

Zugriff auf höchstaflösende Satellitendaten : technische Aspekte

Autor(en): **Baumgartner, M.F. / Zevenbergen, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **101 (2003)**

Heft 8

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-236043>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zugriff auf höchstauflösende Satellitendaten

Technische Aspekte

Seit einiger Zeit sind mehrere höchstauflösende Satellitensysteme im Orbit und nehmen operationell Daten der meisten Erdteile auf. Die ersten Kinderkrankheiten im Bereich der Datenübermittlung und des Datenempfangs konnten weitgehend eliminiert werden. Damit sind die Chancen für den schnellen Zugriff auf aktuellste Daten deutlich gestiegen. Mangels Empfangsanlagen waren bis heute grosse Teile Europas beim Empfang von höchstauflösenden Satellitendaten benachteiligt, da mit den bestehenden Stationen nicht alle Teile von Europa abgedeckt wurden. Dies förderte wiederum die landläufige Meinung, dass der Zugriff auf solche Daten nicht zuverlässig ist. Vor einigen Wochen hat nun eine Station für den Empfang von IKONOS-Daten in Europa den Betrieb aufgenommen, was die Datenlage unter anderem auch für die Schweiz deutlich verbessert. Der vorliegende Artikel soll dem Anwender einige interessante technische Hintergründe des Empfangs von höchstauflösenden Satellitendaten zeigen. Insbesondere wird das für aktuelle Aufnahmen notwendige Satellite Tasking (Programmieren des Satelliten) diskutiert.

Depuis quelque temps, plusieurs systèmes satellitaires à haute résolution sont en orbite et captent de façon opérationnelle les données de la plupart des continents. Les maladies d'enfance dans le domaine de la transmission et réception des données ont pu être éliminées en grand partie. Ainsi, les chances se sont accrues de pouvoir accéder rapidement aux données les plus actuelles. A défaut d'installations de réception jusqu'à aujourd'hui, une grande partie de l'Europe a été prétéritée lors de la réception de données satellitaires à haute résolution étant donné que les stations existantes n'ont pas pu couvrir toutes les parties de l'Europe. Cela a contribué à l'opinion courante consistant à croire que l'accès à de telles données n'est pas fiable. Il y a quelques semaines, une station a été mise en service pour la réception de données IKONOS en Europe ce qui, entre autre, améliore la situation des données, pour la Suisse également. Le présent article a pour but de montrer à l'utilisateur quelques principes techniques de la réception de données satellitaires à haute résolution. L'auteur explique notamment aussi le Satellite Tasking nécessaire pour la saisie actuelle des données (programmation du satellite).

Di recente, sono stati messi in orbita vari sistemi satellitari ad alta risoluzione che rilevano i dati operativi sulla maggior parte della Terra. I primi difetti nella trasmissione e nella ricezione dei dati sono ormai stati eliminati, fatto che ha notevolmente accelerato l'accesso rapido ai dati più attuali. Finora, in seguito alla mancanza di ricevitori, grandi zone europee rimanevano svantaggiate nel ricevimento dei dati satellitari ad alta risoluzione perché le stazioni esistenti non riuscivano a coprire tutte le regioni d'Europa. Questo ha diffuso il preconcetto che l'accesso a tali dati non sia affidabile. Alcune settimane fa è stata attivata in Europa una stazione per la ricezione dei dati IKONOS che potenzia notevolmente anche la situazione dei dati in Svizzera. Nell'articolo seguente l'utente riuscirà a estrapolare ulteriori aspetti tecnici interessanti nella ricezione dei dati satellitari ad alta risoluzione. In particolare, l'attenzione è rivolta al famoso Satellite Tasking – cioè, la programmazione del satellite – indispensabile per le riprese attuali.

M.F. Baumgartner, A. Zevenbergen

Aktuelle Situation

IKONOS von Space Imaging hat vor ca. drei Jahren als erster ziviler Satellit mit dem damals höchsten räumlichen Auflösungsvermögen (1 m x 1 m) den operationellen Betrieb aufgenommen. Inzwischen sind auch QuickBird (Digital Globe) sowie EROS A1 (Imagesat International) operationell im Einsatz. Am 26. Juni dieses Jahres erfolgte zudem der Start von OrbView 3 (Orbimage), so dass bis Ende Jahr vier Erdbeobachtungssatelliten mit sehr hoher räumlicher und guter spektraler Auflösung für die praktische Anwendung zur Verfügung stehen.

Technische Grundlagen

Das Design eines Erdbeobachtungssatelliten umfasst eine präzise, kalibrierte Digital-Kamera, eine stabile optische Plattform, Präzisions-Ephemeris-Daten, absolute Informationen über die Lage (mittels GPS und Sternen) und spezielle Prozessierungsalgorithmen in der Bodenstation. Der photogrammetrische Blockausgleich wird verwendet, um das geometrische Modell zu verbessern und um konsistente, quantifizierbare geometrische Genauigkeiten über grosse Aufnahmegebiete zu gewährleisten.

Die Weltraumkomponente, d.h. der Satellit, ermöglicht auf einem sonnensynchronen Orbit¹ Aufnahmen zwischen ± 82 Grad nördlicher und südlicher Breite. Der Orbit wurde so berechnet, dass eine optimale Periodizität für ein ausgewähltes Gebiet möglich ist (siehe Tabelle 1). Je nach Satellit liegt die Höhe zwischen 450 und 700 km. Bei einer Höhe von 680 km (z.B.) beträgt die Umlaufzeit 98 Minuten oder 15 Orbits pro Tag. Dies ergibt eine Orbitrate von 0.061 Grad-pro-Sekunde, d.h. am Äquator eine Boden-Geschwindigkeit von 6.79 km/sek. Innerhalb ± 350

1 Ein Satellit, der überall auf der Erde die gleiche Breite zur gleichen lokalen Zeit überfliegt (d.h. unter demselben Sonnenwinkel).

km von der Spur des Satelliten können Bilddaten mit einer Auflösung von 1 m (oder besser) empfangen werden. Wird ein Streifen von ± 700 km angenommen, beträgt die Auflösung noch 1.5 m.

Tabelle 1 zeigt eine Zusammenstellung des räumlichen Auflösungsvermögens sowie der Periodizität mit welcher eine Aufnahme mit einem bestimmten Auflösungsvermögen und einem bestimmten Blickwinkel aufgenommen werden kann. In Tabelle 2 sind die spektralen Eigenschaften und der Bezug zum räumlichen Auflösungsvermögen aufgeführt. Das effektive räumliche Auflösungsvermögen beträgt unter optimalen Bedingungen bei QuickBird 61 cm, bei IKONOS 81 cm und bei EROS 1 m (wobei letzterer nur einen panchromatischen Kanal aufweist). Abbildung 1 zeigt stellvertretend für die höchstaufösenden Daten einen Ausschnitt Zürich mit Bellevue und Limmat aufgenommen mit IKONOS.

Generell liess der Zugriff auf die Daten dieser System oftmals zu wünschen übrig, was natürlich in der operationellen Anwendung nicht tolerierbar ist. Inzwischen

Ground Sample Distance*	Revisit Frequency	Obliquity
1.0 meter	3.2 days	27 degrees
1.5 meters	1.6 days	44 degrees

* Pixel-center-to-pixel-center distance.

Tab. 1: Ground Sampling Distance Capability (am Beispiel IKONOS).

Band	Wavelength (microns)	Nominal Ground Sample Distance (Meters)
Panchromatic	0.45 – 0.90	1
Blue	0.45 – 0.52	4
Green	0.52 – 0.60	4
Red	0.63 – 0.69	4
Near-Infrared	0.76 – 0.90	4

Tab. 2: Typische Spektralkanäle und nominelle, räumliche Auflösung von höchstaufösenden Sensoren.

konnten aber die meisten technischen Probleme beseitigt werden; auch die administrative Seite (sprich der Vertrieb der Daten) konnte markant verbessert werden.

Für Europa bestand insbesondere beim Zugriff auf IKONOS-Daten eine Limitierung, da die bestehende Empfangsanlage in Ankara (Space Imaging Eurasia)



Abb. 1: IKONOS-Aufnahme von Zürich mit Bellevue und Limmat (Echtfarben, 1 m). Quelle: European Space Imaging/MFB-GeoConsulting.

nicht ganz Europa abdecken konnte. Seit April dieses Jahres konnte nun auch dieser Engpass behoben werden, indem in München durch European Space Imaging eine Empfangsanlage betrieben wird.

Aufnahme-Programmierung bei höchstauflösenden Erdbeobachtungssatelliten am Beispiel IKONOS

Der IKONOS-Satellit ist so ausgelegt, dass er mit der Bodenstation kommunizieren kann, sobald er 5 Grad über dem Horizont erreicht hat (in jeder Richtung). Wird dann eine Linie von der Empfangsanlage zum Satelliten gezogen und diese Linie um 360 Grad um die vertikale Achse rotiert, beschreibt die Linie einen Kegel – den Kommunikationskegel. Wann immer sich der Satellit innerhalb des Kommunikationskegels befindet, kann er mit der Bodenstation kommunizieren. Auf die Erdoberfläche projiziert, beschreibt dieser Kegel dort einen Kreis mit einem Radius von 2300 km (16.7 Millionen km²). Die nominale Abdeckung für die Bodenstation in München ist in Abbildung 2 zu sehen. Die Aufenthaltsdauer des Satelliten innerhalb des Kegels hängt davon ab, ob der Satellit direkt über die Bodenstation fliegt oder ob er sie seitlich überfliegt. Typischerweise dauert ein Überflug 8 bis 10 Minuten (11 Minuten bei einem direkten Überflug). Die minimale  berflugszeit, die vom Betreiber der Empfangsanlage gekauft werden kann beträgt 4 Minuten.

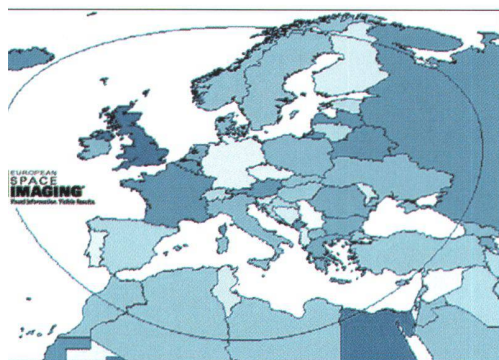


Abb. 2: Kommunikationskegel für München.

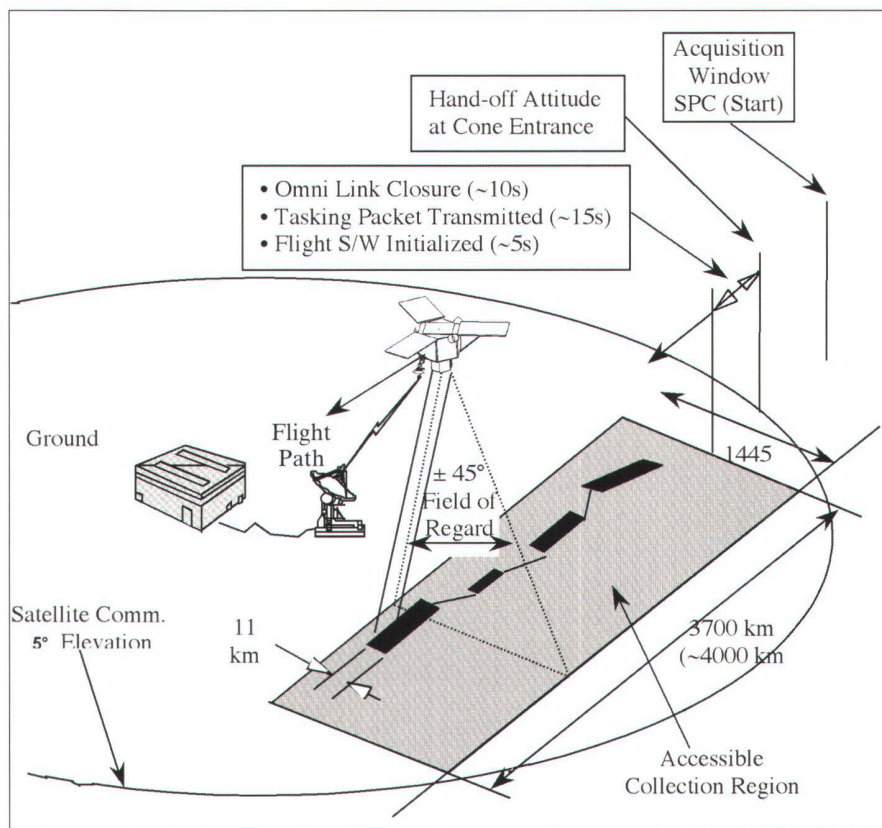


Abb. 3: Aufnahmesequenz.

Abbildung 3 stellt eine Sequenz von Schritten dar, die zur Bildaufnahme notwendig sind. Ein im Satellitencomputer gespeicherter Programmbefehl informiert den Satelliten über einen kommenden Kontakt mit einer Bodenstation. Der Satellit manövriert sich in eine im voraus bestimmte Lage und stellt den Transmitter ein. Sobald sich der Satellit 5 Grad über dem Horizont befindet, kann die Bodenstation den Kontakt mit dem Satelliten aufnehmen und den Kommunikationslink schliessen.

Darauf folgt die Information der Bodenstation, welche Gebiete (AOIs) aufgenommen werden sollen (tasking packet). Die Software an Bord rechnet dann die Lagekommandos, um den Satelliten so zu positionieren (zu schwenken), dass die richtigen Gebiete aufgenommen werden. Die Bilddaten werden in Echtzeit zur Bodenstation übermittelt (320 Megabits-per-second; bis zu 96 Gigabits Bild- und Telemetriedaten per Überflug). Nach der Übermittlung der letzten Aufnahme werden die gespeicherten Lage- und Posi-

onsdaten gesendet. Auf diese Weise ist es möglich relativ kleine Gebiete, ganze Streifen, aber auch grosse Flächen sowie Flächen mit fast beliebiger Form (Polygone) aufzunehmen. Es können bis zu 2000 km² pro Minute aufgenommen werden (Abb. 4).

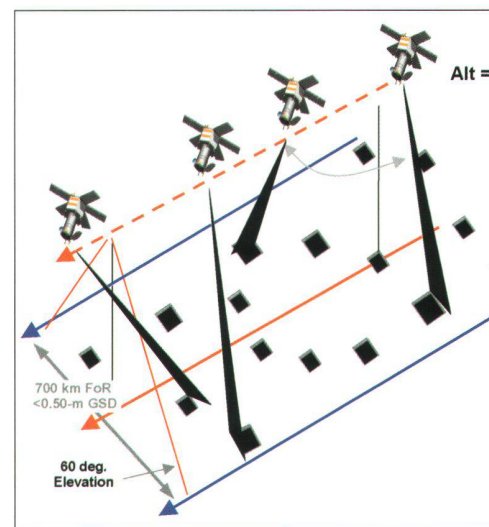


Abb. 4: Aufnahme verschiedener Gebiete während eines Orbits.

Auch das Moveable Regional Operations Center (MROC) in München-Oberpfaffenhofen (bei der Deutschen Luft- und Raumfahrt, DLR) kann mit dem IKONOS-Satelliten direkt kommunizieren, die Planung der aufzunehmenden Gebiete (image collection tasking) vollziehen, diese Information zum Satelliten transferieren (up-link collection tasking), Daten empfangen und verarbeiten sowie archivieren und vertreiben.

Der MROC Besitzer (z.B. European Space Imaging) kauft sich eine bestimmte Satellitenaufnahmezeit vom Satellitenbetreiber. Damit ist der Betreiber der Bodenstation sehr flexibel in der Missionsplanung und im Satellite Tasking. Es braucht allerdings sehr viel Erfahrung, um alle Kundenwünsche, Prioritäten, Wetterbedingungen etc. so zu gestalten, dass die Satellitenaufnahmezeit (ökonomisch) optimal ausgenutzt werden kann (was anfänglich weltweit zu gewissen Engpässen geführt hat). Im MROC wird spezialisierte Bildverarbeitungssoftware eingesetzt, um eine ganze Palette von Produkten zu erstellen, angefangen bei radiometrischen Korrekturen bis hin zu präzisen, orthorektifizierten, nahtlosen Farbmosaiken.

Das MROC besteht aus drei Elementen, a) dem System Control & Tasking (SCT); die SCT-Software ist für die gesamte Missionsplanung und Datenaufnahme

verantwortlich und weist zwei Teile auf: die Command and Telemetry Processing Software und die Collection and Data Management Software

b) dem Communications and Image Processing (CIP); die CIP-Software ist verantwortlich für den Breitbandempfang, die Archivierung und die Produktgenerierung

c) den Requirements Management (RM) Elementen; die RM-Software beinhaltet die Bestelleingabe, Katalogabfragen, Darstellung von Browse-Bildern, Kundenregistrierung, Preiskalkulationen und Rechnungsstellung.

Wenn eine Bestellung eines Kunden eingeht, fragt die RM-Software das SCT-Element an, ob eine Aufnahme notwendig ist, um das Produkt zu generieren (evtl. sind entsprechende Daten schon im Datenarchiv greifbar) und verlangt eine Offerte. Diese Angaben werden dem Kunden zur Auftragsbestätigung zugestellt. Nach dem Eingang der Auftragsbestätigung durch den Kunden verlangt die RM-Software vom SCT-Element die Initiierung der Aufnahme. Sobald das RM-Element entschieden hat, ob alle notwendigen Informationen für die Produktgenerierung vorhanden sind, verlangt die Software vom CIP-Element die Datenproduktion. Zu verschiedenen, wichtigen Punkten während dem Produktionszyklus wird der Status jedes Produkts überprüft und auf-

Metadaten

- Image identification number
- Vehicle ID
- Geographic coordinates of coverage (including image orientation with respect to true North)
- Viewing and camera geometry: sensor
- Date and time of image collection
- Sun elevation and azimuth at scene center
- Collection type (e.g., mono/stereo/pushbroom)
- Nominal pixel size (Panchromatic/Multispectral; along scan/cross scan)
- Reserved
- Geometric-correction accuracy assessment data
- Earth ellipsoid model used with elevation assumed for Level 2 processing
- Map projection used
- Identification of the individual source component image product used in creating the product

Tab. 4: Metadaten.

datiert. Nachdem die Daten bereitstehen, formatiert die RM-Software das Produkt den Kundenvorgaben entsprechend, liefert das Produkt aus und datiert die Kundendatenbank auf.

In Tabelle 3 sind alle vom MROC lieferbaren Produkte zusammengestellt. Die Produkte werden einerseits nach Verarbeitungsschritten (Level 1–7) oder andererseits bezüglich des Ursprungs der Daten (panchromatisch, multispektral, pan-sharpened und stereo) gegliedert.

Level-1-Produkte sind radiometrisch für nicht-lineare Empfangssignale, Sensorausfall und für verschiedene Unterschiede zwischen den Detektoren der panchromatischen und multispektralen Sensorarrays korrigiert. Die Daten sind auch für Verzerrungen korrigiert, die durch den Imager und die Bewegung des Satelliten

Verarbeitungsschritte	Level	Level 0 Ursprungsdaten					
		PAN	PAN Stereo	MSI	MSI Stereo	PAN/ MSI	PAN/MSI Imaging Stereo
radiometrisch korrigiert	1	X	X	X	X	X	X
geometrische Standard-Korrektur	2	X	X	X	X	X	X
präzise geometrische Korrektur	3	X	X	X	X	X	X
orthorektifiziert	4	X		X		X	
digitale Höhenmatrix	5		X				
Pan-sharpened multispektral	6a					X	X
multispektral (Band Ratio)	6b			X	X		
Bildmosaik	7	X		X		X	

Tab. 3: Standard Produkte; Level 1–7.

verursacht werden. Das MROC liefert zu jedem Datensatz die in Tabelle 4 zusammengestellten Metadaten. Für die stereoskopische Auswertung sind die Daten zur Viewing und Kamera-Geometrie von grundlegender Bedeutung. Diese Daten werden dem Kunden zur photogrammetrischen Auswertung der Daten mitgeliefert.

Level-2-Produkte sind auf eine Bezugsebene rektifizierte Daten mit einem vom Benutzer definierten geometrischen Modell (Ellipsoid: World Geodetic System 1984 – WGS-84 oder North American Datum 1983 – NAD-83). Das MROC kann in den Daten folgende Effekte eliminieren: panoramische Verzerrung, Erdrotation (Skew), Erdkrümmung sowie Variationen der Orbithöhe des Satelliten bezüglich eines Referenzellipsoids. Zudem können die Daten auf eine konstante, vom Benutzer definierte Pixelgrösse gesampelt werden (0.8, 0.9, 1.0, 1.1 oder 1.2 Meter). Die Daten werden ausserdem auf eine vom Kunden definierte Projektion transformiert (Albers Conical Equal Area, Hotine Oblique Mercator, Lambert Conformal Conic, State Plane, und Universal Transverse Mercator).

Das MROC kann jedoch noch weitergehend verarbeitete Daten liefern, die eine höhere geometrische Genauigkeit aufweisen.

- Level-3-Produkte: wie Level 2, aber mit höherer geometrischer Genauigkeit;
- Level-4-Produkte: orthorektifiziert unter Berücksichtigung eines Höhenmodells;
- Level-5-Produkte: Herleitung eines Standard-DTM beim MROC mit absoluter Genauigkeit;
- Level-6-Produkte: multispektrale Produkte erstellt am MROC: pansharpened, band ratio;

- Level-7-Produkte: Bild-Mosaik – zusammengestellt aus Teilszenen; Kompensation der perspektivischen Unterschiede sowie Farbangleichungen.

Das MROC stellt dem Kunden die Daten innerhalb von ein bis fünf Tagen zu, falls die Daten archiviert sind. Ist zuerst eine Aufnahme notwendig, hängt es von der Priorität des Orders, der Warteliste und von den Wetterverhältnissen ab, wann die Aufnahme gemacht werden kann (innerhalb von 60 Tagen). Sollte eine Aufnahme innerhalb eines kürzeren Zeitfensters gemacht werden müssen, kann die Priorität des Auftrags erhöht werden (was allerdings höhere Kosten bedingt).

Ausblick

Eine interessante Entwicklung wird das für 2005 geplante IKONOS-System (Block II) bringen: Space Imaging hat bereits die Bewilligung für den Bau eines Systems mit 40 cm x 40 cm Bodenauflösung erhalten. Damit wird es schliesslich am Kunden bzw. am vorliegenden Projekt liegen, welche Daten – konventionell oder digital aufgenommene Luftbilder oder Satellitendaten – eingesetzt werden.

Diese nochmals höher auflösenden Sensorsysteme werden auch Folgen für die zu übermittelnde Datenrate und damit die Kommunikationssysteme, die Massenspeicher an Bord des Satelliten etc. haben.

Für IKONOS (Block II) seien hier einige dieser technischen Kennzahlen aufgeführt:

- Datenrate – 1.2 Gbps;
- Speichereinheit – 1.4 Tbits;
- Auflösung am Nadir – 41 cm; bei 60 Grad Elevation: 50 cm (bezogen auf eine Flughöhe von 680 km); da die Flughöhe variiert werden kann, wäre bei ei-

ner solchen von 450 km eine Bodenauflösung von 27 cm möglich;

- Datenaufnahme: 3x die Fläche von IKONOS (Block I) für kleine AOI; für streifenförmige AOI – 2.0x die Fläche Block I;
- Pixel-Rate: 8x Block I;
- Field of View von 11 km auf 15 km erhöht;
- Field of Regard: von 700 km auf 1850 erhöht;
- Revisit Time (1 Satellit bei 1 m Bodenauflösung): 1.3 Tage (2.7x Block I).

Wie bereits angesprochen, wurde am 26. Juni 2003 OrbView-3 mit einer 1 m panchromatischen und einer 4 m multispektralen Auflösung gestartet. Dies führt zu zwei wünschbaren Effekten: Einerseits hat der Anwender von Satellitendaten deutlich höhere Chancen auf Daten Zugriff zu haben. Auf der anderen Seite entsteht ein erhöhter Wettbewerb, was vermutlich zu einem Druck auf die Preise führen wird. Berechnet man den km²-Preis für ein Orthoprodukt für Satellitendaten bzw. gescannte (digitalisierte) Luftbilder in vergleichbarer Qualität und Genauigkeit, so wird deutlich, dass die Preise für Satellitendaten absolut konkurrenzfähig zu Luftbildern geworden sind.

Michael F. Baumgartner
MFB-GeoConsulting GmbH
Hauptstrasse 17
CH-3254 Messen
baumgartner@mfb-geo.com

Adrian Zevenbergen
European Space Imaging
Arnulfstrasse 197
DE-80634 München
azevenbergen@europeimaging.com