



Über die Nutzungsmöglichkeit hochauflösender amerikanischer Spionage-Satellitenbilder (1960-1972)

Viktor Kaufmann ¹, Wolfgang Sulzer ²

¹ *Abteilung für Photogrammetrie und Fernerkundung, Institut für Angewandte Geodäsie, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz*

² *Abteilung für Angewandte Geographie, Institut für Geographie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 36, A-8010 Graz*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **85** (3), S. 166–174

1997

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Kaufmann_VGI_199722,  
  Title = {{\\"U}ber die Nutzungsm{\\"o}glichkeit hochaufl{\\"o}sender  
    amerikanischer Spionage-Satellitenbilder (1960-1972)},  
  Author = {Kaufmann, Viktor and Sulzer, Wolfgang},  
  Journal = {VGI -- {\\"O}sterreichische Zeitschrift f{\\"u}r Vermessung und  
    Geoinformation},  
  Pages = {166--174},  
  Number = {3},  
  Year = {1997},  
  Volume = {85}  
}
```





Über die Nutzungsmöglichkeit hochauflösender amerikanischer Spionage-Satellitenbilder (1960–1972)

Viktor Kaufmann und Wolfgang Sulzer, Graz

Zusammenfassung

Am 22. Februar 1995 wurden jene Spionagebilder („Intelligence Satellite Photographs“), welche im Zeitraum des Kalten Krieges von amerikanischen Erderkundungssatelliten aufgenommen worden waren, für die breite Öffentlichkeit freigegeben. Es handelt sich hier um mehr als 860.000 hochauflösende, größtenteils stereoskopische Schwarzweißphotographien (2–10 m Bodenauflösung) der militärischen Programme Corona, Argon und Lanyard. Der Artikel gibt einen kurzen Überblick über die vorhin erwähnten Programme, beschreibt im Speziellen das bildgebende System, zeigt die kartographischen Auswertemöglichkeiten der Aufnahmen auf und versucht anhand exemplarischer Fallbeispiele auf ihre zivile Nutzungsmöglichkeit bei Umweltstudien und in geomorphologischen Fragestellungen hinzuweisen.

Abstract

On February 22, 1995, President Clinton authorized the declassification of all Intelligence Satellite Photographs which had been acquired from American spy satellites over many parts of the Earth's surface during the Cold War period. More than 860,000 high-resolution (2–10 m) black-and-white photographs, many of them forming stereopairs, were taken during the military programs Corona, Argon and Lanyard. This article gives a brief overview of these reconnaissance programs, describes the main imaging system, a dual panoramic camera, and highlights various possibilities as regards the cartographic evaluation of these photographs and the exploitation of the data in environmental studies and geomorphological investigations.

1. Das amerikanische Spionageprogramm aus dem erdnahen Weltraum von 1960–1972

Alle Angaben zum amerikanischen Spionageprogramm beziehen sich auf die Publikationen [1], [2] und [3] von R.A. McDonald.

1.1. Militärpolitischer Hintergrund

Die Nachkriegsjahre des 2. Weltkrieges und insbesondere die 50er-Jahre waren von großen politischen Spannungen zwischen den USA und der ehemaligen UdSSR geprägt. Aus Angst vor einem sowjetischen atomaren Übergriff wurde von den Amerikanern vorerst ein flugzeuggestütztes Erkundungsprogramm installiert, das vor allem die Aufgabe hatte, in geheimen Hochbefliegungen – u.a. über dem sowjetischen und kubanischen Staatsgebiet – Informationen von militärischen Anlagen zu gewinnen. Nach der Ablehnung der „Open Skies“-Politik Präsident Eisenhowers durch den sowjetischen Präsidenten Chruschtschow im Jahre 1955 und in Kenntnis des Starts des ersten künstlichen Satelliten, Sputnik 1, durch die Russen am 4. Oktober 1957 wurde von den Amerikanern an einem satellitengestützten Erkundungssystem – unter strengster Geheimhaltung, Code-Name „Corona“ – gearbeitet. Die erste Trägerrakete wurde am 25. Juni 1959 gestartet, jedoch erst am 18.

August 1960 – nach 9 erfolglosen Versuchen – wurde von einem Militärflugzeug die vom Weltraum auf die Erde rückkehrende Filmkapsel in der Luft „eingefangen“ (Photo siehe [3], S. 132). Die satellitengestützte militärische Fernerkundung bekam durch die Tatsache weiteren Rückhalt, daß am 1. Mai 1960 ein amerikanisches Erkundungsflugzeug des Typs U-2 über der Sowjetunion abgeschossen wurde.

1.2. Corona, Argon und Lanyard

Bei der Entwicklung des Spionagesystems waren Firmen, wie Lockheed (Boden- und Raumsegment), General Electric (Filmkapsel), Itek und Fairchild (Kamerasysteme) sowie Eastman Kodak (Filmmaterial) beteiligt. Im Rahmen des Programmes Corona wurden weit über 100 Missionen – eine genaue Auflistung siehe [2] und [3] – geflogen, wobei der Schwerpunkt der zwischen einem und 19 Tage dauernden Flüge auf sowjetisches Staatsgebiet bis zum Franz Josef Land ausgerichtet war. Jedoch wurden auch viele andere Gebiete der gesamten Erde mehrmals aufgenommen. Die hochauflösenden photographischen Aufnahmen der Erdoberfläche wurden mit Panoramakameras – die ersten Missionen mit Einzelkameras (KH-1, KH-2 und KH-3; KH ist ein Akronym für „keyhole“), die weiteren mit einer dualen, konvergenten Anordnung

(KH-4, KH-4A und KH-4B, siehe Abschnitt 2) – gewonnen. Die geometrische Auflösung variiert in Abhängigkeit vom Kameramodell ($f = 609,6 \text{ mm}$), Flughöhe (Minimalflyhöhe von 150 km möglich), Filmauflösung (50–160 Lp/mm), Blickwinkel, Objektkontrast und Atmosphärenverhältnissen zwischen 2 und 10 m. Neben Corona hatte das Programm Argon (12 Missionen zwischen 1961 und 1964, Rahmenkamera KH-5, $f = 76,2 \text{ mm}$, mittl. Bildmaßstab 1:2.000.000 – 1:4.000.000) den speziellen Auftrag, genaue geodätische Grundlagen zur Lokalisierung militärischer Objekte zu liefern. Wohingegen das Programm Lanyard (nur eine Mission, 1963, Panoramakamera KH-6, $f = 1676,4 \text{ mm}$, mittl. Bildmaßstab 1:100.000) das gesteckte Ziel einer verbesserten Bodenauflösung von 0,6 m nicht erreichte; im günstigsten Fall wurden 1,8 m erzielt. Die Bilder von Corona zeigten im nachhinein auf, daß der von den Amerikanern befürchtete „missile gap“ in bezug auf die Sowjetunion eigentlich nicht gegeben war. In weiterer Folge diente das Programm Corona zur Überwachung von SALT (Strategic Arms Limitation Treaty). Die letzte Corona-Mission wurde am 25. Mai 1972, im Jahr der Unterzeichnung von SALT-1, gestartet. Am 23. Juli 1972 wurde bekannterweise der zivile Erdkundungssatellit, ERTS-1, später in LANDSAT-1 umbenannt, von der NASA in eine Erdumlaufbahn gebracht.

1.3. Kostengünstige historische Bildquelle

Die mehr als 860.000 Originalnegative sind gemeinsam mit den Begleitdokumenten im National Archives and Records Administration (NARA), Maryland, archiviert. Ein kompletter Satz von Kopien liegt im US Geological Survey's (USGS's) Earth Resources Observation System (EROS) Data Center, Sioux Falls, South Dakota, auf. Seit September 1996 können dort zum Selbstkostenpreis (Stand Juni 1997) entweder Filmnegative bzw. -positive à US \$ 18 oder Kopien auf Photopapier à US \$ 14 bestellt werden. Die Suche nach geeignetem Bildmaterial im Online-Katalog bzw. der Bestellvorgang selbst ist durch das USGS's Global Land Information System (GLIS) besonders benutzerfreundlich gestaltet, zumal man in einer digitalen Weltkarte das Interessensgebiet interaktiv definieren und überdies noch Quicklooks der selektierten Szenen für den Auswahlprozeß heranziehen kann. Der Zugriff erfolgt über World Wide Web (WWW) unter URL <http://edcwww.cr.usgs.gov/> bzw. <http://edcwww.cr.usgs.gov/Webglis/glisbin/search.pl?DISP>.

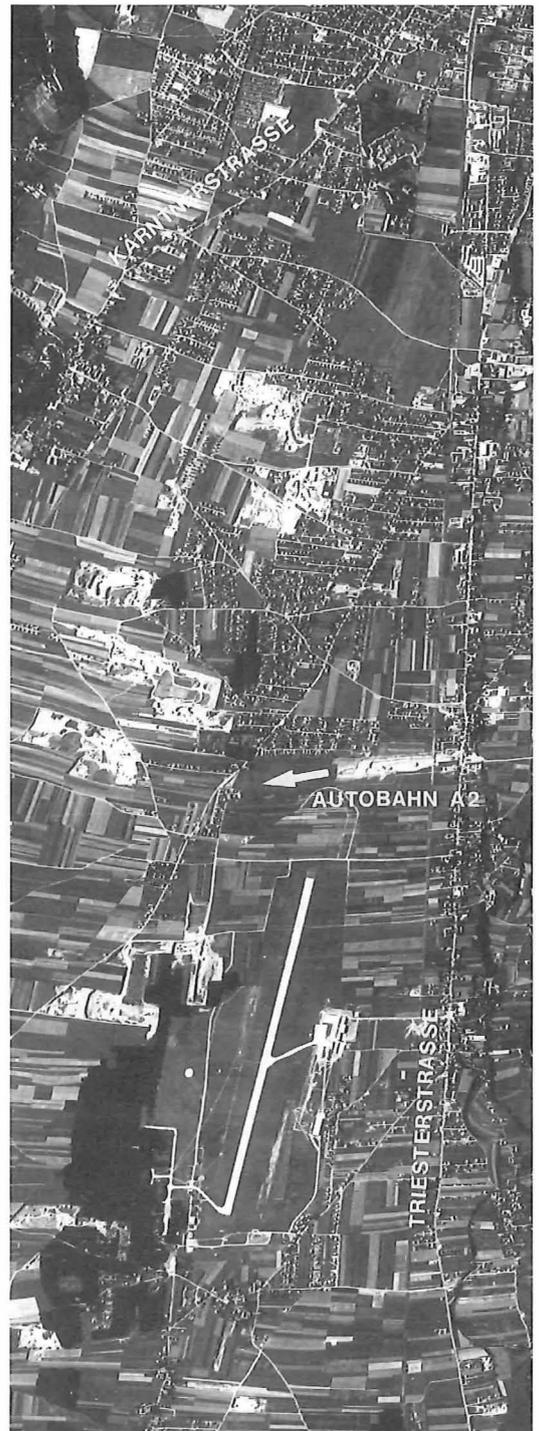


Abb. 1: CORONA-Satellitenbild vom 26. Juli 1969, Nr. DS1107-1042DA009, KH-4B Panoramakamera, Originalmaßstab 1:360.000, Ausschnittsvergrößerung 1:45.000. Gebiet: Südwesten von Graz mit dem Flughafen Thalerhof.

2. Aufnahmesysteme KH-4, KH-4A und KH-4B

2.1. Panoramakamera

Die flugzeug- oder satellitengetragene Panoramakamera (in [5] als Panoramakammer benannt) ist im Vergleich zur statischen Reihenmeßkammer, wo das Bild gleichzeitig über das ganze Bildformat belichtet wird, ein dynamisches Aufnahmesystem, bei dem über eine rotierende Optik bzw. bei fester Optik über ein vorgeordnetes rotierendes Prisma unter Mitwirkung eines zur Flugrichtung parallel orientierten Bildschlitzes die Geländeoberfläche quer zur Flugrichtung – im Extremfall von Horizont zu Horizont – streifenweise auf eine zylindrisch gekrümmte Brennfläche, in der sich der Film befindet, abgebildet wird. Detaillierte Hinweise zur Funktionsweise finden sich im Manual of Photogrammetry [4] und im Handbuch der Vermessungskunde, Band IIIa/2, Photogrammetrie [5] bzw. in [6] und [7]. Die Panoramakamera weist zwei wesentliche Vorteile auf, nämlich bestmögliche optische Auflösung in allen Bildbereichen zufolge der Abbildung in der Nähe der optischen Achse und Überdeckung einer sehr großen Geländefläche mit einer einzigen Aufnahme. Demgegenüber steht die komplexe Abbildungsgeometrie, die sich aus dem dynamischen Abbildungsvorgang in eine Zylinderfläche und der Eigenbewegung der Trägerplattform ergibt. Charakteristisch ist die sog. Panoramaverzerrung [4, 5]. Ein integraler Bestandteil jeder Panoramakamera ist die Bewegungskompensation, um Bewegungsunschärfen [8, 9] zu vermeiden. Verschiedene Realisierungen sind in [4] genannt. Im Fall von Corona wurde die Neigung der optischen Achse der Panoramakameras in Flugrichtung dynamisch geändert.

2.2. Duale, konvergente Panoramakamerasysteme

Das Aufnahmesystem KH-4 und seine verbesserten Nachfolgemodelle KH-4A bzw. KH-4B bestanden aus zwei identen Panoramakameras vom Typ KH-3 ($f = 609,6 \text{ mm}$, 5° großer Öffnungswinkel des optischen Systems in Flugrichtung und ein Rotationswinkelbereich von 70° quer zur Flugrichtung, Bildformat: $55 \text{ mm} \times 755 \text{ mm}$), wobei eine Kamera um 15° aus der Nadirrichtung nach vorwärts und die andere um 15° nach rückwärts blickte (vgl. [2, 3]). Das Gesamtsystem war so abgestimmt, daß sich in Flugrichtung eine Längsüberdeckung der Einzelaufnahmen von mehreren Prozent ergab und die rück-

wärtsblickende Kamera mit einer Verzögerung von 6 Abtastzyklen ($6 \text{ mal } 5^\circ = 30^\circ$, das entspricht dem Konvergenzwinkel) die korrespondierenden Stereopartner aufgenommen hat. Für die Stereomodelle ergibt sich ein günstiges Basis/Höhen-Verhältnis von 0,5. Der Bildmaßstab im Nadirbereich schwankt in Abhängigkeit von der tatsächlichen Flughöhe nominell zwischen 1:250.000 und 1:305.000. Am Streifenanfang und am Streifenende ist der Maßstab wesentlich kleiner. Zusätzliche bildgebende Systeme, wie Stellarkamera, Horizontkamera und Indexkamera (Rahmenkamera, $f = 38,1 \text{ mm}$), dienen zur Bestimmung von photogrammetrischen Orientierungselementen. Das System KH-4B lieferte die qualitativ besten Aufnahmen (2 m Bodenauflösung). Für die militärischen Interpretationsaufgaben wurden u.a. ausgewählte Bildausschnitte 40-fach vergrößert, was einem Bildmaßstab von 1:7.500 entspricht. In den Literaturquellen [1, 2, 3] finden sich keine Hinweise über die spektrale Empfindlichkeit der verwendeten Schwarzweißfilme. In einem sehr geringen Umfang wurden auch Farbfilme bzw. Falschfarben-Infrarotfilme verwendet.

2.3. Panoramakameraaufnahmen von Österreich und den Anden

Vom Institut für Angewandte Geodäsie der TU Graz wurden insgesamt 32 Satellitenaufnahmen (Negativfilme) der höchsten Detailauflösungsstufe (4 und 5) für Studienzwecke angekauft. Die Österreich-Aufnahmen überdecken den östlichen Teil des Bundesgebietes und das angrenzende ungarische Staatsgebiet, wobei für den 9. Mai 1968 eine vollständige Stereoüberdeckung und für den 26. Juli 1969 aber nur eine Einfachüberdeckung (zufolge eines Defektes einer der beiden Panoramakameras) gegeben ist. Das Gebiet um den höchsten Vulkan der Erde in den südamerikanischen Anden wird von je drei Stereobildpaaren zu den Aufnahmezeitpunkten 5. März 1967 und 20. März 1969 abgedeckt.

3. Kartographische Auswertung

Die geometrische Auswertung von Panoramakameraaufnahmen (Einzel- und Stereoaufnahmen) ist aufgrund der instabilen Bildgeometrie erschwert. Überdies ist durch die starke geometrische Verzerrung der Aufnahmen die Bildinterpretation beeinträchtigt. Die Herstellung von analogen bzw. digitalen Bild- und Strichkarten ist in diesem Zusammenhang von großer Be-

deutung, denn für die meisten Aufgabenstellungen (vgl. Abschnitt 4) wird die Verknüpfung von Thematik und Geometrie gewünscht. Die hier zitierten Lösungsvorschläge beziehen sich größtenteils auf flugzeuggetragene Panoramakamerasysteme, können jedoch ohneweiters auf die Auswertung der amerikanischen Bilder übertragen werden.

Über die Herstellung von Orthophotos mittels (Differential-)Entzerrung berichten [10, 11] sowie [4]. Die geometrische Auswertung von konvergenten stereoskopischen Panoramakameraauf-

nahmen für das Bildanalysesystem VIDARS (Video Imaging, Display and Recording System). Vgl. dazu [19] und [20].

Am obengenannten Institut werden für die kartographische Auswertung der amerikanischen Spionagebilder zwei Wege verfolgt: (1) Photogrammetrische Orientierung von Stereobildpaaren (Teilausschnitte im Format 55 mm x 55 mm) am analytischen Stereoauswertegerät DSR-1/Kern mit dem Programmsystem CRISP, wobei eine im Vorhinein berechnete Korrekturmatri- als importierte Verzeichnungsmatrix die Panora-



Abb. 2: CORONA-Satellitenbild vom 26. Juli 1969, Nr. DS1107-1042DA003, KH-4B Panoramakamera, Maßstab 1:340.000, Kontaktkopie, Bildausschnitt. Gebiet: Großraum Wien mit dem anschließenden Marchfeld.

nahmen wurde erst durch die Erfindung des analytischen Plotters (U.V. Helava, 1958) ermöglicht. Im Jahre 1964 wurde vom amerikanischen Verteidigungsministerium ein Beitrag [12] zur Publikation freigegeben, in welchem die relative Orientierung von Bildsegmenten am analytischen Plotter AP-II, einer Modifikation und Weiterentwicklung des AP-I, erstmals beschrieben ist. Maßstabsanpassung und Orientierung der Bildausschnitte in Kernstrahlen parallel zur Augenbasis erfolgte automatisch durch das elektronisch gesteuerte Betrachtungssystem. Die meisten Lösungsansätze [13, 14, 15] führen die Panoramaaufnahme in eine statische (zentralperspektivische) Aufnahme über, um dadurch den bekannten Formelapparat für Rückwärtschnitt, relative Orientierung sowie Bündeltriangulation verwenden zu können. Verbesserte kollineare Abbildungsmodelle [16, 17, 18] berücksichtigen neben der internen Abbildungsgeometrie des Sensors auch die dynamische Änderung der Elemente der äußeren Orientierung in Funktion der Zeit. Einen ähnlichen Ansatz wählte V. Kaufmann für die Berechnung des räumlichen Rückwärtschnittes von Panoramakameraauf-

nahmen in statische Meßbilder umwandelt. Dies gilt auch sinngemäß für die Auswertung an digitalphotogrammetrischen Arbeitsstationen. (2) Digitale Orthophotoherstellung mittels Differentialentzerrung mit dem Programmsystem GAMSAD [21]. Für Testzwecke wurden bereits ausgewählte Bildbereiche mit dem VX3000-Scanner mit der höchsten Auflösungsstufe von 8,5 µm – um keinen Informationsverlust zu erleiden – gescannt.

Die für die photogrammetrische Auswertung benötigten Paßpunkte sind entweder aus Karten zu entnehmen, mittels GPS zu bestimmen oder aus anderen, meist gleichzeitig aufgenommenen Meßbildern abzuleiten. Vgl. dazu das Konzept der geometrischen Auswertung von russischen KVR-1000-Panoramakameraaufnahmen unter Verwendung von TK-350-Meßbildern [22, 23] oder die Kartierung der Mondoberfläche während der Apollo-Missionen 15-17 durch Meßbilder und Panoramakameraaufnahmen [24, 25, 26]. Über die geometrische als auch thematische Auswertung von KVR-1000-Bilddaten – Testgebiete Graz und Badlands in Süditalien –

geben [27] und [28] Auskunft. Für die Orthophotoherstellung wird ein digitales Geländemodell geeigneter Auflösung benötigt. Für Österreich bietet sich das DGM des BEV an. In weiterer Folge werden nun Anwendungsmöglichkeiten für die amerikanischen Spionagebilder aufgezeigt.

4. Einige Anwendungsmöglichkeiten der hochauflösenden amerikanischen Spionage-Satellitenbilder

Die vielfältigen Nutzungsansprüche an die Landschaft und der zum Teil bedenkliche Zu-

tenbilder) aus den 60er Jahren nicht verfügbar sind, können nun geographische Analysen durchgeführt werden.

4.1 Ehemalige Schottergruben im Grazer Feld

Schottergruben entwickeln sich sehr dynamisch, so daß ihre aktuelle Lage und Ausdehnung in den amtlichen Karten nicht korrekt wiedergegeben werden kann. Ein wichtiger Problemkreis ist die Folgenutzung der Schottergruben. Oft wurden sie als Mülldeponien verwendet, anschließend zugeschüttet und unterschiedlicher Nutzung zugeführt. Ihre Lage war und ist oft nicht mehr zu ermitteln, da sich an



Abb. 3: CORONA-Satellitenbild vom 9. Mai 1968, Nr. DS1103-2123DA065, KH-4B Panoramakamera, Originalmaßstab 1:284.000, Ausschnittsvergrößerung 1:35.000, Gebiet: Raabtal zwischen Feldbach und Lödersdorf.

stand der Natur- und Kulturlandschaft erfordern eine genaue Diagnose der betroffenen Räume. Vor allem seit den 60er Jahren wurden in Österreich weite Areale der Natur- und Kulturlandschaft nachhaltig umgestaltet. Die hochauflösenden amerikanischen Spionage-Satellitenbilder ermöglichen es erstmals mit weltraumgestützten Aufnahmen die Veränderungen in der Natur- und Kulturlandschaft („change detection“) in einem Zeitraum (1960-1970) zu dokumentieren, der mit einem vergleichbar hohen räumlichen Auflösungsvermögen bisher nur mittels konventioneller Luftbilder abgedeckt werden konnte. Ein Vorteil der hier vorgestellten Bilddaten gegenüber den herkömmlichen Luftbildern liegt ferner in den relativ geringen Anschaffungskosten und der großen Gebietsabdeckung (etwa 3500-4500 km²). Auch in Ländern und Gebieten (z. B. Entwicklungsländer oder Hochgebirge), in denen Fernerkundungsbilddaten (Luftbilder und hochauflösende Satelli-

der Oberfläche keine sichtbaren Zeichen ihrer Existenz zeigen. Die Kenntnis über die Lage und Ausdehnung der potentiellen Altlasten ist aber aus heutiger Sicht enorm wichtig, um eine Gefahrenabschätzung vor allem in Hinblick auf die Grundwassergefährdung durchführen zu können. Das Umweltbundesamt hat 1991 mit Hilfe einer multitemporalen Luftbilddatenauswertung (1953, 1963, 1975 und 1986/87) die erkennbaren betriebenen und potentiellen Altablagungsstätten ermittelt [29]. W. Fischer [30] hat in diesem Zusammenhang die aktuelle Nutzung ehemaliger illegaler Mülldeponien im Stadtgebiet von Graz untersucht und dokumentiert.

Mit Hilfe der Satellitenbilddaten können nicht nur die zeitlichen Lücken der amtlichen Befliegungen (z.B. des Grazer Feldes in den 60er und 70er Jahren) gefüllt werden, sondern durch die Möglichkeit der stereoskopischen Auswertung und durch die hohe räumliche Auflösung können

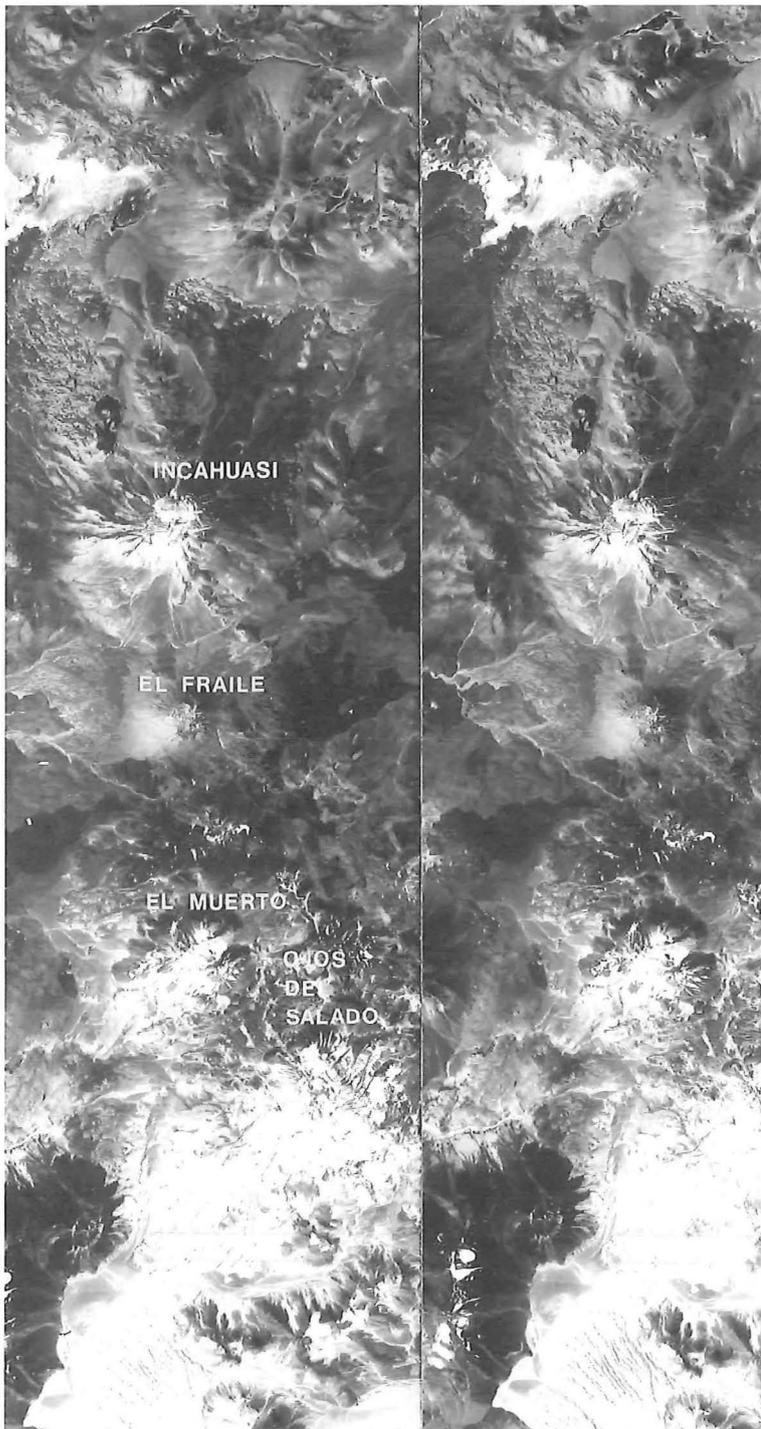


Abb. 4: CORONA-Stereobildpaar vom 20. März 1969, Nr. DS1050-1014DJF/AJ033, KH-4A Panoramakamera, Maßstab 1:300.000, Kontaktkopie, Bildausschnitt. Gebiet: Südamerikanische Anden, Grenzgebiet zwischen Chile und Argentinien, Vulkanfolge mit Incahuasi, El Fraile, El Muerto und Ojos del Salado (6880 m).

Aussagen über die Größe (Ausdehnung, Tiefe) getroffen werden. Ferner können – wenn auch mit Einschränkung – der Verfüllungsgrad, die jeweilige Nutzung der Verdachtsfläche, die erkennbare Ablagerungsart und das Vorhandensein von Grundwasser ermittelt werden. Abb. 1 zeigt in eindrucksvoller Art und Weise die Verteilung der Rohstoffentnahmestellen um den Flughafen Graz Thalerhof. Teilweise werden sie gerade wieder verfüllt, bzw. in andere Oberflächennutzungen übergeführt. In der Abb. 1 erkennt man schon deutlich die beginnende Schotterteichanlage westlich vom Flugfeld, die heute ein bekanntes Freizeitareal darstellt.

4.2 Die Entwicklung urbaner Räume

Urbane Räume unterliegen einer sehr raschen Änderung in ihrer Nutzungsstruktur. Von dieser Dynamik sind besonders Stadtrandbereiche betroffen. Für die Grundlagenerhebung der Raum- und Nutzungsstruktur müssen bisherige Entwicklungen einbezogen werden, um etwaige zukünftige Entwicklungen abschätzen zu können. Bei der Feststellung des Maßes der räumlichen Nutzung und ihrer zeitlichen Veränderung wird auf die Luftbildinterpretation zurückgegriffen. Satellitenbilder wie LANDSAT-TM und SPOT eignen sich nur bedingt für stadtgeographische Fragestellungen [31]. Sehr wohl eignen sich hochauflösende Satellitenbilddaten wie KWR-1000-, KFA-1000-, KFA-3000-Aufnahmen [32, 33, 34] und [27] und die hier dokumentierten amerikanischen Bilddaten.

Der Westen und Südwesten von Graz war bis zu Beginn der 70er Jahre durch ein- und zweigeschossige offene Verbauung mit Villen und Siedlungshäusern, die z.T. mit großen Gärten ausgestattet sind, dominiert (s. Abb. 1). Die Bauten stammen hauptsächlich aus der Zeit seit 1920. Bis heute hat sich vor allem entlang der Ausfallstraßen das Siedlungsbild stark verändert. So befand sich die Südautobahn (A2) gerade in Bau, entlang der Kärntnerstraße bzw. Triesterstraße war noch die ursprüngliche Wohnnutzung dominant; von der heutigen intensiven Nutzung im Tertiärsektor ist noch nichts zu erkennen. Viele heute schon durch moderne Wohnsiedlungen verbaute Flächen waren Ende der 60er Jahre noch landwirtschaftlich genutzt. Mit den hochauflösenden amerikanischen Spionagebilddaten kann gerade die dynamische Entwicklung der 60er und 70er Jahre großflächig durch Stereobildpaare interpretiert und doch detailreich genug dokumentiert werden. Vor allem für Großstädte wie Wien (Abb. 2) eignen sich diese Bild-

daten sehr gut für eine flächendeckende Analyse der Realnutzungsänderungen.

4.3 Die Veränderung von Flußlandschaften

Die österreichische Flußlandschaft wurde im Verlauf mehrerer Regulierungsgenerationen deutlich eingeengt. Anstelle der laufverändernden Mäander wurden gerade Wasserläufe geschaffen, Altbetten abgetrennt und zumeist zugeschüttet [35]. Durch die Regulierungsmaßnahmen degradieren Flüsse sehr oft zu Kanälen und die Auwälder werden auf einen bachbegleitenden Gehölzstreifen reduziert. Diese Entwicklung fand auch entlang der Raab bei Feldbach in der Steiermark statt und wurde von W. Sulzer [36] und [37] mit Hilfe von Luftbildzeitreihendarstellungen dokumentiert. Die Altarme zeigen als Reste der Raabregulierung den einstigen Verlauf des Flusses. Vielerorts versucht man heute, die ursprünglichen Laufverhältnisse wieder herzustellen (Himmelreich östlich von Feldbach, Altarm bei Rohr). Gleichzeitig soll die Funktion eines Altarmes als Refugium seltener Pflanzen- und Tierarten durch ökologische Maßnahmen reaktiviert und verstärkt werden [35]. Für die Ermittlung der ursprünglichen Laufverhältnisse können die amerikanischen Satellitenbilder herangezogen werden, da sie einen Zeitraum abdecken, in welchem noch große Teile des Raabflusses in der Nähe von Feldbach nicht reguliert waren. Der Vorteil dieser Aufnahmen gegenüber konventionellen Luftbildaufnahmen liegt sicherlich in der großen Gebietsabdeckung. Der gesamte Flußlauf kann über die doch oft auf die österreichischen Kartenblätter beschränkten Befliegungen hinaus beobachtet werden und somit ein einheitliches Bild der Flußsituation wiedergeben werden. Der Ausschnitt in Abb. 3 zeigt noch weite Teile des unregulierten Flußlaufs der Raab zwischen Feldbach und Lödersdorf.

4.4 Geomorphologische Kartierung

Dieses Beispiel (Abb. 4) soll das Potential der Bilddaten für die geomorphologische Kartierung eines Hochgebirgsraumes um den höchsten Vulkan der Erde, den 6880 m hohen Nevado Ojos del Salado im Grenzgebiet zwischen Chile und Argentinien, dokumentieren. In verschiedenen Detailstudien [38] und [39] wurden für die topographische und geomorphologische Kartierung optische Fernerkundungsbilddaten (Luftbilder, NASA-SSEOP Bilder einer Shuttle-Mission) und Radarbilder vom ERS-1 Satelliten verwendet. Mit den stereoskopischen amerikanischen Bilddaten aus den 60er Jahren können nun

neue geomorphologische Auswertungen durchgeführt und mit den oben angeführten Ergebnissen der schon abgeschlossenen Studien verglichen werden und somit eine doch stark vorhandene Morphodynamik im Untersuchungsgebiet nachgewiesen werden. Vor allem ist es gerade in Hochgebirgsarealen sehr schwierig historische Luftbilder zu bekommen; die amerikanischen Aufnahmen bieten hier neue Ansätze zu Beobachtung dieses sensiblen Hochgebirgsraumes.

5. Resümees

Mit diesem Beitrag wurde aufgezeigt, daß die amerikanischen Spionage-Satellitenbilder des Zeitraumes 1960-1972 neuerlich – nunmehr für verschiedenste Anwendungen im zivilen Bereich – genutzt werden können. Die Bilddaten sind von historischem Wert, kostengünstig, von sehr guter Qualität und überdies leicht verfügbar. Der Großteil der Ausführungen bezog sich auf eine Technologie, die mehr als 30 Jahre alt ist. Münzt man die damaligen Möglichkeiten des Militärs in der satellitengestützten Fernerkundung auf die heutige Zeit um, so kann man auf zukünftige Freigaben gespannt sein.

Literatur

- [1] *McDonald, R.A.*, 1995: Opening the Cold War Sky to the Public: Declassifying Satellite Reconnaissance Imagery; PE&RS, Bd. 61, Nr. 4, S. 385–390.
- [2] *McDonald, R.A.*, 1995: Corona: Success for Space Reconnaissance, A Look into the Cold War, and a Revolution for Intelligence; PE&RS, Bd. 61, Nr. 6, S. 689–720.
- [3] *McDonald, R.A.* (Hrsg.), 1997: Corona between the sun and the earth: the first NRO reconnaissance eye in space; American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 5410 Grosvenor Lane, Suite 210, Bethesda, Maryland, USA, 440 S.
- [4] *Slama, C.C.* (Hrsg.), 1980: Manual of Photogrammetry; 4th Edition, American Society of Photogrammetry, 105 N. Virginia Ave., Falls Church, Va. 22046, 1056 S.
- [5] *Rinner, K., & Burkhardt, R.*, 1972: Handbuch der Vermessungskunde (Jordan/Eggert/Kneissl) – Band IIIa/2 Photogrammetrie; J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, S. 1560–1573.
- [6] *Itek Laboratories*, 1961: Panoramic Progress – Part I; Photogrammetric Engineering, Bd. 27, Nr. 5, S. 747–754
- [7] *Itek Laboratories*, 1962: Panoramic Progress – Part II; Photogrammetric Engineering, Bd. 28, Nr. 1, S. 99–107.
- [8] *Rosenau, M.D.*, 1961: Parabolic Image-Motion; Photogrammetric Engineering, Bd. 27, Nr. 3, S. 421–427.
- [9] *Gupta, A.K., & Singh, K.*, 1976: Bar Spread Functions for Parabolic Image Motion; PE&RS, Bd. 42, Nr. 4, S. 529–536.
- [10] *Levine, S.W.*, 1961: A Slit-Scan Electro Optical Rectifier; Photogrammetric Engineering, Bd. 27, Nr. 5, S. 740–747.
- [11] *Trachsel, A.F.*, 1967: Electro-Optical Rectifier; PE&RS, Bd. 23, Nr. 5, S. 513–524.
- [12] *Gill, Ch.*, 1964: Relative Orientation of Segmented, Panoramic Grid Models on the AP-II; Photogrammetric Engineering, Bd. 30, Nr. 6, S. 957–962.
- [13] *Abraham, V.*, 1961: Relative Geometric Strength of Frame, Strip and Panoramic Cameras; Photogrammetric Engineering, Bd. 27, Nr. 5, S. 755–766.
- [14] *Case, J.B.*, 1967: The Analytical Reduction of Panoramic and Strip Photography; Photogrammetria, Bd. 22, S. 127–141.
- [15] *Skiff, E.W.*, 1967: Analytical Treatment of Strip and Pan Photos; Photogrammetric Engineering, Bd. 33, Nr. 11, S. 1290–1298.
- [16] *Shmutter, B., & Etrog, U.*, 1974: Analysis of Panoramic Photographs; Photogrammetric Engineering, Bd. 40, Nr. 4, S. 489–492.
- [17] *Jackson, M., Greve, C., & Ackerman, D.*, 1982: A Parameterization of the Itek KA-80A Panoramic Camera; PE&RS, Bd. 48, Nr. 5, S. 761–769.
- [18] *Agapov, S.V.*, 1996: Fotogrammetriya skanernykh snimkov; „Kartogeozenr“ – „Geodezizdat“ (Verlag), Moskau, ISBN 5-86066-015-4, in Russisch, 176 S.
- [19] *Leberl, F.W., Kaufmann, V., Gustafson, G.C., Stevens, M., & Kienegger, E.*, 1985: Photogrammetric Tools for Panoramic Sector Scan Imagery in the VIDARS Analysis Station; Proceedings of the SPIE, Bd. 561, S. 120–130.
- [20] *Leberl, F.W., Kienegger, E., Council, C., Kaufmann, V., & Gustafson, G.C.*, 1986: Computer-Controlled Interpretation of Long Range Oblique Photography; ACSM-ASPRS Annual Convention, Technical Papers, Vol. 4, Photogrammetry, S. 134–141.
- [21] *Kaufmann, V.*, 1984: Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur geometrischen Auswertung von digitalen multispektralen Zeilenabstasteraufnahmen und analog/digital-gewandelten Luftbildern, Unpublizierte Diplomarbeit, Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie, TU Graz, 210 S.
- [22] *Lavrov, V.N.*, 1996: Space Survey Photocameras for Cartographic Purposes; International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Bd. 31, Teil B1, ISPRS, Wien, S. 105–109.
- [23] *Fornichenko, M.M., & Chekalin, V.F.*, 1996: The Use of Russian TK-350 Images and GPS Points in Generation of DEM; International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Bd. 31, Teil B4, ISPRS, Wien, S. 258–260.
- [24] *Light, D.L.*, 1972: Photo Geodesy from Apollo; Photogrammetric Engineering, Bd. 38, Nr. 6, S. 574–587.
- [25] *McCash, D.K.*, 1973: Apollo 15 Panoramic Photographs; Photogrammetric Engineering, Bd. 39, Nr. 1, S. 65–72.
- [26] *Peterson, C.G.*, 1973: Compilation of Lunar Pan Photos; Photogrammetric Engineering, Bd. 39, Nr. 1, S. 73–79.
- [27] *Kostka, R., & Sharov, A.*, 1993: An Employment of Russian Spaceborne Photographic Imagery for Urban Mapping: Metric Aspects; Proceedings of the 16th Urban Data Management Symposium, Wien, ADV Handelsgesellschaft m.b.H., Trattnerhof 2, A-1010 Wien, S. 104–112.
- [28] *Kaufmann, V., & Lieb, G.K.*, 1997: Environmental study on a badland area in Southern Italy; In: Spiteri, A. (Hrsg.), 1997: Remote Sensing' 96, Integrated Applications for Risk Assessment and Disaster Prevention for the Mediterranean, Proceedings of the 16th EARSeL Symposium, Malta, A.A. Balkema, Rotterdam, S. 127–134.
- [29] *Schamann, M., Müller, D., Zirm, K., Hochwartner, A., Schubert, M., & Ertl, J.*, 1991: Großflächige Erfassung und Bewertung von Verdachtsflächen im Grazer Feld. Umweltbundesamt, Wien, Monographien, Bd. 22, 74 S.
- [30] *Fischer, W.*, 1996: Aktuelle Nutzung ehemaliger illegaler Mülldeponien im Stadtgebiet von Graz. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, Bd. 126, S. 45–59.
- [31] *Sulzer, W., & Zsilincsar, W.*, 1993: The Application of Remote Sensing in Local Planning illustrated by the Alpine Town of Schladming/Austria. Proceedings of the 25th International Symposium of Remote Sensing and Global Environmental Change, Graz, Austria, 4-8 April 1993, S. 489–500.
- [32] *Sulzer, W., & Zsilincsar, W.*, 1996: Fernerkundung und Kleinstadtforschung am Beispiel von Schladming und

Feldbach in der Steiermark. Berliner Geographische Studien, Bd. 44, S. 95–109.

[33] *Klostius, W., Kostka, R., & Sulzer, W.*, 1994: Das KFA-3000 Bild als kostengünstige Datenquelle bei Aufgaben der regionalen Planung; Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Bd. 82, Nr. 3, S. 213–219.

[34] *Kraus, K., & Sindhuber, A.*, 1996: Das Potential russischer Weltraumphotographien für verschiedene Anwendungen; Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation, Bd. 84, Nr. 1, S. 17–21.

[35] *Baumann, N.*, 1985: Ökologie und Vegetation von Altwässern – Eine Einführung mit zwei Beispielen (Mur und Raab). Auengewässer als Ökozellen. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz. Bd. 4, S. 85–159.

[36] *Sulzer, W.*, 1997: Der Einsatz von Fernerkundungsbilddaten bei der Erstellung des kleinregionalen Entwicklungskonzeptes von Feldbach in der Steiermark. Salzburger Geographische Materialien, Heft 26, S. 373–378.

[37] *Amt der Steiermärkischen Landesregierung (Landesbau- und Regionalplanung)*, 1994: Öko-Kataster Kleinregion Feldbach – Pilotprojekt Endbericht. Graz, o.S.

[38] *Kaufmann, V., Klostius, W., & Benzinger, R.*, 1994: Topographic Mapping of the Volcano Nevado Ojos del Salado using Optical and Microwave Image Data; Proceedings of the 3rd International Symposium on High-Mountain Remote Sensing Cartography, Mendoza, Argentina, S. 47–59.

[39] *Sulzer, W.*, 1994: Geomorphologic Mapping of the Volcano Nevado Ojos del Salado using Optical and Microwave Image Data; Proceedings of the 3rd International Symposium on High-Mountain Remote Sensing Cartography, Mendoza, Argentina, S. 38–46.

Anschrift der Autoren:

Dr. Viktor Kaufmann, Abteilung für Photogrammetrie und Fernerkundung, Institut für Angewandte Geodäsie, Technische Universität Graz, Steyrergasse 30, A-8010 Graz, e-mail: kaufmann@fugax.tu-graz.ac.at.
 Mag. Wolfgang Sulzer, Abteilung für Angewandte Geographie, Institut für Geographie, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 36, A-8010 Graz, e-mail: sulzer@sat1.kfunigraz.ac.at.



Topographische Daten in bewaldeten Gebieten – Ein Pilotprojekt mit Laser-Scanner-Daten¹

Karl Kraus, Erwin Hynst, Peter Belada, Thomas Reiter, Wien

Zusammenfassung

Im Wienerwald wurde ein Pilotprojekt mit flugzeuggetragenem Laser-Scanning durchgeführt. Aus diesen Daten läßt sich ein digitales Geländemodell (DGM) mit einer Genauigkeit von ± 25 cm im flachen Gelände und einer Genauigkeit von ± 1 m im sehr steilen Gelände (100% Steigung) ableiten. Durch Elimination der aufgetretenen systematischen Fehler läßt sich – durch Systemverbesserungen in den kommenden Jahren – diese Genauigkeit noch erheblich steigern. Den Abschluß des Aufsatzes bildet eine Abgrenzung der Laser-Technik zur Photogrammetrie mit dem Ergebnis, daß in bewaldeten Gebieten großmaßstäbige DGMs in Zukunft ausschließlich aus Laser-Daten abgeleitet werden, während im offenen Gelände die Photogrammetrie größere Vorteile bietet.

Abstract

In the Vienna Woods (Wienerwald) a pilot project employing an airborne laser scanner has been carried out. The digital terrain model (DTM) derived from those data may be as accurate as ± 25 cm in flat regions and ± 1 m in steep areas (with slopes of 100%). By eliminating systematic errors 3/4 after improvements of some components of the system during the upcoming years 3/4 the accuracy could be increased significantly. At the end of the article the comparison of laser scanning with photogrammetry suggests to utilize in future laser scanning exclusively for deriving large scale DTMs over forested areas while photogrammetry remains the more advantageous means of data acquisition over open land.

1. Einleitung

Die Fläche des Stadtgebietes von Wien beträgt rund 415 km², davon sind etwa 70 km² bewaldet. Zur Erstellung der Stadtkarten des Magistrates von Wien wurden von der MA 41-

Stadtvermessung bisher photogrammetrische Auswertungen vorgenommen. Mit diesen Arbeiten wurde in den 50er-Jahren mit analogen Auswertegeräten begonnen und im Laufe der Zeit auf die jeweils dem Stand der Technik entsprechenden Geräte umgestellt. Die analogen Aus-

¹ Eine vorläufige, englischsprachige Version dieses Aufsatzes ist in den Proceedings der Joint European Conference on Geographical Information, April 16-18, 1997, Austria Center, Vienna, erschienen. Zusätzlich zum Vortrag am 17. April im Austria Center wurde am 6. Mai 1997 bei einer ÖVG-Vortragsveranstaltung berichtet.