

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: 97 (1999)

Heft: 12

Artikel: IKONOS : hochauflösende Satellitenbilder auf Bestellung

Autor: Probst, M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-235589>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 20.02.2025

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

IKONOS: hochauflösende Satellitenbilder auf Bestellung

Lange wurden sie erwartet, nun sind sie endlich da: Die Satellitendaten mit einer Auflösung von weniger als einem Meter. Diese hochauflösenden Daten und Bilder werden verfügbar durch den Erdbeobachtungs-Satelliten IKONOS und dessen High-Tech-Kamerasystem. Rasche Verfügbarkeit der Daten und hohe Aktualität, günstige Preise sowie gute Qualität lassen die Daten für viele bekannte und auch für neue Anwendungen zu einer hervorragenden Informationsquelle werden.

Attendues depuis longtemps, voici les données satellites avec une résolution de moins d'un mètre. Ces données et images à haute résolution sont possibles grâce au satellite d'observation terrestre IKONOS muni d'un système de caméra de haute technologie. La disponibilité rapide des données, leur actualité, les prix avantageux ainsi que leur bonne qualité constituent une excellente source d'information pour beaucoup d'applications connues et nouvelles – au besoin sur commande.

Dopo averli tanto attesi, adesso sono finalmente disponibili: i dati satellitari con una risoluzione inferiore a un metro. Questi dati e queste immagini ad alta risoluzione saranno forniti dal satellite di osservazione terrestre IKONOS, dotato di sistemi di ripresa a sofisticatissima tecnologia. La rapida disponibilità dei dati sempre molto aggiornati, i prezzi convenienti e l'ottima qualità tramuteranno questi dati satellitari in una fantastica fonte d'informazioni per numerose applicazioni, già note o del tutto nuove.

M. Probst

Erde und Bodenstationen auf allen Kontinenten der Erde vorsieht.

Das Projekt

Im Jahre 1994 erteilte die amerikanische Regierung zum ersten Mal privaten Firmen eine Konzession für die Platzierung eines kommerziellen Erdbeobachtungs-Satelliten auf einer Erdumlaufbahn. Unter anderem bewarb sich die Firma Space Imaging um eine solche Konzession. Diese Firma mit Sitz in Denver, Colorado, hat sich mit potenten Partnern und Investoren umgeben: Lockheed Martin Corp., der grösste amerikanische Luft- und Raumfahrtkonzern, Raytheon Company, führend in Kommunikationstechnik, Eastman Kodak Company, weltbekannt für Optik und Photographie, Mitsubishi Corporation, Hyundai Space & Aircraft sowie weitere internationale Konzerne und Grossfirmen beteiligten sich an diesem ehrgeizigen Projekt, welches zwei steuerbare Erdbeobachtungs-Satelliten mit einer Auflösung von weniger als einem Meter, superschnelle Datenübertragung zur

Der Raketenstart

Von der kalifornischen Vandenberg Air Force Base erfolgte der Start der Träger Rakete des Typs Athena II der amerikanischen Firma Lockheed Martin mit dem Satelliten IKONOS an Bord. Der Start erfolgte am Vormittag des 24. September 1999. Hier eine kurze Zusammenfassung des Startablaufs (Tab. 1).

Nach der Zündung der Triebwerke und dem Abheben des Raumfahrzeugs von der Startrampe erfolgte die Beschleunigung der Rakete mittels den ersten beiden Raketenstufen. 4 Minuten 27 Sekunden nach dem Start wurde die Nutzlastverkleidung abgeworfen, welche den Satelliten in der unteren Atmosphäre vor Beschädigungen schützte. Dieses heikle Manöver fand in einer Höhe von 146,8 km bei einer Geschwindigkeit von 2.9 km pro Sekunde statt. Die 3. und die 4. Stufe dienten dazu, den Satelliten auf die vorgesehene Umlaufbahn auf einer Höhe



Abb. 1: IKONOS: Der Satellit während den Startvorbereitungen, die Nutzlastverkleidung wird über den Satelliten geschoben (Photo: Lockheed Martin).

von 681 Kilometer zu befördern. Die Trennung der Nutzlast von der letzten Raketenstufe erfolgte 58 Minuten nach dem Start in einer Höhe von 569 km bei einer Geschwindigkeit von 6.3 km pro Sekunde.

Der beschriebene Bilderbuchstart war allerdings nicht der geradlinige Weg zum Erfolg. Am 27. April 1999 erfolgte der Start einer Athena II Rakete mit IKONOS I an Bord. Der Start, welcher wie der zwei-

Ereignis	Sekunden ab Start
1. Stufe gezündet	0
1. Stufe ausgebrannt / abgetrennt / 2. Stufe gezündet	85
Nutzlastverkleidung abgeworfen	267
2. Stufe ausgebrannt / abgetrennt / 3. Stufe gezündet	272
3. Stufe ausgebrannt / abgetrennt / 4. Stufe gezündet	424
Nutzlastabtrennung	3487
4. Stufe neu gezündet für deorbit	3788
4. Stufe ausgebrannt	4047

Tab. 1: Raketenstart.



Abb. 2: IKONOS: Der Start der Träger-
rakete Athena II am 24. September
1999 (Photo: Lockheed Martin).

te Start, live via Internet mitverfolgt werden konnte, verlief scheinbar ausgezeichnet. Erst als die anschliessend an den Start vorgesehene Pressekonferenz verschoben wurde, schöpften die Zuschauer Verdacht. Bald wurde bekanntgegeben, dass es eine «Anomalie» beim Start gegeben hatte. Tage später erfuhren die interessierten Beobachter, dass sich die Nutzlastverkleidung der Trägerrakete nicht gelöst hatte, sodass der Satellit, weil zu schwer, die vorgesehene Umlaufbahn nicht erreichen konnte und in den Süd-Pazifik abstürzte. Dies war ein harter Rückschlag, sowohl für Space Imaging als auch für die für den Start verantwortliche Firma Lockheed Martin. Umso grösser war die Freude, als man am 24. September dieses Jahres den perfekten und erfolgreichen Start von IKONOS II bekanntgeben konnte.

Der Satellit

Der 720 Kilogramm schwere Satellit bewegt sich auf einer nahezu polaren, kreisförmigen und sonnensynchronen Umlaufbahn um die Erde. Die Flughöhe beträgt 681 Kilometer bei einer Inklination von 98.1 Grad und einer Geschwindigkeit von nahezu 7 km pro Sekunde. Dies er-

gibt eine Umlaufzeit von 98 Minuten. Die Wiederholrfrequenz in Abhängigkeit der Auflösung beträgt 3 Tage mit 1 Meter Auflösung und 1.5 Tage mit 1.5 Meter Auflösung. Die Steuerung des Satelliten kann in der Spur und quer zur Spur erfolgen.

Die Kamera

Das digitale Kamerasystem, welches mit einer Bauzeit von 3 Jahren von Kodak erstellt wurde, besteht aus 4 Hauptkomponenten: Das optische Teleskop, welches die Bilder des 11 x 11 Kilometer grossen Bereichs der Erdoberfläche auffängt und auf die Bildsensoren leitet, die «Focal Plane Unit», welche die panchromatischen und die multispektralen Sensoren in Form von Matrizen (Arrays) beherbergt, die Bildverarbeitungseinheit, welche die Bildkompression vor der Datenübertragung zur Bodenstation vornimmt, sowie die Stromversorgung, welche die Versorgung der Kameraelektronik ab Satellit gewährleistet. Das ganze Kamerasystem hat einen Stromverbrauch von lediglich 350 Watt, ist also vergleichbar mit einem PC.

Die Spiegel

Das optische Teleskop mit 10 Meter Brennweite besteht aus insgesamt fünf Spiegeln und ist ca. zwei Meter lang. Die Spezialoptik ist so konzipiert, dass sie ein optimales Bild für die relativ grosse Bildfläche liefert, bei gleichzeitiger Minimierung der Verluste und der Verzerrungen.



Abb. 3: IKONOS: Der Satellit in Aktion
(wissenschaftliche Zeichnung: Space
Imaging).

Der Durchmesser des Primärspiegels beträgt 70 cm bei einer Dicke von 10 cm. Er ist in die Form eines nicht-axialen sphärischen Paraboloids geschliffen und seine Oberfläche fängt das Licht der Erdoberfläche ein und spiegelt es auf den Sekundärspiegel, welcher das Bild vergrössert zurück ins Zentrum des Primärspiegels reflektiert. Durch das 152 mm grosse Loch im Zentrum des Primärspiegels wird das Licht auf den Tertiärspiegel geleitet, welcher die Aufgabe hat, das Fokussfeld des Bildes abzuplatzen, um dieses in die optimale Form für die Sensor-Arrays zu bringen.

Die computergestützte Erstellung der Spiegel ist eine höchst präzise Aufgabe, welche zum Ziel hat, eine nahezu perfekte Oberfläche zu erzeugen. Kodak hat zur Lösung dieser Aufgabe einen High-Tech-Prozess entwickelt, welcher Oberflächenunebenheiten bis in die Grössenordnung der atomaren Struktur aufspüren und korrigieren lässt. Die erreichte Genauigkeit lässt sich mit folgendem Vergleich visualisieren: Wenn der Spiegel auf einen Durchmesser von 160 Kilometer vergrössert würde, spürte ein Fahrzeug, welches die Oberfläche abfahren würde, lediglich Unebenheiten von bis zu zwei Millimetern.

Dass die verwendeten Baustoffe wie Glas und umhüllendes Metall sorgfältigst ausgelesen wurden und aus Materialien bestehen, welche eine extrem niedrige Temperaturexpansion aufweisen, versteht sich von selbst. Der Sekundärspiegel ist so aufgehängt, dass er zur Anpassung der Brennweite mit einer Schrittweite von 0.25 Micron justierbar ist.

Die Bildsensoren

Die Montageplattform der Sensoren (Focal Plane Unit) misst 25 x 23 x 23 cm und enthält die Sensoren samt Elektronik. Jedes Element ist synchronisiert mit der Fortbewegungsgeschwindigkeit des Satelliten, damit die Bewegungsunschärfe ausgeschaltet und gestochen scharfe Bilder erzeugt werden können. Der 1-Meter-Sensor für die panchromatischen Bilddaten besteht aus einem linearen CCD mit



Abb. 4: IKONOS: Das erste hochauflösende Satellitenbild vom 30. September 1999. Es zeigt einen Ausschnitt aus dem Zentrum von Washington D.C., USA (Photo: Space Imaging).

13 500 Pixel, je 12 Micron gross. Der 4-Meter-Sensor für die multispektralen Bilddaten ist ein Array von 3375 Photodioden, je 48 Micron gross. Die Bilddaten mit «Farbtiefe» von 11 Bit werden in der Bildverarbeitungseinheit mit einem Spezialverfahren auf ca. 2.6 Bit pro Pixel verlustfrei komprimiert, mit einer Verarbeitungsgeschwindigkeit von 115 Millionen Pixel pro Sekunde, vergleichbar mit 115 modernen Megapixel-Kameras und entspricht einer verarbeiteten Datenmenge von einer vollen CD alle 17 Sekunden. Diese Verarbeitung erlaubt einen Real-time Datentransfer zur Bodenstation. Die Auflösung der Sensoren beträgt grundsätzlich einen Meter panchromatisch (11 Bit Graustufen) innerhalb eines Winkels von 26 Grad ab Nadir und vier Meter multispektral.

Folgende Spektralbänder werden von den Sensoren abgedeckt (Tab. 2).

Die Bilddaten

Der Öffnungswinkel der Kamera deckt im Nadir eine Länge von 11 Kilometer ab, weshalb ein Einzelbild (Szene) eine Fläche von 11 x 11 km abdeckt. Es können Streifen von 11 x 100 km bis 11 x 1000 km auf einmal aufgenommen werden oder

Sensor	Wellenlänge [Micron]	
	von	bis
Panchromatisch:	0.45	0.90
Multispektral:		
I blau	0.45	0.52
II grün	0.52	0.60
III rot	0.63	0.69
IV near IR	0.76	0.90

Tab. 2: Sensoren und Spektralbereiche.

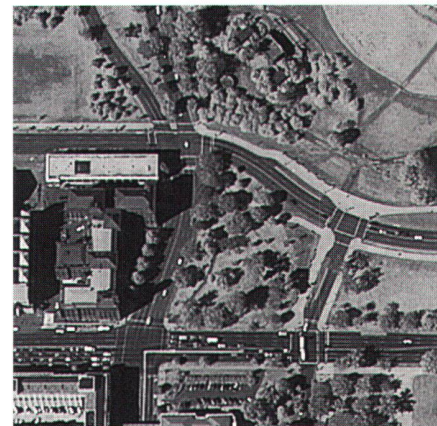


Abb. 5: IKONOS: Detail aus dem ersten Satellitenbild (Abbildung 4).

Flächen als Mosaik bis zu 12 000 km². Pro Überflug können bis zu zwei Mosaik zu je 10 000 km² aufgenommen und verarbeitet werden.

Space Imaging hat für die an den Kunden ausgelieferten Datenprodukte folgende Genauigkeitsangaben freigegeben: Die Lagegenauigkeit eines Bildpunktes beträgt ohne Passpunkte (GCP, Ground Control Points) horizontal 10 Meter und vertikal 12 Meter. Sobald bei der Bildverarbeitung Passpunkte verwendet werden, verbessert sich die Lagegenauigkeit auf horizontal 2 Meter und vertikal 3 Meter.

Die Bodenstation

Die primäre Bodenstation steht in Denver, Colorado, USA, ganz in der Nähe des Firmensitzes von Space Imaging. Auf jedem Kontinent steht mindestens eine weitere Bodenstation, welche jeweils von einer Betreiberfirma (Regional Affiliate) in Verbindung mit Space Imaging betrieben wird. Die Bodenstation für Europa steht in der Nähe von Athen. Sowohl die primäre Station in den USA als auch die regionalen Stationen können den Satelliten steuern (Tasking), Daten ab Satellit empfangen (Downlink), Daten zu Produkten weiterverarbeiten und zum Vertriebspartner transportieren.

Die digitalen Produkte

Als erste Stufe der Bildbearbeitung bzw. Datenaufbereitung werden die Bilddaten

direkt nach dem Empfang in der Bodenstation radiometrisch korrigiert und die Bilder abgeglichen. Die Bilddaten werden anschliessend geometrisch korrigiert und in ein standardisiertes Projektionssystem eingerechnet. Gleichzeitig wird die Auflösung standardisiert. Diese Produkte, welche ohne Passpunkte und ohne Berücksichtigung eines digitalen Höhenmodells erstellt werden, heissen «CARTERRA™ Geo Image» und sind als Mono Bildprodukte oder als Stereo Bildprodukte erhältlich. Die nächste Stufe der Bildverarbeitung umfasst die Orthorektifizierung der Bilder. Diese Produkte heissen «CARTERRA™ Ortho Image» und sind in den zwei Qualitätsstufen «Pro» (Berechnung unter Berücksichtigung eines 15 x 15 Meter Höhenmodells) oder «Precision» (Be-

rechnung unter Berücksichtigung eines 10 x 10 Meter Höhenmodells) erhältlich. Die Datenprodukte sind jeweils erhältlich in den Auflösungen ein Meter (panchromatisch), vier Meter (multispektral) und ein Meter (pansharpened). Letzteres ist eine Einfärbung des panchromatischen Bildes mithilfe der überlagerten multispektralen Information.

Die Anwendungen

Die Anwendungen sind einerseits die heute bereits mit schlechter aufgelösten Satellitenbildern und -daten arbeitenden Disziplinen: Kartenherstellung, Raumplanung, Umwelt-Monitoring und Erdwissenschaften oder auch Telekommunikation und Transportwesen. Neu könnten

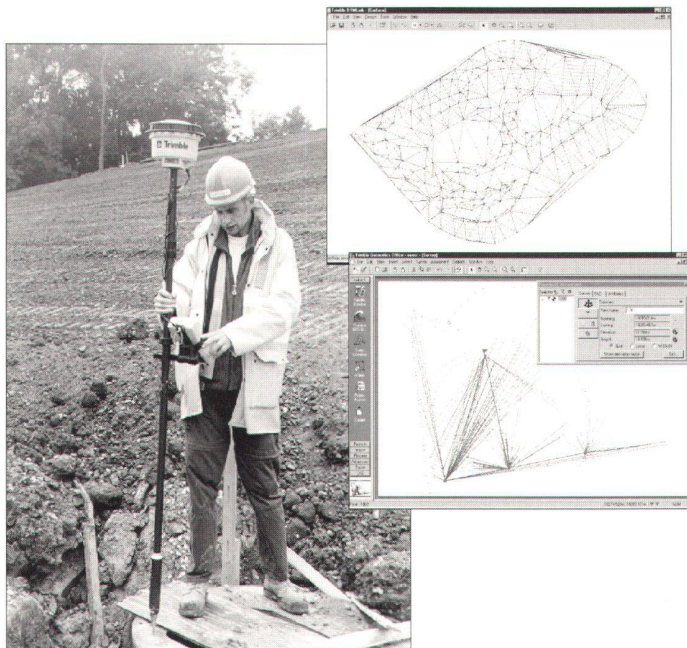
aufgrund der raschen Verfügbarkeit der Bilder und der guten Auflösung auch Landwirtschaft, Forstwesen, Krisenstäbe bei Notfällen und Katastrophen, Tourismus oder Medien mit diesen Daten beliefert werden. Ein Teil dieser neuen Märkte wird allerdings durch Substitution der bisher verfügbaren, aber teureren Technologie der Luftbild-Photogrammetrie dazukommen.

Die Satellitenbilder und -daten werden ab Ende 1999 auch in der Schweiz und für die Schweiz verfügbar sein.

Martin Probst
GEOline / GEO-Zentrum
Worbstrasse 164
CH-3073 Gümliigen
e-mail: GEOline@geozen.ch

Trimble ...der Marktleader für GPS-Totalstationen

...mit vollständig neuer Auswertesoftware



- neu mit **Trimble Geomatics Office Software (TGO)**
- für **GPS-, tachymetrische und Laser-Messungen**
- **integrierte Netzausgleichung**
- **einfache Bedienung**
- **integriertes Geoid der L+T**
- **Menüführung in d/f/e**
- **Handbücher in d/f/e**

Rufen Sie uns noch heute an und verlangen Sie Informationen oder eine unverbindliche Demonstration

allnav 
m a k e s p l e a s u r e

Obstgartenstr. 7, 8035 Zürich, Tel. 01 363 41 37, Fax 01 363 06 22, allnav@allnav.com, www.allnav.com