

# Erdbeobachtung in Zeiten der Globalisierung

## Marktpotenziale der satellitengestützten Fernerkundung

„Nur aus der Entfernung sieht man klar“, lehrte schon Lao-Tse. Sokrates, sein europäisches Pendant, sah das ähnlich. Viele Gefahrensituationen, Krisen oder Fehlentwicklungen gehen auf mangelnden Überblick zurück. Früher waren Bedrohungen oder Einflüsse eher lokal, heute sind sie global. Daher brauchen wir erdumkreisende Satelliten für die Beobachtung unserer Erde, für Kommunikation, Ortsbestimmung oder Navigation – um politische Entscheidungen und wirtschaftliches Handeln sowie unser modernes Leben zu unterstützen. Nicht nur Politik und Wirtschaft, sondern jeder Einzelne profitiert davon.



Die Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X fliegen in enger Formation und erreichen gemeinsam eine besondere Leistungsfähigkeit.

Die satellitengestützte Erdbeobachtung ist ein Schwerpunkt deutscher Raumfahrtspolitik. Sie liefert Antworten auf die brennenden Fragen unserer Zeit: den globalen Wandel, die nachhaltige Entwicklung unseres Lebensraums und die Unterstützung unserer Mobilität. Darüber hinaus trägt sie dazu bei, Krisen zu bewältigen und natürliche sowie technologische Risiken zu minimieren. Erdbeobachtung ist das derzeit wichtigste Feld in der anwendungsorientierten Raumfahrt und steht an der Schwelle zu einer breiten kommerziellen Anwendung.

Dabei geht es nicht nur um Technologieentwicklung. Mit dem Satellitendatensicherheitsgesetz hat Deutschland bereits 2007 einen modernen und weltweit inzwischen viel beachteten Rechtsrahmen für die kommerzielle Nutzung dieser innovativen Hochtechnologie geschaffen. Das Gesetz verbindet die sich ergebenden neuen Chancen für Industrie, Wissenschaft und Gesellschaft

einerseits mit dem Schutz wesentlicher Sicherheitsinteressen andererseits.

Laut einer Studie der Firma Euroconsult aus dem Jahr 2012 haben zwischen 2002 und 2011 29 Länder insgesamt 149 zivile Erdbeobachtungssatelliten in den Weltraum geschossen, 28 davon für die Wetterbeobachtung. In den letzten beiden Jahrzehnten konnte sich Deutschland im internationalen Wettbewerb um Spitzentechnologie in diesem Bereich einen der vordersten Plätze erarbeiten.

### Technologiesprung bei der Erdbeobachtung

Die aktuelle Satellitengeneration erlaubt es, aus 800 Kilometern Entfernung Gegenstände mit einer Größe von unter einem Meter zu erkennen. Zudem können noch eine ganze Reihe anderer Parameter wie Luftqualität,

Wasservorkommen, Meeresverschmutzung, Gesundheitszustand von Vegetation oder Bodenbewegungen im Millimeterbereich gemessen werden.

Deutschland unterstreicht seine Spitzenposition in der Erdbeobachtung durch innovative nationale Missionen. Schwerpunkte liegen dabei auf abbildenden Radarsensoren mit synthetischer Apertur (SAR, „Synthetic Aperture Radar“) und auf neuartigen hyperspektralen optischen Sensoren. Hyperspektrale Sensoren ermöglichen nicht nur die gleichzeitige Aufnahme von drei Farbkanälen (wie das menschliche Auge), sondern von mehreren hundert. So werden hochgenaue Informationen über die Beschaffenheit von Oberflächen und damit auch über Geologie oder den Gesundheitszustand von Pflanzen gewonnen. Daneben sind deutsche Sensoren in europäischen Wettersatelliten verbaut, messen Spurengase in der Atmosphäre und erfassen das Schwerefeld der Erde.

### Schadensbegrenzung, Frühwarnung und Prämienkalkulation mit Radarsatelliten

Für die Risikoanalyse und die Bewältigung großer Schadenlagen sowie in besonderem Maße in allen Phasen der Krisenfrüherkennung und des Krisenmanagements spie-

len Erdbeobachtungsdaten bereits heute eine zentrale Rolle. Denn mithilfe der Daten können Handlungsoptionen besser abgeschätzt und Hilfsmaßnahmen besser vorbereitet, geplant und durchgeführt werden.

Zum Beispiel wurden die Daten der deutschen Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X in großem Umfang zur Unterstützung der Hilfs- und Rettungseinsätze bei der jüngsten Hochwasserkatastrophe genutzt. Diese Satelliten leisten auch regelmäßig wichtige Beiträge im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit bei großen Naturkatastrophen: So stellen die großen Erdbeobachtungsunternehmen über die jeweiligen nationalen Raumfahrtagenturen nach den Grundsätzen der so genannten International Charter on Space and Major Disasters weltweit Satellitendaten zur Katastrophenunterstützung zur Verfügung.

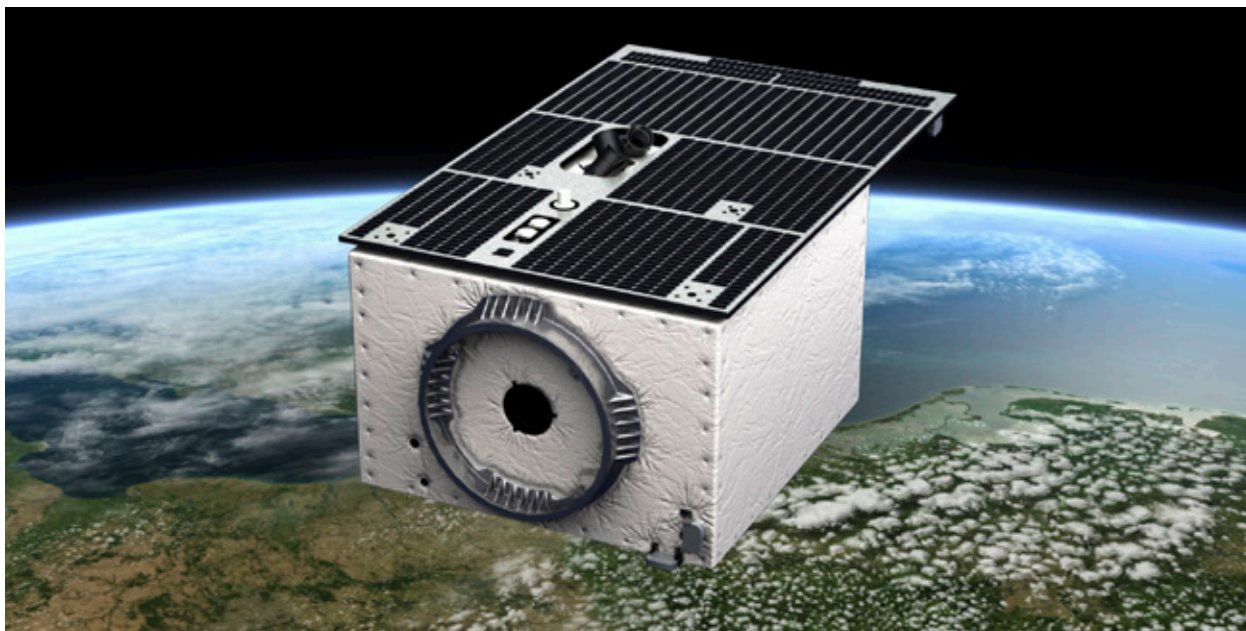
Immer wichtiger wird die Erdbeobachtungstechnologie auch für die Versicherungswirtschaft, insbesondere für die Rückversicherer, die pro Jahr zwischen 100 und 200 Milliarden Euro umsetzen. Beispielsweise können durch verstärkte Nutzung des Potenzials von Erdbeobachtungssatelliten Risiken durch weltweit einheitliche Lagedaten besser eingeschätzt werden.

#### TerraSAR-X und TanDEM-X

Die TanDEM-X-Mission (TerraSAR-X add-on for Digital Elevation Measurement) basiert auf zwei fast baugleichen Erdbeobachtungssatelliten: TerraSAR-X und TanDEM-X. Beide sind mit einem modernen abbildenden Radarsystem, einem so genannten „Synthetic Aperture Radar“ (SAR) ausgestattet. Mit diesem kann die Erdoberfläche unabhängig von Wetter- und Tageszeit (d.h. auch bei Bewölkung oder nachts) beobachtet werden. Der erste der beiden Satelliten, TerraSAR-X, startete 2007. TanDEM-X folgte 2010. Beide Satelliten fliegen seither auf einem polarumlaufenden Orbit in 514 km Höhe in einer Formation mit einem Abstand von nur wenigen hundert Metern.

Die erzeugten Radardaten haben eine geometrische Auflösung (vergleichbar der „Detailschärfe“) von bis zu einem Meter. Ihre besondere Leistungsfähigkeit erreichen die beiden Satelliten auch durch ihre speziellen Antennen, mit denen sie in kürzester Zeit viele unterschiedliche Daten und zu beobachtende Gebiete erfassen können. Die Radarbilder werden beispielsweise für Umweltforschung, hochgenaue Kartierung und zur schnellen Unterstützung mit aktuellen Daten bei der Katastrophenhilfe genutzt.

Durch den Formationsflug können beide Satelliten auch in einem besonders fortschrittlichen (interferometrischen) Verfahren zusammenarbeiten. Über einen Zeitraum von etwa drei Jahren erstellen die beiden Satelliten so ein hoch aufgelöstes 3-D-Höhenmodell der gesamten Landoberfläche der Erde – in einer Qualität, wie sie bislang weltweit noch nicht erreicht wurde.



Der geplante Umweltsatellit EnMAP soll mit der neuartigen Hyperspektraltechnologie den Zustand und die Veränderung von Ökosystemen erforschen und den Umgang mit natürlichen Ressourcen unterstützen.

## Bodenschätze finden

Die rasch wachsende Weltbevölkerung benötigt immer mehr Energie und Ressourcen. Gleichzeitig wird die Suche nach Bodenschätzen zunehmend aufwändiger und teurer. Mit Satellitendaten lassen sich seltene Minerale, Öl- und Gasvorkommen und sogar unterirdische Wasserquellen aufspüren. Bei dieser Aufgabe kommt es nicht so sehr auf eine hohe geometrische Auflösung an. Vielmehr müssen die Sensoren besondere und für das menschliche Auge meist verborgene Eigenschaften erkennen. „Spektrale“ Eigenschaften beschreiben beispielsweise, wie einzelne Wellenlängen des Sonnenlichts reflektiert werden. In günstigen Fällen, wenn Mineralien an der Oberfläche vorkommen, können Rohstoffe damit relativ einfach erkannt werden. In den meisten Fällen sind Bodenschätze aber unter der Erdoberfläche und damit für Satellitensensoren nicht direkt erkennbar. In diesen Fällen lassen oftmals bestimmte Gesteinsformationen an der Oberfläche auf unterirdische Lagerstätten von Rohstoffen schließen.

Erdbbeobachtung aus dem Weltraum eignet sich daher hervorragend für die großflächige Erkundung auch schwer zugänglicher Lagerstätten. Entscheidend für diese Verfahren ist neben der räumlichen vor allem die spektrale Auflösung. Der derzeit im Bau befindliche

deutsche Hyperspektral-Satellit EnMAP ist mit seinen 244 Farbkanälen und einer geometrischen Auflösung von 30 Metern für diese Aufgaben ideal geeignet. Aktuell untersuchen deutsche Wissenschaftler, ob sie mit EnMAP sogar die für die Elektronikindustrie bedeutenden Seltenen Erden auffinden können.

## Landwirtschaft – präzisere Bewirtschaftung

Durch den Strukturwandel in der Landwirtschaft werden die einzelnen Ackerparzellen immer größer. Gleichzeitig nehmen die Anforderungen an die Bewirtschaftung zu: ökologisch nachhaltig und gleichzeitig ertragreich soll sie sein.

Große landwirtschaftliche Flächen weisen oft ungleichmäßige Standortbedingungen auf. Die Folge: Pflanzen gedeihen unregelmäßig und so ist ihr Ertrag oft nicht optimal. Precision Farming berücksichtigt die Unterschiede des Bodens und der Ertragsfähigkeit innerhalb eines Feldes: Mittels Fernerkundungsdaten wird beispielsweise der momentane Vegetationszustand eines Getreidefeldes bestimmt. Diese Daten steuern im Traktor zusammen mit den Positionsdaten der Satellitennavigation (heute meist das amerikanische GPS-System – schon in naher Zukunft stehen auch hier die

europäischen Galileo-Satelliten zur Verfügung) ein programmierbares Dosiergerät. Saatgut, Dünger oder Wasser werden je nach der per Satellit bestimmten Verteilung des Vegetationszustands bedarfsgerecht auf das Feld aufgebracht.

Satellitendaten der von Deutschland aus betriebenen Satellitenflotte RapidEye ermöglichen bereits ab einer Ackerfläche von vier bis fünf Hektar ein sinnvolles Precision Farming. Spezielle Dienstleister in Deutschland vermarkten entsprechende Systemlösungen für diesen wachsenden Markt.

## Weltraum – Infrastrukturen in europäischer Gemeinsamkeit

Wie vor 30 Jahren bei den Wettersatelliten können die europäischen Staaten heute auch bei Satellitenflotten für Navigation und Erdbeobachtung viele Herausforderungen nur gemeinsam stemmen. Mit dem Copernicus-Programm der EU (früher: „Global Monitoring for Environment and Security, GMES“) wird eine gemeinsame europäische Umwelt- und Sicherheitsbeobachtung aufgebaut, um effizientere, nachvollziehbarere politische Entscheidungen zu ermöglichen und die europaweite Vergleichbarkeit von Daten herzustellen. Dadurch wird die Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben vor allem in den Bereichen Umwelt, Land- und Forstwirtschaft, Verkehr, Sicherheit, Krisenbewältigung, humanitäre Hilfe oder Entwicklungshilfe unterstützt.

Bereits heute nutzt die Europäische Agentur für Meeresicherheit EMSA in Lissabon Erdbeobachtungsdaten und operationelle Dienste aus Copernicus für den Schutz der Küsten vor Umweltschäden durch illegale Ölverklappung im regulären Schiffsbetrieb, den Schutz europäischer Schiffe vor Piraterie oder die Einhaltung von Fischfangquoten.

## Der globale Güterverkehr kann mit Erdbeobachtung sicherer gemacht werden

Rund 45.000 Handelsschiffe sind derzeit auf den Ozeanen unterwegs und transportieren fast sieben Milliarden Tonnen Güter pro Jahr. Über 90 Prozent des gesamten

Welthandels und nahezu 70 Prozent des deutschen Im- und Exports werden über See abgewickelt.

Satelliten bieten neue Möglichkeiten, den Schiffsverkehr auf hoher See sicherer zu machen. Sie erkennen Schiffe und bestimmen deren genaue Positionen. Die zeitversetzten Aufnahmen der deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X ermöglichen es, die Geschwindigkeit von Schiffen bis auf etwa einen Kilometer pro Stunde genau zu ermitteln. Auch havarierte Container oder größeres Treibgut nach Schiffsunfällen können Satelliten erkennen und als potenzielle Gefahr für die Schifffahrt melden.

## Großer Markt für die Erdbeobachtung

Erdbeobachtung aus dem Weltraum ist global. Satelliten überfliegen und beobachten die Erde regelmäßig und liefern über lange Zeiträume hochwertige Daten. Die Daten sind unabhängig von lokalen Gegebenheiten und deshalb immer vergleichbar. Im Gegensatz zur Fernerkundung mit Flugzeugen entfallen außerdem Wartezeiten sowie Rüst- und Genehmigungskosten. Es ist daher nicht erstaunlich, dass allein der weltweite kommerzielle Umsatz mit Satellitendaten heute auf etwa 1,4 Milliarden US-Dollar jährlich geschätzt wird, wobei heute noch mehr als die Hälfte dieser Daten zur Erfüllung staatlicher Aufgaben dient.

Bereits seit Längerem zeichnet sich ab, dass in Zukunft nicht nur Satellitendaten, sondern zunehmend auch Dienstleistungen zur Auswertung der Daten und deren Einbindung in Geoinformationsdienste und -märkte wichtig werden. Dabei handelt es sich um vergleichsweise riesige Märkte, deren weltweite Bruttowertschöpfung auf 113 Milliarden Dollar geschätzt wird. Geoinformation wächst jährlich annähernd zweistellig.

Deutschland hat beste Voraussetzungen, von diesen wachsenden Märkten zu profitieren. Zukünftig wird die Bedeutung von integrierten Wertschöpfungsketten zunehmen, bei denen die hier gut positionierten Datenanbieter, Softwareunternehmen, die Geoinformationswirtschaft und Dienstleister im Umfeld dieser Technologien eng zusammenarbeiten.

### Die App-Generation und neue Ideen aus Start-ups

Erdbeobachtung eröffnet auch ganz neue Chancen. So versuchen die Europäische Weltraumorganisation ESA und andere Raumfahrtagenturen die junge App-Entwickler-Generation in die Raumfahrtnutzung einzubinden. Die ESA lädt jedes Jahr 20 App-Entwickler zu einem Camp in Frascati ein. Sie unterhält überdies ein Netzwerk so genannter BICs (Business Incubation Centres) in zurzeit acht europäischen Ländern, um junge Start-ups zu fördern. Deutsche Standorte sind Darmstadt, Oberpfaffenhofen, Nürnberg, das Berchtesgadener Land und Bonn. Im April 2013 konnte in Oberpfaffenhofen, dem am längsten bestehenden BIC, der tausendste neu geschaffene Job gefeiert werden. 66 neue Firmen sind entstanden. Die meisten dieser Start-ups nutzen die Daten von Navigations- und Erdbeobachtungssatelliten für die Erfindung neuer Dienste.

Umgebungsinformationen und Fragen nach dem „Wo ist was?“ spielen eine immer wichtigere Rolle. Es wird geschätzt, dass die so genannten Location-Based Services (LBS) innerhalb des Geoinformationsmarktes in Europa von jetzt 325 Millionen Euro auf 825 Millionen im Jahr 2017 zunehmen werden. Wirtschaftsforscher von Euroconsult erwarten denn auch, dass ihr vorhergesagtes jährliches Wachstum beim Satellitendatenverkauf von zwölf Prozent neben der Öl- und Gasindustrie hauptsächlich von den LBS angetrieben wird.

In diesem Markt nutzen nicht zuletzt auch junge Wissenschaftler und Ingenieure die neuen Chancen, um sich selbständig zu machen, Unternehmen zu gründen und so zum Wirtschaftswachstum und zur Schaffung neuer hochqualifizierter Arbeitsplätze beizutragen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Bewältigung der Herausforderungen unserer Zeit erfordert ein umfassendes Wissen. Die Satellitenbeobachtung der Erde ist daher für eine moderne Industriegesellschaft unverzichtbar geworden. Deutschland kann und muss aufgrund seiner Spitzenstellung in der Raumfahrt, seines großen Know-hows bei Geoinformationen, aber auch seiner verletzlichen Infrastruktur auf diesem Feld eine führende Rolle spielen.

Das deutsche Erdbeobachtungsprogramm ist am gesamten Spektrum von Erdbeobachtungsfähigkeiten beteiligt. Die Radarmissionen TerraSAR-X und TanDEM-X, das optische RapidEye-System sowie der bald startende neuartige Hyperspektral-Satellit EnMAP sind eindrucksvolle Beispiele. Deutschland sichert damit seine nationalen Kompetenzen, Fähigkeiten und Infrastrukturen in der gesamten Technologiekette aus Satelliten und Sensoren (Raumsegment), den notwendigen Technologien zu Empfang, Verarbeitung, Verwaltung und Verteilung der Daten (Bodensegment) und zur Datenauswertung und -nutzung.

Parallel engagiert sich Deutschland auch auf europäischer Ebene in den Programmen der Europäischen

Weltraumorganisation ESA, der Europäischen Wetter-satellitenorganisation EUMETSAT und wie oben beschrieben im Copernicus-System der EU.

Auf den sich entwickelnden Märkten entstehen neue, hochqualifizierte Arbeitsplätze. Es sind gerade die kleinen und mittleren Unternehmen, die Wertschöpfungsketten der Erdbeobachtung antreiben, sei es für öffentliche, private oder wissenschaftliche Zwecke. Zunehmend wird erkennbar, dass der große Überblick und die zeitliche Kontinuität aus dem Weltraum die weiterhin notwendigen Messungen vor Ort erheblich effizienter und kostengünstiger machen und uns für die Zukunft rüsten.



Weitere Informationen zu diesem Thema:

[http://bit.ly/BMWi\\_Raumfahrt](http://bit.ly/BMWi_Raumfahrt)

Der Artikel wurde vom Raumfahrtmanagement im DLR (Ansprechpartner: Dr. Hans-Peter Lüttenberg) verfasst.

Kontakt: Wolfgang Schneider

Referat: Raumfahrttechnologien