

## Geo-Informationen in neuer Dimension

***Hochaufgelöste Aufnahmen sind aus der heutigen kommerziellen satellitengestützten Fernerkundung nicht mehr wegzudenken. Schnelle Datenverfügbarkeit ist dagegen noch immer nicht selbstverständlich. Der Geoinformationsdienstleister RapidEye hat das erkannt und ein Satellitensystem entwickelt das neben guter Bildauflösung tägliche Datenverfügbarkeit garantiert. Mit einer Auflösung von 6.5 m und einer Wiederholrate von nur einem Tag kann man das RapidEye System durchaus als Datenquelle der Zukunft bezeichnen, die neuartige Lösungsansätze nicht nur für vegetative Anwendungen bietet.***

Die Entwicklung der satellitengestützten Fernerkundung in den letzten Jahren war gekennzeichnet durch den Einsatz neuer Sensorsysteme mit immer höheren Bodenauflösungen, die gegenwärtig bereits deutlich die Marke von einem Meter unterschritten haben. Diese bereits überwiegend kommerziell betriebenen Satelliten liefern damit Bilddaten, die in traditionelle Anwendungsbereiche der flugzeuggestützten Luftbilderfassung vordringen.

Trotz dieser technologischen Erfolge auf dem Gebiet der Bildauflösung stößt die Nutzung von satellitengestützten Fernerkundungstechnologien für eine ganze Reihe von potentiellen Anwendungsgebieten immer noch an systembedingte Grenzen. Dies kann insbesondere überall dort beobachtet werden, wo Bilddaten zu einem bestimmten Zeitpunkt, mit einer sehr hohen zeitlichen Wiederholrate oder mit einer hohen Aufnahmegarantie gewonnen werden müssen.

Eine hohe Wiederholrate wird dabei insbesondere für viele Anwendungen in der Land- und Forstwirtschaft, für Monitoringanwendungen, bei ökologischen Fragestellungen, aber auch für detaillierte Landnutzungserfassungen benötigt, um Multi-temporale Auswertungen auf der Grundlage von Vegetationswachstumsmodellen zu liefern.

Eine weitgehende Garantie für die Datenbereitstellung verlangen insbesondere alle Aufgaben, die im Zusammenhang mit zeitkritischen Anwendungen, mit der Erfüllung gesetzlicher und normativer Pflichten sowie mit Aufgaben im Katastrophen - und Gefahrenschutz verbunden sind. Da die Aufnahmemöglichkeiten für optisch/infrarote Satellitensensoren durch die Wolkenbedeckung bestimmt werden, kann man auch hier nur durch eine höhere Aufnahme-frequenz die Chancen auf eine wolkenfreie Aufnahme steigern.

Es zeigt sich somit immer deutlicher, dass gegenwärtig der zeitliche Aspekt bei der Datengewinnung und die damit verbundene Sicherheit bzw. Wahrscheinlichkeit der Bildaufnahme in

einem definierten Zeitintervall für die Akzeptanz und Nutzung von Fernerkundungsmethoden eine große Bedeutung gewinnt.

## Das RapidEye Satellitensystem

Aus den in der Einleitung dargelegten Überlegungen heraus entstand das RapidEye-Konzept für ein neues innovatives Fernerkundungssystem. Kernpunkt dessen war die Forderung nach einer hohen geometrischen Auflösung in Kombination mit einer sehr hohen zeitlichen Wiederholrate bei gleichzeitiger, möglichst großer täglicher Flächenabdeckung. Prinzipiell sollte die Möglichkeit bestehen, jeden Punkt der Erdoberfläche täglich durch einen der Rapid Eye Satellitensensoren mit einer Bodenauflösung von 6-7m zu erreichen und gleichzeitig eine ausreichende Gesamtkapazität des Systems für eine wöchentliche bzw. mindestens 14-tägliche Wiederholung der Bildaufnahme über große zusammenhängende Gebiete zu zielen.

*Abb. 1: Die Kostellation der 5 RapidEye Satelliten*

Konzeptionelle Studien haben gezeigt, dass ein solches System mit insgesamt 5 in einer nahezu polaren Umlaufbahn stationierten Satelliten realisierbar ist (Abb. 1). Alle 5 Satelliten fliegen in 622 km Höhe auf einer identischen Umlaufbahn einem mit  $72^\circ$  Winkelabstand. Die Inklination der Bahn beträgt  $97^\circ$ . Die lokale Überflugzeit am Äquator liegt bei ca. 11:00 Uhr mit jahreszeitlich bedingten Änderungen von ca.  $\pm 30$  min. Auf Grund der Erdrotation beträgt der Abstand der Nadirpunkte zweier aufeinander folgender Satelliten in Ost-West – Richtung am Äquator ca. 540 km. Pro Tag (24 Stunden) absolviert jeder der 5 Satelliten 15 Erdumkreisungen.

Mc Donald Dettwiler & Associates (MDA) koordiniert als Generalunternehmen sowohl den Bau der Satelliten als auch des Bodensegments. Die Entwicklung und Fertigstellung der Satelliten wurde an die britische Firma Surrey Satellite Technology (SSTL) übertragen, während die Entwicklung und Herstellung der digitalen Multispektralkamera MSI bei Jena Optronic in Thüringen erfolgt. Jeder der 5 Satelliten ist mit einer identischen digitalen Kamera, dem Multi-Spectral Imager (MSI), ausgerüstet (Abb. 2). Diese Kameras arbeiten nach dem Prinzip eines multispektralen Pushbroom-Scanners mit 5 Sensorzeilen, die jeweils 12.000 CCD-Elemente enthalten. Jede Sensorzeile nimmt dabei die Strahlungsinformationen in einem festgelegten Spektralkanal auf, von denen drei im optischen Bereich (blau – grün – rot) und zwei im nahen Infrarot (Red Edge, NIR) liegen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Spektralkanäle und der entsprechenden Wellenlängen.

Tabelle 1: Spektralkanäle des MSI

Kanal	Wellenlänge (nm)
1	440 - 510
2	520 - 590
3	630 - 685
4	690 - 730
5	760 - 850

Abb. 2: Technologie der RapidEye Satelliten

Die Optik des MSI ist so ausgelegt, dass ein 77,25 km breiter Bildstreifen entsteht. Damit ergibt sich eine nominale Bodenauflösung (Ground Sampling Distance) von 6,5 m. Der im Satelliten integrierte Bilddatenspeicher hat eine Kapazität von ca. 1.500 km Bildstreifenlänge bei Aufnahme aller 5 Spektralbänder. Somit können pro Orbit ca. 115.875 km<sup>2</sup> der Erdoberfläche in voller Auflösung unkomprimiert aufgenommen werden. Für alle 5 Satelliten zusammen ergibt sich damit bei 15 Orbits pro Tag, von denen etwa 10 über Landoberflächen verlaufen, eine tägliche Aufnahmekapazität zwischen 4 und 6 Millionen Quadratkilometer. Diese Fläche lässt sich nochmals fast verdoppeln, wenn die Anzahl der aufgenommenen Spektralkanäle reduziert oder die radiometrische bzw. geometrische Auflösung verringert wird. Diese Optionen können vom Boden aus gesteuert werden.

Zusätzlich verfügen alle Satelliten über ein System zur Lageveränderung, mit dem sich die Blickrichtung der Kamera quer zur Flugrichtung verändern lässt. Durch diese Eigenschaft erhöht sich die Flexibilität des Satellitensystems beträchtlich, denn es ergibt sich daraus die Möglichkeit, jeden Punkt der Erdoberfläche täglich mit einem der Satelliten zu erreichen bzw. aufzunehmen. Insbesondere für Gebiete mit einer hohen Bewölkungswahrscheinlichkeit kann so die Chance zur Gewinnung einer wolkenfreien Aufnahme drastisch erhöht werden, da jede mögliche Wolkenlücke an einem beliebigen Tag zur Überflugzeit genutzt werden kann. Dazu wird bei der täglich zweimal erfolgenden Programmierung der Satelliten eine aktuelle Wolkenprognose einbezogen.

Mit der damit verfügbaren Aufnahmekapazität in Verbindung mit der Möglichkeit, die Satelliten zu schwenken und damit die Aufnahmerichtung in festgelegten Grenzen zu variieren, können große Gebiete der Erdoberfläche in wenigen Tagen komplett abgedeckt werden. Abbildung 3 zeigt als Beispiel die Komplettabdeckung mit Fernerkundungsdaten für ein großes Gebiet in Osteuropa durch RapidEye – Satelliten innerhalb weniger Tage.

*Abb. 3: Komplettabdeckung eines großen zusammenhängenden Gebietes durch RapidEye Satellitenaufnahmen (Nadir)*

Die RapidEye AG hat ihren Sitz in Brandenburg an der Havel und betreibt von dort aus das RapidEye Satellitensystem. Vor Ort befinden sich die Anlagen für die operationelle Steuerung und Programmierung der Satelliten einschließlich der dafür benötigten S-Band Antenne. Diese besteht aus einem Parabolspiegel mit 3 m Durchmesser, der auf dem Dach des Hauptgebäudes installiert ist. Hier befinden sich auch das Bodensegment zur Verarbeitung und Auswertung der Bilddaten sowie das Zentrum für Forschung und Produktentwicklung. Die Übertragung der Bilddaten nach Brandenburg zum RapidEye Hauptquartier erfolgt in kürzester Zeit über elektronische Datenübertragungswege, so dass die Bearbeitung der aufgenommenen Bilder nahezu in Echtzeit erfolgen kann.

## **Dienstleistungen**

RapidEyes Fernerkundungsexperten beherrschen alle Aspekte der digitalen Bildverarbeitung und Informationsextraktion. Des Weiteren integriert RapidEye fundamentale Geoinformations-Verarbeitungsketten, auf denen kundenspezifische Lösungen aufbauen:

- Multispektrale, multitemporale Landbedeckungsklassifikation
- Objektorientierter Klassifikationsansatz
- Monitoring und Change Detection für große Gebiete
- Vektor- und Merkmalsextraktion
- vollautomatisierte Module für kundenspezifische Dienstleistungen
- zeitnahe Datenanalyse und Produktauslieferung

### **Multi-temporales Monitoring und Change Detection**

Große geografische Regionen abdeckende, hochauflösende Bilddaten bilden die Grundlage für die meisten Monitoring- und Change Detection-bezogenen Dienstleistungen. RapidEye-Daten können somit für folgende Anwendungen genutzt werden:

- Pipelineüberwachung in entlegenen Regionen
- Überwachung der Entwaldungsraten in betroffenen Ländern/Gebieten
- Überwachung von Krisen- und Kriegsgebieten
- Identifizierung von Schadensklassen nach Hagelsturmereignissen in landwirtschaftlichen Kulturen

*Abb. 4: Prinzip der Change Detection zur Erkennung von Anomalien im Frühstadium*

## **Landbedeckungsanalyse und Vegetationsklassifikation**

Die multi-temporalen Datensätze erlauben die Entwicklung kundenspezifischer Dienstleistungen, die auf vollautomatischen Prozessketten basieren, welche in der Lage sind, routiniert und akkurat die Veränderungen von Vegetation und anderen Landbedeckungsformen im Jahresverlauf zu erfassen. Der multitemporale Ansatz verbessert gegenüber Einzelzeitaufnahmen signifikant die Klassifikationsgüten, und die repetitive, verlässliche Natur des RapidEye Datenerfassungsprogramms gestattet eine zügige Reaktion auf Datenanforderungen. Einsatzmöglichkeiten betreffen z.B.:

- Regionale und nationale Landbedeckungsanalysen
- Fruchtartenerkennung und Anbauflächenschätzung
- Repetitive Analyse von Vegetationsveränderungen im Jahresverlauf
- Standardisierte Landbedeckungsaktualisierungen zu geringen Kosten

*Abb. 5: Beispiel Landbedeckungsklassifikation aus verarbeiteten HyMap-Daten (Quelle: RE, 2006). Bild1: HyMap-Bild; Bild2: Klassifikationsergebnis*

Die Ergebnisse sind in vielschichtiger Hinsicht nutzbringend in der Praxis anwendbar. So kann beispielsweise die Veränderung der Landnutzungsmuster in den Umgebungen der weltgrößten Städte überwacht werden. Ebenso können in landwirtschaftlichen Anbaugebieten die Flächen spezifischer Feldfruchtarten erfasst werden, um somit staatliche Versorgungsstrategien zu unterstützen.

## **Monitoring landwirtschaftlicher Nutzflächen**

Einer der Schwerpunkte des RapidEye Dienstleistungsangebotes betrifft das Monitoring landwirtschaftlicher Nutzflächen, im Speziellen die Überwachung des Zustandes der Kulturen. Hierfür eignet sich insbesondere der Red Edge Kanal, ein Alleinstellungsmerkmal des RapidEye Systems. Er ist in der Lage, Veränderungen des Vegetationszustandes zu identifizieren und zu messen. Dazu gehören vor allem:

- die Beurteilung des Gesundheitszustandes vitaler Vegetation
- die Beurteilung der Nährstoffhaushaltes vitaler Vegetation
- phänologische Veränderungen (saisonale Veränderungen des Erscheinungsbildes der Kulturen wie Wachstum und Reife)

*Abb. 6: Wintergerste: Auswirkung eines Pestizids auf das Wachstumsverhalten*

## **Anbauflächen- und Produktionsschätzungen**

Das Bild- und Informationsverarbeitungsvermögen für land- und forstwirtschaftliche Märkte eröffnet Institutionen (Regierungen, Behörden, Organisationen) und Managern, die mit verschiedensten Fragen der nachhaltigen Nutzung der natürlichen Ressourcen konfrontiert sind, vielerlei neue Möglichkeiten. In diesem Sinne bietet das System beispielsweise im landwirtschaftlichen Bereich ein komplettes Dienstleistungspaket, das speziell für die Bewertung der Qualität und Quantität pflanzlicher landwirtschaftlicher Erzeugnisse ausgelegt ist.

Diese Bewertungen beziehen sich insbesondere auf:

- frühsaisonale Anbauflächenschätzungen
- Schätzung des Zeitpunkts des Saataufgangs
- Intra-saisonale Zustandsbewertung
- Produktivitätsbewertung

*Abb. 7: Simulierte RE-Bilddaten, hergestellt auf Grundlage von IKONOS True Colour  
(Quelle: RE, 2006)*

*Abb. 8: Simulierte RE-Bilddaten, hergestellt auf Grundlage von IKONOS-CIR  
(Quelle: RE, 2006)*

*Abb. alternativ: Letzter Schliff – Das RapidEye System wird Ende des Jahres vom Weltraumbahnhof Baikonur gestartet (Quelle: RE, 2006)*

## **Fazit**

Das RapidEye System lässt zeitliche Grenzen in der Fernerkundung nahezu verschwinden und ermöglicht dadurch zeitnahe sowie multi-temporale Analysen, denen es aufgrund der 6.5 m Auflösung nicht an Präzision fehlt. Industrien, die auf schnelle und akkurate Analysen angewiesen sind, wird damit ein neuartiges Gesamtkonzept aus Datenaufnahme, Prozessierung und Analyse geboten. Durch seine 2 Infrarotkanäle ist das RapidEye System vor Allem zur Analyse land- und forstwirtschaftlicher Flächen geeignet.

Die RapidEye AG wird im Rahmen der InterGeo 2007 das RapidEye System und das innovative Leistungsportfolio präsentieren und für Fragen zur Verfügung stehen.

## **Autoren:**

Kristin Wolf, Axel Penndorf

RapidEye AG, Brandenburg an der Havel

[wolf@rapideye.de](mailto:wolf@rapideye.de), [penndorf@rapideye.de](mailto:penndorf@rapideye.de)

**InterGeo: Halle 1 Stand D1.401**