Bild: fotolia_peshkov

Satelliten können nur eine begrenzte Datenmenge an Bord speichern. Daher senden Sie so oft es geht zu den verschiedenen Empfangsstationen, die über die Erde verteilt sind.

Ein genauer Blick von oben

Mittlerweile ist es schon etwa 30 Jahre her, dass mit dem Spot-Satellitensystem sehr hoch aufgelöste Satellitendaten zur allgemeinen Verwendung aus dem All zur Erde geschickt wurden. Und bereits 2001 wurde mit Quickbird-2 der erste Satellit gestartet, der außerhalb des militärischen Bereichs Daten in Dezimetergenauigkeit zur Verfügung stellt.

Autorin: **Dr. Annemarie Müller**

Der Vorteil an diesen räumlich sehr genauen Daten ist, dass eben sehr viele Details erkennbar sind und völlig neue Anwendungsgebiete erschlossen werden können. Der Nachteil ist, dass oft nur kleine Ausschnitte der Erdoberfläche auf einem Bild abgebildet werden können und die Wiederkehrdauer etwas länger als beispielsweise bei Wettersatelliten ist. Zudem sinkt mit steigender geometrischer Genauigkeit die radiometrische Auflösung – also der Inhalt an spektralen Informationen. Hoch und sehr hoch aufgelöste Daten stellten auch neue Anforderungen an die Auswertung der Satellitenbilder. So kam es beispielsweise zur Einführung objektbasierter Bildanalyseverfahren, welche eine sehr wertvolle Ergänzung zur traditionellen pixelbasierten Auswertung und mittlerweile eine sehr gut etablierte Methode darstellen.

Heute gibt es eine bunte Mischung aus aktiven und passiven Sensoren, die unsere Erde permanent im Auge haben. Neben den bereits genannten Satelliten(systemen) gibt es aus dem europäischen Raum beispielsweise noch die Sentinel-Mission oder TerraSAR-X und TanDEM-X, die deutschen Radarsensoren. Ein weiterer deutscher Beitrag am Satellitenhimmel ist der im optischen Bereich aufnehmende RapidEye. Nicht ganz so hoch aufgelöst, aber dafür hyperspektral, ist die deutsche EnMAP-Mission.

Die ersten Satelliten haben ihre Operationszeit bereits beendet oder werden schrittweise abgelöst: Das bereits erwähnte Spot-System wird nun zum einen durch Proba-V (für globales Vegetations-Monitoring) und zum anderen durch das höher auflösende System Pléiades ersetzt, alles aus französischer Hand.

Aktive Sensoren

Satelliten und deren Sensoren sind dazu ausgelegt, permanent Aufnahmen zu machen. Dabei unterscheidet man zwei Grundformen: aktive und passive Sensoren. Die

aktiven Sensoren senden die ganze Zeit Mikrowellen aus und messen, welcher Anteil der emittierten Strahlung zurück zum Sensor kommt. Der Vorteil dieser Radarsensoren ist, dass sie von Wetter und Lichtverhältnissen unabhängig funktionieren, die Wellen auch durch Vegetation und unter die Erdoberfläche dringen und man durch stereoskopische Aufnahmen (also der Blick auf ein Objekt aus zwei verschiedenen Winkeln) gut flächendeckende Geländemodelle ableiten kann. Der Nachteil ist, dass die Auswertung komplexer ist – und in diesem Artikel daher auch nicht detaillierter beleuchtet wird. Radaraufnahmen enthalten Informationen über Reflexionswerte und Laufzeiten und mehrere daraus resultierende Fehlerquellen müssen bei der Auswertung herausgerechnet werden. Zudem gibt es Radardaten zunächst nur als Graustufenbilder, die nicht mit allgemein bekannten Luft- oder Satellitenbildern zu vergleichen sind, so dass eine rein visuelle Auswertung ohne ein tieferes Verständnis des Aufnahmevorgangs sehr schwierig ist. Beispiele für aktive Sensoren sind TerraSAR-X und TanDEM-X, die sehr hoch aufgelöste Radarbilder senden.

Bodenauflösung von Satelliten

EnMAP: 30 m [1]
Gaofen-2: 0,8 m [2]
GeoEye-1: 0,41 m [2]
Ikonos: 0,81 m [2]
Kompsat 3/3A: 0,7 m/0,55 m [2]
Pléiades-1A/1B: 0,5 m [2]
Quickbird: 0,61 m [2]
RapidEye: 5 m [2]
Sentinel: ab 10 m [3]
SkySat-1/2: 0,9 m [2]
Spot-6/Spot-7: 1,5 m [2]
TanDEM-X: 12 m (für ein weltweites Geländemodell) [4]
TerraSAR-X: 0,25 m – 40 m [5]
TH-01: 2 m [2]
TripleSat: 0,8 m [2]
WorldView-1-4: 0,31 m – 0,46 m [2]

Passive Sensoren

Die meisten hochauflösenden Sensoren sind passive Sensoren, die ausschließlich die Reflexionswerte der Erdoberfläche aufzeichnen. Falls aus Sicht des Satelliten vor der Erde noch eine Wolke kommt, so wird die aufgezeichnet. Der Unterschied zu den aktiven Sensoren ist deutlich: sie funktionieren nur bei Helligkeit und klarem Himmel, sind aber auch so eingestellt, dass sie jeden Punkt der Erde bei Tageslicht überfliegen. Die Bilder sind gängigen Luftaufnahmen zumindest in der Struktur recht ähnlich, variieren jedoch in der Farbgebung. Ein Sensor nimmt die Erdoberfläche in bestimmten Wellenlängenbereichen auf. Dazu gehört in der Regel zunächst der sichtbare Bereich. Meist wird das durch Infrarotaufnahmen ergänzt, die für Vegetationsanalysen unerlässlich sind. Werden sehr viele verschiedene Wellenlängenbereiche aufgenommen, so spricht man von hyperspektralen Daten. Für jeden spektralen Bereich wird ein Graustufenbild ausgegeben. Beispiele für passive Sensoren sind jene auf den Satelliten Spot, Quickbird, EnMAP, Sentinel, Pléiades, RapidEye, IRS-P6 und viele weitere.

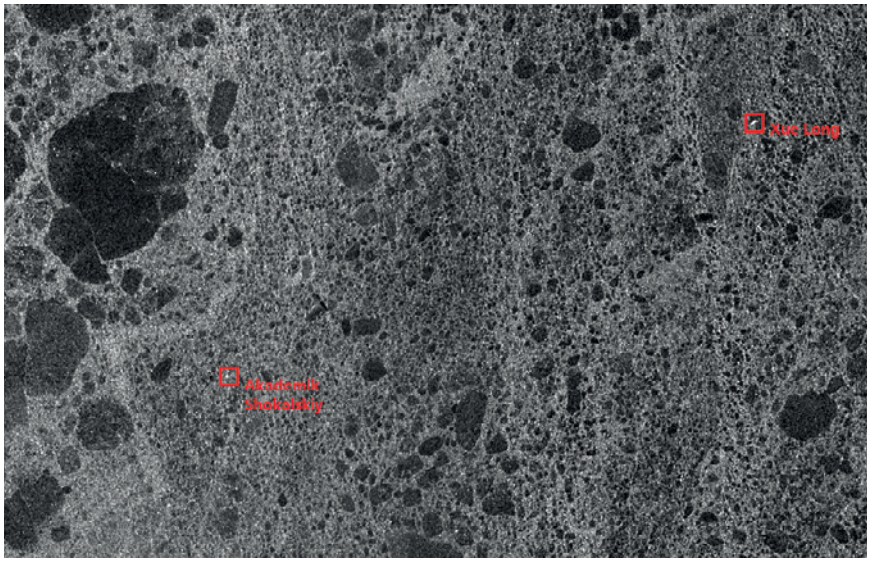

Bild: DLR

Mit Radarbildern können Aufnahmen auch bei schlechten Wetterverhältnissen gemacht werden, da die Radiowellen die Wolken durchdringen. Auf dem Terra-SAR-X-Bild sieht man die unterschiedlichen Eisdicken und die Position eines im Eis eingeschlossenen Forschungsschiffs unten links

Bildauswertung passiver Bilder

Bei der Bildauswertung werden die verschiedenen Kanäle, zum Beispiel Rot, Grün und Infrarot, zu einem Bild zusammengefügt. Ähnlich wie beim Fernseher in alten Zeiten ergibt sich durch die Anwendung des RGB-Farbschemas ein farbiges Bild. Von diesem Bild wird entweder jedes einzelne Pixel ausgewertet (pixelbasierte Auswertung) oder man führt ähnliche Pixel über spezielle Algorithmen zu homogenen Objekten zusammen und wertet diese dann als Einheit aus (objektorientierte Verfahren). In jedem Fall schaut man, welche spektralen Informationen in einem Pixel oder Objekt enthalten sind. Es gibt inzwischen zahlreiche Bibliotheken spektraler Signaturen von den verschiedensten Oberflächenformen. Über vorgegebene oder selbst definierte Klassifikationsalgorithmen wird dann Pixel für Pixel oder Objekt für Objekt einer Landnutzung oder Landbedeckung zugewiesen.

Anwendungsfelder aktiver Sensoren

Radardaten eignen sich sehr gut, um Oberflächenformen und -veränderungen (durch Interferometrie), Bodenfeuchte, Vegetationsmassen oder Gebiete bei schlechten Sichtverhältnissen aufzunehmen. Nach einem Erdbeben beispielsweise können Verschiebungen, Klüfte, Erdrutsche oder Ähnliches mit einer Genauigkeit

im Zentimeterbereich aufgenommen werden. Ein weiteres Beispiel ist die Lokalisierung und Ausweisung eines Rettungswegs für ein im Eis eingeschlossenes Forschungsschiff in der Arktis. Trotz sehr schlechter Wetterverhältnisse ließ sich das Schiff auf TerraSAR-X-Aufnahmen lokalisieren und die Beschaffenheit der umgebenden Eismassen konnte so analysiert werden, dass eine Rettung möglich wurde.

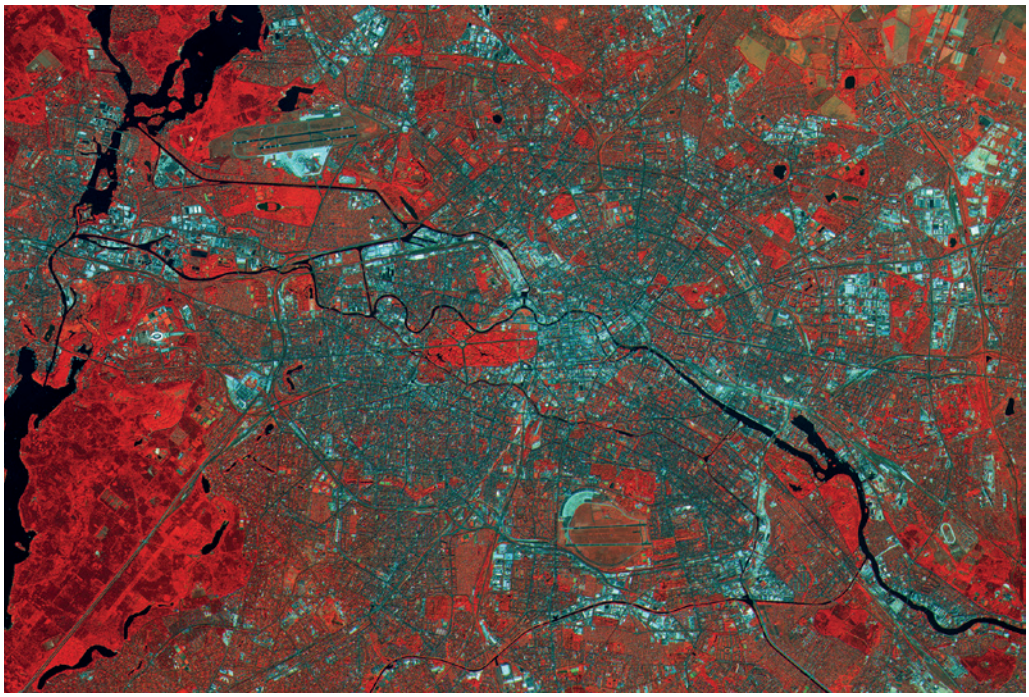

Bild: Copernicus Sentinel data (2015)/ESA

Ein Blick auf Berlin. Unter Verwendung des Infrarot-Kanals entstehen Falschfarbenbilder, in denen die Vegetation sehr gut sichtbar gemacht werden kann. Je intensiver der Rotton im Bild ist, desto höher ist der Chlorophyllgehalt im entsprechenden Pixel. Hellblaue bis weiße Pixel enthalten nur minimale Anteile an Vegetation.

Anwendungsgebiete passiver Sensoren

Bilder aus dem sichtbaren und infraroten Bereich werden für eine Vielzahl von Analysen verwendet. Eine Übersicht kann kaum vollständig gegeben werden, aber einige Beispiele sollen eine Vorstellung für die große Bandbreite geben:

- Kartierung von Vegetationsflächen vom urbanen Raum bis hin zu schwer zugänglichen ursprünglichen Wäldern, z. B. auch zur CO_2-Bilanzierung (letzteres auch mit Radaraufnahmen).
- Beurteilung von Pflanzenzustand (z. B. Erkennen von Krankheiten, Trockenheit), Pflanzenarten und Wachstumsstadien in der Land- und Forstwirtschaft oder Umweltschutz, Kartierung von Abholzungsgebieten.
- Kartierung von Siedlungsgebieten, z. B. in Entwicklungsländern mit illegalen Siedlungen, zur Abschätzung von soziodemographischen Strukturen, Bilanzierung von Wanderungsbewegungen, Bestimmung des Versiegelungsgrads oder auch zur Erkennung von innerstädtischen Wärmeinseln (z. B. auch durch Verwendung von Thermaldaten).
- Kartierung von Grün- und Wasserflächen zur Abschätzung von Ökosystemleistungen und klimarelevanten Parametern, Naturraumpotenzialen, zur Landschaftsbewertung, Identifizierung von Habitaten, Schutzflächen und Erholungsgebieten.
- Soforthilfe nach Extremereignissen wie Überflutungen, Erdrutschen, Vulkanausbrüchen, industriellen Großunfällen, Tsunamis, Schneestürmen oder tropischen Stürmen (Beschreibung der Gefahrenzone, Identifizierung von Rettungswegen, Kartierung betroffener Siedlungen). Das DLR ist auch Mitglied der Internationalen Charta für Weltraum und Naturkatastrophen [7] und stellt im Katastrophenfall aktuelle Aufnahmen bereit.
- Veränderungen von Gletschern, Wasserständen, Küstenlinien oder Trockengebieten zur kontinuierlichen Beurteilung von Umweltveränderungen.
- Militärische Anwendungen, wie z. B. die Kartierung von sensibler Infrastruktur, Planung von Einsätzen, Lageerkundung.

Die Anwendungsfelder sind breit und reichen sogar bis in den archäologischen und kulturhistorischen Bereich oder in die Lagerstättenerkundung. Je mehr Geodaten gesammelt und bereitgestellt werden, desto zuverlässiger ist auch die Auswertung von Satellitenbildern, die je nach Landschaftstyp und Heterogenität des Gebiets etwa zwischen 70 % und 95 % liegt. In vielen Auswertungsverfahren können neben spektralen Eigenschaften auch Oberflächengeometrien, GIS- und Laserscanningdaten sowie digitale Geländemodelle in die Auswertung einbezogen werden und führen so zu weiterer Präzision.

Quellen:

[1] www.enmap.org
[2] www.satimagingcorp.com/satellite-sensors
[3] de.wikipedia.org/wiki/Sentinel-2
[4] www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10378/566_read-426/#/gallery/345
[5] www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/terrasar-x-radar-satellite
[6] www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10081/151_read-9173/year-all/#/gallery/13382
[7] de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Charta_f%C3%BCr_Weltraum_und_Naturkatastrophen

In der gis.Business 3/2017 werden in Ergänzung zu diesem Überblicksbeitrag die Themen Copernicus und Sentinel-Mission umfassend behandelt.