sind »national focal points« der UNFCCC¹⁶⁶
 - »REDD-FLAME«: fünf FuE-Partner, darunter kein afrikanischer, drei strategische Regionalpartner, darunter ein afrikanischer (Universität in Mosambik)¹⁶⁷
 - »REDDINESS«: sechs Partner, darunter drei afrikanische (Observatoire Satellital des Forêts d'Afrique Centrale, National Centre for Forest and Fauna Inventories and Management, beide Demokratische Republik Kongo, Ministère des Eaux et Forêts, Gabon)¹⁶⁸

»SATChMO« soll die Lücke zwischen niedrig aufgelöster globaler und hoch aufgelöster regionaler Erfassung schließen. »SATChMO« ist auf behördliche und institutionelle Akteure auf nationaler und regionaler Ebene als vorrangige Nut-

¹⁶² www.gmes-geoland.info/project-background/project-tasks/core-information-services/natural-resource-monitoring-in-africa.html (12.6.2012)

¹⁶³ www.gmes-isac.info (13.6.2012)

¹⁶⁴ Kapitel IV.3

¹⁶⁵ www.vtt.fi/sites/recover (13.6.2012)

¹⁶⁶ www.redd-services.info (13.6.2012)

¹⁶⁷ www.redd-flame.info (13.6.2012)

¹⁶⁸ www.reddiness.eu (13.6.2012)



zer ausgerichtet. Der Dienst soll Informationen auf kontinentalem Maßstab liefern, wobei jeder Erdteil nach jeweiligen Nutzeranforderungen und mit spezifischen Schwerpunktgebieten individuell behandelt wird. Ein Schwerpunktgebiet ist Subsahara-Afrika (Kasten). Detaillierte Informationen werden jährlich (Europa) und im 5-Jahresrhythmus (Afrika) erstellt. Im Rahmen von »SATChMO« werden auch landwirtschaftliche Nutzflächen kontinuierlich überwacht, um Anomalien in der Vegetationsentwicklung zu erkennen. Die bereits existierenden Dienste zur Überwachung des flächengebundenen landwirtschaftlichen Förderungsprogramms der EU und die von der ESA bereits gestarteten Aktivitäten zum Aufbau eines »Global Monitoring for Food Security« (GMFS) werden integriert und weiterentwickelt.

An der Entwicklung der Informationsdienste dieses Bereichs sind gegenwärtig insgesamt 51 europäische Partnerinstitutionen beteiligt, darunter sechs deutsche. von denen eine den Teilbereich »Euroland« (Astrium GEO-Information Services – Infoterra GmbH) und eine dessen Unterbereich Waldbeobachtung (GAF AG) leitet.

MARITIMES UMWELTMONITORING (MYOCEAN)

4.3.2

Dieser Anwendungs- bzw. Servicebereich¹⁶⁹ bündelt Aktivitäten in Bezug auf die maritimen Informationsdienste und liefert regelmäßige und systematische Referenzinformationen über den Zustand der Ozeane und regionaler Gewässer in vier Themenfeldern (Zeil/Saradeth 2010, S. 109 ff.):

- › maritime Sicherheit (z. B. Hilfeleistung bei Ölverschmutzungen, Sicherheit von Schiffsrouten, Suche und Rettung bei Schiffsunglücken)
- › maritime Ressourcen (z. B. Fischbestände)
- › Meeres- und Küstenzustand (z. B. Wasserqualität, Küstenveränderungen)
- › Klima und saisonale Vorhersagen (z. B. Klimamonitoring, Eisanalysen)

PROJEKTE DER INITIATIVE »GMES/COPERNICUS AND AFRICA«

- › »EAMNet«: Netzworkebildung, um potenziellen Nutzerkreisen einen Zugang zu Fernerkundungsdaten und Informationsprodukten zu eröffnen, zehn Partner, darunter vier afrikanische (Universitäten in Südafrika, Tansania, Ghana; nat. Institut für Ozeanographie und Fischerei, Ägypten)¹⁷⁰
- › »WatPLAN«: operativer Monitoringdienst grenzüberschreitender Flussgebiete, sieben Partner, darunter drei afrikanische (University of KwaZulu-Natal, Geo Terralmage Ltd., beide Südafrika; WE Consult Lda., Mosambik)¹⁷¹

¹⁶⁹ www.gmes.info/pages-principales/services/marine-environment-monitoring,
www.myocean.eu (13.6.2012)

¹⁷⁰ www.eamnet.eu (19.6.2012)

¹⁷¹ www.watplan.eu (19.6.2012)

An der Entwicklung der Informationsdienste dieses Bereichs sind gegenwärtig insgesamt 61 europäische Partnerinstitutionen beteiligt, darunter drei deutsche.

ATMOSPHERENMONITORING UND KLIMAÄNDERUNG (MACC) 4.3.3

Dieser Anwendungs- bzw. Servicebereich¹⁷² bündelt Aktivitäten in Bezug auf atmosphärische Informationsdienste und liefert Archivdaten zum Zustand und zur Zusammensetzung der Atmosphäre der letzten Jahre sowie aktuelle Daten zur Beobachtung des gegenwärtigen Zustands und Vorhersagen für die nächsten Tage. Hauptbereiche sind europäische Luftqualität, globale Atmosphärenzusammensetzung, Klima, ultraviolette Strahlung, solare Energie und stratosphärisches Ozon. Die meisten Dienste liefern Informationen sowohl auf globaler als auch regionaler oder lokaler Ebene (Zeil/Saradeth 2010, S. 106 f.).

Der Bereich Klimaänderung führt Aktivitäten aus drei Anwendungsbereichen (Atmosphären-, Meeres- und Landmonitoring) zusammen. Neben globalen und europäischen Informationsdiensten werden politische Handlungsoptionen zur Überprüfung der Einhaltung internationaler Vereinbarungen entwickelt oder auch Szenarien- und Sensitivitätsstudien vorbereitet.

An der Entwicklung der Informationsdienste dieses Bereichs sind gegenwärtig insgesamt 36 europäische Partnerinstitutionen beteiligt, darunter sechs deutsche. Im Rahmen der Initiative »GMES/Copernicus and Africa« werden gegenwärtig keine Projekte durchgeführt, die sich dem MACC-Servicebereich zuordnen lassen.

KATASTROPHENMANAGEMENT (SAFER) 4.3.4

Der Anwendungs- bzw. Servicebereich¹⁷³ bündelt Aktivitäten in Bezug auf globale und weitreichende Notfallsituationen infolge natürlicher oder durch Menschen verursachter Katastrophen. Der Bereich umfasst die Themenfelder Überflutungen, Waldbrände, Landverschiebungen bzw. Hangrutschungen, Erdbeben, Vulkanausbrüche sowie humanitäre Krisen. Er liefert zeitnah Satellitendaten und abgeleitete Informationen für die Lagebeurteilung, Schadensaufnahme, Durchführung von Rettungsmaßnahmen und zur Risikoreduzierung. Aus verfügbaren Satellitendaten, die möglichst zeitnah zum Ereignis aufgenommen wurden, und unterschiedlichen In-situ-Basisdaten (zu Straßen, Siedlungen, Krankenhäuser etc.) werden Karten im Schnellverfahren (»rapid mapping«) erstellt und möglichst umgehend an die entsprechenden Organisationen vor Ort weitergeleitet. Entscheidende Kriterien für die Nutzbarkeit der Information sind Schnelligkeit

172 www.gmes.info/pages-principales/services/atmosphere-monitoring; www.gmes-atmosphere.eu; www.gmes.info/pages-principales/services/climate-change (12.6.2012)

173 www.gmes.info/pages-principales/services/emergency-management; www.emergencyresponse.eu (13.6.2012)



und Genauigkeit, da die Hilfsorganisationen keine Zeit für die Validierung der Produkte aufwenden können (Zeil/Saradeth 2010, S. 120 ff.).

Berechtigte Nutzerorganisationen (Zivilschutz, Katastrophenmanagementbehörden) können im Fall einer Katastrophe den SAFER-Service über eine permanent besetzte Kontaktstelle aktivieren. Der diensthabende Experte klärt zunächst den Bedarf und informiert die entsprechenden SAFER-Partner, die für den angefragten Informationsdienst zuständig sind. Daraufhin werden Satellitendaten bestellt und aufbereitet. Die jeweiligen Karten- und Informationsprodukte werden den Nutzern schnellstmöglich über das Internet zur Verfügung gestellt (Zeil/Saradeth 2010, S. 126). Die Verfahrensweise des SAFER-Informationsdienstes entspricht der der »International Charter Space and Major Disasters« (Kap. VI.1) und hat Schnittstellen zur UN-SPIDER-Initiative (Kap. VI.3).

An der Entwicklung der Informationsdienste dieses Bereichs sind gegenwärtig insgesamt 55 europäische Partnerinstitutionen beteiligt, darunter vier deutsche.

PROJEKTE DER INITIATIVE »GMES/COPERNICUS AND AFRICA«

- › »GARNET-E«: Aufbau eines Copernicus Emergency Response Service in Afrika, der insbesondere afrikanische Anforderungen berücksichtigt und absichert, dass Beteiligte unter Einsatzbedingungen schnellen Zugang bekommen, 16 Partner, darunter sieben afrikanische (AARSE Äthiopien, CRST Marokko, CSIR und SANSA Südafrika, RCMRD Kenia, Regional Center for Training in Aerospace Surveys Nigeria, Katastrophenschutzbehörde Cap Verde).¹⁷⁴

SICHERHEIT/KRISENMANAGEMENT IN ZIVIL-MILITÄRISCHEN KOOPERATIONEN

4.3.5

Dieser Anwendungs- bzw. Servicebereich¹⁷⁵ soll die europäische Außen- und Sicherheitspolitik (»Common Foreign and Security Policy«, CFSP) unterstützen, indem satellitengestützte Informationsdienste u. a. zur Lagebeurteilung und zur Abwägung von humanitären Interventionsmöglichkeiten durch internationale, regionale und nationale Organisationen entwickelt werden. Das politische Fundament sind die neuen Sicherheitsstrategien sowohl der EU (EU 2003) als auch der UNO (UNO 2003), die den Schwerpunkt von nationaler Sicherheit mehr auf die Sicherheit der Bürger verlegen (Zeil/Saradeth 2010, S. 135 ff.). Der Servicebereich spiegelt diese Perspektivenverschiebung wider: Was früher als militärische Aufklärung bezeichnet wurde, wird – auch aufgrund veränderter Bedrohungen – heute als zivil-militärische Kooperation betrachtet. In der Folge verändert sich

¹⁷⁴ <http://www.gmes-garnete.net/> (19.6.2012)

¹⁷⁵ www.gmes-gmosaic.eu (13.6.2012)



auch der Kontext für die Erdbeobachtung: Es geht nicht mehr explizit nur um die Beobachtung feindlicher Armeen, sondern darüber hinaus auch um die Beobachtung regionaler und lokaler Konflikt- und Krisensituationen sowie die Ableitung von Informationen zur Lagebeurteilung, um möglichst rechtzeitig die notwendigen Maßnahmen zur Lösung oder Beruhigung der Situation treffen zu können. Als Beispiele können die illegale Ressourcenausbeutung in Konfliktregionen wie dem Kongo, Migrationsvorgänge im Sudan oder Tschad, die Räumung von Landminen in Mosambik oder Angola sowie der Schutz von humanitären Hilfsmaßnahmen bei bewaffneten Konflikten genannt werden. Die Aktivitäten in diesem Anwendungsbereich stehen beispielhaft für unterschiedliche Anstrengungen, Fernerkundungstechniken zu nutzen, um die Sicherheitslage zu verbessern. Neben der UNO zieht beispielsweise auch Amnesty International mittlerweile Satellitenbilder als Beweismaterial für Menschenrechtsverletzungen heran.

Die gegenwärtigen Aktivitäten dieses Bereichs werden in zwei Themenfelder unterteilt:

- › Aufklärung und Frühwarnung:
 - Überwachung der Weiterverbreitung von nuklearem Material und Einhaltung entsprechender internationaler Vereinbarungen (z. B. Beobachtung des Uranbergbaus, entsprechender Transportwege sowie Verarbeitungseinheiten);
 - Entwicklung kritischer Krisenindikatoren (z. B. Ausbeutung natürlicher Ressourcen, Bevölkerungsdruck und Landdegradation und deren Wirkung auf Entstehung und Entwicklung von Konflikten);
 - illegale Aktivitäten (z. B. im Zusammenhang mit dem Bergbau, mit Holzeinschlag, Wassernutzung oder dem Drogenanbau);
 - Überwachung kritischer Infrastrukturen (z. B. Brücken, Flughäfen, Pipelines sowie Beobachtung der Lagesituation bei Anschlägen oder Unfällen);
 - Überwachung von Verkehrswegen und Grenzen (z. B. Durchlässigkeit, Migrationswege, temporäre Ansiedlungen entlang der Strecken).
- › Unterstützung bei Krisenmanagementoperationen:
 - Vorbereitung, Notfallplanung (z. B. Rettungsmaßnahmen, Evakuierungen);
 - schnelle Bereitstellung von Geoinformationen zur Lagebeurteilung (z. B. detaillierte Informationen für notwendige Interventionen an Krisenstäbe in der EU und die Außenministerien der Mitgliedstaaten);
 - Nachkrisenbegleitung, Wiederaufbau und Schadensbestimmung (z. B. Schadensanalysen im Verlauf und nach Beendigung von Krisen, Begleitung des Wiederaufbaus).

Als Nutzer der Dienste sind neben verschiedenen EU-Institutionen die Verteidigungs- und Außenministerien der Mitgliedsländer sowie internationale Organisationen und NGOs vorgesehen. Je nach Geheimhaltungsstatus werden die jeweiligen Informationsprodukte (Karten, digitale Datensätze) registrierten Nutzern über eine Webplattform zur Verfügung gestellt. Für Organisationen, die



V. FERNERKUNDUNGSSYSTEME EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN

Zugang zu vertraulichen Informationen erhalten, werden authentifizierte Zugangsrechte eingerichtet (Zeil/Saradeth 2010, S. 138).

An der Entwicklung der Informationsdienste dieses Bereichs sind gegenwärtig insgesamt 33 europäische Partnerinstitutionen beteiligt, darunter vier deutsche.

Geografische Schwerpunkte der Aktivitäten dieses Bereichs werden anhand »Service Cases« (SC) definiert. Von den zurzeit zehn vereinbarten SC beziehen sich sechs auch oder ausschließlich auf afrikanische Länder (Kasten).¹⁷⁶

DEFINIERTER »SERVICE CASES« MIT BEZUG ZU AFRIKANISCHEN LÄNDERN

- › SC 2 (Demokratische Republik Kongo): Monitoring von Bevölkerungsdynamiken und Umweltveränderungen in Konfliktregionen auf lokaler und regionaler Ebene, Grenzmonitoring, Folgen neuer Verkehrswege
- › SC 3 (Mosambik, Simbabwe): Indikatorenentwicklung, die Verbindungen zwischen Umwelt- bzw. sozialen Faktoren und Konflikten abbilden (z. B. Zusammenhang zwischen Landdegradation bzw. Bevölkerungsdruck und Konfliktsituationen im zeitlichen Verlauf und unter Beachtung der Intensität und möglicher Konfliktlösungsoptionen)
- › SC 6 (Tschad, Sudan): Migration und Grenzmonitoring
- › SC 7 (mehrere Beobachtungsgebiete u. a. Burundi, Demokratische Republik Kongo, Guinea-Bissau): Beobachtung kritischer Infrastrukturen im Kontext unterschiedlicher Interventionstypen
- › SC 8 (drei Interessensgebiete, davon zwei in Afrika [Eritrea, Simbabwe]): Planung und Vorbereitung sowohl von möglichen Evakuierungen der Zivilbevölkerung als auch von militärischen Aktionen
- › SC 10 (Tschad, Sierra Leone): Nachkrisenbegleitung, Schadensabschätzung, Begleitung von Wiederaufbaumaßnahmen

WEITERE PROJEKTE IM RAHMEN VON »GMES/COPERNICUS AND AFRICA« UND INTERNATIONALE KOOPERATIONEN

4.3.6

Neben Projekten, die explizit einzelnen Servicebereichen zugeordnet werden können, gibt es auch die Möglichkeit, Projekte mit Querschnittsaufgaben durchzuführen. Zwei Projekte bearbeiten gegenwärtig Querschnittsaufgaben.

Der europäische Konzern EADS Astrium hat 2008 einen Vorschlag für Africa-GeoSat-1, einen hochauflösenden geostationären Satelliten über Afrika, unterbreitet, der im Rahmen der Initiative »GMES/Copernicus and Africa« angesiedelt werden könnte und die zeitnahe Beobachtung von Prozessen auf dem afrikanischen Kontinent ermöglichen würde (Zeil/Saradeth 2010, S. 145 f.). Laut

¹⁷⁶ www.gmes-gmosaic.eu/project-overview/26 (26.6.2012)

Vorschlag soll die Finanzierung über den European Development Fund der EU erfolgen. Da dieser jedoch nur Vorhaben finanziert, die von Entwicklungsländern beantragt werden, begann EADS Astrium Konsultationen mit Regierungsvertretern und Satellitenexperten aus diversen afrikanischen Ländern (vor allem Algerien, Ägypten, Nigeria und Südafrika). Da diese Länder bereits selbst Kapazitäten zum Bau von Satelliten aufgebaut haben, erkennen sie die Expertise der europäischen Raumfahrtindustrie beim Bau von Satelliten zwar an, möchten aber an der Konzeption, Entwicklung, technischen Realisierung und dem Betrieb des Satelliten beteiligt werden. Insbesondere möchten sie das Bodensegment und das Datenmanagement bis zum Vertrieb übernehmen. Der Abstimmungsprozess läuft noch.

PROJEKTE DER INITIATIVE »GMES/COPERNICUS AND AFRICA«

- › »Support Action to GMES/Copernicus Africa on Earth Observation« (SAGA-EO): acht Projektpartner, darunter fünf afrikanische (Agence nationale de l'Aviation civile, Kongo, Agence nationale de La Meteorologie, Senegal, Instituto Nacional de Meteorologia, Mosambik, Centre de Cartographie et de Télédétection, Elfenbeinküste, Meteorological Agency, Ghana)¹⁷⁷
- › »Bridging Actions for GMES/Copernicus and Africa«¹⁷⁸ (BRAGMA): elf Projektpartner darunter fünf afrikanische (Weltraumagenturen, Nigeria, Ägypten; Fernerkundungszentren, Tunesien; Regierungsinstitutionen für Wissenschaft und Technik, Kenia und Südafrika)

INTERNATIONALE KOOPERATIONEN

Copernicus gilt als europäischer Beitrag zum Aufbau des globalen Geoinformationssystems GEOSS (EK 2011b). Um die Kompatibilität der beiden Systeme herzustellen, wird gegenwärtig das Projekt »EuroGEOSS«¹⁷⁹ durchgeführt. Es soll erste operative Kapazitäten schaffen, um Umweltinformationsdienste von Copernicus (die die INSPIRE-Vorgaben beachten) mit den Vorgaben von GEOSS (und seiner »common infrastructure«) in Übereinstimmung zu bringen. An dem Projekt beteiligen sich 23 Partner, darunter die FAO, das World Conservation Monitoring Center der UNEP sowie weitere nationale und internationale Institutionen (darunter zwei deutsche). Das Projekt »GEONETCast for and by Developing Countries«¹⁸⁰ verbessert die Anbindung afrikanischer Länder an das internationale satellitengestützte Datenzugangs- und Verteilsystem (Kap. VI.2).

177 www.saga-eo.eu (19.6.2012)

178 www.bragma.eu (19.6.2012)

179 www.eurogeoss.eu/default.aspx (19.6.2012)

180 www.vgt4africa.org (25.7.2012)



Die Europäische Kommission beteiligt sich an der Erarbeitung von Kontroll- und Berichtsmöglichkeiten für unterschiedliche internationale Umweltabkommen (Kap. VI.3). Beispielsweise beteiligt sich das Institut für Umwelt und Nachhaltigkeit (IES) des Joint Research Centre der Europäischen Kommission im Rahmen der Biodiversitätskonvention der UNO an der Entwicklung von fernerkundungsbasierten Informationsdiensten zur Beobachtung von Schutzgebieten. Dafür wurde der Programmbereich »Digital Observatory for Protected Areas« (DOPA)¹⁸¹ geschaffen, in dem unterschiedliche Projekte durchgeführt werden können. Ein derzeit laufendes ist das Projekt »Biodiversity and Protected Area Management«,¹⁸² das darauf abzielt, die richtigen Endnutzer mit den passenden Informationen über die dafür am besten geeigneten Übertragungsmedien zu versorgen.

FAZIT

5.

Der Auf- und Ausbau der Fernerkundung in Europa erfolgte zu einem erheblichen Teil über zwischenstaatliche Organisationen. Dadurch konnten sich einerseits unterschiedliche Länder entsprechend ihren jeweiligen Möglichkeiten in Aktivitätsbereiche einbringen, ohne dass die gesamte Prozesskette bis zur Informationsgenerierung eigenständig aufgebaut werden musste. Europäische Ressourcen konnten gebündelt und Strukturdoppelungen reduziert werden. Andererseits mussten vielfältige unterschiedliche Interessen abgewogen und in Einklang gebracht werden, was mitunter zu langwierigen Abstimmungsprozessen führte. Diese europäischen Kooperationserfahrungen dürften in Bezug auf den Ausbau und die Nutzung der Fernerkundung in Afrika nützlich sein, denn auch dort gibt es eine große Vielfalt von nationalen Interessenlagen, von unterschiedlichen nationalen Kompetenzen und Möglichkeiten. Aufgrund der begrenzten Ressourcen vieler afrikanischer Länder scheinen für die Entwicklung und Nutzung der Fernerkundungstechnologie, die insbesondere in Afrika mit einem erheblichen Aufwand verbunden sind, kooperative Vorgehensweisen analog zum europäischen Vorgehen erfolgversprechender als die konkurrenz- oder wettbewerbsbasierten Vorgehensweisen einiger asiatischer Länder. Die europäische Unterstützung afrikanischer Initiativen zur Gründung einer afrikanischen Welt- raumagentur zielt in diese Richtung.

Die in Bezug auf die Fernerkundung relevanten europäischen Organisationen EUMETSAT, ESA und EU haben entsprechend ihrem jeweiligen Mandat und ihren thematischen Ausrichtungen unterschiedliche Stärken. Alle drei Organisationen werden vollständig aus den Staatshaushalten der Mitgliedsländer finan-

181 dopa.jrc.ec.europa.eu/ (19.6.2012)

182 www.iucn.org/about/union/commissions/wcpa/?9567/BIOPAMA--boosting-capacity-for-protected-areas-in-Africa-the-Caribbean-and-the-Pacific (19.6.2012)



ziert. Folglich haben auch öffentliche Strukturen die Entscheidungshoheit über die Zugangs- und Verwendungsformen der Daten und abgeleiteter Informationen. Insbesondere bei einer koordinierten Vorgehensweise der europäischen Organisationen untereinander erweitert sich der Handlungsraum auch für die jeweiligen Mitgliedsländer und deren Wirtschaftseinheiten in Bezug auf die Anwendung der Fernerkundung in Afrika erheblich.

EUMETSAT verfügt über Satelliten, deren Sensoren den afrikanischen Kontinent auf vielfältige Weise systematisch abtasten, allerdings nicht mit einer Auflösung, die militärisch relevant ist. Da EUMETSAT vorrangig helfen soll, öffentliche Aufgaben seiner Mitglieder zu erfüllen (Bereitstellung von aufbereiteten Witterungsinformationen für die nationalen Wetterdienste und von Satellitendaten für die Wetter- bzw. Klimaforschung), schränken auch mögliche Verwertungsabsichten oder Refinanzierungsverpflichtungen den Zugang zu Daten und Informationen kaum ein. Es bedarf »nur« einer politischen Entscheidung, das für seine Mitglieder aufgebaute Daten- und Informationssystem auch für afrikanische Nutzer zu öffnen. Das organisationsweite Datenrelaissystem EUMETCast deckt inzwischen nicht nur Europa, sondern auch den gesamten afrikanischen Kontinent ab. Die modulare Datenauswertung in unterschiedlichen Themenfeldern mit internationalen Konsortien, die spezifische Auswertungszentren bilden, bietet strukturell günstige Möglichkeiten zur Kooperation und des Wissenstransfers nach Afrika, die durch das spezielle Nutzerforum Afrika zusätzlich unterstützt werden können. Da EUMETSAT ein kontinuierlicher Servicepartner für seine Mitgliedsländer ist, können auch langfristige Aktivitäten und Kooperationsbeziehungen geplant werden. Vielfach wird darauf hingewiesen, dass langfristiges Engagement insbesondere im Bereich der Fernerkundung wichtig ist, um einen Technologietransfer in Gang zu setzen, der einen nachhaltigen Beitrag zur Entwicklung leistet (Komp 2010, S. 44 u. 46 ff.; Zeil/Saradeth 2010, S. 3 ff. u. 168). Die genannten Rahmenbedingungen von EUMETSAT sind tendenziell förderliche Strukturen für einen Technologietransfer nach Afrika.

Dass diese fördernden Strukturen tatsächlich genutzt werden, belegen die expliziten Technologietransferprogramme für Afrika (PUMA, AMESD, MESA), die EUMETSAT seit vielen Jahren in Kooperation mit der Europäischen und Afrikanischen Union kontinuierlich betreibt und weiter ausbaut. Um nicht nur Technologie zu transferieren, sondern einen tatsächlichen Beitrag zur Entwicklung der Zielregion leisten zu können, müssen die Gegebenheiten und Strukturen vor Ort und die Möglichkeiten und Kompetenzen der Empfänger berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund wurden in den genannten Transferprogrammen die parallel laufenden Aktivitätsfelder Datenzugang, Ausbildungsprogramme und Aufbau von Informationsdiensten definiert. Die genannten Technologietransferprogramme versuchen, in einem Top-down-Ansatz multinationale Organisationsstrukturen zu fördern, indem diese wesentliche Anteile an der Projekt-

verantwortung übernehmen. Durch den Aufbau eines Netzes sogenannter »eStations« wird vor Ort eine weitere technische Komponente geschaffen, die afrikanischen Institutionen einen tatsächlichen eigenständigen Zugang in einem ersten Schritt zu den EUMETSAT-Daten sowie existierenden Verarbeitungsmodulen und Informationsdiensten gewährt. An dieses Netz können weitere Daten und Informationsdienste angeschlossen werden. Ob diese Organisations- und Technikoffensive zu ambitioniert ist, das Verhältnis der unterschiedlichen Aktivitätsfelder vor Ort richtig und angemessen war oder dieses Programm die Möglichkeiten der jeweiligen Strukturen vor Ort übersteigt, kann im Rahmen dieses TA-Projekts nicht bewertet werden. Da die Aktivitäten des Transferprogramms bis 2018 nicht nur fortgeführt, sondern auch ausgebaut werden, sind Nachjustierungen und Anpassungen möglich. Die Tatsache, dass die kooperativen Afrikaaktivitäten von EUMETSAT, die durch spezifische Fonds der EU finanziert werden, als Wegbereiter für die Afrikainitiative des im Aufbau befindlichen umfassenden europäischen Geoinformationssystems Copernicus gesehen werden und ein wesentliches Element der weltweiten Afrikainitiative der GEO sind, lässt darauf schließen, dass dort zumindest das Entwicklungspotenzial dieser Aktivitäten erkannt wird.

Der Top-down-Ansatz dieser EUMETSAT-Afrikainitiative bildet quasi ein ergänzendes Gegenstück zur Initiative »Planet Action« des SPOT-Programms (Kap. IV.2.2), das Fernerkundungstechnologie in Afrika in einem Bottom-up-Verfahren zur verstärkten Anwendung verhelfen will.

Anders als bei EUMETSAT, einer Organisation, die sich vollständig auf die Nutzung meteorologischer Satelliten konzentriert, ist bei der Europäischen Weltraumagentur ESA Fernerkundung nur ein Aktivitätsfeld unter vielen, und der Schwerpunkt der ESA-Aktivitäten liegt stärker im Bereich Entwicklung und Bau von Weltraumkomponenten. Dennoch verfolgt auch die ESA zahlreiche Aktivitäten, um die Anwendungspotenziale der Fernerkundung im Allgemeinen (insbesondere im Anwendungsbereich Landbeobachtung) und in Afrika im Besonderen (z. B. »TIGER-Initiative: Looking after Water in Africa«) auszubauen. Auch die ESA knüpft mit ihren Afrikaaktivitäten an multinationale Organisationsstrukturen an und versucht, durch die Entwicklung von afrikaorientierten Informationsdiensten auch Governancestrukturen vor Ort zu festigen und auszubauen. In den von der ESA initiierten Kooperationsprojekten werden vielfältige Institutionen aus afrikanischen Ländern beteiligt, die Projektkoordinierung übernehmen europäische Teilnehmer.

Um die Anwendungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten auszubauen, starteten EU und ESA das Gemeinschaftsprojekt Copernicus. Es soll vielfältige Daten von europäischen Fernerkundungssatelliten zu einer breiteren Nutzung führen und ein umfassendes europäisches Geoinformationssystem aufbauen. Copernicus greift neben Fernerkundungsdaten auch auf eine sehr weitgefächerte In-situ-

Datenkomponente zu, aus der gegenwärtig Informationsdienste entwickelt werden, die vorrangig auf politische Entscheidungsträger unterschiedlicher Ebenen (lokal, national, regional) zugeschnitten werden. Erhebliche Unterschiede zwischen Europa und Afrika in Bezug auf die Datenbasis (insbesondere die Verfügbarkeit von In-situ-Daten, aber auch von Satellitendaten, wie Abb. IV.9 deutlich zeigt) und auf potenzielle Nutzergruppen (aufgrund der unterschiedlichen Governancestrukturen) dürften die Übertragbarkeit von Informationsdiensten zumindest erheblich erschweren. Dies dürfte eine Ursache sein, warum die vor einigen Jahren von der Europäischen und Afrikanischen Union ins Leben gerufene Programminitiative »GMES/Copernicus and Africa«, die zwar explizite Anwendungspotenziale in Afrika untersuchen soll, bisher noch nicht in eine Strategie oder einen Aktionsplan überführt werden konnte. Jedoch sind auch ohne abgestimmte Strategie auf höchster politischer Ebene im Rahmen von Copernicus europäisch-afrikanische Kooperationsprojekte möglich, die Anwendungspotenziale der Fernerkundung in Afrika untersuchen. Die derzeit durchgeführten Afrikaprojekte finden zwar mit afrikanischer Beteiligung statt, jedoch übernehmen europäische Kooperationspartner mehrheitlich den größeren Anteil an den jeweils definierten FuE-Aufgaben.

In der Gesamtschau der Afrikainitiativen europäischer Organisationen lässt sich feststellen, dass inzwischen ein breites Spektrum von Kooperationsmöglichkeiten institutionalisiert wurde, das unterschiedlichste Gegebenheiten in afrikanischen Ländern berücksichtigen kann und in einem abgestuften Verfahren Kompetenzen vor Ort fördern kann. Die Spanne reicht von der

- › vollständigen Entwicklung von Informationsdiensten durch europäische Institutionen für einzelne afrikanische Nutzer(gruppen), die lediglich ihren Informationsbedarf einbringen, über
- › die mehr oder weniger starke Beteiligung universitärer oder außeruniversitärer afrikanischer Institutionen sowohl an bodennahen Datenerhebungen und -aufbereitungen (In-situ-Daten) als auch an der Entwicklung von Informationsdiensten, bis
- › zur Übernahme der Projektverantwortung durch Institutionen in Afrika und die zunehmende Reduktion der europäischen Projektverantwortung.

Zahlreiche der in Kapitel IV.6.7 vorgestellten afrikanischen Organisationen beteiligen sich an diesen Projekten.

Auch unterschiedliche Geodienstleister aus Deutschland beteiligen sich an europäischen FuE- und/oder anwendungsbezogenen Fernerkundungsprojekten. Besondere Stärken liegen in den Anwendungsbereichen

- › Klimaüberwachung (z. B. leitet der Deutsche Wetterdienst das entsprechende Datenauswertungszentrum von EUMETSAT),



V. FERNERKUNDUNGSSYSTEME EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN

- › Landmonitoring (z. B. koordiniert Astrium GmbH Services den gesamten Anwendungsbereich von Copernicus, eine Tochtergesellschaft leitet den Teilbereich »Euroland«, und die GAF AG den Teilbereich Forstmonitoring) sowie
- › Hydrologie und Wasserwirtschaft (z. B. leitet die GAF AG das »AQUIFER-Projekt« im Rahmen der »TIGER-Initiative«, die von der ESA initiiert wurde).

Insbesondere im Teilbereich Forstmonitoring werden gegenwärtig große Anwendungspotenziale der Fernerkundung in Entwicklungsländern gesehen, da unterschiedliche globale Umweltaktivitäten auf den Erhalt tropischer Wälder abzielen. Diese werden durch UN-Strukturen in Strategien und Aktionspläne zunehmend konkretisiert und stoßen vielfältige Forschungsaktivitäten an, die u. a. darauf abzielen, entsprechende Maßnahmen in den weltweiten Treibhausgasbilanzen zu berücksichtigen, um sie perspektivisch in Emissionshandelsregimen berücksichtigen zu können. Dafür notwendige Berechnungsmodelle basieren auf umfangreichen Fernerkundungsdaten. Diese globalen Umweltaktivitäten und andere weltweite Anwendungsprogramme der Fernerkundung werden im nachfolgenden Kapitel VI vorgestellt.



INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN ZUR NUTZUNG OPERATIONELLER FERNERKUNDUNGSSYSTEME VI.

Auch auf der internationalen bzw. globalen Ebene gibt es seit etlichen Jahren Bestrebungen, unterschiedliche nationale oder zwischenstaatliche Fernerkundungsaktivitäten aufeinander abzustimmen und die geschaffenen Infrastrukturen möglichst effektiv zum Nutzen möglichst vieler Menschen einzusetzen. Einerseits entstanden Aktivitäten innerhalb von einzelnen bereits etablierten Anwendungsbereichen, insbesondere der Katastrophenhilfe, die zur besseren Nutzung vorhandener Fernerkundungstechnologien beitragen sollen (Kap. VI.1). Andererseits wollen weltraumaktive Länder und internationale Organisationen durch Abstimmung und Harmonisierung ihrer Technologien neue bzw. breitere Anwendungsfelder erschließen, wie z. B. die GEO (Kap. VI.2). Auch die UNO engagiert sich, um insbesondere Entwicklungsländern zu verbesserten Nutzungsmöglichkeiten der verfügbaren Erdfernerkundungstechnologie zu verhelfen (Kap. VI.3). Nachfolgend werden sowohl die Aktivitäten der genannten internationalen Initiativen als auch Beispiele für deren Anwendungen in Afrika vorgestellt. Ein Fazit (Kap. VI.4) in Bezug auf die Möglichkeiten und Grenzen des Handlungsraums der einzelnen Organisationen, Fernerkundungstechnologien in Afrika zu breiterer Anwendung zu verhelfen, schließt das Kapitel ab.

INTERNATIONALE CHARTA FÜR WELTRAUM UND NATURKATASTROPHEN 1.

Auf Initiative der französischen Weltraumagentur CNES und der europäischen Weltraumorganisation ESA wurde 1999 die Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen entwickelt, ein Zusammenschluss unterschiedlicher Raumfahrtorganisationen, die Hilfsmaßnahmen bei natürlichen und menschenverursachten Katastrophen durch die Bereitstellung von Fernerkundungsdaten unterstützen. Mitgliedsberechtigt sind Weltraumbehörden und nationale bzw. internationale Satellitenbetreiber. Über die Mitgliedsorganisationen können auch Kooperationspartner an der Charta teilnehmen (Tab. VI.1). Im Katastrophenfall werden Fernerkundungsdaten gezielt erhoben, ausgewertet und autorisierten Nutzerorganisationen kostenlos zur Verfügung gestellt (Zeil/Saradeth 2010, S. 126 ff.). Die Chartamitglieder und kooperierenden Institutionen stehen zum Grundsatz des uneingeschränkten Datenzugangs im Katastrophenfall, jedoch soll eine anderweitige Nutzung der Satellitendaten durch Dritte ausgeschlossen werden.



VI. INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN ZUR NUTZUNG DER FERNERKUNDUNG

TAB. VI.1 MITGLIEDER BZW. KOOPERATIONSPARTNER DER INTERNATIONALEN CHARTA FÜR WELTRAUM UND NATURKATASTROPHEN

Mitgliedsorganisation	kooperierende Institutionen	Satelliten
Europäische Weltraumorganisation (ESA)		ERS, Envisat
französische Weltraumagentur (CNES)	Spotimage Taiwanische Weltraumagentur (NSPO)	SPOT FORMOSAT (frz.-taiwanische Koproduktion)
kanadische Weltraumagentur (CSA)		RADARSAT
indische Weltraumagentur (ISRO)		IRS
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (USA)		POES, GOES
United States Geological Survey (USGS) (USA)	Digital Globe, GeoEye	Landsat QuickBird, GeoEye-1
argentinische Kommission für Weltraumaktivitäten (CONAE)		SAC-C
japanische Weltraumagentur (JAXA)		ALOS
»Disaster Monitoring Constellation« (DMC)	Algerische Weltraumagentur (ASAL) Nigerianische Weltraumagentur (NASRDA) Türkische Organisation zur Entwicklung nationaler Weltraumaktivitäten (Tübitak-BILTEN) Britische Weltraumagentur (UK SA)	Alsat-1 NigeriaSat BILSAT-1 UK-DMC
chinesische Weltraumadministration (CNSA)		FY, SJ, ZY-Satellitensystem
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)		TerraSAR-X/TanDEM X
Koreanisches Weltraumforschungsinstitut (KARI)		KOMPSAT-2
brasilianisches Institut für Weltraumforschung (INPE)		CBERS
EUMETSAT		Meteosat

Quelle: www.disastersCharta.org/web/Charta/members (27.6.2012)

Der Chartamechanismus kann über eine vertrauliche, durchgehend besetzte Telefonleitung nur von autorisierten Nutzerorganisationen ausgelöst werden. Laut Zeil/Saradeth (2010, S. 127) gibt es gegenwärtig 42 autorisierte Nutzer (Zivilschutzbehörden, Rettungsorganisationen, Verteidigungs- und Sicherheitsstellen aus den Mitgliedsländern), darunter zwei aus afrikanischen Ländern (Algerien, Nigeria). Diese autorisierten Nutzer beantragen im Katastrophenfall Daten für das eigene Land oder für Länder, mit denen sie beim Katastrophenmanagement kooperieren. Ein Projektmanager begleitet die Nutzer durch den gesamten Chartavorgang. Neben den Fernerkundungsdaten stellen die Chartamitglieder auch abgeleitete Informationsprodukte bereit. Die Bereitstellungskosten werden von den jeweiligen Mitgliedsorganisationen abgedeckt. Fernerkundungsdaten und Informationsprodukte werden ausschließlich autorisierten Nutzern in den Mitgliedsländern übergeben. Durch ein Sonderabkommen mit der UNO ist auch deren Weltraumbüro (UNOOSA) als Nutzer akzeptiert und kann den Chartamechanismus für UN-Organisationen auslösen, wodurch Satellitendaten auch bei Katastrophenereignissen in Nichtmitgliedsländern erhoben und den UN-Hilfsorganisationen zur Verfügung gestellt werden können.

In jüngster Zeit wurde der Chartamechanismus in folgenden Fällen für afrikanische Länder aktiviert:¹⁸³

- > Über UNOOSA wurde der Mechanismus am 28. Oktober 2011 infolge einer Flut in Ghana ausgelöst. RADARSAT-2 hat die betroffene Region am 31. Oktober 2011 erfasst. Die kanadische Weltraumagentur hat die neueren Satellitendaten mit Daten vom Oktober 2008 verglichen, Karten erstellt und dem UNOCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs) zur Verfügung gestellt.
- > Über die französische Zivilschutzbehörde (COGIC) wurde der Mechanismus am 13. Februar 2012 wegen eines tropischen Zyklons in Madagaskar ausgelöst. Fernerkundungsdaten wurden mit UK-DMC, Envisat und Landsat-5 am 15. Februar 2012 und mit SPOT 4 am 17. Februar 2012 aufgenommen und mit Landsat-5-Daten vom Februar 2011 verglichen. Karten zum Ausmaß der Flut wurden neben COGIC auch der mit Frankreich kooperierenden Katastrophenschutzorganisation in Madagaskar bereitgestellt.
- > Die algerische Weltraumagentur aktivierte am 26. Februar 2012 den Chartamechanismus wegen einer Flut. Fernerkundungsdaten wurden am 28. und 29. Februar 2012 mit RADARSAT-2, SPOT 5 und Landsat-7 aufgenommen und entsprechende Karten der vereinbarten algerischen Nutzerorganisation zur Verfügung gestellt.
- > Am 1. März 2012 wurde der Chartamechanismus erneut wegen eines tropischen Zyklons und einer Flut in Madagaskar ausgelöst. Fernerkundungsdaten wurden vom Satelliten SPOT 4 am 3. März 2012 aufgenommen und mit

183 www.disasterscharter.org/web/charter/activations (27.6.2012)

^
> VI. INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN ZUR NUTZUNG DER FERNERKUNDUNG
v

SPOT-5-Daten vom Februar 2010 verglichen und der mit COGIC kooperierenden Katastrophenschutzorganisation in Madagaskar bereitgestellt.

Der Copernicus-Servicebereich Katastrophenmanagement orientiert sich am Chartamechanismus, insbesondere das Projekt »GARNET-E« versucht, über Trainingsmaßnahmen und angepasste Informationsdienste den Zugang zu Chartadiensten für afrikanische Länder zu verbessern (Kap. V.4.3). Auch die UN-SPIDER-Aktivitäten zielen darauf ab, afrikanischen Ländern den Zugang zu Chartadiensten zu erleichtern (Kap. VI.3).

FERNERKUNDUNGSAKTIVITÄTEN DER GEO

2.

Seit Jahren gibt es auch jenseits spezifischer Anwendungsbereiche unterschiedliche Bemühungen, Fernerkundungstechnologien international aufeinander abzustimmen und neue Anwendungsbereiche der Technologie zu erschließen. Die Initiative der weltraumaktiven Staaten, die über das CEOS ihre Fernerkundungsaktivitäten im Rahmen einer integrierten Partnerschaft abstimmen (Kap. III), ist nur offen für Nationen und Organisationen, die über eigene Erdbeobachtungssysteme verfügen, über Kooperationen an solchen beteiligt sind oder dies zumindest planen. Nichtweltraumaktive Länder sind folglich auch nicht in CEOS vertreten. Damit sind auch Länder ausgeschlossen, die keine eigenen Satellitenbaupläne haben, aber dennoch Fernerkundungsdaten in expliziten Fernerkundungszentren nutzen (z. B. Tunesien mit dem CNT, Syrien mit dem ACSAD, Kenia mit dem RCMRD, Kap. IV.6). Diese Organisationsstruktur erschwert Anwendungserweiterungen der Fernerkundungstechnologie insbesondere in Entwicklungsländer erheblich.

Vor diesem Hintergrund wurde zu Beginn des Jahrtausends die GEO¹⁸⁴ gegründet, die sich insbesondere diese Anwendungserweiterungen der Fernerkundungstechnologie zum Ziel setzt und folglich auch offen ist für Länder, die in Bezug auf die Fernerkundung lediglich Nutzungsabsichten haben (Kap. III.2).

Kern der GEO-Aktivitäten ist der Aufbau des sogenannten globalen Systems der Fernerkundungssysteme (GEOSS), durch das Fernerkundungsdaten von bereits operationellen Fernerkundungssatelliten international zusammengeführt werden (ähnlich den Copernicus-Aktivitäten für Europa). Über eine einheitliche Benutzeroberfläche (GEO-Portal) und eine satellitengestützte Daten- und Informationsübertragung (GEONETCast) soll die Nutzung der Fernerkundungstechnologie vereinheitlicht und vereinfacht werden. Der Entwicklungsprozess wird über unterschiedliche Komitees und Arbeitsgruppen gesteuert, die auch explizit die Einbeziehung bereits existierender oder möglicher neuer Nutzergruppen, Be-

184 www.earthobservations.org (15.9.2012)



darfserhebungen und Maßnahmen zum Aufbau und zur Entwicklung von Fähigkeiten zur Nutzung von Erdbeobachtungsdaten und -informationen (»capacity building«) wie auch den Einsatz von Open-Source-Systemen verfolgen. Nach einer 2-jährigen Entwicklungszeit wurden die Standards für die Bereitstellung von Daten (»GEOSS Common Infrastructure«) und Vereinbarungen zum Betrieb des GEO-Portals ausgehandelt.¹⁸⁵ Seit 2010 gibt es eine erste Version dieses Portals (Zeil/Saradeth 2010, S. 75 f.).

Das satellitengestützte Datenzugangssystem GEONETCast knüpft an bereits installierte bzw. im Aufbau befindliche Netzstrukturen von unterschiedlichen meteorologischen Organisationen an. Insbesondere die US-amerikanische und chinesische meteorologische Organisation, EUMETSAT und die WMO engagieren sich beim Aufbau von GEONETCast.¹⁸⁶ Für die Ausweitung des Netzes auf Afrika wird in erster Linie an die Aktivitäten von EUMETSAT und die Etablierung des EUMETCast angeknüpft (Kap. II.3.3 u. V.2).

Ein wichtiges Verbindungsglied soll mit dem von der EU geförderten Projekt »GEONETCast for and by Developing Countries« geschaffen werden. Ziel des Projekts ist es, unterschiedliche Umweltdatensätze, die von und für afrikanische Länder erhoben wurden, über GEONETCast bzw. EUMETCast verfügbar zu machen. Das betrifft einerseits Fernerkundungsdaten, wie z. B. Vegetationsdaten der französischen SPOT-Satelliten oder Daten des chinesisch-brasilianischen CBERS-Systems, die dadurch afrikaweit verfügbar werden. Andererseits betrifft es auch unterschiedliche In-situ-Daten und Informationen, wie z. B. die Wetter- und Klimadaten von ACMAD (Niger), agrar-meteorologische Daten von AG-RHYMET (Niger), Feuerdaten von CSIR (Südafrika) sowie Gewässerdaten aus unterschiedlichen afrikanischen und europäischen Quellen. Deutsche bzw. europäische Standorte spielen als Netzwerkzentrum und Datenknotenpunkte (HUBs) eine wichtige Rolle (Abb. VI.1). Im globalen Datenzugangssystem GEONETCast fungiert Europa als eine Art Pate oder Seniorpartner für den afrikanischen Raum (eine ähnlich Rolle spielen die USA für den südamerikanischen Raum und China für Asien, Pazifik und Australien).

Neben dem Aufbau der Datenzugangsstrukturen wurden für den ersten 10-Jahresimplementierungsplan bis 2015 für den Einsatz von Fernerkundungsdaten die vorrangigen Anwendungsbereiche (»societal benefit areas«) Katastrophen, Gesundheit, Energie, Klima, Wasser, Wetter, Ökosysteme, Landwirtschaft und Biodiversität definiert. Einige GEOSS-Bereiche greifen die Strukturierung der europä-

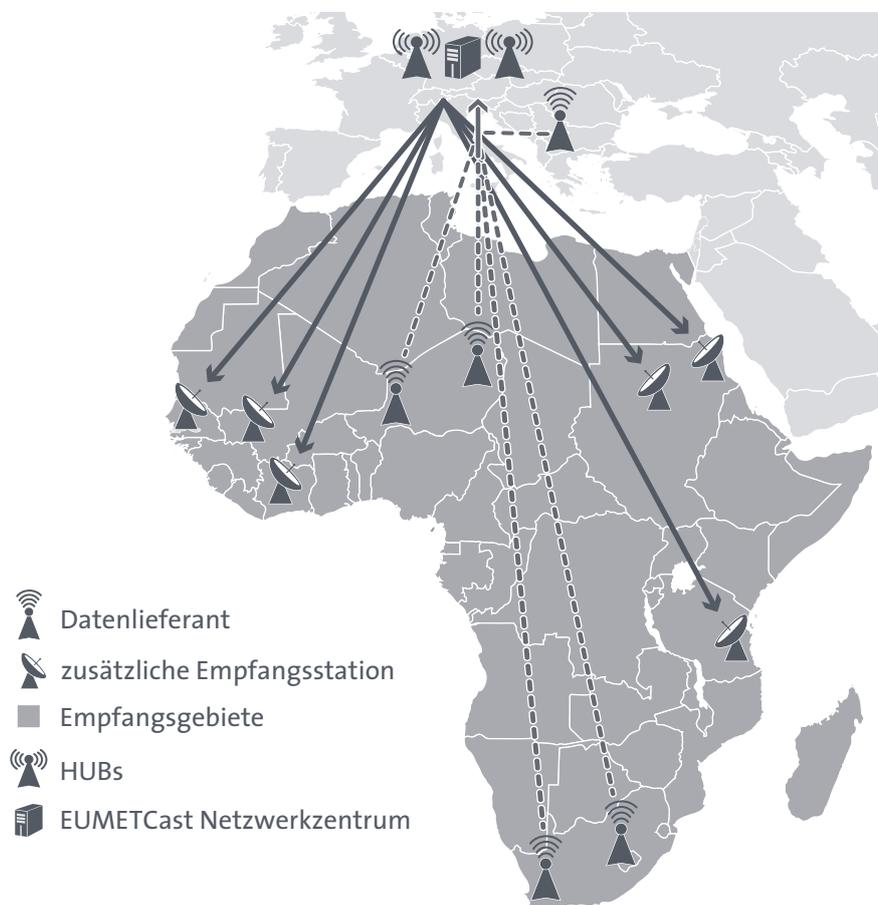
¹⁸⁵ Deutsche Beteiligung am Aufbau von GEOSS erfolgt über das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), das über das Programm D-GEO eine Vielzahl weiterer Ressorteinrichtungen einbindet (wie z. B. das DLR, den Deutschen Wetterdienst, die Bundesanstalten für Gewässerkunde und für Geowissenschaften und Rohstoffe).

¹⁸⁶ wiki.geonetcast.org (25.7.2012)

^
 > VI. INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN ZUR NUTZUNG DER FERNERKUNDUNG
 v

ischen Copernicus-Anwendungsbereiche auf (z. B. Katastrophen, Klima, Wetter, Wasser), die eher Querschnittsthemen abbilden, andere GEOSS-Bereiche greifen eher die Perspektive der sektoralen Strukturierung auf (z. B. Gesundheit, Energie, Landwirtschaft). Auch wenn jedes System seine eigene Form der Sortierung und Klassifizierung einer Vielfalt von Informationsdiensten hat, gibt es zwischen den einzelnen Bereichen mitunter auch große Überlappungen und Schnittmengen (z. B. sind die landwirtschaftlichen Anwendungen in Copernicus unter dem Bereich Landmonitoring verortet, in GEOSS bilden sie einen eigenen Bereich).

ABB. VI.1 GEONETCAST/EUMETCAST: DATENMANAGEMENT MIT AFRIKA



Quelle: www.vgt4africa.org/PublicDocuments/Handout_DevCoCast_Africa.pdf
 (26.8.2012)

Wie etliche andere fernerkundungsrelevante multinationale Organisationen (Kap. V) initiierte auch GEO eine spezielle Initiative, die Fernerkundungsaktivitäten in Afrika unterstützen soll (Kasten). Diese AfriGEOSS-Initiative ist gegenwärtig vor allem eine Absichtserklärung, die im März 2012 vom GEO-Komitee



verabschiedet wurde und deren erste Aktivitäten für den Zeitraum 2012 bis 2015 geplant sind.

AFRIKAINITIATIVE: AFRIGE OSS

Die Initiative AfriGEOSS¹⁸⁷ setzt sich zum Ziel, die technologischen Unterschiede zwischen Afrika und anderen Regionen in Bezug auf die Nutzung von Geodaten zu überbrücken. Dazu sollen insbesondere die in Afrika bereits existierenden Aktivitäten und Initiativen unterstützt und mit den Aktivitäten der fernerkundungsaktiven Länder und Organisationen verknüpft werden. Um dieses Ziel zu erreichen, soll der Kontakt zu regionalen Organisationen sowie zu Ausbildungseinrichtungen (sowohl zu UN-Initiativen als auch zu nationalen und regionalen Organisationen) ausgebaut werden. Als Beitrag zum Kapazitätsauf- und -ausbau werden im Rahmen von AfriGEOSS regionale Workshops und Konferenzen in Afrika organisiert.

Im Rahmen von AfriGEOSS sollen auch koordinierte Infrastrukturprojekte starten. Dazu gehört u. a. die Entwicklung einer abgestimmten Strategie zur Datenbeschaffung für Afrika, zu der GEOSS die nötigen Standards liefern kann. Bodenstationen in Algerien, Ägypten, Nigeria, Gabun, Kenia und Südafrika sollen als Erste mit erweiterten Downlinkmöglichkeiten ausgestattet werden, die über die gegenwärtigen EUMETCast-Möglichkeiten hinausgehen. Diese Maßnahmen sollen andere Initiativen ergänzen, wie z. B. den Aufbau des afrikanischen Fernerkundungssystems ARMC (Kap. IV.6.8), die europäisch-afrikanische Initiative zum Bau des geostationären Fernerkundungssatelliten AfricaGeoSat-1 (Kap. V.4.4) oder panafrikanische Kooperationen zur Entwicklung von Informationsdiensten. Die Initiative unterstützt Maßnahmen zum Datenaustausch und legt Wert auf die Entwicklung von Open-Source-Software und offenen Systemen.

Neben den Maßnahmen zur Verbesserung der technischen Ausstattung (einschließlich Datenzugang) sowie Ausbildungsmaßnahmen zur verbesserten Nutzung von Fernerkundungsdaten sollen auch unterschiedliche Anwendungsprojekte durchgeführt werden. Als erste Pilotprojekte im Rahmen der AfriGEOSS-Initiative werden ein Bioenergieatlas für Afrika, Forstmonitoringprojekte (REDD+-Mechanismen) sowie Risikoabschätzungen für bestimmte Krankheiten (in Kooperation mit der WHO) genannt.

187 www.earthobservations.org/art_019_002.shtml (25.7.2012)

FERNERKUNDUNGSAKTIVITÄTEN DER UNO

3.

Neben der Entwicklung allgemeiner völkerrechtlicher Vereinbarungen und Verfahrensweisen in Bezug auf Fernerkundungsaktivitäten (Kap. III) setzen sich die UNO und etliche ihrer Unterorganisationen seit vielen Jahren insbesondere dafür ein, dass auch Entwicklungsländer einen Nutzen aus der verfügbaren Technologie ziehen können. Das United Nations Institute for Training and Research (UNITAR mit Sitz in Genf) hat einen eigenen Programmbereich zur Anwendung von Satellitendaten (»United Nations Operational Satellite Applications Programme«, UNOSAT), der mithilfe der Europäischen Organisation für Kernforschung (CERN) aufgebaut wurde. Laut eigenen Angaben ist die Mission von UNOSAT die Lieferung integrierter satellitenbasierter Lösungen für menschliche Sicherheit, Frieden und sozioökonomische Entwicklung.¹⁸⁸ Zwischenzeitlich gab es Initiativen zum Betrieb eigener Fernerkundungssatelliten. Der erste UNOSAT-Satellit sollte 2003 mit einer brasilianischen Rakete platziert werden. Bei den Startvorbereitungen kam es zu einer Explosion, 21 Menschen starben, die Rakete und alle Satelliten wurden zerstört. Neue Ambitionen zum Bau eigener Satelliten sind nicht bekannt. Die Aktivitäten von UNOSAT liegen gegenwärtig vorrangig in den Bereichen Ausbildung und Anwendungen. Ausbildungsinitiativen sollen insbesondere die Fachkenntnisse und Fähigkeiten unterschiedlicher Akteursgruppen fördern. Lehrgänge, Tagungen, Seminare und andere Veranstaltungen werden organisiert, die darauf abzielen, ein Bewusstsein für die Möglichkeiten der Nutzung von Weltraumwissenschaft und -technik in Entwicklungsländern zu schaffen und die Kapazitäten in diesen Ländern unter anderem auch in Bereichen wie Fernerkundung, Satellitenmeteorologie, Grundlagen der Weltraumwissenschaften sowie Weltraumrecht zu stärken. Das Portfolio der Trainingskurse reicht von eintägigen Überblickskursen über mehrtägige bis zu dreiwöchigen Spezialkursen, die in längere »capacity development programs« münden können. Die Angebote richten sich sowohl an die Entwicklungsländer und deren nationale Strukturen als auch an Hilfs- und Entwicklungsorganisationen.

Seit 1971 wurden über das Programm über 200 Veranstaltungen organisiert. Ideen, die aus solchen Tagungen und Lehrgängen stammen, können in Pilotprojekten weiterentwickelt werden. Ein solches Pilotprojekt ist beispielsweise »Map Your School«, eine Kooperation, an der auch UNICEF beteiligt ist. Über eine Internetplattform können Schüler und Studenten Informationen zu möglichen Gefahrenquellen in ihrer unmittelbaren Umgebung und mögliche Vermeidungsstrategien oder Handlungsoptionen eintragen. Durch die zusätzliche Nutzung von digitalen Karten können die Schüler und lokale Entscheidungsträger einen schnellen Überblick über die eingetragenen Gefahren gewinnen, wodurch auf lokaler Ebene die Wahrnehmung für Gefährdungssituationen verbessert und

188 www.unitar.org/unosat/ (27.6.2012)



Schüler und Kommunen an die Nutzungsmöglichkeiten von GIS herangeführt werden sollen. Die Initiative ist ein Beitrag des strategischen Bereichs Katastrophenprävention (»disaster risk reduction«). Nach ersten Implementierungen in Südostasien und in Puerto Rico ist eine Ausweitung des Programms auf Afrika ab Herbst 2012 geplant.

Das nach eigenen Angaben bisher größte Kapazitätsentwicklungsprojekt von UNOSAT heißt »ResEAU: water resources mapping of Chad«. ¹⁸⁹ UNOSAT führt es im Auftrag der Schweizer Regierung durch. Geplant ist, dass eine Person von UNOSAT im Tschad sein wird, insbesondere aber das Team in Genf um Fachkräfte erweitert werden soll.

Die Verwendung der Fernerkundungstechnologie wird vonseiten der UNO nicht nur im Rahmen von UNOSAT anvisiert. Sie wird vielmehr durch unterschiedliche Aktivitätsfelder der UNO eingefordert. Das geschieht einerseits im Bereich Katastrophenmanagement (UN-SPIDER) und andererseits durch mehrere UN-Konventionen (Wüstenkonvention, Biodiversitätskonvention oder die Klimarahmenkonvention u. a. mit dem sich daraus ableitenden Programm zum Schutz der tropischen Wälder [UN-REDD]).

UN-WELTRAUMINFORMATIONSPORTAL FÜR KATASTROPHEN-MANAGEMENT UND NOTFALLMASSNAHMEN

UNOOSA hat Anfang des Jahrtausends eine eigene Initiative gestartet, um die Nutzung weltraumbasierter Technologien und Informationen für das Katastrophenmanagement und die Katastrophenhilfe insbesondere für Entwicklungsländer zu erleichtern. Die Generalversammlung der Vereinten Nationen hat 2006 mit der UN-Resolution 61/110 dem entsprechenden Programm UN-SPIDER ¹⁹⁰ zwar ein offizielles Mandat gegeben (Meyer-Nehls 2011, S. 43 ff.), es ist dennoch lediglich eine Absichtserklärung und kein völkerrechtlich bindender Vertrag.

Die UN-SPIDER-Initiative knüpft an unterschiedliche Aktivitäten internationaler Initiativen an, die im Bereich Katastrophenmanagement ähnliche Ziele verfolgen, wie z. B. die Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen, GEOSS oder Copernicus. UN-SPIDER ist jedoch die erste Initiative, die explizit ausgerichtet ist auf den Zugang zu Raumfahrttechnik (neben Erdfernerkundungssystemen auch satellitengestützte Kommunikation sowie Positions- und Navigationssysteme) auch für Nutzerorganisationen, die nicht über eigene Raumfahrttechnik verfügen und infolge dessen auf Mittler angewiesen sind. Die Initiative soll dazu führen, dass alle Länder diese Technologie für ein verbessertes Katastrophenmanagement nutzen können (Epler/Leitgab 2011). UN-SPIDER

¹⁸⁹ www.unitar.org/unosat-begins-implementation-large-project-chad (10.10.2012)

¹⁹⁰ www.un-spider.org (24.5.2012)

^
> VI. INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN ZUR NUTZUNG DER FERNERKUNDUNG
v

ist darauf ausgerichtet, in allen Phasen von natürlich, technisch oder sozial verursachten Katastrophen (von der vorbeugenden Risikoreduktion über Risikobewertung, Frühwarnung und Katastrophenüberwachung bis zu Hilfsleistungen) den Zugang zu und die Nutzung von verfügbaren Weltraumtechnologien für alle betroffenen Länder und alle hilfeleistenden Organisationen kontinuierlich und weltweit zu ermöglichen.

Um diese Ziele zu erreichen, stützt sich das Programm auf drei Hauptaktivitäten (Zeil/Saradeth 2010, S. 133 ff.):

- > Verbesserter Zugang zu satellitengestützter Information (Gateway)
- > Verbindung von Erdfernerkundung und Katastrophenmanagement (Bridge)
- > Ausbildungsmaßnahmen v. a. für Nutzergruppen in Entwicklungsländern (»facilitator«)

Durch die UN-SPIDER-Initiative werden von Katastrophen betroffene Länder und Regionen bei der Aktivierung der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen unterstützt und über die Plattform »SpaceAid«¹⁹¹ wird im Katastrophenfall die Verteilung der erstellten Informationsprodukte vermittelt. In einer Reihe von regelmäßig stattfindenden internationalen Workshops und Konferenzen sowie regionalen Veranstaltungen auch in Afrika soll die Nutzergemeinde gefestigt und ein UN-SPIDER-Netzwerk kontinuierlich ausgebaut werden. Dieses soll als das offene Netzwerk arbeiten, an dem sich neben Daten- und Informationsdienstleistern auch Programmbüros, regionale Unterstützungsbüros (»regional support office«, RSO)¹⁹² sowie nationale Fokuspunkte (»national focal point«, RFP) beteiligen können (Epler/Leitgab 2011) (Abb. VI.2).

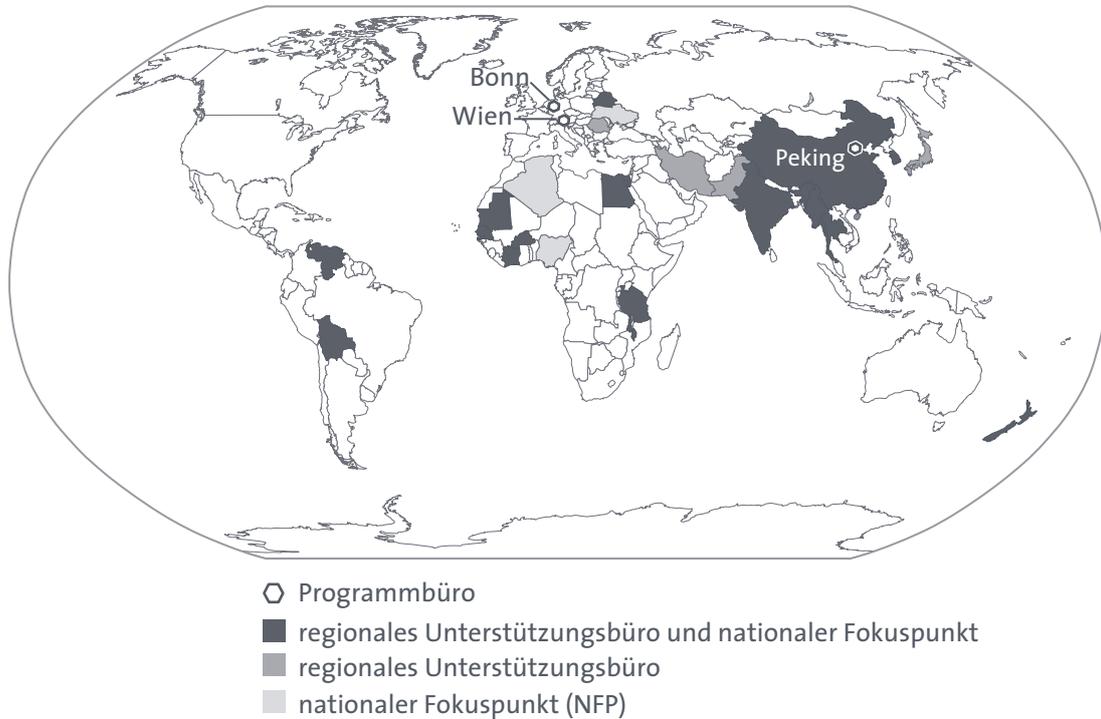
Gegenwärtig gibt es neben dem UN-Weltraumbüro UNOOSA in Wien, dem die Gesamtkoordination obliegt, zwei weitere spezielle Programmbüros in Bonn und Peking. Die Programmbüros sollen eng mit nationalen und/oder regionalen Büros zusammenarbeiten, die ihrerseits ein Netz von Unterstützungsbüros für die koordinierte Durchführung der Programmaktivitäten in ihrer jeweiligen Region aufbauen und dabei die Erfahrungen und Fähigkeiten aus ihrer Region nutzen sollen. Bisher sind zwölf regionale Unterstützungsbüros gegründet worden, drei davon befinden sich in afrikanischen Ländern (Kasten). Deren Ziel ist es, in ihrer Region die Nutzung der Weltraumtechnologie beim gesamten Katastrophenmanagement voranzubringen. Dazu gehören auch Ausbildungs- und Trainingsmaßnahmen zur Satellitendatenauswertungen und GIS-Anwendungen. Neben den regionalen Unterstützungsbüros gibt es 43 nationale Fokuspunkte (davon 17 in afrikanischen Ländern, Stand Ende 2011), die die Schnittstelle zu unterschiedlichen Durchführungs- und Hilfsorganisationen vor Ort (als Endnutzer) bilden (Kasten).

191 www.un-spider.org/spaceaid (24.5.2012)

192 www.un-spider.org/network/regional-support-offices (24.5.2012)

ABB. VI.2

UN-SPIDER-NETZWERK



Quelle: Epler/Leitgab 2011

Die UN-SPIDER-Initiative wird gegenwärtig im Wesentlichen durch Beiträge der Regierungen Österreichs, Deutschlands und Chinas unterstützt. Beispielsweise unterstützt das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) des DLR das Programm durch die Bereitstellung von Informationsdiensten, z. B. die satellitengestützte Schnellkartierung oder Trainings- und Schulungsmaßnahmen (Zeil/Saradeth 2010, S. 134 f.). Eine Zusammenarbeit mit ähnlichen, bereits existierenden internationalen Initiativen soll helfen, Doppelarbeit zu vermeiden.

2010 hat die UNO mit der UN-Resolution 64/251 zur Unterstützung der UN-SPIDER-Initiative aufgerufen (Meyer-Nehls 2011, S. 48). Darin fordert die UNO erneut alle Staaten auf, verstärkte Anstrengungen zur Vorbereitung auf Katastrophenfälle, Katastrophenbewältigung und zum schnellen Wiederaufbau zu unternehmen, um die Auswirkungen von Katastrophen möglichst gering zu halten. Auch wird unterstrichen, wie wichtig die internationale Zusammenarbeit ist, um betroffene Länder bei ihren Anstrengungen zu unterstützen. Die Generalversammlung legt allen Mitgliedstaaten nochmals nahe, der Plattform der Vereinten Nationen für raumfahrtgestützte Informationen für Katastrophenmanagement und Notfallmaßnahmen (UN-SPIDER) auf freiwilliger Basis jede erforderliche Unterstützung, einschließlich finanzieller Art, bereitzustellen und den Kapazi-

tätsaufbau und die institutionelle Stärkung im Bereich des Katastrophenmanagements insbesondere in den Entwicklungsländern zu fördern.

LÄNDER MIT REGIONALBÜROS (RSO) UND NATIONALEN FOKUSPUNKTEN (NFP) IN AFRIKA

Kenia

Im Rahmen von UN-SPIDER gilt das »Regional Center for Mapping of Resources for Development« (RCMRD, Kap. IV.6.7) aufgrund seiner Ausstattung (einschließlich Datenzugangsmöglichkeiten) und Vernetzung zu anderen afrikanischen Ländern als erstes »Centre of Excellence« in Bezug auf die Bereitstellung von Geoinformationen und entsprechenden Kommunikationsanwendungen. Die Abteilung für Katastrophenrisikoreduktion des Ministeriums für spezielle Programme¹⁹³ ist der entsprechende nationale Fokuspunkt.

Algerien

Die Algerische Weltraumagentur (ASAL) hat Ende 2009 im Rahmen der dritten African Leadership Conference on Space Science and Technology for Sustainable Development ein UN-SPIDER-Regionalbüro eingerichtet. Es soll den Norden Afrikas und die Sahelzone abdecken und UN-SPIDER-Aktivitäten in dieser Region voranbringen. Die Generaldirektion für Zivilschutz¹⁹⁴ ist der nationale Fokuspunkt.

Nigeria

2008 hat die Nigerianische Weltraumagentur (NASRDA) ein UN-SPIDER-Regionalbüro eingerichtet. Die nationale Notfallmanagementagentur¹⁹⁵ ist der nationale Fokuspunkt.

WEITERE ÜBEREINKOMMEN ZUR FORCIERUNG DER ANWENDUNG VON FERNERKUNDUNGSTECHNOLOGIEN

Im Rahmen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) wurden die Biodiversitätskonvention (seit Ende 1993 in Kraft, ständiges Sekretariat in Montreal), die Klimarahmenkonvention (seit 1994 in Kraft, ständiges Sekretariat in Bonn) sowie die Konvention zur Bekämpfung der Wüstenbildung (seit 1996 in Kraft, ständiges Sekretariat in Bonn) als Umweltabkommen von globalem Interesse verabschiedet. Durch die Abkommen werden spezifische Ziele definiert, Organisationsstrukturen geschaffen, eine Finanzausstattung vereinbart und Stra-

193 www.sprogrammes.go.ke (24.5.2012)

194 www.protectioncivile.dz (24.5.2012)

195 www.nema.gov.ng (24.5.2012)

tegien, Aktionspläne und Maßnahmenkataloge erhalten eine größere Bedeutung. Mitunter werden im Rahmen dieser Abkommen auch Mechanismen diskutiert, um angestrebte Ziele zu erreichen (z. B. »Clean Development Mechanism« im Rahmen der UNFCCC). In diesem Kontext eröffnen sich vielfältige Anwendungsgebiete für den Einsatz der Fernerkundungstechnologie, z. B. zum Umweltmonitoring oder zur Kontrolle von Maßnahmen. Unterschiedliche Anwendungsprojekte der Fernerkundung, die in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellt wurden, sind durch diese Konventionen legitimiert, initiiert und befördert:

- › Biodiversitätskonvention (»Convention on Biological Diversity«, CBD): In der von Frankreich initiierten Initiative »Planet Action« (Kap. IV.2) gibt es einen eigenen Anwendungsbereich Biodiversität, unter dem 34 Fernerkundungsprojekte allein in Afrika vorgestellt werden. Das Institut für Umwelt und Nachhaltigkeit des Joint Research Instituts der Europäischen Kommission führt ebenfalls Projekte durch, die Fernerkundungstechnologien einsetzen, um Schutzgebiete zu beobachten (Kap. V.4.4). Biodiversität bildet einen Anwendungsbereich des zukünftigen globalen Geoinformationssystems GEOSS.
- › Klimarahmenkonvention (»United Nations Framework Convention on Climate Change«, UNFCCC): Atmosphärenmonitoring und Klimaveränderungen bilden Anwendungsbereiche der sich im Aufbau befindlichen Geoinformationssysteme Copernicus und GEOSS. Sie liefern wesentliche Daten zur Erforschung globaler Umweltprozesse. Im Rahmen von Durchführungsprogrammen werden gegenwärtig Finanzierungsformen sowie Möglichkeiten und Grenzen erster REDD-Projekte im Kontext der »Clean Development Mechanismen« untersucht (Kasten). Unterschiedliche Forschungsprojekte werden gegenwärtig im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit und der europäischen Initiative »GMES/Copernicus and Africa« im Anwendungsbereich Landmonitoring durchgeführt (Kap. IV.3 u. V.4). Auch die Initiative »Planet Action« stellt unterschiedliche Projekte vor, im Rahmen derer mithilfe von Fernerkundungsdaten Fragen des Klimawandels in Afrika untersucht werden.
- › Konvention zur Bekämpfung der Wüstenbildung (»Convention to Combat Desertification«, CCD): Neben der langjährigen Zusammenarbeit zwischen der GTZ/GIZ und dem »Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands« im Rahmen der deutschen Entwicklungszusammenarbeit wird auch durch die »TIGER-Initiative: Looking after Water in Africa« der ESA (Kap. V.3) versucht, in zahlreichen Projekten wasserbezogene Geoinformationen zu nutzen, um die Wüstenbildung zu überwachen und ihr mit unterschiedlichen Maßnahmen entgegenzuwirken. Die Initiative »Planet Action« hat einen eigenen Schwerpunkt »Dürre und Desertifikation«, unter dem zwölf Fernerkundungsprojekte allein in Afrika vorgestellt werden.

GREEN CLIMATE FUND (GDF)

Auf der 15. FCCC-Vertragsstaatenkonferenz 2009 wurde beschlossen, einen Fonds¹⁹⁶ einzurichten, der Entwicklungsländer bei Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel unterstützen soll. Der Fonds soll von einem eigenen Gremium, dem GDF-Board, gelenkt und von einem Treuhänder verwaltet werden sowie ein unabhängiges Sekretariat erhalten. Ein Übergangskomitee soll den Aufbau des GDF begleiten. Die Industrieländer haben zugesagt, ab 2020 jährlich 100 Mrd. US-Dollar in diesen Fonds einzuzahlen (Brunsmeyer/Groth 2012, S. 181). Geplant ist u. a. auch, Maßnahmen, die der Entwaldung und Walddegradierung entgegenwirken, aus diesem Fonds zu finanzieren. Es wird angenommen, dass die Fernerkundung wichtige Beiträge zum Monitoring noch zu definierender Anpassungsmaßnahmen liefern kann, so dass die Entwicklung entsprechender Informationsdienste perspektivisch ebenfalls aus dem Fonds finanziert werden könnte.

UN-PROGRAMM »REDUCING EMISSIONS FROM DEFORESTATION AND FOREST DEGRADATION« (UN-REDD)

Das UN-REDD-Programm basiert auf unterschiedlichen Initiativen von Entwicklungsländern und diversen UN-Organisationen (Food and Agriculture Organization [FAO], United Nations Development Programme [UNDP], United Nations Environment Programme [UNEP]) (Meyer-Nehls 2011, S. 46). Da angenommen wird, dass die Emissionen aus Entwaldung und Waldschädigung ca. 17 % (IPCC 2007) bis 20 % (FAO 2010) der anthropogen verursachten Treibhausgasemissionen ausmachen, soll der Schutz der Wälder in die internationalen Klimabemühungen einbezogen werden. 2007 wurde beschlossen, Maßnahmen zum Schutz der Wälder unter dem Begriff »Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation« (REDD) zusammenzufassen. Die Initiative zielt darauf, dem Kohlenstoffvorrat in Waldökosystemen einen monetären Wert zuzuweisen, damit die Kohlenstoffbilanz von Wiederaufforstungsmaßnahmen oder von nachhaltigem Waldmanagement in ökonomische Überlegungen einfließen kann und Klimaschutzanstrengungen wirtschaftlich attraktiv werden. Mit diesem Verfahren soll der zunehmenden Entwaldung und Waldschädigung in Entwicklungsländern entgegengewirkt werden.

Unterschiedliche Länder haben Pilot- und Demonstrationsprojekte begonnen und arbeiten an der Methodenentwicklung und dem Aufbau der Ressourcen, die für eine mögliche Implementierung von REDD-Mechanismen gebraucht werden. Ziel etlicher Projekte ist u. a. die Entwicklung von Fernerkundungs-

196 http://unfccc.int/cooperation_and_support/financial_mechanism/green_climate_fund/items/5869.php (9.10.2012)

verfahren zum Nachweis unterschiedlicher Maßnahmen im Waldmanagement und deren frühzeitige Integration in die Entwicklung von politischen Richtlinien. Methodisch steht die Waldbeobachtung sowohl mit Fernerkundungstechniken als auch mit In-situ-Daten im Mittelpunkt. Auch deutsche Firmen beteiligen sich intensiv an unterschiedlichen Projekten (Kap. V.4). Jedoch gibt es noch zahlreiche methodische Unsicherheiten in Bezug auf die Definition von Wald, die exakte Ermittlung der Kohlenstoffbilanz, auf deren Grundlage eine Inwertsetzung unterschiedlicher Waldmaßnahmen abgeschätzt werden soll (Trines et al. 2006, S.109 ff.; Brunsmeier/Groth 2012, S.181; TAB 2012).

FAZIT

4.

Die Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen ist einer der ersten weltweiten Informationsdienste in einem klar begrenzten Anwendungsbereich mit temporären, definierten Aktivitäten sowie harmonisierten Datenverarbeitungsroutinen, der zu einer einheitlichen Informationsdienstleistung führt. Aufgrund dieser »einfachen« Struktur eignet sich die Charta in besonderem Maße, um neue Weltraumnationen an Anwendungsprozeduren heranzuführen und sie in internationale Aktivitäten zu integrieren. Einige neue Weltraumnationen finden auch über die Charta Zugang zu kooperativen Aktionen des Netzwerks weltraumaktiver Staaten. Ein ökonomischer Nebeneffekt der Charta ist darin zu sehen, dass insbesondere neue Weltraumnationen auch als Anbieter von Fernerkundungsdaten und Informationsprodukten international wahrgenommen werden.

Im Gegensatz zur Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen mit ihrem fokussierten Anwendungsbereich will die Group on Earth Observations mit ihrem System der Systeme (GEOSS) ein einheitliches weltweites Geoinformationssystem mit einer großen Vielfalt von Anwendungsbereichen aufbauen. Auch wenn »lediglich« bereits bestehende Systemkomponenten zusammengeführt werden sollen und keine Einigung über zusätzliche Fernerkundungssatelliten erzielt werden muss, ist dennoch beeindruckend, mit welcher Geschwindigkeit dieser Abstimmungs- und Implementierungsprozess zwischen derzeit 88 Mitgliedsländern und 64 teilnehmenden Organisationen aus allen Kontinenten und mit sehr verschiedenen individuellen Möglichkeiten voranschreitet (Kap. III). Auch wenn es sicher noch geraume Zeit dauert, bis aus der Planung ein tatsächlich funktionierendes, umfassendes, leistungsstarkes globales Geoinformationssystem erwächst, zeigen die GEO/GEOSS-Aktivitäten, wie sich vielfältige Technikkomponenten zunehmend ergänzen und zu einem Gesamtsystem zusammengefügt werden können. In Bezug auf die Integration Afrikas in diese GEOSS-Strukturen nimmt Europa eine Schlüsselposition ein. Bereits von europäischen Organisationen aufgebaute satellitengestützte Datenverteilungssysteme bilden ge-

^
› VI. INTERNATIONALE AKTIVITÄTEN ZUR NUTZUNG DER FERNERKUNDUNG
v

genwärtig das Rückgrat des Datenzugangs für Afrika, zusätzliche Datendrehkreuze und Netzwerkzentren für afrikarelevante Daten werden derzeit ebenfalls in Europa angelegt. Das bereits begonnene europäische Engagement auf nationaler wie auch auf multinationaler Ebene ist von entscheidender Bedeutung für die Integration afrikanischer Länder in das weltweite Geoinformationssystem GEOSS.

Die Aktivitäten der UNO zeigen, wie schwer es mitunter ist, ambitionierte Visionen und Pläne der Nutzung der Fernerkundungstechnologie für Sicherheit, Frieden und Entwicklung umzusetzen. Die UNO hat zwar unterschiedliche Organisationsstrukturen geschaffen und explizite Programme zur Nutzung der Fernerkundungstechnologie einschließlich Trainingsmaßnahmen ausgearbeitet und aufgelegt, jedoch scheinen erhebliche Hürden bei der Realisierung zu bestehen. Inwiefern die Maßnahmen im Rahmen von UNOSAT oder UN-SPIDER insbesondere in den Ländern Afrikas tatsächlich praxiswirksame Effekte erzielen, lässt sich aus den allgemein zugänglichen Informationen bisher nicht ableiten. Die allgemein gehaltene Ausrichtung von UNOSAT, ohne dass spezifische Anwendungsbereiche die Ausbildung fokussieren, dürfte den Zugang für Entwicklungsländer erschweren, mögliche Evaluierungen dürften dadurch ebenfalls nicht leicht sein. Die UN-SPIDER-Initiative, deren Aktionsfeld weit über das anderer Initiativen im gleichen Anwendungsbereich hinausgeht und die ein ganzes Organisationsnetzwerk (mit UNOOSA, Programmbüros, regionalen Unterstützertbüros und nationalen Fokuspunkten) zwischen die Endnutzer (unterschiedliche Hilfsorganisationen) und die Informationsdienstleister einzieht, könnte insbesondere die derzeitigen Möglichkeiten der ärmsten Länder übersteigen. Welchen tatsächlichen Mehrwert die UN-SPIDER-Aktivitäten im Vergleich zu den Aktivitäten im Rahmen der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen oder den Aktivitäten von Copernicus und GEOSS in den entsprechenden Anwendungsbereichen bereits erbringen oder zukünftig erbringen könnten, ist eine offene Frage. Als ein Indiz könnte die Resonanz der Staatengemeinschaft auf diese Initiative herangezogen werden. Trotz der Verabschiedung von zwei UN-Resolutionen (2006 und 2010) ist sie bisher verhalten.

Die im Rahmen des UN-Umweltprogramms ausgehandelten Konventionen zum Schutz der Biodiversität und gegen Wüstenbildung sowie die Klimarahmenkonvention forcieren die Fernerkundungsanwendungen auch in Entwicklungsländern erheblich. Nicht nur die Vielzahl von Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungsprojekten, sondern auch die Verankerung in umfassenden multinationalen Geoinformationssystemen mit eigenen Anwendungsbereichen, in deren Rahmen Fernerkundungsdaten genutzt und zu Informationsprodukten und kontinuierlichen Informationsdienstleistungen entwickelt werden, sind ein klarer Beleg dafür.

Deutschland beteiligt sich an vielfältigen internationalen Aktivitäten zur Nutzung operationeller Fernerkundungssysteme in erheblichem Maß. Die ständigen



Sekretariate der Klimarahmenkonvention und der Wüstenkonvention sowie ein UN-SPIDER-Programmbüro haben ihren Sitz in Deutschland (Bonn). Dieses Engagement leistet ebenfalls einen Beitrag, der afrikanischen Ländern helfen soll, dass auch sie aus der Fernerkundung einen möglichst nachhaltigen Nutzen für die nationale Entwicklung ziehen können. Diese in Deutschland angesiedelten themenspezifischen internationalen Schaltstellen und die Strukturen der deutschen Geoinformationsindustrie könnten voneinander profitieren.





Der Erdfernerkundung werden seit vielen Jahren große Potenziale in unterschiedlichen Anwendungsfeldern zugesprochen. Ein gesellschaftlicher Nutzen der resultierenden Wissensgenerierung und Informationsbereitstellung wird sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich gesehen. Der Vorteil, Satelliten zur Datenerfassung einzusetzen, liegt in den vielfältigen Möglichkeiten einer sehr spezifischen, kontinuierlichen und unbemannten Datenerhebung auch in schlecht zugänglichen Gebieten. Die Bedeutung der zivilen Nutzung ergibt sich u. a. im Kontext der Erfassung der globalen Umweltveränderungen sowie der Bewältigung weltweiter Entwicklungsaufgaben. Das Erreichen von Entwicklungszielen (»Millennium Development Goals«, MDGs) stellt insbesondere in Subsahara-Afrika eine große Herausforderung dar. Viele Länder dieser Region werden vom Klimawandel besonders stark betroffen sein, solange sie armutsbedingt nur in begrenztem Umfang Anpassungsmaßnahmen finanzieren können, um negative Folgen abzumildern. Gerade in diesen Ländern sind Quantität und Qualität konventioneller Datenbestände meist gering, sodass Satellitendaten praktisch die relevanteste Basis bilden, um den Zustand der Umwelt und deren Veränderung zu erfassen, und sie als Informations-, Diskussions- und Handlungsgrundlage für politische und gesellschaftliche Entscheidungen zu nutzen.

Insgesamt ist die Diskrepanz zwischen dem gesamtgesellschaftlichen Bedarf, Fernerkundungsdaten zu nutzen, und der tatsächlichen Anwendung von Satellitentechnologie in keiner anderen Region der Erde so groß wie in weiten Teilen Afrikas. Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass die meisten afrikanischen Länder in allen Teilbereichen der Prozesskette zur Generierung von Geoinformationsprodukten Aktivitäten entwickeln müssten, um aus Fernerkundungstechnologien einen nachhaltigen Nutzen ziehen zu können.

Neben der Frage nach den Chancen der Anwendung von Fernerkundungstechnologien stellt sich jedoch auch diejenige nach den Risiken. Hierbei muss neben der zivilen auch die militärische Nutzung in Betracht gezogen werden. Nahezu alle technischen Komponenten zur Datenerzeugung (von Satellitenbauteilen bis zu den Bodenstationen) sowie die hochaufgelösten Fernerkundungsdaten selbst gelten als Dual-Use-Güter, bei denen die technologieführenden Staaten erhebliche Sicherheitsrisiken sehen, aufgrund derer sie die Verbreitung begrenzen und in politisch instabilen Regionen vollständig verbieten. Insbesondere bei den technischen Komponenten der Satelliteninfrastruktur wird ein konkretes militärisches Missbrauchspotenzial (zur Konstruktion von Waffen)¹⁹⁷ gesehen, wes-

¹⁹⁷ Eine ausführlichere Darstellung der potenzieller Risiken bzw. von Bedrohungs- und Verwundbarkeitsszenarien insbesondere aus der militärischen Perspektive der USA ist in Petermann et al. (2003, S. 25 ff.) enthalten.



halb sowohl der Technologietransfer als auch Trainingsmaßnahmen grundsätzlich verboten sind und nur auf Antrag gestattet werden. Der Dual-Use-Charakter behindert die Diffusion von Fernerkundungstechnologien nach Afrika in erheblichem Maße, zum Teil liefert er wohl auch passende Argumente, mit dem wirtschaftliche Positionen im zivilen Bereich des Hightech-Wettbewerbs abgesichert und geschützt werden.

Mögliche Risiken bzw. die Entstehung neuer Abhängigkeiten durch die Nutzung der Fernerkundung in Entwicklungsländern – als einer importierten, ressourcenintensiven Hochtechnologie – haben Komp et al. (2010, S.15 ff.) beleuchtet. Gerade in der Phase einer ersten »Afrikaanwendungseuphorie« in den 1980er Jahren befürchteten kritische Stimmen, dass durch die Implementierung dieser teuren, exogenen Technologie in Entwicklungsländern unerwünschte Abhängigkeiten und Risiken entstehen könnten. Aufgrund des starken Preisverfalls bei einigen Datensegmenten sowie der Hard- und Software ergeben sich zunehmend kostengünstige Nutzungsmöglichkeiten, sodass die Höhe der Investitionssumme keine so große Rolle mehr spielt (Komp et al. 2010, S.15). Zeil/Saradeth (2010, S.183) weisen darauf hin, dass komplexe Wertschöpfungsketten zu Beginn ihrer Einführung immer gewisse Abhängigkeiten erzeugen, weil die einzelnen Glieder dieser Kette nur schrittweise eigenverantwortlich beherrscht werden und Empfänger immer an Geber gebunden sind. Je stärker auf der »technikempfangenden« Seite der Wille und die Möglichkeiten entstehen, »nicht abhängig zu bleiben«, und auf der techniktransferierenden Seite die Einstellung vorhanden ist, »nicht abhängig zu machen«, desto schneller können die Abhängigkeiten reduziert werden. Beide Seiten können so dazu beitragen, dass auf Dauer ein nachhaltiger Technologietransfer gelingt.

Konkrete Risiken bei der Anwendung der Fernerkundung in Entwicklungsländern sehen Komp et al. (2010, S.24) lediglich bei oberflächlicher Auswertung, die zu Fehlinformationen führen kann. Für das politische und soziale Leben in den Ländern insgesamt sehen sie hingegen keine nennenswerten Risiken. Vielmehr hat die Möglichkeit der Fernüberwachung dazu beigetragen, sicherheitspolitische und staatspolitische Risiken abzubauen. Denn die Fernerkundung kann sicherheitspolitische Aktivitäten explizit unterstützen (z. B. im Bereich Sicherheit und Krisenmanagement, Kap. V.4.3.5), während eine Nutzung insbesondere durch z. B. Guerilla-, Piraterie- oder Terroraktivisten mittels Zugangsbeschränkungen verhindert werden soll. Auch in Bezug auf die Umwelt werden durch die Monitoringmöglichkeiten keine neuen Risiken, sondern ausschließlich Verbesserungspotenziale gesehen.

Die Nutzenpotenziale der Fernerkundung im Bereich Sicherheit und Umwelt können jedoch nur in Kombination mit praxiswirksamen Entscheidungen und aktivem Handeln realisiert werden. Denn die Fernerkundung als solche liefert nur Daten, die aufbereitet werden müssen und erst dann die Wissensbasis ver-

größern und Informationen bereitstellen können. Es bedarf funktionierender Akteursstrukturen und kompetenter Nutzergruppen, die diese Informationen verwenden. Die konkrete Umsetzung von Wissen bzw. Information in Handlungen stößt insbesondere bei schwierigen Governancestrukturen bzw. fragilen Staaten und in Krisensituationen häufig an Grenzen. Daher bietet es sich an, die Anwendung der Fernerkundung insbesondere dort zu fördern, wo sich geeignete Akteursstrukturen bereits in gewissem Umfang etabliert haben.

Die Bundesregierung als Förderer der Weltraumtechnologie, der Entwicklungszusammenarbeit und von Wissenschafts- und Forschungsk Kooperationen könnte bei der Anwendung der Fernerkundung in Afrika eine herausragende Position anstreben. Das Afrikakonzept der Bundesregierung, das die thematischen Schlüsselbereiche des deutschen Engagements in Afrika definiert (Bundesregierung 2011b), wie auch das Konzept »Globalisierung gestalten«, das Kooperationen mit sogenannten neuen Gestaltungsmächten als Partner programmatisch untermauert (Bundesregierung 2012a), liefern politische Fundamente dafür.

Im Folgenden werden zunächst der Ausbau der Satelliteninfrastruktur und die Datenbereitstellung (Kap. VII.1), danach die Datennutzung für Anwendungen in Afrika (Kap. VII.2) betrachtet. Dabei wird die Entwicklung der Fernerkundung in Deutschland und Europa resümiert, um Handlungsoptionen abzuleiten, wie durch deutsches Engagement afrikanische Länder dabei unterstützt werden können, einen nachhaltigen Nutzen aus Fernerkundungstechnologien zu ziehen.

AUSBAU DER SATELLITENINFRASTRUKTUR UND DATENBEREITSTELLUNG

1.

AUSRICHTUNG DER WELTRAUMAKTIVITÄTEN TECHNOLOGIEFÜHRENDER LÄNDER – RAHMENBEDINGUNGEN FÜR EINEN TECHNOLOGIETRANSFER

In den vergangenen Jahrzehnten wurden weltweit erhebliche, vor allem öffentliche Mittel für die Installation der Satelliteninfrastruktur zur Erdfernerkundung bereitgestellt. Vielfältige nationale politisch-strategische Initiativen, die über spezifische Weltraumagenturen gezielt weiterentwickelt werden, tragen wesentlich zum Ausbau der Weltraumkomponente bzw. der Satelliteninfrastruktur bei. Jenseits multilateraler Initiativen nutzen die USA und Frankreich stärker kooperative Ansätze bei ihren Fernerkundungsmissionen, Deutschland führt eigenverantwortliche Fernerkundungsmissionen eigenständiger durch und wickelt kooperative Projekte häufiger über europäische Organisationen ab (mehr als die Hälfte des deutschen Raumfahrtengagements). Insbesondere die komplexen Fernerkundungsmissionen (z. B. Envisat Kap. V.3.1; A-Train, Kap. IV.1.1) eröffneten bisher Möglichkeiten, neue Weltraumnationen schrittweise an diese Technologie heranzuführen. Kooperative Verfahren zur Planung und Durchführung von Fern-



erkundungsmissionen konnten sich insbesondere zwischen den Industrieländern durchsetzen.

Die technologische Entwicklung tendiert gegenwärtig in Richtung kleiner, weniger komplexer und dadurch preiswerterer Satelliten, die teilweise durch Formationsflug miteinander vernetzt werden können. Durch diese Entwicklung erweitert sich der Kreis derer, die über eigene Satelliten verfügen wollen. Doch auch diese »einfacheren« Mikrosatelliten sind Produkte der Hochtechnologie, die vielfältige Spezialkenntnisse und einen erheblichen Ressourceneinsatz erfordern, sowohl zum Bau als auch zum Betrieb und zur Nutzung. Folglich wird auch zukünftig ein Bedarf an Technologietransferprogrammen entlang der gesamten Prozesskette zur Generierung von Satellitendaten und der Ableitung von Geoinformationen bestehen.

Die technologieführenden Länder sind gegenwärtig bestrebt, ihre Erdbeobachtungsaktivitäten stärker als bislang auch privatwirtschaftlich auszurichten und zu kommerzialisieren. Das betrifft insbesondere Satellitensysteme, deren Daten neben der Verwendung zu Forschungszwecken im wissenschaftlichen Bereich einen zunehmenden Anwendungsbezug bekommen – vor allem hochaufgelöste optische Fernerkundungssysteme, für die es bereits vielfältige Verfahren zur Datenaufbereitung und Nutzung in weit verbreiteten Geoinformationssystemen gibt und an deren Daten folglich auch in afrikanischen Ländern eine vorrangige Nachfrage entsteht. Durch die kommerzielle Ausrichtung geben die Regierungen die Entscheidungsgewalt insbesondere über diese Fernerkundungsdaten aus der Hand. Diese anwendungsorientierten Fernerkundungssysteme können zunehmend gezielt auf einzelne, kommerziell interessante Regionen ausgerichtet werden, was bedeutet, dass andere Regionen weniger intensiv beobachtet werden, wie das Beispiel RapidEye (Abb. IV.9) zeigt. Um diese Datendefizite auszugleichen, könnte es nötig werden, spezielle Satelliten für den afrikanischen Raum zu bauen.

AUSRICHTUNG DER WELTRAUMPOLITIK EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN UND WELTWEITER INITIATIVEN

Der Auf- und Ausbau der Fernerkundung in Europa erfolgt zu einem erheblichen Teil über zwischenstaatliche Organisationen (EUMETSAT, ESA und EU). Dadurch können sich einerseits die einzelnen Mitgliedsländer entsprechend ihren jeweiligen Möglichkeiten in vielfältige Aktivitätsbereiche einbringen und ihre Ressourcen bündeln, andererseits müssen die unterschiedlichen Interessen auch abgestimmt werden. Die Satelliten von EUMETSAT sind primär auf Wetter- und Klimabeobachtungen optimiert, gleichzeitig werden jedoch auch weitere Anwendungen erforscht (z. B. im Bereich Hydrologie und Wasserwirtschaft oder Landoberflächenanalyse; Tab. V.1). Die Fernerkundungssatelliten der ESA sind für unterschiedliche Forschungsaufgaben optimiert und liefern ein breiter gefächertes Spektrum an Fernerkundungsdaten. Die EU als solche verfügt bisher



über keine eigenen Fernerkundungssatelliten. Um in einer Gemeinschaftsaktion mit der ESA ein umfassendes europäisches Geoinformationssystem (Copernicus) mit entsprechendem »Data-Warehouse« aufzubauen, werden gegenwärtig vielfältige Daten für spezifische Anwendungen entweder kostenlos zur Verfügung gestellt oder von kommerziellen Satellitenbetreibern Nutzungslizenzen in erheblichem Umfang eingekauft. Zwar zielt keine der drei Organisationen gegenwärtig auf eine Kommerzialisierung der jeweiligen Geschäftsfelder, dennoch sind deren Datenpolitiken nicht deckungsgleich: EUMETSAT gewährt die größten Datenzugangsfreiheiten insbesondere für Aktivitäten in Afrika; die ESA differenziert stärker zwischen nichtkommerzieller und kommerzieller Nutzung; die Europäische Kommission spricht sich für einen freien Zugang aus, jedoch gibt es jenseits von Absichtserklärungen bisher kaum konkrete Verfahrensvorschläge. Der Datentransfer und -zugang, der bei EUMETSAT und ESA zunehmend über organisationseigene Satellitensysteme und leistungsstarke Netzanschlüsse abgewickelt wird, verbessert sich zunehmend auch für den afrikanischen Raum.

Die weltweite Initiative zur Verknüpfung verschiedenster Fernerkundungssysteme und Schaffung eines globalen Metasystems (GEOSS) wird Datenformate und -zugänge harmonisieren und vereinfachen. Da sie eine zwischenstaatliche Initiative ist, erstreckt sie sich in erster Linie auf öffentlich finanzierte Fernerkundungssysteme und deren Aktivitäten zur Entwicklung von Geoinformationssystemen. Europäische Aktivitäten zur Verbesserung von Fernerkundungsmöglichkeiten in Afrika bilden gegenwärtig einen wesentlichen Teil der GEOSS-Integrationsbemühungen.

AUSRICHTUNG DER WELTRAUMPOLITIK AFRIKANISCHER LÄNDER

Vereinzelt haben afrikanische Länder begonnen, eigene Aktivitäten in Bezug auf Entwicklung, Bau und Nutzung satellitengetragener Fernerkundungstechnologien zu entwickeln sowie Gremien zu schaffen, die sich auf nationalstaatlicher Ebene mit dieser Thematik befassen oder gar eine nationale Weltraumpolitik formulieren (Kap. IV.6). Nur wenige Länder äußern sich dahingehend, dass sie eigene Kapazitäten zum Bau und Betrieb von Satelliten auf- und ausbauen wollen. Algerien investiert seit 10 Jahren in den Aufbau eigener Kompetenzen zum Bau und Betrieb von Fernerkundungssatelliten. Das zuerst genutzte britische DMC-Technologietransferprogramm (Kap. IV.4) wurde nach einigen Jahren beendet und durch ein französisches Transferprogramm abgelöst. Nigeria nutzt seit 10 Jahren das britische DMC-Technologietransferprogramm und setzt sich zum Ziel, bis 2025 die technologische Kompetenz zum Satellitenbau und Betrieb sowie zur Datennutzung aufzubauen. Ägypten unterhält ein Transferprogramm mit der Ukraine. Marokko hat vor 10 Jahren ein universitäres Programm zum Bau und Betrieb eines einfachen Ausbildungssatelliten in Deutschland genutzt. Seit dem Auslaufen des Vertrags sind keine weiteren Satellitenbauaktivitäten bekannt geworden. Die genannten Technologietransferprogramme wurden im



Rahmen von privatwirtschaftlichen Verträgen durchgeführt. Dem TAB liegen keine Informationen vor, dass sich afrikanische Länder auf der Basis von zwischenstaatlichen Kooperationsverträgen an Fernerkundungsmissionen der technologieführenden Länder beteiligt haben.

Südafrika ist das einzige Land des Kontinents, das bisher zwei Fernerkundungssatelliten im Wesentlichen aus eigener Kraft und ohne Kooperations- bzw. Technologietransferprogramme entwickelt, gebaut und betrieben hat. Beide Satelliten sind nicht mehr in Betrieb. Südafrika setzt sich gegenwärtig zum Ziel, bis 2018 ein afrikanisches Fernerkundungssystem (ARMC) in Kooperation mit Algerien, Kenia und Nigeria zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben. Als Vorbild dient das DMC-Konzept, das vergleichsweise einfache und preiswerte Technologien verwendet, mit denen Standarddaten erzeugt werden (Aufnahmen in wenigen spektralen Kanälen des optischen Bereichs mit mittlerer räumlicher Auflösung), sodass bei deren Aufbereitung ebenfalls etablierte Prozeduren zum Einsatz kommen können. Neben nationalen Ambitionen formieren sich an einigen Universitäten Teams, die Ideen zur Entwicklung einfacher Mikro- bzw. Nanosatelliten entwickeln.

Das von Südafrika initiierte ARMC-Projekt ist das erste Kooperationsprojekt weltraumaktiver afrikanischer Staaten untereinander. Gemeinsame Strukturen zur Ressourcenbündelung wie in Europa mit EUMETSAT, ESA und EU gibt es in Afrika bisher nicht. Die bestehenden zwischenstaatlichen Organisationen zielen bisher nicht auf den Auf- und Ausbau der Satelliteninfrastruktur, sondern vorrangig auf die Datennutzung ab.

HANDLUNGSOPTIONEN

Afrika ist der Kontinent mit der geringsten Verfügungsgewalt über zivile Fernerkundungssysteme. Kein Kontinent hat weniger Voraussetzungen sowohl in Bezug auf die technischen Erfordernisse als auch in Bezug auf das Wissen zum Bau und Betrieb von Satelliten. In der Vergangenheit haben Länder, die mit Weltraumaktivitäten begannen (z. B. einige europäische oder südamerikanische Länder), insbesondere über Missionskooperationen (z. B. Beteiligungen an A-Train-Satelliten, Kap. IV.1.1) eigene Fernerkundungskompetenzen aufgebaut. In den letzten Jahren wurden diese kooperativen Verfahren zur Planung und Durchführung von Fernerkundungsmissionen teilweise zu privatwirtschaftlich organisierten Technologietransferprogrammen weiterentwickelt. Beides sind Möglichkeiten, afrikanische Länder, die sich den Betrieb eigener Fernerkundungssatelliten zum Ziel gesetzt haben, beim Kompetenzaufbau zu unterstützen. Auch wenn nationale Ambitionen »nur« auf den Bau »einfacher« Mikrosatelliten zur Erdfernerkundung zielen, ist zu berücksichtigen, dass auch diese Satelliten nach wie vor als Spitzentechnologie eingestuft werden. Das heißt, dass der Kompetenzaufbau einen



erheblichen Know-how-Transfer erfordert, zeitintensiv ist und wahrscheinlich nur schrittweise in mehreren Etappen gelingen kann. Bei der Planung entsprechender Programme sollte dies berücksichtigt werden. Die Senkung von Zugangsbarrieren zu den bereits verfügbaren Fernerkundungsdaten der technologieführenden Länder ist teilweise eine Alternative zum Satellitenbau, wenn sie die Entwicklung spezifischer, bedarfsgerechter Datenanwendungen ermöglicht.

AUSBAU VON KOOPERATIONEN BEI DER MISSIONSPLANUNG UND BEIM BAU VON FERNERKUNDUNGSSATELLITEN

Beim Auf- und Ausbau der Satelliteninfrastruktur sind bisher vor allem die USA und Frankreich vielfältige Kooperationsbeziehungen eingegangen. Die »Mitnahme« von Sensoren auf eigenen Satelliten oder Beteiligungen beim Bau von Sensoren oder Trägerplattformen trugen beispielsweise dazu bei, dass Länder, die mit Weltraumaktivitäten erst begonnen haben, schrittweise Kompetenzen zum Bau einzelner Satellitenkomponenten und/oder bei der Datenaufbereitung aufbauen konnten, ohne dass sie für alle Technikbestandteile der gesamten Prozesskette verantwortlich waren.

In Deutschland wurden Fernerkundungsmissionen außerhalb von ESA-Beteiligungen bisher stärker im nationalen Alleingang durchgeführt. Die im vorliegenden Bericht vorgestellten Kooperationsbeziehungen, insbesondere die der USA und Frankreichs, könnten als Referenzmodelle für eine stärkere kooperative Ausrichtung der deutschen Fernerkundungsaktivitäten fungieren. Zu prüfen wäre, inwiefern sie auch für Kooperationen mit solchen afrikanischen Ländern tragen, die die Bundesregierung als »wirtschaftliche Lokomotiven« oder »neue Gestaltungsmächte« bewertet (Bundesregierung 2012a). Mit dem in Planung befindlichen nationalen Fernerkundungssatelliten EnMAP, der u. a. auch für Monitoringmaßnahmen zur Verhinderung von Entwaldung und Waldschädigungen konzipiert (REDD-Mechanismen) und folglich auch auf Regionen in Entwicklungsländern ausgerichtet werden wird, könnte Deutschland Zeichen setzen und eine Vorreiterposition bei den Nord-Süd-Kooperationen einnehmen.

WEITERENTWICKLUNG VON TRANSFERPROGRAMMEN ZUM SATELLITENBAU

In den vergangenen Jahren wurden unterschiedliche Transferprogramme für Bau, Betrieb und Nutzung von Satelliten in europäischen Ländern initiiert, entwickelt und aufgelegt, die auch afrikanische Länder vereinzelt in Anspruch nahmen, um eigene Kompetenzen in unterschiedlichen Teilbereichen der satellitenbasierten Fernerkundung aufzubauen. Als bisher relevantestes kooperatives Satellitenbau- und -betriebsprogramm wird das in Großbritannien entwickelte DMC-Programm (Kap. IV.4) angesehen (z. B. Wood/Weigel 2009, S.421). Es visiert einen schrittweisen Technologietransfer der gesamten Prozesskette der satellitenbasierten Fernerkundung an, setzt auf Standardtechnologien sowohl



beim Bau als auch bei der Datenverarbeitung, beinhaltet ein integriertes Ausbildungsprogramm für Ingenieure und Wissenschaftler aus teilnehmenden Ländern und erleichtert neuen Betreiberorganisationen über internationale Anwendungsprogramme die Integration in bestehende Netzwerke. Dadurch können Teilnehmer einerseits Hilfe beim Aufbau eigener Kompetenzen in Bezug auf die Datenaufbereitung bekommen und andererseits andere Netzwerkteilnehmer für Spezifika in afrikanischen Ländern sensibilisieren. Der französische Satellitenbauer EADS Astrium hat ein ähnliches Technologietransferprogramm entwickelt, das jedoch bilateral ausgerichtet ist und nicht von vornherein internationale Anwendungskooperationen vorsieht. Auch in Deutschland gibt es ein ursprünglich universitäres Ausbildungsprogramm zum Bau und Betrieb von einfach konfigurierten Mikrosatelliten, das gegenwärtig in kommerziellen Strukturen weiterentwickelt wird (Spin-off des universitären TUBSAT-Programms, Kap. IV.3). Es zielt in erster Linie auf einen schrittweisen Technologietransfer zum Bau und Betrieb einfachster Satelliten, ohne dass bisher Fernerkundungsanwendungen gezielt verfolgt wurden.

An die Erfahrungen mit diesen Technologietransferprogrammen könnte angeknüpft werden. Eine Analyse der Stärken und Schwächen, der Möglichkeiten der Anbieter und der Erwartungen der Kunden könnte helfen, die bestehenden Programme weiterzuentwickeln. In Deutschland könnten der Ausbau und die Weiterentwicklung der bereits aufgebauten TUBSAT-Strukturen und die Berücksichtigung von Datenanwendungen das Programm attraktiver für afrikanische Akteure machen. Die Hinwendung zur Nanosatellitentechnik könnte ebenfalls dazu beitragen. Eine Verknüpfung mit der FIREBIRD-Satellitenkonstellation könnte anwendungsbezogene Kooperationen fundieren. Auch On-Board-Datenaufbereitungen, die darauf abzielen, die zu übertragende Datenmenge zu reduzieren, so dass sich das Datenhandling auf der Erde vereinfachen dürfte, könnten den derzeitigen Möglichkeiten einiger afrikanischer Länder entgegen kommen.

Die Beispiele zeigen, dass es bereits unterschiedliche Initiativen zum Transfer der Fernerkundungstechnologie auch in die Länder Afrikas gibt. Diese könnten ausgebaut werden, insbesondere wenn bei technologieführenden Ländern neben der Ausrichtung der Weltraumstrategien auf die Eroberung von technologischem Neuland und dem Streben nach Spitzenplätzen in potenziellen kommerziellen Marktstrukturen auch bereits erprobte Technologien nicht aus dem Blick geraten.

DATENZUGANG BEI ÖFFENTLICH FINANZIERTEN SATELLITEN

Die Entscheidung der US-Regierung, die mit öffentlichen Geldern finanzierten Fernerkundungsdaten frei zugänglich zu machen, sowie die chinesisch-brasilianische Entscheidung, die Daten des bilateralen Fernerkundungssystems CBERS Anwendern in Afrika kostenlos zur Verfügung zu stellen, werden allgemein als ein wichtiger Beitrag für die Entwicklung von Anwendungspotenzialen und de-

ren Realisierung in Afrika angesehen. Diese Maßnahmen tragen zum Abbau bestehender Barrieren bei und fördern eine selbstbestimmte Nutzung der Fernerkundung in afrikanischen Ländern, wozu unterschiedliche völkerrechtliche Vereinbarungen auffordern.

Auch die deutsche Politik könnte in Bezug auf den Datenzugang Zeichen setzen. Das betrifft in erster Linie die vollständig öffentlich finanzierten Fernerkundungssysteme. Neben den Daten ziviler Fernerkundungsmissionen könnte dies auch Daten militärischer Satelliten umfassen, wenn sicherheitspolitische Gründe keine Geheimhaltung mehr erfordern.¹⁹⁸ Zu überlegen wäre auch, inwiefern dies Fernerkundungsdaten von Satelliten betrifft, bei denen nichtkommerzielle und kommerzielle Nutzungsbereiche getrennt gehandhabt werden. Je nach vertraglicher Ausgestaltung werden im nichtkommerziellen Nutzungsbereich regelmäßig wissenschaftliche Zwecke akzeptiert, sie könnten um Anwendungen in Entwicklungsländern erweitert werden.

Die Thematik des Datenzugangs, die Darstellung der unterschiedlichen Verfahren (von vollständig kommerzialisierten Strukturen über Mischformen mit nichtkommerzialisierten Bereichen bis zu Open-Access-Verfahren) bis hin zur Abwägung möglicher Folgedimensionen waren keine Projektschwerpunkte und hätten den Rahmen dieses Berichts gesprengt. Diese Thematik sollte separat untersucht, die Debatte aufgearbeitet und sich abzeichnende Entwicklungen insbesondere bei europäischen und weltweiten Initiativen berücksichtigt werden, um eine spezifische Wissensbasis für einen politischen Meinungsbildungsprozess zu schaffen.

Unabhängig von der Diskussion um einen freieren Datenzugang sollten die derzeitigen Zugangswege zu deutschen Fernerkundungsdaten überdacht und vereinfacht sowie Maßnahmen diskutiert werden, um die Sichtbarkeit deutscher Fernerkundungsdaten zu erhöhen und den Zugang zu erleichtern.¹⁹⁹ Diesbezüglich könnten auch neue potenzielle Nutzergemeinschaften, wie z. B. Nachwuchswissenschaftler afrikanischer Universitäten oder Durchführungsorganisationen der Entwicklungszusammenarbeit, stärker in den Blick genommen werden. Ein spezielles Forum für afrikanische Nutzer, wie es beispielsweise EUMETSAT eingerichtet hat, wäre eine Möglichkeit (Kap. V.2.3).

198 Zeil/Saradeth (2010, S. 55) weisen darauf hin, dass die Daten des amerikanischen Spionagesatelliten CORONA, der zur Überwachung der UdSSR und Chinas eingesetzt wurde, seit 1995 frei verfügbar sind (http://gcmd.nasa.gov/records/GCMD_CORONA_SATELLITE_PHOTOS.html).

199 Der Datenwegweiser des DLR »Earth Observation Center« ist bisher nicht umfassend, weder in Bezug auf nationale Fernerkundungsmissionen (beispielsweise fehlen Hinweise zu den über das Geoforschungszentrum kostenlos zugänglichen wissenschaftlichen Daten der Satelliten CHAMP und GRACE, auch auf die Daten der Satelliten BIRD und TanDEM X wird nicht hingewiesen) noch auf europäische oder andere Missionen.

NUTZUNG VON FERNERKUNDUNGSDATEN IN AFRIKA 2.

Eine Unterstützung beim Bau und Betrieb von Satelliten sowie Erleichterungen beim Datenzugang senken bestehende Nutzungsbarrieren für afrikanische Länder, sie werden jedoch alleinig nicht ausreichend sein. Um aus Fernerkundungsdaten Informationen für unterschiedlichste Anwendungsgebiete abzuleiten sowie Informationsdienstleistungen für potenzielle Nutzergruppen zu generieren, sind vielfältige spezifische Kenntnisse und komplexe Datenverarbeitungstechnologien erforderlich. Dazu kommt, dass Satellitendaten allein in den seltensten Fällen ausreichend sind, vielmehr müssen sie meist mit unterschiedlichen In-situ-Daten kombiniert und gemeinsam analysiert werden.

Es ist mehrheitlich nicht davon auszugehen, dass Aufbereitungs- und Analyseverfahren von Fernerkundungsdaten, die für spezifische Nutzergruppen von Geoinformationsdiensten in Industrieländern entwickelt wurden, ohne spezifische Adaptation in afrikanischen Ländern sinnvoll eingesetzt werden können. Ursachen hierfür sind u. a., dass

- > die zu beobachtenden Objekte in Afrika zumindest teilweise eigenständige Spezifika haben oder sich gänzlich von Objekten der nördlichen Hemisphäre unterscheiden (z. B. anderer Pflanzenbestand, Wüsten);
- > Quantität und Qualität sowie Verfügbarkeit von notwendigen In-situ-Daten in Entwicklungsländern deutliche Unterschiede zu Industrieländern aufweisen;
- > in Afrika spezifische Nutzergruppen erst erschlossen werden müssen, die wahrscheinlich in anderen Strukturen als in Industrieländern zu finden sein werden, deren spezifischer Informationsbedarf und deren technische Kapazitäten sich von Nutzergruppen in Industrieländern vermutlich deutlich unterscheiden. Die Nachfrage nach Fernerkundungsdaten entspringt in Industrieländern zu ca. 80 % dem öffentlichen Bereich – ein Bereich, der in den Ländern Afrikas anders strukturiert ist.

Komp et al. (2010, S.15 ff.) weisen darauf hin, dass etliche der insbesondere in den 1990er Jahren durchgeführten Entwicklungszusammenarbeitsprojekte, die Fernerkundungstechnologien einsetzten, keinen nachhaltigen Nutzen in den Zielregionen bewirkt haben, weil einerseits ein Technologietransfer meist nicht vorgesehen war, sondern Projektpartner vor Ort fertige Informationsprodukte bekamen, an deren Erstellung sie kaum beteiligt waren, und andererseits Angebot und Nachfrage nicht übereinstimmten, weil die unterschiedlichen soziokulturellen Hintergründe der potenziellen Nutzer der Informationsprodukte nicht berücksichtigt wurden. Unstrittig ist, dass Industrieländer zu verbesserten Nutzungsmöglichkeiten der Fernerkundung beitragen können, indem sie den Datenzugang vereinfachen und Fachkenntnisse zur Datenaufbereitung einbringen. Die Realisierung dieser Möglichkeiten wird jedoch nur gelingen, wenn vielfältiges

Engagement in den Ländern Afrikas ebenfalls in den Prozess zur Entwicklung von Informationsprodukten einfließt.

Im Folgenden wird ein abschließender Blick auf die derzeitige strukturelle Verankerung bzw. politische Zuständigkeit der Entwicklung von Geoinformationsdiensten in Deutschland, Europa/international sowie in afrikanischen Ländern geworfen, bevor Handlungsoptionen beschrieben werden, um die Anwendung der Fernerkundung in afrikanischen Ländern zu unterstützen.

STRUKTURELLE VERANKERUNG UND POLITISCHE ZUSTÄNDIGKEIT DER NUTZUNG DER FERNERKUNDUNG IN DEUTSCHLAND

Komp et al. (2010, S. 48) resümieren mit Blick auf die letzten 3 Jahrzehnte Forschung und Entwicklung eine starke Diskrepanz zwischen der dominierenden Beteiligung an Großprojekten der Weltraumtechnologie und einer sehr geringen Förderung von Auswerte- und Anwendungstechniken der verfügbaren Satellitendaten beispielsweise zur Verbesserung des Umweltmonitorings in Deutschland und den Entwicklungsländern. In der Raumfahrtstrategie der Bundesregierung (2010, S. 4) wird die Weltraumtechnologie zwar als »Schlüssel für die Lösung globaler Herausforderungen« bezeichnet und darauf hingewiesen, dass innovative Technologien und Erdbeobachtungsmissionen u. a. zur Überwachung von Umweltschutzabkommen, Prognosen der Folgen des Klimawandels, Bewältigung von Naturkatastrophen wie auch der gesamtstaatlichen Sicherheitsvorsorge erforderlich sind, um politisch Handelnden notwendige Daten und Kontrollinstrumente zeitnah zur Verfügung zu stellen. Genauere Aussagen, wie diese anvisierten Anwendungen realisiert werden sollen, finden sich in dieser Strategie allerdings nicht. Auch in Stellungnahmen anderer Akteure wird die Satellitentechnologie häufig als Teil der technologischen Infrastruktur singulär thematisiert, während bereits die Datenaufbereitung als nachgelagerter Mehrwertdienst anderen Wirtschaftssektoren zugeordnet und von der Betrachtung weitgehend ausgeschlossen wird (z. B. acatech 2010).

Auch wenn die jeweiligen Datenanwendungen nicht so präsent thematisiert werden wie Satellitenmissionen mit ihren vielfältigen technischen Details, gibt es dennoch vielfältige Verwendungen – auch im Rahmen von wissenschaftlichen Kooperationsprojekten mit afrikanischen Partnern oder im Kontext der deutschen Entwicklungszusammenarbeit. Im Vergleich zu Frankreich erfolgt dieser Einsatz der Fernerkundung jedoch bei Weitem nicht so systematisch und so transparent (z. B. die Initiative »Planet Action«, Kap. IV.2.3). Komp et al. (2010, S. 46) und Zeil/Saradeth (2010, S. 184 f.) stellen im Kontext der Anwendung der Fernerkundung in Afrika grundsätzlich eine im Vergleich zu Frankreich geringer ausgeprägte Koordination der deutschen Technologie-, Wirtschafts-, Wissenschafts- und Entwicklungspolitik fest. Ein Grund hierfür dürften die zersplitterten Ressortzuständigkeiten in Deutschland sein (Tab. VII.1).



VII. RESÜMEE UND HANDLUNGSOPTIONEN

TAB. VII.1 VERANTWORTLICHKEITEN DER BUNDESRESSORTS FÜR DIE THEMATIK
»ANWENDUNGSPOTENZIALE DER FERNERKUNDUNG IN ENTWICKLUNGSLÄNDERN«

Bundesressorts	nachgeordnete Ressorteinrichtungen	Zuständigkeit
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (teilweise)	Raumfahrtstrategie der Bundesregierung (Planung und Umsetzung) FuE-Fernerkundungsanwendungen Datenzugang zu Fernerkundungsdaten Mitglied der Charta für Weltraum und Naturkatastrophen
	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (teilweise)	Fernerkundungsanwendung im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit
	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Zentrum für Satellitengestützte Kriseninformation)	Internationale Charta für Weltraum und Naturkatastrophen
Bundesministerium des Innern	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie	Koordinator für die Aktivitäten zum Aufbau der nationalen Geodateninfrastruktur (In-situ-Datenkomponente)
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	Deutscher Wetterdienst	Koordination der nationalen Aktivitäten zu Copernicus und GEOSS Witterungsinformationen, Klimaüberwachung
	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (teilweise)	FuE (z. B. zur Schaffung von Geoinformationsdiensten) internationale Forschungsk Kooperationen einerseits Projektträger, der Projektumsetzung koordiniert, andererseits Forschungszentrum, das selbst Forschungsprojekte durchführt
Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung	Durchführungsorganisationen: KfW-Entwicklungsbank Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit	Fernerkundungsanwendungen im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	Umweltbundesamt	Monitoring Umweltveränderungen
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz		internationale Zusammenarbeit zur Verbesserung der Welternährung (z. B. FAO) Nachhaltige Landnutzung

Tabelle VII.1 erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Eigene Zusammenstellung, teilweise nach Zeil/Saradeth 2010, S. 184

Aufgrund dieser verteilten Zuständigkeiten und der fehlenden ressortübergreifenden Programme oder Strategien werden Fernerkundungsdaten in Deutschland zwar in vielfältigen Institutionen (Ressortforschungseinrichtungen, Universitäten, Spin-offs) forschungs- und/oder anwendungsbezogen verwendet und verarbeitet, jedoch ist es schwer, einen systematischen Überblick zu erlangen. Neben den nationalen Möglichkeiten bieten insbesondere die Fernerkundungsanwendungsprogramme Frankreichs und die der europäischen Organisationen mit ihren jeweiligen Afrikainitiativen interessante Optionen zur Anwendungsentwicklung im Rahmen von internationalen Kooperationen.

EUROPÄISCHE UND WELTWEITE INITIATIVEN ZUR ANWENDUNG DER FERNERKUNDUNG

Die europäischen Organisationen EUMETSAT, ESA und EU haben in den vergangenen Jahren den Aufbau und die Entwicklung der Fernerkundungstechnologie und die Überführung in praxiswirksame Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen erheblich befördert. Der Umfang, mit dem diese Organisationen insbesondere die Entwicklung von Informationsdiensten und deren kontinuierliche Serviceleistungen sichern, ist beachtlich. Für den Aufbau europäischer Geoinformationssysteme (insbesondere Copernicus, Kap. V.4) werden in den nächsten Jahren umfangreiche Mittel bereitgestellt, wodurch die sich etablierenden Geodienstleister gestärkt werden. Von diesen Mitteln können teilweise auch Institutionen in afrikanischen Ländern und Regionen profitieren, weil im Rahmen der europäischen Förderung der Fernerkundungsanwendungen auch unterschiedliche explizite Afrikainitiativen aufgelegt wurden.

Mehrere weltweite Initiativen einerseits im Bereich Katastrophenmanagement und andererseits zur Überwachung verschiedener Umweltabkommen befördern die Nutzung der Fernerkundung ebenfalls in erheblichem Umfang. In Deutschland gibt es in diesem Kontext einige strategisch bedeutsame Einrichtungen: Das UN-SPIDER-Programmbüro (Anwendungsbereich Katastrophenmanagement) sowie die ständigen Sekretariate der Klimarahmenkonvention und der Wüstenkonvention befinden sich in Bonn (Kap. VI.3).

ANWENDUNG DER FERNERKUNDUNG DURCH AFRIKANISCHE LÄNDER

Unterschiedliche lokale, nationale und/oder multilaterale Institutionen (z. B. Kap. IV.6.7) in Afrika setzen sich zum Ziel, Kompetenzen zur Anwendung von Fernerkundungsdaten vor Ort auf- und auszubauen. Die Notwendigkeit für dieses Engagement resultiert aus den vielfältigen globalen Veränderungen, mit denen insbesondere die Länder Afrikas konfrontiert sind und die einerseits mithilfe der Fernerkundung erkannt und quantifiziert werden können. Sie resultiert andererseits aus dem Potenzial der Fernerkundung, einen Beitrag zu neuen Strategien zum Erhalt der Lebensgrundlagen und zur Sicherung der Ernährung leisten zu können. Die Unterstützung und das Engagement der technologieführenden Länder können diesen Prozess der Nutzung der Fernerkundung zum Monitoring des Umweltzustands und zur Strategieentwicklung befördern. Auf der Basis der Analyse von mehr als 50 Fallstudien, in denen Fernerkundungsdaten in afrikanischen Ländern genutzt wurden, weisen Wood/Weigel (2009, S. 419) darauf hin, dass in vielen Projekten die eigentliche Satellitendatenverarbeitung von externen Partnern vorgenommen wird und afrikanische Kooperationspartner an der Datenaufbereitung nicht oder nur gering beteiligt sind, sodass ein diesbezüglicher Kompetenzaufbau eher auf geringem Niveau verharret. Das Design der spezifischen Kooperationsprogramme dürfte entscheidend dazu beitragen, dass es den afrikanischen Institutionen gelingt, schrittweise mehr Eigenverantwortung zu übernehmen und komplexere Aufgabenbereiche eigenständig zu bearbeiten. Wichtig erscheinen langfristige stufenförmige Transferprogramme insbesondere mit multinationalen Einrichtungen, wie z. B. dem Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands (Kap. IV.3.4) oder dem Regional Center for Mapping of Resources for Development (Kap. IV.6.7), die als Multiplikatoren für die Anwendung der Fernerkundung in mehreren Ländern Afrikas fungieren können (Komp et al. 2010, S. 18 f. u. 46 ff.; Wood/Weigel 2009; Zeil/Saradeth 2010, S. 170 ff.).

HANDLUNGSOPTIONEN

UMFASSENDE ERHEBUNG LAUFENDER AKTIVÄTEN

Auch wenn im vorliegenden Bericht mit erheblichem Rechercheaufwand ein Überblick zu Fernerkundungssystemen wichtiger, vor allem europäischer Länder sowie beispielhafter Anwendungen in Afrika erarbeitet wurde, kann keinesfalls ein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. Als belastbare Basis für die Entwicklung einer nationalen Strategie zur systematischen Unterstützung der Fernerkundungsanwendung in Afrika wäre eine umfassende Bestandsaufnahme der in den verschiedenen Ressorts geförderten Aktivitäten (z. B. geowissenschaftliche und andere Forschungsprogramme, Aktivitäten des DLR, Projekte im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit) mit den jeweils verwendeten Satelli-



tendaten und einer Evaluation des angestrebten Wissenstransfers und des Kompetenzaufbaus zur selbstständigen Nutzung von Fernerkundungsdaten vor Ort notwendig. Komp et al. (2010, S.42) sprechen einer objektivierten, räumlich differenzierenden Bestandsaufnahme von Kooperationsprojekten mit afrikanischen Ländern mittels Geoinformationssystemen (sogenannten Fernerkundungsinventuren), auf deren Grundlage die Planung zukünftiger Projekte erfolgen könnte, ein großes Potenzial zur grundsätzlichen Verbesserung der Transparenz und Steigerung der Effektivität der Entwicklungszusammenarbeit zu, denn sie könnte Auskunft geben, wann und wo im Rahmen der technischen Hilfen bereits Maßnahmen zum Technologietransfer stattgefunden haben, an die gegebenenfalls angeknüpft werden kann. Informationsdienste wie die Initiative »Planet Action« (Kap. IV.2.3) oder »Development Loop for AidData« (Kap. IV.1.2) könnten eine Vorlage bilden.

Auch auf europäischer Ebene, insbesondere bei den im Rahmen der EU-Forschungsrahmenprogramme geförderten Kooperationsprojekten zur Anwendung der Fernerkundung in Afrika könnte eine solche umfassende Erhebung helfen, die programmatischen Möglichkeiten und Grenzen besser zu erfassen und auch den schrittweisen Technologietransfer systematischer zu verfolgen. Eine räumlich und zeitlich differenzierte Darstellung könnte helfen, Doppelungen oder Parallelitäten zu vermindern sowie die Nachhaltigkeit der Projekte in Bezug auf den Technologietransfer besser abzuschätzen.

Die Entwicklung von begleitenden Evaluationskonzepten, anhand derer der Technologietransfer im Bereich der Entwicklung von Informationsprodukten aus Fernerkundungsdaten in die Länder Afrikas bewertet werden kann, wäre hilfreich. Bisher weichen die Einzelabschätzungen mitunter erheblich voneinander ab.²⁰⁰ Die ersten vergleichenden Projektevaluationen bilden eine Ausgangsbasis (z. B. Komp et al. 2010, S. 168 ff.; Wood/Weigel 2009), die für strategische Programme zum langfristigen Technologietransfer und Kompetenzaufbau bei afrikanischen Institutionen notwendig erscheinen und deshalb differenzierter weiterentwickelt werden sollten.

NATIONALE LEUCHTTURMPARTNERSCHAFTEN MIT AUSGEWÄHLTEN LÄNDERN UND INSTITUTIONEN

In unterschiedlichen Anwendungsbereichen der Fernerkundung, die aufgrund globaler Veränderungen zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen, verfügen deutsche Institutionen und Geodienstleistungseinrichtungen über spezifische und zum Teil herausragende Kompetenzen. Die Spanne reicht von Klimamonitoring und -forschung über Hydrologie und Wasserwirtschaft, den Aufbau von Ener-

²⁰⁰ Das EUMETSAT-EU-Kooperationsprojekt AMESD, das von den Kooperationspartnern positiv bewertet wird und in ein Folgeprojekt überführt wurde, bewerteten Zeil/Saradeth (2010, S. 165 f.) als Fehlschlag (Kap. V.2.3).



VII. RESÜMEE UND HANDLUNGSOPTIONEN

giesystemen, Land- und insbesondere Forstmonitoring sowie Waldbrandüberwachung und -bekämpfung bis hin zu geowissenschaftlicher Forschung. Die in Planung und Entwicklung befindlichen nationalen Fernerkundungssysteme EnMAP und FIREBIRD sowie das zukünftig durch die ESA geleitete System SWARM werden dazu beitragen, die bereits vorhandenen nationalen Kompetenzen durch noch bessere Satelliten und noch genauere Fernerkundungsdaten weiter auszubauen.

Mit der Entwicklung einer ressortübergreifenden Strategie zur Anwendung der Fernerkundung, die explizit auch Afrika in den Blick nimmt und die weltraumstrategische, wissenschaftliche und wirtschaftskooperative Möglichkeiten bündelt, könnte sich Deutschland neu positionieren. Hier könnten Leuchtturmpartnerschaften mit ausgewählten Ländern und Institutionen im Einklang mit der Strategie der Bundesregierung in Bezug auf die Zusammenarbeit mit neuen Gestaltungsmächten (Bundesregierung 2012a) angestrebt werden, die eine Ausstrahlung auf weitere Länder Afrikas anvisieren sollte.

Eine ressortübergreifende Strategie zur Anwendung der Fernerkundung in Afrika ließe sich auf unterschiedlichen Ebenen mit dem Afrikakonzept der Bundesregierung (2011b) verknüpfen, das eine Konzentration des Engagements auf die Schlüsselbereiche Frieden/Sicherheit, gute Regierungsführung, Wirtschaft, Klima/Umwelt, Energie/Rohstoffe sowie Entwicklung/Bildung/Forschung vorsieht und ein abgestimmtes und koordiniertes Handeln mit nationalen und internationalen Organisationen hervorhebt.

In Deutschland sind mehrere, für unterschiedliche Anwendungsbereiche der Fernerkundung relevante UN-Koordinierungsstellen angesiedelt (Katastrophenmanagement, internationale Umweltvereinbarungen). Auch mit diesen Koordinierungsstellen könnten Anwendungsstrategien der Fernerkundung entwickelt und abgestimmt werden. Als internationale Multiplikatoren, die in ihren jeweiligen Wirkungsbereichen auch in vielen Entwicklungsländern aktiv sind und Netzwerke mit relevanten Akteuren vor Ort aufbauen und unterstützen, bieten sich vielfach Möglichkeiten der strukturellen Verankerung entsprechender Aktivitäten, sodass Geoinformationen in praxiswirksame Maßnahmen eingebunden werden können.

STÄRKUNG DER AFRIKAINITIATIVEN EUROPÄISCHER ORGANISATIONEN ZUR BREITEREN NUTZUNG DER FERNERKUNDUNG

Die nationalen Aktivitäten mehrerer europäischer Länder zur Anwendung der Fernerkundung in Afrika haben durch die explizit auf Afrika ausgerichteten Initiativen fernerkundungsrelevanter europäischer Organisationen eine neue Dimension in Bezug auf den Umfang der Kooperation und die angestrebte Breitenwirkung erreicht. Vielfältige Projekte mit unterschiedlichen Kooperationsformen können im Rahmen dieser Initiativen gefördert werden (Beispiele in



Kap. V). Durch die parallel laufenden Aktivitätsfelder Datenzugang bzw. technische Ausstattung, Ausbildungsprogramme, Projektanwendungen bzw. Aufbau von Informationsdiensten, Erweiterung von In-situ-Datenbeständen sowie institutionelle Hilfen zur Erschließung von Nutzergruppen wird ein schrittweiser Technologietransfer in unterschiedlichen Anwendungsbereichen in die Länder Afrikas angestrebt. Durch die organisatorische Verknüpfung von EUMETSAT und ESA auf der einen und der EU auf der anderen Seite können deren fachliche und organisatorische Stärken gebündelt und den Ländern Afrikas Kooperationsmöglichkeiten und Finanzierungskonzepte eröffnet werden, die weit über bilaterale Angebote hinausgehen.

Die von EUMETSAT, ESA und EU initiierten Afrikaprogramme bilden gegenwärtig das Herzstück der weltweiten Initiative zur besseren Nutzung der Fernerkundung in Afrika (GEOSS). Die Stärkung und der Ausbau der bereits etablierten europäischen Afrikainitiativen erscheinen notwendig. Eine begleitende neutrale Evaluation unter Berücksichtigung sowohl europäischer als auch afrikanischer Perspektiven sowie eine transparente Bewertung der Zielerreichung könnten dazu beitragen, Stärken gezielt auszubauen und mögliche Schwächen bei der Programmentwicklung zu reduzieren, um sicherzustellen, dass die Kooperationspartner in afrikanischen Ländern schrittweise komplexere Aufgabenbereiche übernehmen und somit die Nachhaltigkeit der Transfer- oder Translationsprogramme zu erhöhen. Das erscheint vor allem bei den Programmen von EUMETSAT, EU und AU aufgrund des Projektumfangs wichtig, aber auch bei den Projekten empfehlenswert, die gegenwärtig im Rahmen von »GMES/Copernicus and Africa« verortet sind und bisher nur eine geringe Beteiligung von afrikanischen Institutionen haben. Bei diesen nur über 2 oder 3 Jahre dauernden Projekten wird der Aspekt des schrittweisen Technologietransfers, der afrikanische Partner mehr und mehr in die Lage versetzen soll, die Entwicklung von Geoinformationsdiensten zunehmend selbstständig zu übernehmen, mitunter noch nicht deutlich.

Darüber hinaus wäre zu überlegen, inwiefern einzelne interessierte Länder in Afrika an den Fernerkundungsaktivitäten der europäischen Organisationen z. B. in Form von kooperierenden Partnerschaften stärker teilhaben und als strategische Akteure die Etablierung länderübergreifender kooperativer Organisationsformen in Afrika befördern können. Deutschland als wichtiges Mitglied von EUMETSAT, ESA und EU kann deren Aktivitäten in relevantem Maß mitgestalten.





LITERATUR

IN AUFTRAG GEGEBENE GUTACHTEN

1.

- Komp, K.-U., Dienst, H., Haub, C. (2010): Anwendungspotenziale der Erdfernerkundung für Entwicklungsländer. Erkenntnisse aus dem Technologietransfer – politische und gesellschaftliche Bedingungen für den Einsatz der Fernerkundung in Entwicklungsländern. EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Münster
- Meyer-Nehls, R. (2011): Politische und rechtliche Rahmenbedingungen der Erdfernerkundung für einen nachhaltigen Technologietransfer in Entwicklungsländer. Hamburg
- Zeil, P., Saradeth, S. (2010): Anwendungspotenziale der Erdfernerkundung für Entwicklungsländer. PPM, Tittmoning

WEITERE LITERATUR

2.

- acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) (2010): acatech bezieht Position Nr. 7: Leitlinien für eine Deutsche Raumfahrtspolitik. München
- Adebola, S. (2009): African Resource Management Satellite (ARMC) Constellation. <http://iinitiative.wordpress.com/2009/12/21/african-resource-management-satellite/> (2.7.2013)
- Albertz, J. (2009): Einführung in die Fernerkundung. Darmstadt
- Albertz, J. (2010): DGPF: 100 Jahre Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation 1909–2009. Münster
- Argoun, M. (2011): Space Technologies To Develop Africa. www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=AfricaSat+NARSS+Director&source=web&cd=2&ved=0CFMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.larouchepub.com%2Fpublic%2F2011%2Ffeirv38n06-20110211%2F65-69_3806.pdf&ei=YnESUJvADI3zsga11IHYBg&usq=AFQjCNHIzbADeGuMaBZudUq5IWmO-EOqtg (28.7.2012)
- Badessi, S., Moeller, H.L., Viau, P., Castrovillari, D., Collini-Nocker, B. (2002): The Envisat Data Dissemination System. In: esa-bulletin 109, S. 12–19
- BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) (2011): Technologietransfer und Non-Proliferation – Leitfaden für Industrie und Wirtschaft. Eschborn
- Baldenhofer, K.G., (2012): Lexikon der Fernerkundung. www.fe-lexikon.info, kontinuierlicher Zugriff (3.7.2013)
- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) (2012): Georeferenzierung von Daten. Bonn
- Bekhti, M., Oussedik, A., Sweeting, M.N. (2000): ALSAT-1: Algeria's First microsatellite in the International Disaster Monitoring Constellation. <http://siriusalgeria.net/salon02/wsw2002/alsat1.htm> (3.7.2013)



LITERATUR

- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2012): Deutsch-Südafrikanisches Jahr der Wissenschaft gestartet. Pressemitteilung 041/2012
- Bollinger-Kanne, J. (2012): Ostafrika. Licht aus der Tiefe. In: *energiespektrum* 27(7), S. 18–21
- Brunsmeier, A., Groth, M. (2012): Den globalen Waldschutz finanzieren. Stand und Entwicklung des Klimaschutzprogramms REDD+. In: *GAIA* 21(3), S. 181–184
- Bundesregierung (2006): Entwurf eines Gesetzes zu dem Übereinkommen vom 25. Juni 1998 über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten (Aarhus-Übereinkommen). Deutscher Bundestag, Drucksache 16/2497, Berlin
- Bundesregierung (2010): Raumfahrtstrategie der Bundesregierung – Für eine zukunftsfähige deutsche Raumfahrt. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/4140, Berlin
- Bundesregierung (2011a): Internationale Kooperationen zur sicherheitspolitischen Nutzung von Satellitenaufklärung. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/5281, Berlin
- Bundesregierung (2011b): Deutschland und Afrika: Konzept der Bundesregierung. www.auswaertiges-amt.de/cae/servlet/contentblob/581096/publicationFile/155305/110615-Afrika-Konzept-download.pdf (5.7.2013)
- Bundesregierung (2012a): Unterrichtung durch die Bundesregierung. Globalisierung gestalten – Partnerschaften ausbauen – Verantwortung teilen. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/8600, Berlin
- Bundesregierung (2012b): Unterrichtung durch die Bundesregierung. Ressortübergreifende Leitlinien für eine kohärente Politik der Bundesregierung gegenüber fragilen Staaten. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/10732, Berlin
- Busby, J. W., Smith, T.G., White, K.L. (2011): *Locating Climate Insecurity: Where Are the Most Vulnerable Places in Africa?* Robert S. Strauss Center for International Security and Law, Austin
- Dambach, P., Machault, V., Lacaux, J.-P., Vignolles, C., Sié, A., Sauerborn, R. (2012): Utilization of combined remote sensing techniques to detect environmental variables influencing malaria vector densities in rural West Africa. In: *International Journal of Health Geographics* 11(8), <http://www.ij-healthgeographics.com/content/11/1/8> (5.7.2013)
- DLR (2012): HALO – Neue Dimensionen in der Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung. www.dlr.de/dlr/Portaldata/1/Resources/documents/2012_1/22780_PRP_HALO_final.pdf (3.7.2013)
- DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) (2010): TanDEM-X. The Earth in three dimensions. (last modified: 27.6.2011) www.dlr.de/dlr/en/Portaldata/1/Resources/documents/TanDEM-X_web.pdf (19.7.2012)
- DST (Department of Science and Technology) (2007): *Innovation Towards a Knowledge-Based Economy – Ten-Year Plan for South Africa (2008–2018)*. <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/CPSI/UNPAN027810.pdf>, (3.7.2013)
- EEA (Europäische Umweltagentur) (2011): *Report on in-situ requirements Version 3.0*. http://gisc.ew.eea.europa.eu/gisc-project/deliverables/d21-report-situ-requirements/report-on-in-situ-data-requirements_v3.pdf/download (3.7.2013)



- EK (Europäische Kommission) (2000): Ein neues Kapitel der europäischen Raumfahrt. KOM(2000) 597 endgültig. Brüssel
- EK (2004): Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung (GMES): Schaffung einer Europäischen Kapazität für GMES – Aktionsplan (2004–2008). KOM(2004) 65 endgültig. Brüssel
- EK (2011a): Auf dem Weg zu einer Weltraumstrategie der Europäischen Union im Dienst der Bürgerinnen und Bürger. KOM(2011) 152 endgültig. Brüssel
- EK (2011b): Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über das Europäische Erdbeobachtungsprogramm (GMES) und seine operativen Tätigkeiten (ab 2014). KOM(2011) 831 endgültig. Brüssel
- EK, AU (Europäische Kommission, Afrikanische Union) (2010): Joint Statement of Vice President Tajani, European Commission and Commissioner Ezin, African Union Commission. MEMO/10/414, Brüssel
- EP (Europäisches Parlament) (2012): Entschließung des Europäischen Parlaments vom 16. Februar 2012 zur Zukunft des Programms GMES (2012/2509 (RSP). Straßburg
- Epler, N., Leitgab, M. (2011): UN-SPIDER: Supporting Disaster Management from Space. www.earthzine.org/2011/03/09/un-spider-supporting-disaster-management-from-space (3.7.2013)
- ESA (European Space Agency) (2012): The TIGER-Initiative. Looking for Water in Africa. 2009–2012 report. www.tiger.esa.int/pdf/tiger_report_single_pages_lowres.pdf (26.6.2012)
- EU (Europäische Union) (2003): A secure Europe in a better world. European Security Strategy. http://europa.eu/legislation_summaries/justice_freedom_security/fight_against_organised_crime/r00004_en.htm (3.7.2013)
- EU (2004): Rahmenabkommen zwischen der Europäischen Gemeinschaft und der Europäischen Weltraumorganisation. In: Amtsblatt der Europäischen Union L261/64–68, Brüssel
- EU (2010): Verordnung (EU) Nr. 911/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. September 2010 über das Europäische Erdbeobachtungsprogramm (GMES) und seine ersten operativen Tätigkeiten (2011–2013). In: Amtsblatt der Europäischen Union L276/1–10, Brüssel
- Euroconsult (2010): World Satellite-Based Earth Observation Market Prospects to 2019. Paris
- EWSA (Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss) (2012): Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses zu der Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über das Europäische Erdbeobachtungsprogramm (GMES) und seine operativen Tätigkeiten (ab 2014). KOM(2011) 831 endgültig. In: Amtsblatt der Europäischen Union C299, S. 72–75
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2010): Global Forest Resource Assessment 2010. FAO Forestry Paper 163, Rom
- GAF AG (2009): GMES Service Element Forest Monitoring. Final Report 2003–2009. www.gmes-forest.info/sites/default/files/downloads_with_images/GSEFM_Final_Report.pdf (3.7.2013)



LITERATUR

- GEO (Group on Earth Observations) (2007): Brazil and China join forces to distribute satellite imagery to Africa at zero cost. Press Release. www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=satellite+ground+stations+Africa+CBERS&source=web&cd=3&ved=0CFkQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.earthobservations.org%2Fdocuments%2Fpressreleases%2Fpr_0711_cape_town_cbbers.pdf&cei=KhQJUIKvFszbsgaaspmZCQ&usg=AFQjCNERm_R0WqSsAlziw71u1d0CoqY_aQ (3.7.2013)
- Haub, C., Ijaimi, A.A., Nabeel, A.M.S., El Sheikh El Bashir, H., Khamala, E., Bydekerke, L., Holecz, F., Tychon, B., Ragni, P., Vignaroli, P., Hendrickx, G., Heylen, C. (2008): Crop mapping services for the Sudanese Government in frame of the ESA Global Service Element »Global Monitoring for Food Security«. In: *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*, 5, S. 409–419
- Hildebrandt, G. (1996): *Fernerkundung und Luftbildmessung für Forstwirtschaft, Vegetationskartierung und Landschaftsökologie*. Karlsruhe
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report*. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf (5.7.2013)
- Kameche, M., Gicquel, A.H., Joalland, D. (2011): *Alsat-2a Transfer and first year Operations*. www.issfd22.inpe.br/S14-Flight.Dynamics.Operations.2-FDOP2/S14_P2_ISSFD22_PF_014.pdf (25.9.2012)
- Kelly, A.C., Colorado, P.L., Case, W.F. (2010): *Terra, Aqua, and Aura direct broadcast – providing earth science data for real-time applications*. <http://de.slideshare.net/grssiiee/kellya-igarss-2010-july-as-of-20100727-1700-final> (5.7.2013)
- Lacaux, J.-P., Tourre, Y.M., Vignolles, C., Ndione, J.-A., Lafaye, M (2006): *Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal*. In: *Remote Sensing Environment* 106(1), S. 66–74
- Lang, S., Tiede, D., Hölbling, D., Füreder, P., Zeil, P. (2010): *Earth observation (EO)-based ex post assessment of internally displaced person (IDP) camp evolution and population dynamics in Zam Zam, Darfur*. In: *International Journal of Remote Sensing* 31(21), S. 5709–5731
- Löffler, E., Honecker, U., Stabel, E. (2005): *Geographie und Fernerkundung*. Berlin
- Machault, V., Gadiaga, L., Vignolles, C., Jarjaval, F., Bouzid, S., Sokhna, C., Lacaux, J.-P., Trape, J.-F., Rogier, C., Pagès, F. (2009): *Highly focused anopheline breeding sites and malaria transmission in Dakar*. In: *Malaria Journal* 8, S. 138–159
- Marechal, F., Ribeiro, N., Lafaye, M., Güell, A. (2008): *Satellite imaging and vector-borne diseases: the approach of the French National Space Agency*. In: *Geospatial Health* 3, S. 1–5
- Moltz, J., C. (2011): *Asia's space race*. In: *Nature* 480(7376), S. 171–173
- Mostert, S. (2008): *The African Resource Management (ARM) Satellite Constellation*. In: *African Skies/Cieux Africains* 12, S. 53–56
- NASA (National Aeronautics and Space Administration) (2006): *Earth Science Reference Handbook. A Guide to NASA's Earth Science Program and Earth Observing Satellite Missions*. Washington D.C.
- Petermann, T., Coenen, C., Grünwald, R. (2003): *Aufrüstung im All. Technologische Optionen und politische Kontrolle*. Berlin
- RapidEye (2012): *Deutschlands Augen im All. Brandenburg (Havel)*



- Richardson, K. (2012): Research into Climate Change and Africa with GIS. www.sdimag.com/201207251019/Research-into-Climate-Change-and-Africa-with-GIS.html (10.10.2012)
- Saradeth, S., Dodo, A.K., Latrech, D. (2010): Earth Observation in support of Management of Internationally Shared Groundwater Resources in Africa: the AQUIFER Project. In: Application of satellite remote sensing to support water resources management in Africa: Results from the TIGER Initiative. Paris, S. 1–14
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (1992): Technikfolgen-Abschätzung zum Raumtransportsystem »SÄNGER« (Autoren: Paschen, H., Coenen, R., Gloede, F., Sardemann, G., Tangen, H.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 14, Bonn
- TAB (2011): Stand und Perspektiven der militärischen Nutzung unbemannter Systeme (Autoren: Petermann, T., Grünwald, R.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 144, Berlin
- TAB (2012): Technische Optionen zum Management des CO₂-Kreislaufs (Autoren: Caviezel, C., Grünwald, R.). TAB-Hintergrundpapier Nr. 18, Berlin
- Times, G. (2012): Policy to Regulate Surveying and Mapping in Ghana. www.sdimag.com/1224/Policy-to-Regulate-Surveying-and-Mapping-in-Ghana.html (10.10.2012)
- Trines, E., Höhne, N., Jung, M., Skutsch, M., Petsonk, A., Silva-Chavez, G., Smith, P., Nabuurs, G.-J., Verweij, P., Schlamadinger, B. (2006): Integrating agriculture, forestry and other land-use in future climate regimes. The Netherlands Programme on Scientific Assessment and Policy Analysis, Bilthoven
- Tunali, E., Polat, I., Askar, M. (2002): Tubitak Bilten Earth Observation Satellite (BILSAT): A new Sensor for urban Studies. www.uzay.tubitak.gov.tr/tubitakUzay/yayinlar/Bilsat_rs_urban%20areas_makale.pdf (5.7.2013)
- UNESC (United Nations Economic and Social Council) (2009): Current Status of GIS in the Sudan. http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/RCC/docs/rccap18/CRP/18th_UN_RCCAP_econf.100_crp%2010.pdf (5.7.2013)
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (2010): Application of satellite remote sensing to support water resources management in Africa: Results for the TIGER Initiative. Paris
- UNO (2006a): Wissenswertes über die Vereinten Nationen. www.unis.unvienna.org/pdf/wissenswertes.pdf (5.7.2013)
- UNO (2006b): Information on the activities of international organizations relating to space law. Note by the Secretariat. Nr. A/AC.105/C.2/L.261, Wien
- UNO (United Nations Organizations) (2003): Human security now. <http://ochaonline.un.org/OchaLinkClick.aspx?link=ocha&docId=1250396>, 26.6.2012
- UN-SPIDER (2010): The Value of Geo-Information for Disaster and Risk Management (VALID). Benefit Analysis and Stakeholder Assessment. www.un-spider.org/VALID-stakeholder-assessment-I (5.7.2013)
- Vignolles, C., Lacaux, J.-P., Tourre, Y.M., Bigeard, G., Ndione, J.-A., Lafaye, M. (2009): Rift Valley fever in a zone potentially occupied by *Aedes vexans* in Senegal: dynamics and risk mapping. In: Geospatial Health 3(2), S. 211–220



LITERATUR

- WMD Commission (Weapons of Mass Destruction Commission) (2006): Weapons of Terror. Freeing the World of Nuclear, Biological and Chemical Arms. http://kms1.isn.ethz.ch/serviceengine/Files/ISN/26614/ipublicationdocument_singledocument/ea0a6488-ddb4-471e-befc-2f0c7068adb9/en/Weapons_of_Terror.pdf (5.7.2013)
- Wood, D., Weigel, A. (2009): International Collaboration on Satellite-Enabled Projects in Developing Countries. In: AIP Conference Proceedings 1103, S. 414–422
- Zeil, P., Kienberger S. (Hg.) (2007): Geoinformation for Development. Bridging the divide through partnerships. Heidelberg

ANHANG

TABELLENVERZEICHNIS	1.
Tab. II.1 Fernerkundungsrelevante Satellitenumlaufbahnen	51
Tab. II.2 Spektrale Auflösung von Fernerkundungsdaten und Beispiele für potenzielle Einsatzfelder	55
Tab. II.3 Räumliche Auflösung von Fernerkundungsdaten und Beispiele für potenzielle Einsatzfelder	56
Tab. V.1 Überblick über die Datenauswertungszentren (SAF) von Eumetsat	168
Tab. V.2 »Forest Monitoring« (GSE FM): Anwendungsfelder	178
Tab. V.3 »AQUIFER-Projekt«: Projektteam und Nutzergruppen	180
Tab. VI.1 Mitglieder bzw. Kooperationspartner der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen	202
Tab. VII.1 Verantwortlichkeiten der Bundesressorts für die Thematik »Anwendungspotenziale der Fernerkundung in Entwicklungsländern«	230

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	2.
Abb. II.1 Grundprinzip der Fernerkundung	30
Abb. II.2 Das elektromagnetische Spektrum und die Aufnahmebereiche unterschiedlicher Sensoren der Fernerkundung	31
Abb. II.3 Reflexionsspektrum der Vegetation	39
Abb. II.4 Spektrale Reflexionsgrade unterschiedlicher Substanzen	41
Abb. II.5 Aufnahmeverfahren mit optoelektronischen Scannern	45
Abb. II.6 Satellitenumläufe und Überflugmuster	52
Abb. II.7 Bodenstationen in Afrika	61
Abb. II.8 EUMETCast: Datenfluss und Downlinkabdeckung in Afrika	64



ANHANG

Abb. II.9	Pixelbasierte Klassifikation von Satellitendaten und beispielhafte thematische Karte Afrikas	68
Abb. II.10	Objektbasierte Klassifikation: Anwendungsbeispiel Identifikation der Behausungen eines Flüchtlingslagers in Darfur	69
Abb. III.1	Mitgliedsländer internationaler Exportkontrollregime für Dual-Use-Güter	92
Abb. IV.1	Spektralkanäle des LANDSAT-Scanners »ETM+« im Reflexionsspektrum von EMS	99
Abb. IV.2	Satellitenformation »A-Train«	101
Abb. IV.3	Empfangsstationen für EOS-Daten und Informationsdienste	104
Abb. IV.4	FEWS NET: geschätzte Nahrungsmittelsicherheitsbedingungen (März 2012)	108
Abb. IV.5	Zusammengesetzter Verwundbarkeitsindikator in Afrika	110
Abb. IV.6	Umlaufbahn des Satelliten Megha-Tropiques	114
Abb. IV.7	Initiative »Planet Action«, Projekte in Afrika	117
Abb. IV.8	Weltweites Stationsnetz für bodennahe geodynamische Messungen (Stand 2010)	123
Abb. IV.9	RapidEye-Datenarchiv: globale Abdeckung und Frequenz	127
Abb. IV.10	Geothermieexploration in Kenia: Thermalfernerkundung zur Erleichterung geologischer Geländeprüfung	132
Abb. IV.11	Satelliten bis 2010 im Umlauf und bis 2015 geplant	154
Abb. IV.12	Verbreitung der Satellitentechnologie weltweit (Stand 2009)	157
Abb. V.1	Aquiferenbeobachtungsgebiete (»AQUIFER-Projekt«, »TIGER-Initiative, ESA)	179
Abb. VI.1	GEONETCast/EUMETCast: Datenmanagement mit Afrika	205
Abb. VI.2	UN-SPIDER-Netzwerk	211

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS
3.

AARSE	African Association of Remote Sensing of the Environment
ACMAD	African Center for Meteorological Application for Development
ACSAD	Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands
AGRHYMET	Centre Regional de Formation et d'Application en Agrométéorologie et Hydrologie Opérationnelle
AMCEN	African Ministerial Conference on the Environment
AMESD	African Monitoring of the Environment for Sustainable Development (EUMETSAT, EU, AU)
AOCRS	African Organization of Cartography and Remote Sensing
ARMC	African Resource Management Satellite Constellation
ASAL	Agence Spatiale Algérienne
AU/AUC	African Union/African Union Commission
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BNSC	British National Space Centre
CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite
CCD	charge coupled devices
CDM	Clean Development Mechanism
CEOS	Committee on Earth Observation Satellites
CFSP	Common Foreign and Security Policy
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales (Frankreich)
CNSA	China National Space Administration
CNT	Centre National de Télédétection (Tunesien)
CNTS	Centre National des Techniques Spatiales (Algerien)
COPUOS	Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UNO)
CORINE	Coordination of Information on the Environment (EU)
CRTEAN	Council of Administration of the Regional Centre for Remote Sensing of the States of North Africa
CRTS	Royal Center for Remote Sensing (Marokko)
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research (Südafrika)
DDS	Data Dissemination System
DFD	Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMC	Disaster Monitoring Constellation
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EDRS	European Data Relay System



ANHANG

EEA	European Environment Agency
EMS	elektromagnetische Strahlung
EnMAP	Environmental Mapping and Analysis Program
EOS	Earth Observing System
ESA	European Space Agency
ESOC	European Space Operations Centre
ESPI	European Space Policy Institute
ESVP	Europäische Sicherheits- und Verteidigungspolitik
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
EUSC	European Union Satellite Centre
EWSA	Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss
FEWS NET	Famine Early Warning Systems Network
GASP	Gemeinsame Außen- und Sicherheitspolitik der EU
GCI	GEOSS Common Infrastructure
GCM	GMES Contributing Missions
GDI	Geodateninfrastruktur
GEO	Group on Earth Observations
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
GFZ	Geoforschungszentrum Potsdam
GIS	Geoinformationssystem
GISC	GMES In-situ-Coordination
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GMFS	Global Monitoring for Food Security
GSDI	Global Spatial Data Infrastructure Association
GSE FM	GMES Service Element Forest Monitoring
GTZ	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
IGOS	Integrated Global Observing Strategy Partnership
IGS	International Ground Station Network
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
IR	infrarot
ISRO	Indian Space Research Organisation
JRC/IES	Joint Research Centre/Institute for Environment and Sustainability (EU)
KSAT	Kongsberg Satellite Services
LAPAN	Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional (indonesische Raumfahrtagentur)
LEO	Low Earth Orbit
MESA	Monitoring of Environment and Security in Africa (EUMETSAT, EU, AU)

3. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS



MTCR	Missile Technology Control Regime
NARSS	National Authority for Remote Sensing and Space Sciences (Ägypten)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (USA)
NASRDA	National Space Research and Development Agency (Nigeria)
NEPAD	New Partnership for Africa's Development
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)
PRS	Principles of Remote Sensing
PUMA	Preparation for Use of MSG in Africa (EUMETSAT, EU, AU)
RCMRD	Regional Center for Mapping of Resources for Development
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
SAF	Satellite Application Facilities (EUMETSAT)
SANSA	South African National Space Agency (Südafrika)
SAR	synthetische Apertursysteme
SKA	Square Kilometre Array
SPOT	Système Pour l'Observation de la Terre
TDRSS	Tracking and Data Relay Satellite System
UNECA	United Nations Economic Commission for Africa
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNITAR	United Nations Institute for Training and Research
UNO	United Nations Organization
UNOOSA	United Nations Office for Outer Space Affairs
UNOSAT	United Nations Operational Satellite Applications Programme
UN-SPIDER	United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response
USAID	United States Agency of International Development
USGS	United States Geological Survey
UV	ultraviolett
WMO	World Meteorological Organization

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse seit 1990 in Fragen des technischen und gesellschaftlichen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) im Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Das TAB kooperiert zur Erfüllung seiner Aufgaben seit 2003 mit dem FhG-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe.



**BÜRO FÜR TECHNIKFOLGEN-ABSCHÄTZUNG
BEIM DEUTSCHEN BUNDESTAG**

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

Neue Schönhauser Straße 10
10178 Berlin

Fon +49 30 28491-0
Fax +49 30 28491-119

buero@tab-beim-bundestag.de
www.tab-beim-bundestag.de

ISSN-Print 2364-2599
ISSN-Internet 2364-2602