

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 100 (2002)

**Heft:** 6

**Artikel:** Satelliten-Erdbeobachtung : was lernt man über die Erde vom Weltraum aus?

**Autor:** Baumgartner, M.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235905>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Satelliten-Erdbeobachtung: Was lernt man über die Erde vom Weltraum aus?

Der Artikel gibt einen Überblick über die technischen Möglichkeiten der Erdbeobachtung mittels Satelliten und diskutiert einige ausgewählte Anwendungsbeispiele. In einem ersten Teil werden Satelliten- und Sensorsysteme mit deren technischen Spezifikationen sowie verschiedene Erdbeobachtungsprogramme vorgestellt. Es folgt ein kurzer Abriss über Spektralmessungen mit Sensoren und die Verarbeitung der dabei produzierten Daten sowie eine Darlegung der wichtigsten Methoden zur Extraktion von Information aus diesen Daten. Im letzten Teil werden einige ausgewählte Anwendungsbeispiele aus der Schweiz (Telekommunikation, Gemeindeinformationssysteme, Landnutzung) und Projekte mit Schweizer Beteiligung oder Unterstützung vorgestellt.

*L'article donne un aperçu sur les possibilités techniques de l'observation de la Terre au moyen de satellites et évoque quelques exemples d'application. Dans une première partie, les systèmes de satellites et les senseurs, leurs spécifications techniques ainsi que les programmes d'observation de la Terre sont présentés. On évoquera brièvement les mesures spectrales par senseurs et le traitement des dates ainsi obtenues, enfin on présentera les méthodes les plus importantes permettant l'extraction d'informations à partir de ces données. Dans la dernière partie, quelques exemples d'application en Suisse (télécommunications, systèmes d'informations des communes, gestion du territoire) et des projets où la Suisse participe ou aide sont présentés.*

L'articolo seguente fornisce una panoramica sulle possibilità tecniche per osservare la Terra con i satelliti e valuta alcuni esempi specifici di applicazioni. Nella prima parte si presentano i sistemi di satelliti e sensori con le loro specifiche tecniche nonché i vari programmi d'osservazione della Terra. In seguito, si schizzano le misure spettrali con i sensori, l'elaborazione dei dati prodotti e si presentano i dati più rilevanti per estrapolare le informazioni da questi dati. Nell'ultima parte si illustrano alcuni esempi specifici di applicazioni in Svizzera (telecomunicazioni, sistemi d'informazione dei comuni, utilizzazione dei terreni) e alcuni progetti con partecipazione o sostegno svizzero.

M. Baumgartner

## Einleitung

Die Erdbeobachtung mittels Satelliten zur Erfassung und Überwachung der Erdoberfläche weist besonders seit den Ereignissen vom September 2001, aber auch für die bekannten Umweltprobleme eine hohe politische und öffentliche Bedeutung auf. Die Erdbeobachtung ermöglicht die Messung, Untersuchung und Abbildung der Erdoberfläche sowie der Atmosphäre in verschiedener räumli-

cher, zeitlicher und spektraler, aber auch unterschiedlicher radiometrischer Auflösung.

Erdbeobachtungsdaten werden schon seit längerer Zeit operationell z.B. in der Wetterprognose eingesetzt, wie wir dies von den Vorhersagen am Fernsehen gewohnt sind. Ebenso werden heute landwirtschaftliche Anbauflächen für Direktzahlungen der EU mittels Erdbeobachtungsdaten operationell kontrolliert. In den USA werden diese Daten sogar im Bereich des Precision Farming eingesetzt. Mit anderen Worten: mit Erdbeobachtungsdaten ist es heute ohne weiteres

möglich, die Landnutzung sehr genau zu bestimmen, Angaben über den Zustand der Vegetation, die Bodenfeuchte oder -zusammensetzung herzuleiten. Die Forstwirtschaft gehört ebenfalls zu den Anwendern von Erdbeobachtungsdaten, mit eingeschlossen auch die Waldbranderkennung.

Hochauflösende Erdbeobachtungsdaten (Abb. 1) werden operationell zur Planung im regionalen und überregionalen Massstab, aber auch für friedenssichernde und -erhaltende Massnahmen sowie für die Katastrophen- und humanitäre Hilfe eingesetzt.

Angesichts der regionalen und globalen Umweltprobleme (Altlasten, Klimaveränderung, Ozonloch etc.) dienen Erdbeobachtungsdaten zur Beschaffung von Informationen über das System Erde und deren Subsysteme. Es ist daher auch problemorientierte, angewandte Forschung erforderlich, um der Politik geeignete Massnahmen vorschlagen zu können, durch die negativen Entwicklungen rechtzeitig entgegengewirkt werden kann.

Die Erdbeobachtung ermöglicht uns, die Erde synoptisch als eine Einheit zu betrachten, d.h. auch abgelegene, unzugängliche Gebiete können periodisch aufgenommen und überwacht werden. Natürlich können Veränderungen auf der Erde oder in der Atmosphäre auch mittels bodengestützter Punktmessungen festgestellt werden; diese Messungen sind sogar Voraussetzung für die Auswertung von Erdbeobachtungsdaten. Da konventionelle Messstationen eine ungleichmässige räumliche Verteilung aufweisen und deren Messqualitäten variieren können, wird die räumliche Interpolation stark erschwert. Die flächenhafte, multitemporale und multispektrale Messung, Beobachtung und Überwachung mittels Erdbeobachtung weist demgegenüber deutliche Vorteile auf.

## Wie wird von Satelliten aus gemessen?

Sensoren auf Satelliten messen die elektromagnetische Strahlung von Objekten in verschiedensten Wellenlängen oder



Abb. 1: IKONOS-Szene von Langnau i.E.; 1-m-Falschfarbenaufnahme.

Wellenlängenbereichen (sichtbarer Bereich; nahes, mittleres und thermales Infrarot, Mikrowellenbereich). Diese Messdaten werden anschliessend mittels physikalischer oder mathematischer Modelle in geophysikalische Information umgerechnet. Die für solche Berechnungen wichtigsten Komponenten des Strahlungshaushalts der Erde sind die direkt von der Erde reflektierte und emittierte Strahlung sowie diejenige die in der Atmosphäre emittiert und gestreut wird. Die Sensoren sind so gebaut, dass sie die elektromagnetischen Eigenschaften der zu untersuchenden Substanz oder Materie optimal ausnützen. Bei der Verwendung ultravioletter, sichtbarer und nah-infraroter Wellenlängen misst der Sensor reflektierte Strahlung, beim Einsatz des thermalen und Mikrowellenbereichs wird die emittierte Strahlung gemessen.

Eine der herkömmlichen Klassierungen der Satellitensysteme folgt den jeweiligen Anwendungsgebieten. Von Interesse sind hier Erdkundungs- (Erdbeobachtung, Geodäsie/Geophysik, Gravimetrie, Überwachung) und Wettersatelliten sowie wissenschaftliche Satelliten und Sonden; Nachrichtensatelliten (Data Relay Satelliten) dienen in diesem Zusammenhang der Übermittlung der Messdaten an Boden-

stationen (z.B. ARTEMIS von ESA/CNES). Diese Satelliten bewegen sich meist auf erdnahen (sonnensynchronen) oder geostationären Bahnen und dienen zur Beobachtung der Erde (Erdoberfläche, Meere, Pole) und der Atmosphäre sowie für Messungen in der oberen Atmosphäre und der Ionosphäre. Die erdnahen Bahnen weisen wesentliche Vorteile im Bereich der räumlichen Auflösung von Sensorsystemen und bei der Datenübermittlung auf. Ein grosser Nachteil ist einerseits der Einfluss der Restatmosphäre (Abbremsen der Satelliten) und die relativ lange Verweilzeit im Erdschatten (hohe Ladeleistung des Solargenerators).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über einige der am häufigsten verwendeten Satelliten- und Sensorsysteme (Radarsensoren werden hier nicht behandelt). Daraus ist ersichtlich, dass zwischen der räumlichen und zeitlichen Auflösung eines Sensorsystems ein Konflikt entsteht: Aus technischen Gründen existiert kein System, das gleichzeitig eine hohe räumliche Auflösung wie auch eine hohe (zeitliche) Repetitionsrate aufweist. Gerade für die Umweltüberwachung und -diagnostik wäre dies jedoch erwünscht, da Raum und Zeit wichtige Aspekte darstellen. Dieser Konflikt wird mit den neuen, hoch auf-

lösenden Satellitensystemen (IKONOS, QuickBird, EROS) etwas entschärft: Um eine hohe zeitliche Auflösung zu erhalten, wird der Satellit gezielt auf eine Area-of-Interest (AOI) gerichtet, auch wenn der Satellit nicht gerade das entsprechende Gebiet überfliegt (mit dem Nachteil, dass mit zunehmendem Blickwinkel die räumliche Auflösung reduziert wird).

Zu den Wettersatelliten zählen einerseits geostationäre Systeme (36 000 km über der Erde) wie der europäische Meteosat, die amerikanischen GOES (East und West) sowie ihre indischen, japanischen und chinesischen Gegenstücke. Diese sechs Satellitensysteme geben dank geostationären Bahnen im 30-Minuten-Intervall einen globalen Überblick und werden vorwiegend für die Wetterprognose und die Sturmwarnung (Hurrikane) eingesetzt, d.h. immer dann, wenn eine zeitlich hohe Auflösung notwendig ist. Die räumliche und spektrale Auflösung ist in solchen Anwendungen sekundär. Neben den geostationären werden auch einige polar-umlaufende Systeme zu den Wettersatelliten gerechnet: Anfangs der 60er Jahre wurde das TIROS-Programm lanciert, das heute noch von der amerikanischen NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) betrieben wird. Das AVHRR-System (Advanced Very Resolution Radiometer) steht dabei im Vordergrund der meteorologischen Anwendungen. Heute ist dieses System wegen der guten Kombination von zeitlicher und räumlicher Auflösung in der Umweltüberwachung und besonders auch im Bereich der Climate-Change-Diskussion von grossem Nutzen (in den USA werden globale Datensätze basierend auf AVHRR-Daten erstellt). Langzeitarchive solcher Daten sind deshalb von grosser Bedeutung. Auch die russischen Meteor- und Ressource-Programme müssen in diesem Zusammenhang erwähnt werden, die seit Jahren zuverlässige Daten liefern. Da die Daten der meteorologischen Satelliten sehr kostengünstig sind, werden diese vielerorts operationell eingesetzt.

Die Ära der Erdbeobachtungssatelliten hat 1972 mit dem Start von Landsat-1 begonnen. Diese Satelliten sind ausschliess-

Satellit/Sensor	Kanäle	Spektrum	Auflösung	Repetition	Bits
Meteosat	1, 2 3 4	0.4 – 1.1 $\mu\text{m}$ 5.7 – 7.1 $\mu\text{m}$ 10.5 – 12.5 $\mu\text{m}$	2.5 x 2.5 km 5 x 5 km 5 x 5 km	30 Min.	8
NOAA-AVHRR	1 2 3 4 5	0.55 – 0.68 $\mu\text{m}$ 0.73 – 1.1 $\mu\text{m}$ 3.5 – 3.75 $\mu\text{m}$ 10.5 – 11.5 $\mu\text{m}$ 11.5 – 12.5 $\mu\text{m}$	1.1 x 1.1 km	12 Std.	10
RESURS-MSU-SK	1 2 3 4 5	0.50-0.60 $\mu\text{m}$ 0.60-0.70 $\mu\text{m}$ 0.70-0.80 $\mu\text{m}$ 0.80-1.10 $\mu\text{m}$ 10.4-12.6 $\mu\text{m}$	160 m x 200 m	2 Tage	8
Landsat-MSS	1 2 3 4	0.5 – 0.6 $\mu\text{m}$ 0.6 – 0.7 $\mu\text{m}$ 0.7 – 0.8 $\mu\text{m}$ 0.8 – 1.1 $\mu\text{m}$	56 x 79 m	16 Tage	8
Landsat-TM	1 2 3 4 5 6 7	0.45 – 0.52 $\mu\text{m}$ 0.52 – 0.6 $\mu\text{m}$ 0.63 – 0.69 $\mu\text{m}$ 0.76 – 0.9 $\mu\text{m}$ 1.55 – 1.75 $\mu\text{m}$ 10.4 – 12.5 $\mu\text{m}$ 2.08 – 2.35 $\mu\text{m}$	30 x 30 m (Kanal 6: 120 x 120 m)	16 Tage	8
SPOT	1 2 3 pan	0.5 – 0.59 $\mu\text{m}$ 0.62 – 0.68 $\mu\text{m}$ 0.79 – 0.89 $\mu\text{m}$ 0.5 – 0.73 $\mu\text{m}$	10 x 10 m	3 – 26 Tage	8
IRS-1D	pan	0.5 – 0.75 $\mu\text{m}$	5.8 x 5.8 m	24 Tage	6
IKONOS	1	0.45 – 0.52 $\mu\text{m}$	4 x 4 m	3 Tage	11
	2	0.52 – 0.6 $\mu\text{m}$			
	3	0.63 – 0.69 $\mu\text{m}$			
	4	0.76 – 0.9 $\mu\text{m}$			
	pan	0.45 – 0.9 $\mu\text{m}$	1 m x 1 m		
EROS-A1	pan	0.5 – 0.75 $\mu\text{m}$	1.8 m x 1.8 m (or 1 m x 1 m if oversampled)	3 Tage	11
QuickBird	1	0.45 – 0.52 $\mu\text{m}$	0.61 m x 0.61 m	3 Tage	11
	2	0.52 – 0.6 $\mu\text{m}$			
	3	0.63 – 0.69 $\mu\text{m}$			
	4	0.76 – 0.9 $\mu\text{m}$			
	pan	0.45 – 0.9 $\mu\text{m}$			

Tab. 1: Auswahl von Satelliten- und Sensorsystemen im Bereich der Erkundung der Erdoberfläche sowie einige technische Spezifikationen.

lich auf polaren Umlaufbahnen, mit Priorität auf hohe spektrale und räumliche Auflösung; die zeitliche Auflösung spielt dabei eine untergeordnete Rolle (Tabelle 1). Neben den amerikanischen Landsat-Satelliten spielen auch die indischen

(MOS) und japanischen (JERS) eine wichtige Rolle in der Erdbeobachtung. Eine erste grosse Revolution brachte der private Satellit SPOT (Frankreich), der eine räumliche Auflösung von 10 m x 10 m im panchromatischen Bereich und zudem die

Möglichkeit stereoskopischer Aufnahmen aufweist. Mittels der Stereoskopie ist es möglich – ähnlich wie bei den Luftbildern – dreidimensionale Auswertungen durch die Herleitung eines Höhenmodells durchzuführen. Die zweite Revolution im Bereich der Erdbeobachtung wurde im Herbst 1999 mit dem hochauflösenden Satelliten IKONOS (1 m) und im Jahre 2001 mit EROS (1 m und 1.8 m) und QuickBird (61 cm) eingeleitet. Mit diesen drei Systemen, die auch stereoskopische Aufnahmen liefern, wurde es auch für die Schweiz interessant, mit digitalen Erdbeobachtungsdaten operationell zu arbeiten.

Die radiometrische Auflösung (Tabelle 1) der älteren Sensoren beträgt meist 8 Bits, diejenige der neusten 11 Bits. Mit der höheren Bitzahl wird der Informationsgehalt eines Bildelementes (Pixels) und damit die Erkennbarkeit von Objekten deutlich erhöht.

## Bedeutung der Erdbeobachtung für die Schweiz

In den USA wurde schon in den frühen 60er Jahren mit Wettersatelliten (TIROS-Programm) gearbeitet, ab 1972 mit Erdbeobachtungssatelliten (Landsat). Während die europäischen Wetterdienste bereits seit 1977 regelmässig Wettersatelliten (Meteosat) verwendeten, waren die europäischen Forscher noch lange von amerikanischen Datenquellen abhängig bis im Jahre 1989 der erste europäische Erdbeobachtungssatellit (ERS-1) in Betrieb genommen wurde. Heute aber darf behauptet werden, dass Europa im Bereich der Meteorologie, Klimatologie und Umweltbeobachtung – insbesondere mit der eben gestarteten ENVISAT-Mission – zweifelsfrei eine Spitzenposition einnimmt. Neben Europa und den USA bauen und betreiben aber auch Indien, Japan, Kanada und Russland Systeme zur Satellitenerdbeobachtung.

Die Schweiz hat sich seit den Anfängen an der Erdbeobachtung beteiligt. Als Gründungsmitglied der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) hat sich die Schweiz immer für die Erdbeobachtungs-

programme eingesetzt und an diesen teilgenommen. Die Kontakte zur ESA und anderen Institutionen werden durch das Swiss Space Office (SSO) im Departement des Äusseren wahrgenommen. Die Delegierten bei der ESA werden vom SSO meist an den Universitäten rekrutiert.

Die Erdbeobachtung wurde in der Schweiz bis anhin fast ausschliesslich von den verschiedenen universitären Forschungsinstitutionen betrieben. Erst in den letzten Jahren konnten sich einige KMUs in diesem Bereich etablieren. Diese Unternehmen sind inzwischen auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene erfolgreich in den Bereichen Forschung und Entwicklung (R&D), aber auch in täglichen, operationellen Anwendungen tätig.

Die Gründe für diesen im Vergleich zu unseren Nachbarländern (dort entstanden die ersten Unternehmen bereits vor mehr als 20 Jahren) späten Einstieg in die praktische, anwendungsorientierte Erdbeobachtung sind vielfältig: Einerseits hat die Schweiz eine lange Tradition in den Bereichen Vermessung, Kartographie und Photogrammetrie. Die Anforderungen an die Geometrie sind somit sehr hoch. Dies führte zu einer eher zurückhaltenden Meinung über die neuen Möglichkeiten der Erdbeobachtung. Andererseits nutzen die Forschungsinstitutionen ihre sehr starke Stellung in R&D in vielen Fällen auch für eine privatwirtschaftliche Tätigkeit. Es ist naheliegend, dass damit die Entstehung von Jungunternehmen erschwert und verlangsamt wurde.

Heute hat sich das Umfeld jedoch stark verändert: Eine sehr dynamische Zeit erfordert aktuelle Informationen innerhalb von sehr kurzer Zeit. Neben R&D steht nun nicht mehr die Geometrie im Vordergrund, sondern die Aktualität von Informationen, der Informationsgehalt, die Erfassung von Zustandsveränderung sowie die Integration von solchen Informationen mit weiteren Geodaten bis hin zur dreidimensionalen Darstellung virtueller Welten. In diesem Kontext kann die Erdbeobachtung mittels Satelliten nun ihren Stellenwert beweisen und erfolgreich privatwirtschaftlich eingesetzt werden.

### Erdbeobachtung im optischen Bereich des elektromagnetischen Spektrums

Im optischen und thermalen Bereich des elektromagnetischen Spektrums ( $0.4 \mu\text{m}$  –  $12 \mu\text{m}$ ) können einerseits direkte Aussagen aus den Erdbeobachtungsdaten über die Albedo- und Oberflächentemperaturverhältnisse gemacht werden (Bewölkung/Dunst, Schnee/Eis, Vegetation, Geologie/Tektonik, Ozeane). Andererseits ist es möglich, indirekt Informationen via Modellrechnungen herzuleiten (z.B. über Fischbestände, Biomassengehalt, Niederschläge, Bewässerung, Wasserkraftnutzung/Elektrizitätserzeugung etc.). Die gleichzeitige Messung von Reflexion und Emission in mehreren Spektralbereichen – bei der Imaging Spectrometry werden 220 Kanäle im Bereich  $0.4 \mu\text{m}$  –  $2.5 \mu\text{m}$  eingesetzt – weist gegenüber herkömmlichen Messverfahren (z.B. mittels Luftbildern) signifikante Vorteile auf: Entsprechend dem zu untersuchenden Objekt an der Erdoberfläche können die am besten geeigneten Kanäle ausgewählt werden. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Bei Vegetationsuntersuchungen spielt der Wassergehalt und der Zustand der Zellstruktur eine grundlegende Rolle. Mit einer Auswahl an Spektralkanälen im nahen ( $0.7 \mu\text{m}$ –  $1.1 \mu\text{m}$ ) und dem mittleren Infrarot ( $1.5 \mu\text{m}$  –  $3.5 \mu\text{m}$ ) kann sehr viel über den Zustand der Vegetation ausgesagt werden.

Erdbeobachtungsdaten liegen ausschliesslich als digitale Rasterdatensätze vor. Mit Bildverarbeitungssoftware wie z.B. ERDAS Imagine (ein Leica Geosystems Produkt) können alle Rasterdatensätze ausgewertet werden. Der Weg von den Rohdaten hin zu einem Produkt (z.B. einer Landnutzungskarte) weist aber eine Vielzahl von Verarbeitungsschritten auf. Es soll an dieser Stelle nur eine kurze Auflistung der grundlegendsten Prozesse vorgestellt werden.

Die Geometrie von Erdbeobachtungsdaten spielt eine grundlegende Rolle, müssen die Daten doch von einem Bildkoordinatensystem in das jeweilige Landesko-

ordinatensystem transformiert werden. Dies geschieht üblicherweise mit Passpunktpaaren aus Bild und Karte (z.T. mittels GPS erhoben), deren x- und y-Koordinaten als Parameter für die Polynomfunktion dienen. Bei Erdbeobachtungsdaten ist, analog zur Radialdeformation bei Luftbildern, eine Verzerrung mit zunehmender Distanz von der Satellitenspur vorhanden, die sich vor allem bei grösseren Höhenunterschieden bemerkbar macht. Wiederum analog zum Luftbild muss hier eine Orthokorrektur (mit Hilfe eines digitalen Höhenmodells, das z.B. aus Stereo-Erdbeobachtungsdaten oder mittels SAR-Interferometrie hergeleitet werden kann) vorgenommen werden.

Die eigentlich Extraktion von Information aus Erdbeobachtungsdaten erfolgt mittels statistischer Klassifikationsverfahren (basierend auf Stichprobendatensätzen) und vermehrt nun basierend auf Nachbarschaftsbeziehungen, mittels objektorientierter Verfahren und mittels Expert-Klassifikationsverfahren. Die Ausweitung von der Spektralanalyse einzelner Pixel hin zur Berücksichtigung von Nachbarschaftsbeziehungen (Grösse, Form, Orientierung, Muster, Textur eines Objekts) eröffnet völlig neue Perspektiven in der Auswertung von Erdbeobachtungsdaten. Bei den Expert-Klassifikationsverfahren geht es darum, das Know-how eines Experten für ein Spezialgebiet (z.B. landwirtschaftliche Nutzung im Schweizer Mittelland) in einer Wissensdatenbank abzulegen und zu organisieren. Anschliessend wird eine Hypothese aufgestellt, unter welchen Bedingungen (wie z.B. Exposition, Hangneigung, Boden-neigung etc.) ein Reflexions- oder Emissionswert einem bestimmten Objekt zugeordnet werden kann. Diese Analysemethoden sind gegenüber den traditionellen visuellen Interpretationsverfahren sehr objektiv und – wenn einmal programmiert – äusserst effizient. Die Resultate sind zudem jederzeit nachvollziehbar, auch wenn ein Wechsel im Mitarbeiter-team stattgefunden hat.

Alle Resultate können anschliessend als Karten oder Statistiken ausgedruckt oder

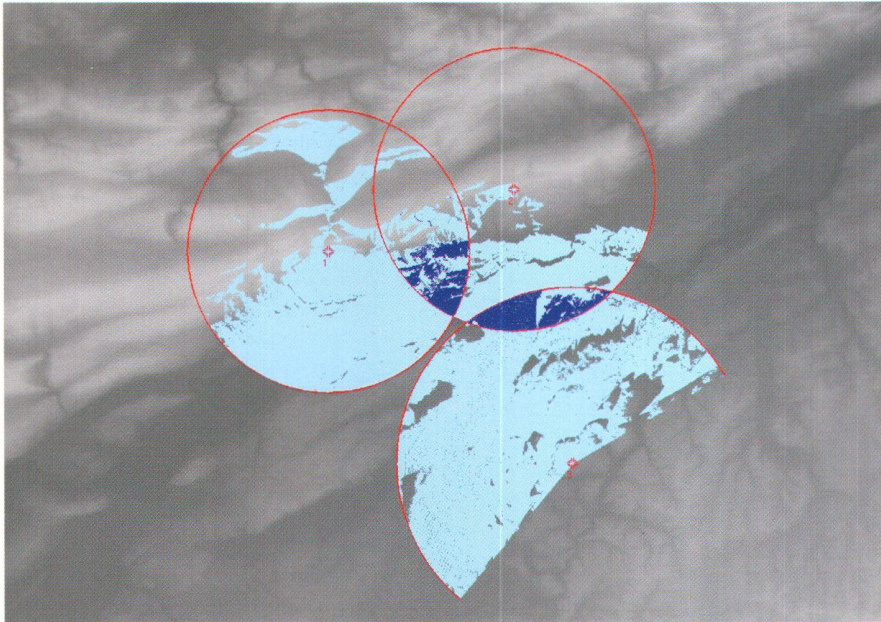


Abb. 2: Digitales Höhenmodell mit Position, Reich- und Sichtweite von Funkantennen.

in ein GIS zur weiteren Verarbeitung transferiert werden. Eine weitere Möglichkeit stellen die heutigen Möglichkeiten zur 3D-Visualisierung bis hin zum 3D-GIS dar. Erdbeobachtungsdaten, daraus hergeleitete Informationen und planerische Aspekte können – mit einem DHM überlagert – dreidimensional dargestellt werden. In Echtzeit kann sich der Bearbeiter mit dem Kunden durch die mit zusätzlichen virtuellen Objekten angereicherte virtuelle 3D-Szenen bewegen.

Grundlegender Gedanke bei diesen Auswertemethoden ist die vollständige Integration sämtlicher Geodaten und deren Analysetools (digitale Bildverarbeitung und Photogrammetrie, GIS und Datenbankmanagementsystemen sowie physikalisch-mathematische Modelle, GPS), ohne dass sich der Bearbeiter über das Zusammenspiel der verschiedenen Tools kümmern muss. Leica Geosystems als ein Beispiel bietet zusammen mit ESRI als eine der weltweit ersten Firmen solche Komplettlösungen an.

## Ausgewählte Anwendungsbeispiele in der Schweiz

Im folgenden Kapitel werden einige ausgewählte Beispiele aufgeführt, die den

praktischen Nutzen von Erdbeobachtungsdaten aufzeigen sollen. Da die Beispiele nicht abschliessend sind, soll darauf hingewiesen werden, dass im gesamten Bereich der Planung, Land- und Forstwirtschaft, Umweltüberwachung, humanitären Hilfe, bei friedenssichernden und -erhaltenden Massnahmen, bei Entwick-

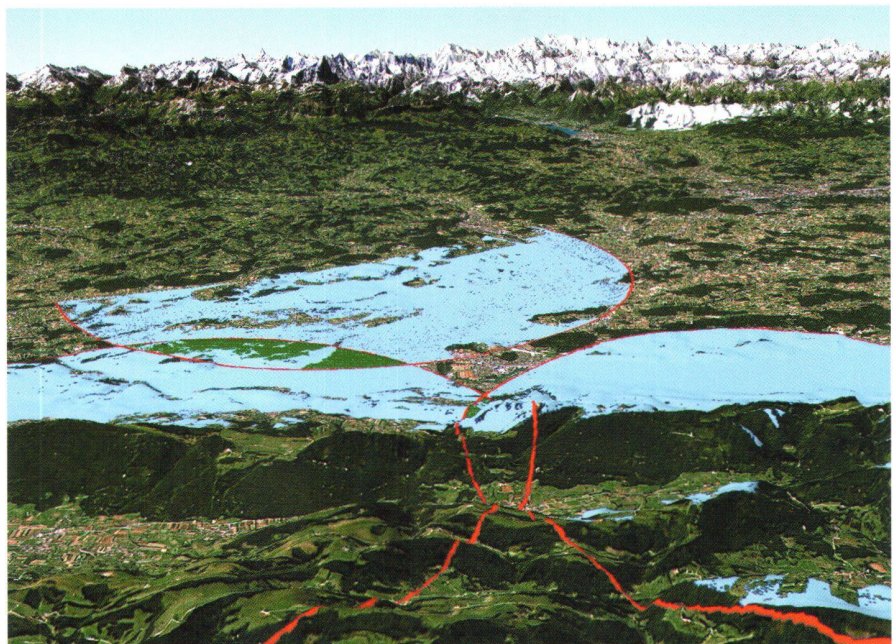


Abb. 3: Satellitenbasierte 3D-Darstellung der Position, Reich- und Sichtweite von Funkantennen.

lungsprojekten etc. Erdbeobachtungsdaten weltweit erfolgreich eingesetzt werden.

### Telekommunikation: Funknetzplanung

Für die Planung der Telekommunikations-Infrastruktur stellt die Bodenbedeckungskarte (oder Morphologie) eine wichtige Grundlage für die Strahlungsausbreitungsberechnungen dar. Die Ausbreitung der Strahlung wird durch Objekte an der Erdoberfläche behindert oder durch deren Oberflächenbeschaffenheit gedämpft. Satellitendaten können als wichtigste Grundlage für die Erstellung einer aktuellen, schweizweit flächendeckenden Morphologie dienen. Im vorliegenden Fall war ein mittlerer Massstab von 10 m Gittergrösse und eine Morphologie mit zehn Nutzungsklassen vorgegeben.

Als Basis für die Herleitung der Morphologie dienten Landsat-TM (acht Szenen, alle vom Sommer/Herbst 1999) und Spot-Pan Daten (27 Szenen 1988–1999). Weiter verwendete Geodaten im gewünschten Massstab waren das DHM25, Vector25 und die Pixelkarten (alle vom Bundesamt für Landestopographie) und Geostat (Bundesamt für Statistik). Ausser

dem DHM25 entsprachen diese Daten teilweise nicht dem aktuellsten Stand oder waren nicht flächendeckend für die gesamte Schweiz vorhanden.

Im Rahmen des Projekts wurden folgende Resultate hergeleitet: a) Morphologie (Bodennutzungskarte) mit einer Gittergrösse von 10 m x 10 m und zehn Nutzungsklassen, die als Basis zur Modellierung der Strahlungsausbreitung dient; b) Echtfarbenkomposit mit einer räumlichen Auflösung von 10 m x 10 m, das durch die Datenfusion von Landsat-TM und SPOT-P Daten zustande gekommen ist; c) Visualisierung der Antennenpositionierung und deren Reichweiten (Abb. 2 und 3); d) Vergleich der Modellrechnungen mit Feldmessungen.

Das Projekt konnte kundenspezifisch gestaltet und innerhalb von kurzer Zeit realisiert werden. Ein Genauigkeitsvergleich zeigte die um vieles besseren Resultate bei der Verwendung der 10-m-Morphologie. Eine Aufdatierung der bestehenden Daten auf den aktuellsten Stand ist jederzeit sehr schnell realisierbar. In einer zukünftigen Etappe (Mikrozellenplanung) werden 3D-Stadtmodelle – hergeleitet aus Stereo-Luftbildern und -Erdb Beobachtungsdaten oder Laserscanningdaten eingesetzt.

### Gemeindeinformationssystem

#### Messen

Gemeindeinformationssysteme auf vektorieller Basis sind bereits weit verbreitet und gehören heute bei grösseren Gemeinden zur Standardinfrastruktur für die Verwaltung und Aufdatierung von verschiedensten Informationsebenen wie Bauzonenpläne, Leitungskataster etc. Ein neuer Ansatz stellt der Einsatz von aktueller, flächenhafter Bildinformation dar. Bis vor kurzem wurden zwar Bilddaten (vorwiegend orthorektifizierte Luftbilder) in Informationssystemen als Hintergrundinformation hinterlagert. Mit den hochauflösenden, multispektralen Erdbbeobachtungsdaten können nun flächenhafte (z.T. für das Auge nicht sichtbare) Informationen (Landnutzung, Land- und Forstwirtschaft, Bodenzustand etc.) aus diesen Daten extrahiert und in das Infor-

mationssystem eingebaut werden. Unter zusätzlicher Verwendung von digitalen Höhenmodellen ist auch die Visualisierung verschiedenster (Planungs-) Situationen einfach möglich.

Im Rahmen der Ortsplanung der Einwohnergemeinde Messen (Kanton Solothurn) wurde in Zusammenarbeit mit dem beauftragten Planungsbüro eine digitale Planungsgrundlage in Form eines Informationssystems aufgebaut (siehe VPK 5/99). Neben dem eigentlichen Verwendungszweck für die Ortsplanung wurden zur Visualisierung und Informationserweiterung neben digitalen Orthophotos auch Satellitendaten (Landsat-TM, SPOT, IKONOS) eingesetzt. Die erst vor kurzem miteinbezogenen IKONOS-Daten wurden unter anderem auch zur Dokumentation von Lotharsturmschäden eingesetzt. Des Weiteren wurden auch aktuelle und historische Bilddaten integriert. Darauf aufbauend konnte eine Dokumentation der Landschaft und des Siedlungsgebiets während der letzten sieben Jahre realisiert werden (historische Bilddaten und Pläne, Unterlagen der Denkmalpflege, Naturinventar). Damit lassen sich die Veränderung der Natur- und Kulturlandschaft mit modernsten Mitteln aufzeigen und naturnah visualisieren beziehungsweise virtuelle Zukunftsperspektiven modellieren.

#### Landnutzung Grosses Moos

Im Rahmen von BUWAL-Untersuchungen zur Stickstoffbilanz der bodennahen Atmosphäre im Gebiet des bernischen Seelandes musste die Landnutzung auf möglichst aktueller Basis erhoben werden. Basierend auf Satellitendaten (Landsat-TM), einem digitalen Höhenmodell, der Pixelkarte sowie der Arealstatistik konnte eine genaue Landnutzungskarte hergeleitet werden. Um möglichst viele Landnutzungstypen bestimmen zu können war es notwendig, eine Zeitreihe von Satellitendaten im Verlaufe einer Vegetationsperiode zu verwenden. Mit einer einzigen Aufnahme wäre die Unterscheidung verschiedener Landnutzungstypen nicht möglich, da sich die verschiedenen Objekte je nach Stand der Vegetation nicht

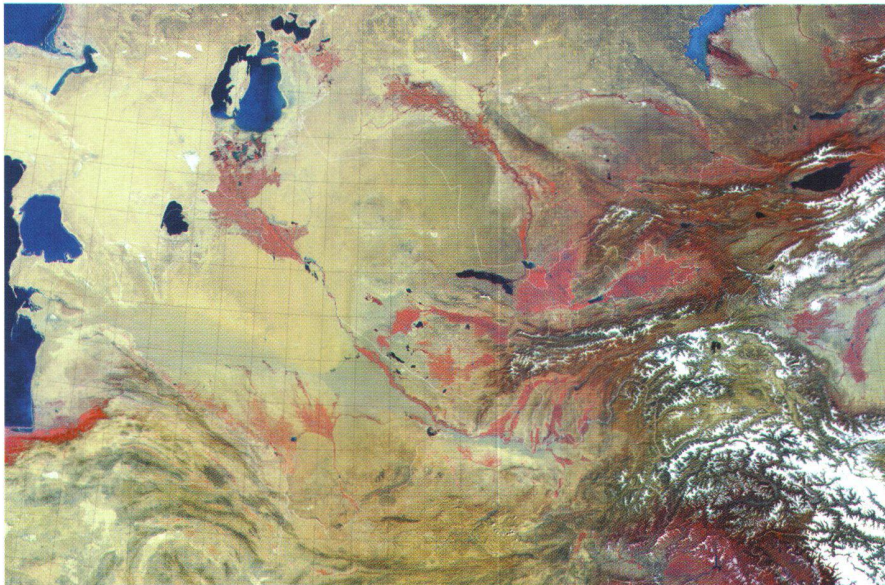
unterschieden lassen. Ein Beispiel soll dies verdeutlichen: Im Frühjahr (Ende April, Anfangs Mai) sind fast alle landwirtschaftlichen Kulturen in einem Anfangsstadium und erscheinen für den Betrachter einheitlich «grün». Erst im Verlaufe des Mai beginnt sich Raps von allen anderen Typen deutlich abzuheben (gelbe Blüten). Damit ist Raps spektral von allen Objekten deutlich unterscheidbar. Auf gleiche Art und Weise verändert sich das Spektralverhalten je nach Reifegrad der Kulturen. Mit der integrativen Analyse von fünf Satellitenaufnahmen, des digitalen Höhenmodells, der Pixelkarte sowie der Arealstatistik war es möglich, 35 Nutzungsarten zu erfassen; nur acht davon wurden ohne Satellitendaten bestimmt.

Mit diesem Beispiel konnte der praktische Nutzen von Satellitendaten in der Landwirtschaft im Bereich des Umweltmonitoring gezeigt werden. Des Weiteren lässt sich aber auch folgern, dass die landwirtschaftliche Produktion (und damit Direktzahlungen) mit Satellitendaten kontrollieren lässt, wie dies bei der EU seit einiger Zeit operationell unternommen wird.

#### Ausgewählte Anwendungsbeispiele der Schweizer Entwicklungshilfe

Am Geographischen Institut der Universität Bern läuft ein Projekt in Eritrea zur Erstellung eines Zensus für 19 Kommunen und Städte basierend auf IKONOS-Daten. Da die Datengrundlage äusserst dürftig ist und viele Gebiete sehr abgelegen sind, werden hochauflösende Satellitendaten zur Erkennung und Zählung von Häusern und Hütten eingesetzt. Aus der Anzahl Gebäuden kann anschliessend mittels spezieller Methoden auf die Anzahl Bewohner geschlossen werden.

In einem von der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) unterstützten Projekt in Kenya wurde am Geographischen Institut der Universität Bern unter anderem die Landnutzung als Basis für hydrologische Untersuchungen mittels Satellitendaten bestimmt. Das Untersuchungsgebiet befindet sich am oberen Ewaso Ng'iro (Laikipia District, Kenia), an der West- und Nordseite des Mount Kenya und weist einen Höhenun-



**Abb. 4:** Satellitenmosaik von Zentralasien in Falschfarben (SPOT-Vegetation): Deutlich zu sehen sind die Schneebedeckung und die bewässerten Gebiete entlang der Flüsse.

terschied zwischen 1800 m und 5200 m ü.M. auf, was besondere Anforderungen an die Analysetechniken stellte. Die resultierenden Karten ergaben ein Inventar der Landnutzung für das ganze Untersuchungsgebiet (8500 km<sup>2</sup>) – wegen der Grösse, ohne Satellitendaten ein aussichtsloses Unterfangen. Mit den Auswertungen konnten zudem Tendenzen einer langsamen Veränderung der Landnutzung infolge veränderter Umweltbedingungen und daraus resultierender Migration und folglich einer stark wachsenden Bevölkerung im untersuchten Gebiet gezeigt werden.

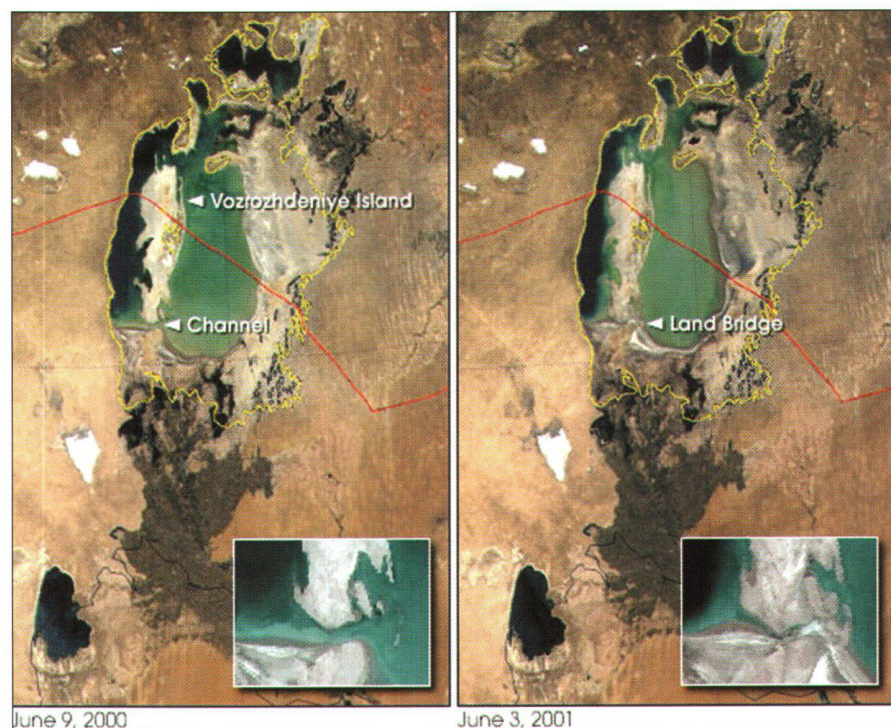
Die Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) und das Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) sind – z.T. im Rahmen der Weltbank und des IMF – am wirtschaftlichen Wiederaufbau der fünf zentralasiatischen Länder (Kasachstan, Kirgistan, Tadschikistan, Turkmenistan und Usbekistan), beteiligt. Der Grund für Investitionen im Bereich der Hydro-Meteorologie liegt in der Bedeutung der Ressource Wasser (Abb. 4 und 5): Das Wasser, das in diesem semiariden Raum für die Bewässerung und Elektrizitätsgewinnung benötigt wird, stammt wie im Alpenraum zum vorwiegenden Teil aus der Schneeschmelze. Ein Teilprojekt baut

aus diesem Grund eine Prozessierungskette für die operationelle Schneeschmelz-Abflussprognosen auf. Diese beinhaltet den Aufbau der digitalen Bildverarbeitung für die Analyse von Satellitendaten, von geographischen In-

formationssystemen sowie von Datenbank-Managementsystemen und hydrologischen Vorhersagemodellen. Mit den aus den Satellitendaten hergeleiteten Zeitreihen von Schneekarten und hydro-meteorologischen Daten können Kurz- und Langfristprognosen der anfallenden Schmelzwassermengen berechnet werden. Die rechtzeitige Vorhersage ist für die verantwortlichen Institutionen (Water Management Authorities) für eine effiziente Verteilung und Zuteilung von Wasser, aber auch für die Elektrizitätswerke zur Manipulation der Stauseen von grundlegender Bedeutung.

## Ausblick

Im Rahmen des Earth Observation Systems (EOS) und der «Mission to Planet Earth» der NASA soll ein Netz verschiedenster Beobachtungsplattformen entstehen. Neben der Internationalen Weltraumstation «Alpha» – an der inzwischen mehrere raumfahrende Nationen und Institutionen beteiligt sind (NASA, ESA, Russland, Kanada, Japan) – werden neue Sensoren zur Erdbeobachtung gebaut



**Abb. 5:** Austrocknen des Aralsees als Folge exzessiver Bewässerung (MODIS-Aufnahme).

werden (z.B. auf TERRA). Auch Europa ist an der Entwicklung neuer Satellitenplattformen und Sensoren: Zum einen ist am 1. März dieses Jahres die europäische polare Plattform ENVISAT – der grösste je von Europa gebaute Satellit – gestartet worden. Zum anderen wird METOP gebaut, ein Satellit der vorwiegend mit operationellen, meteorologischen Sensoren bestückt sein wird. Des Weiteren werden in Kürze die schon etwas in die Jahre gekommenen europäischen Meteosat-Satelliten durch die Meteosat-Second Generation (MSG) ersetzt werden. Für die Erdbeobachtung, insbesondere die Umweltüberwachung und -diagnostik von Interesse wird der auf ENVISAT installierte MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) und der amerikanische MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) auf TERRA sein, die vor allem im Bereich der spektralen Auflösung Fortschritte bringen werden.

Die Imaging Spectrometry Sensoren werden eine grundlegende Neuorientierung in der Verarbeitung der Daten mit sich bringen – diese Sensoren weisen 20–230 Spektralkanäle und damit eine unglaubliche Datenmenge auf, was ein Überdenken der heutigen Auswertemethoden erforderlich macht.

Aber auch im Bereich der höchsten räumlichen Auflösung sind grundlegende Veränderungen im Gange: Am 4. Mai startet SPOT-5 mit einer 2.5 m (panchromatisch) und 10 m (multispektral) Auflösung mittels einer europäischen Ariane-4 Rakete vom Guiana Space Center. Ausserdem sind weitere Systeme wie IKONOS, EROS und QuickBird im 60-cm- bis 1-m-Bereich geplant. Satellitenaufnahmen können damit fast jederzeit für beliebige Gebiete der Erde aufgenommen werden. Im optischen Bereich liegt die Begrenzung dann nur noch bei den Wetterverhältnissen (was auch für Flugauf-

nahmen zutrifft). In Kombination mit Radar-daten, die in naher Zukunft ebenfalls sehr hohe Auflösungsvermögen aufweisen werden, kann auch dieses Problem stark eingegrenzt werden.

Ein weiterer, faszinierender Schritt stellt auch der Übergang vom konventionellen Luftbild zur digitalen Luftbildmesskamern (z.B. die ADS40 von Leica Geosystems/LH Systems) dar. Diese sind mit Sensorarrays bestückt (12 000 Sensoren pro Zeile), wie sie von Satelliten bekannt sind, und weisen ebenfalls mehrere Spektralbereiche auf, und können somit analog zu den oben beschriebenen Verfahren ausgewertet werden.

PD Dr. Michael F. Baumgartner  
Geschäftsführer MFB-GeoConsulting GmbH  
Hauptstrasse 17  
CH-3254 Messen  
contact@mfb-geo.ch

### 100 Jahre Geomatik Schweiz - Eine Erfolgsgeschichte... ...auch dank entscheidender Innovation von Trimble

Die echten Vorreiter in der Entwicklung von neuen Technologien im Vermessungsbereich sind jetzt bei Trimble vereinigt. Hier nur einige wenige entscheidende Neuheiten von Trimble, Spectra Precision und Zeiss, welche zur Erleichterung und Effizienzsteigerung der Vermessungsarbeiten beigetragen haben.

1947	Weltweit erstes elektro-optisches Entfernungsmesssystem (EDM)	1984	Weltweit erstes kommerzielles GPS-Produkt
1950	Weltweit erstes automatisches Nivellier	1986	Weltweit erste programmierbare Totalstation
1969	Weltweit erster Rotationslaser	1990	Weltweit erste Totalstation mit Fernsteuerungsfunktion
1971	Weltweit erste Totalstation	1993	Weltweit erstes Echtzeit-Kinematik (RTK)-GPS-System
1972	Weltweit erster Datenspeicher für Totalstationen	1995	Weltweit erster GPS-Empfänger zur Maschinensteuerung
1978	Weltweit erster EDM mit automatischer Reduktion auf Horizontalabstände	2000	Weltweit erste reflektorlose Totalstation mit einer Reichweite über 200m (Kodak grau)
1981	Weltweit erste integrierte optische Absteckhilfe (Tracklight)	2000	Weltweit erster Echtzeit-Absteckungslaser (Laserstation)

Wir bleiben dran...



allnav • Obstgartenstrasse 7 • 8035 Zürich • Tel. 043 255 20 20  
allnav@allnav.com • www.allnav.com  
Baden-Württemberg: 71522 Backnang • Tel. 07191 734 411

