



Digitale Orthobilder und Terrain-Visualisierung

Armin Grün ¹, Emmanuel Baltsavias ², Martina Meister ³

¹ *Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich*

² *Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich*

³ *Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **82** (3), S. 220–234

1994

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Gruen_VGI_199437,  
  Title = {Digitale Orthobilder und Terrain-Visualisierung},  
  Author = {Grün, Armin and Baltsavias, Emmanuel and Meister, Martina},  
  Journal = {VGI -- Österreichische Zeitschrift für Vermessung und  
    Geoinformation},  
  Pages = {220--234},  
  Number = {3},  
  Year = {1994},  
  Volume = {82}  
}
```





Digitale Orthobilder und Terrain-Visualisierung

A. Grün, E. Baltsavias, M. Meister, Zürich

Zusammenfassung

Digitale Orthobilder sind erste operationelle Produkte der modernen digitalen Photogrammetrie. Unser Beitrag erläutert die Vorzüge dieser Orthobilder, beschreibt einige neue Auswertemöglichkeiten, die sich aus differentiell entzerrten Stereobildpaaren ergeben und demonstriert aus Orthobildern abgeleitete neuartige Produkte moderner Visualisierungstechniken. Durch Integration in hybride Geo-Informationssysteme ergeben sich für Orthobilder eine ganze Reihe neuer Anwendungen. Wir stellen einige davon zusammen. Es wird insbesondere darauf hingewiesen, daß gegenwärtig die Möglichkeiten und das Auswertepotential der Orthobildtechnologie bei weitem noch nicht ausgenutzt sind.

1. Einführung

Digitale Orthobilder sind heute einfach und schnell zu generieren. Dabei sind die Ausgangsbilddaten nicht auf konventionelle Luftbilder beschränkt, sondern es können ebenso Videobilder von Flugzeug- oder Hubschrauberplattformen und eine Vielfalt unterschiedlicher Weltraumscenen (Metrische Kamera, SPOT, Thematic Mapper, MOMS etc.) benutzt werden. Das Orthobild schafft für alle diese Bilddaten eine einheitliche geometrische Referenz, was die gemeinsame Nutzung verschiedener Datensätze erheblich erleichtert.

Unser Beitrag beschreibt zunächst die Vorteile digitaler gegenüber analogen Orthobildern und erläutert die Gründe, warum Orthobilder in letzter Zeit so stark an Aktualität gewonnen haben. Der geringe Aufwand zur Erzeugung digitaler Orthobilder erlaubt jederzeit die differentielle Entzerrung von Stereobildpaaren. Damit erhält man zwei Orthobilder des gleichen Gebiets. Wir beschreiben, wie man diese Daten nutzen kann, um zu folgenden Informationen zu gelangen: Rekonstruktion von 3-D Objekten, Kontrolle der geometrischen Genauigkeit der Orthobilder, Detektion und Korrektur von Fehlern im Digitalen Terrainmodell (DTM), korrekte Orthobilddarstellung von 3-D Objekten, die im DTM nicht modelliert waren. Damit sei gleichzeitig angedeutet, daß das Informations- und Auswertepotential, welches in der Orthobildtechnik steckt, heute noch lange nicht voll ausgeschöpft wird.

Weiterhin wird kurz auf das Produkt „Stereoorthobilder“ eingegangen, es werden Möglichkeiten zur halbautomatischen Merkmals-

extraktion erwähnt und die Methode des „Monoplotting“ propagiert.

In einem dritten Kapitel zeigen wir aus Orthobildern abgeleitete bzw. erweiterte Produkte wie Mosaik, Überlagerung von Vektordaten (z.B. Höhenlinien) und Pixelkarte, photo-realistische synthetische Schrägansichten sowie korrigierte Dachlagen von falsch abgebildeten Häusern. Schließlich werden noch einige Aspekte der Integration von Orthobildern in Geo-Informationssysteme zusammengestellt.

Alle in diesem Artikel gezeigten Ergebnisse wurden mit eigenentwickelter Software produziert. Unser Programmsystem ORTHO läuft auf UNIX-Plattformen und kann über ein benutzerfreundliches X-Window Userinterface angesprochen werden. Eine detaillierte Systembeschreibung findet sich in Baltsavias et al., 1992, während in Wang et al, 1991 die kommerzielle Version erläutert wird.

2. Das Digitale Orthobild

2.1 Allgemeines

Die Herstellung digitaler Orthobilder ist der erste digital-photogrammetrische Prozeß, der voll automatisiert wurde. Eine Beschreibung der Orthobildherstellung ist unter anderem in Bähr, Vögtle, 1991 und Konecny, 1979 gegeben, Konzept und Realisierung einer Digitalen Orthophoto Workstation (DOW) in Baltsavias et al., 1991 beschrieben, während Rechenzeiten in Colomina et al., 1991, Baltsavias et al., 1992 und Ecker et al., 1993 angegeben werden. Verschiedene neuere Aspekte der Herstellung

SOKKIA

Das Neue SET5A...
...mit der Flexibilität, die Sie sich wünschen
und den Funktionen, die Sie brauchen,
mit der Genauigkeit von 1,5 mgon.



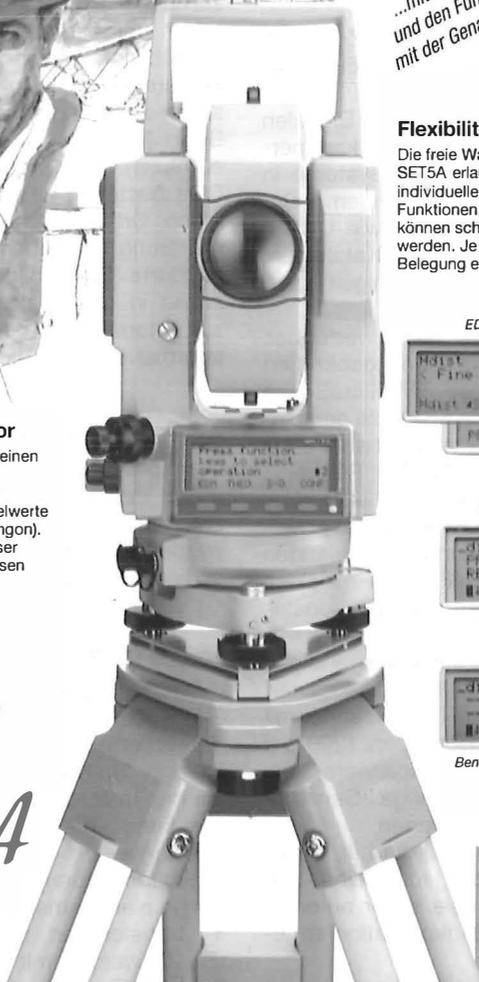
Zweiachskompensator

Das Instrument verfügt über einen Zweiachskompensator zur automatischen Korrektur der Horizontal- und Vertikalwinkelwerte (Winkelmeßgenauigkeit 1,5 mgon). Kein anderes Instrument dieser Preisklasse bietet derzeit diesen Vorzug.

Integrierte Software

- 3-D Koordinatenmessung
- Freie Standpunktwahl
- Spanmaßbestimmung
- indirekte Höhenbestimmung
- Absteckung

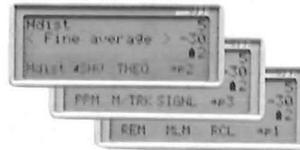
NEU
SET5A
TOTALSTATION



Flexibilität

Die freie Wahl der Softkey-Funktion im SET5A erlaubt Ihnen, das Keyboard an Ihre individuellen Meßaufgaben anzupassen. Funktionen, die nicht benötigt werden, können schnell und einfach abgewählt werden. Je nach Anwendung kann die Belegung erneut geändert werden.

EDM-Modus



Konfigurationsmodus



Standardeinstellung



Benutzerdefinierte Einstellung

SOKKIA Vertriebs GmbH
Fichtnergasse 10 a
A-1130 Wien
Telefon (02 22) 8 76 33 54-0
Telefax (02 22) 8 76 33 54-9

von Orthobildern und ihrer Integration in GIS sind in Fritsch, Hobbie, 1993 enthalten.

Die Vorteile digitaler gegenüber analogen Orthobildern sind:

- Hohe (vor allem relative) Genauigkeit, Stabilität
- Kurze Produktionszeit, niedrige Kosten
- Flexibilität in der Produktion von Orthobildern und Folgeprodukten, Überlagerung und Kombination mit anderen Daten, Integration in GIS
- Computergestützte Informationsextraktion
- Einfache radiometrische Manipulationen (hohe Bildqualität, Mosaikherstellung, Farbmanipulation)

Die Nachteile beim Umgang mit digitalen Orthobildern sind die immer noch relativ teuren Hardcopy-Ausgabegeräte.

Digitale Orthobilder haben in letzter Zeit stark an Aktualität gewonnen. Das hat verschiedene Ursachen:

- Es existiert ein breites Angebot an Digitalen Orthobild-(DO)-Systemen (ca. 30 kommerzielle Systeme oder SW-Pakete, Systeme in Dienstleistungsbüros, Hochschulsysteme, Systeme bei öffentlichen Behörden wie USGS, Kartographisches Institut von Katalonien, Landesvermessungsämtern in einigen Ländern der BRD, usw.).
- Digitale Daten sind heute leicht verfügbar. Diese Daten sind zwar oft schon geokodiert (SPOTView von SPOT Image, TM MicroScene von EOSAT, ERS-1 SAR von ESA), die gemeinsame Analyse dieser Bilder verlangt aber auch eine gemeinsame geographische Referenz, was bei Orthobildern gewährleistet ist.
- Aufgaben wie Umweltüberwachung, Verwaltung von Ressourcen, Planung etc. verlangen die Bearbeitung von großen Flächen in kleinen Zeitabständen. Orthobilder sind ein ideales Hilfsmittel für solche Anwendungen.
- Die für die Orthobildherstellung notwendigen Eingabedaten können heute leichter akquiriert werden. Es gibt relativ billige DTP-Scanner mit einer geometrischen Auflösung von 1200 dpi (sogar 4000 dpi bei Trommelscannern), die durch Kalibrierung auch strenge Genauigkeitsanforderungen erfüllen können.
- Digitale Terrainmodelle (DTMs) sind in immer stärkerem Maße verfügbar, für kleine und mittlere Maßstäbe können sie sogar automatisch auf dem Wege der Bildkorrelation abgeleitet werden.
- Die notwendige Paßpunktinformation kann mit Hilfe von GPS genau, schnell und kostengünstig bestimmt werden.

- Die kontinuierliche Erhöhung der Rechenleistung und der Speicherkapazität von Computern erleichtert die Orthobildherstellung.
- Die Entwicklungen in der digitalen Kartographie sind eng mit Orthobildern verbunden. Der Bedarf an aktuellen Karten wird zunehmend größer und kann teilweise durch Orthobildkarten gedeckt werden. Auch die Nachführung von Karten kann mit Hilfe von digitalen Orthobildern erleichtert werden.
- Orthobilder stellen als Rasterdatensatz eine oft sehr wichtige, aktuelle Informationsebene in Geo-Informationssystemen dar.

Ein Problem in der Orthobildherstellung entsteht dadurch, daß übliche DTMs keine volle 3-D Information liefern. Objekte wie Gebäude, Brücken etc. sind im DTM nicht enthalten und werden daher in Orthobildern – gemäß ihrer ursprünglichen Versetzung in den Luftbildern – falsch dargestellt. Die korrekte Darstellung dieser Objekte (besonders in Orthobildern großen Maßstabs) wird aber immer dringlicher. Erste Ansätze zu entsprechenden Korrekturen sind in Behr, 1989, Ecker et al., 1993 und Dan 1993 enthalten. Weitergehende Entwicklungen bei DOs bestehen z.B. in der Herstellung von farbigen Orthobildern und vor allem in der Erweiterung mit neuen Produkten wie differentiell entzerrte Stereobilder und Stereo-Orthobilder, sowie in der Implementation von Algorithmen zur automatischen oder halbautomatischen 3-D Informationsextraktion.

2.2 Differentiell entzerrte Stereobildpaare

Aus den Bildern eines Stereopaars können zwei Orthobilder derselben Region hergestellt werden. Ein solches Orthobildpaar könnte verschiedenen Zwecken dienen:

Messung von 3-D Koordinaten

Durch folgendes Verfahren können korrekte 3-D Koordinaten abgeleitet werden, auch wenn das unterliegende DTM völlig falsch ist (s. Abbildung 1). Korrespondierende Punkte (P' , P'') werden manuell oder automatisch mit Matching-Verfahren in beiden Orthobildern detektiert (idealerweise sollten sie die gleichen Pixelkoordinaten haben). Diese Pixelkoordinaten werden in planimetrische Koordinaten (X' , Y' und X'' , Y'') transformiert, und die dazugehörige Höhen (Z' , Z'') werden mit Hilfe des DTMs interpoliert. Diese XYZ-Werte der beiden korrespondierenden Punkte werden unter Verwendung der bekannten äußeren und inneren Orientierung in

Bildkoordinaten (x' , y' und x'' , y'') der ursprünglichen Bilder transformiert. Diese zwei Bildpunkte sind homolog, wenn die innere und äußere Orientierung der Sensoren und die Transformation vom Scanner- ins Bildkoordinatensystem genügend genau sind. Durch Vorwärtsschnitt der homologen Strahlen können

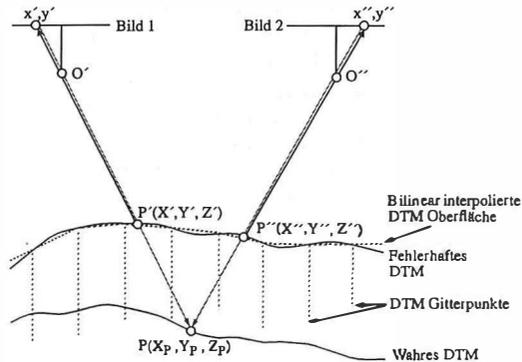


Abb. 1: Bestimmung von 3-D Koordinaten aus homologen Punkten P' , P'' in differenziell entzerrten Stereobildern

exakte Objektkoordinaten X_p , Y_p , Z_p bestimmt werden. Dieses Verfahren kann auch verwendet werden, um die geometrische Genauigkeit der Orthobilder zu überprüfen, DTMs zu korrigieren und 3-D Objekte zu messen, die nicht im DTM enthalten sind.

Kontrolle der geometrischen Genauigkeit der Orthobilder

Das wesentliche Problem ist in diesem Fall oft der Aufwand für die Akquisition einer großen Anzahl von Kontrollpunkten. Aus diesem Grund wird die Genauigkeit oft nur mit sehr wenigen Punkten kontrolliert (im nationalen Orthobildprogramm der USA werden minimal 4 Punkte verlangt). Mit dem oben erwähnten Verfahren kann man für sehr viele Punkte rasch korrekte 3-D Koordinaten ableiten und sie mit den in den Orthobildern gemessenen Koordinaten vergleichen. Mit Hilfe eines Interests-Operators können Tausende von gut definierten Punkten (wie z.B. Ecken) ausgewählt und dann automatisch zugeordnet werden.

Detektion und Korrektur von Fehlern im DTM

Wenn der Zeitunterschied zwischen den zwei Aufnahmen klein ist (Normalfall der Luftphotogrammetrie) und die übrigen Fehler klein gehalten werden können, dann sollten die zwei Orthobilder perfekt übereinstimmen und die

Grauwerte an homologen Positionen sehr ähnlich sein. Folgende Ausnahmen sind denkbar:

- i) Das DTM ist korrekt, aber es gibt radiometrische Unterschiede wegen Rauschen, Verdeckungen, unterschiedlicher Reflexion, Schatten etc.
- ii) Es gibt Unterschiede wegen falsch abgebildeter 3-D Objekte, wie Gebäude etc.
- iii) Das DTM selbst ist falsch.

Regionen mit solchen Unterschieden können manuell (durch stereoskopische Betrachtung) oder halbautomatisch detektiert werden. Der Fall (i) wird in den meisten Fällen eine manuelle Messung oder Editierung verlangen. Zu Fall (ii) siehe unten. Fall (iii) kann folgendermaßen behandelt werden. Durch radiometrische Equalisierung der Bilder und Subtraktion können Regionen mit Unterschieden grob detektiert werden. An diesen Stellen können durch Matching korrespondierende Punkte gefunden und exakte 3-D Koordinaten berechnet werden. Diese Punkte werden in der Regel zwischen die DTM Gittermaschen fallen. In diesem Fall kann die Höhe an den Gitterpunkten mit Hilfe der exakten, unregelmäßig verteilten Punkte interpoliert werden. Eine alternative Methode (Norvelle, 1992) ist, den Höhenfehler nährungsweise auf die Gitterpunkte zu transferieren, und das Matching-Verfahren und die Höhenkorrektur so viele Male zu wiederholen, bis der Korrekturwert unter einem Schwellenwert liegt. Mit diesem Verfahren werden die Orthobilder zur Korrektur des DTMs benutzt, was andererseits auch eine erhöhte geometrische Genauigkeit des aus dem korrigierten DTM abgeleiteten Orthobildes zur Folge hat.

Messung und korrekte Darstellung von 3-D Objekten

Dazu sind diese Objekte zunächst zu rekonstruieren. Korrespondierende Punkte in den zwei Bildern werden entweder manuell oder halbautomatisch gemessen und 3-D Koordinaten abgeleitet. Diese Information kann entweder vor der Orthobildherstellung mit dem DTM kombiniert werden, oder es werden a posteriori Korrekturen an den Orthobildern angebracht (vgl. Abbildung 10c und Dan, 1993). Eine volle 3-D Beschreibung der Objekte ist oft nur unter bestimmten Annahmen über die nicht sichtbaren Teile des Objektes oder unter Einbezug von benachbarten Bildern möglich.

2.3 Stereo-Orthobilder

Ein Stereopartner kann mit wenigen Zusatzberechnungen während der Orthobildgenerie-

rung hergestellt werden. Dabei werden horizontale Parallaxen als Funktion der DTM-Höhen eingeführt. Stereo-Orthobilder erlauben eine bessere visuelle Objekterkennung durch stereoskopische Betrachtung und die einfache Ableitung von Höhen. 3-D Stereomessungen und Kartierung sind möglich. Mit Hilfe eines DTMs können den zwei Bildern Vektoren überlagert werden und Stereo-Karten hergestellt werden. Hardcopy Stereo-Orthobilder und Orthobildkarten können für verschiedene Zwecke im Feld genutzt werden. Die Stereobetrachtung an einer digitalen photogrammetrischen Station wird erleichtert, da keine y-Parallaxen auftreten.

2.4 Merkmalsextraktion mit Hilfe von Bildanalysemethoden

Halbautomatische Merkmalsextraktion kann mit Hilfe von Mono- oder Stereo-Orthobildern erfolgen. Die Forschung hat sich auf zwei Bereiche konzentriert: Musterklassifikation und Extraktion von linearen Merkmalen, wie etwa Grenzen von Landnutzungsflächen, Straßen und Gebäuden. A priori Wissen aus einem GIS kann vorteilhaft genutzt werden, um diese Extraktion zu erleichtern. Allerdings steht die sogenannte GIS-basierte Bildanalyse noch am Anfang der Entwicklung. Erste Ansätze zur halbautomatischen Merkmalsextraktion zur schnelleren, komfortableren und genaueren Digitalisierung sind allerdings heute bereits vorhanden (Fua, Leclerc, 1990, Grün et al., 1993).

2.5 Monoplotting in Orthobildern

Unter „Monoplotting“ ist die Kombination einer Bildszene (Luftbild oder Satellitenszene) mit einem DTM zum Zwecke der Extraktion planimetrischer (X, Y-) und Höhen(Z-)information zu verstehen. Die Grundidee besteht dabei im Ersatz des aufwendigen und erhebliche Auswertearbeit verlangenden Verfahrens der Stereoauswertung durch Einzelbild(Mono-)auswertung. Diese Einzelbildauswertung verlangt weit weniger Operateurtraining und eröffnet somit Fachleuten anderer Disziplinen einfache, schnelle und preiswerte Möglichkeiten, eigene Auswertungen zu produzieren. Somit fördert diese Methode eine breitere Akzeptanz digital-photogrammetrischer Technologien durch Popularisierung sonst komplexer Meßtechniken.

Während der Operateur am Computerbildschirm mit dem Cursor das gewünschte Objekt im Orthobild abfährt, wird on-line die jeweils

zugehörige Höhe interpoliert. Damit steht das Objekt jederzeit mit seinen 3-D Koordinaten zur Verfügung. Natürlich können mit diesem Verfahren nur jene Objekte genau extrahiert werden, die bereits als Teil des DTMs betrachtet werden können, wie Straßen, Landnutzungsgrenzen etc. Die Größe des Fehlers, der durch Nichtbeachtung dieses Grundsatzes begangen wird, ist im wesentlichen abhängig vom Bildmaßstab und der Qualität des DTM. Je kleiner der Bildmaßstab, desto geringere Fehlereinflüsse sind zu erwarten. Die Messung im Orthobild kann durch halbautomatische Verfahren unterstützt werden (vgl. Kapitel 2.4). Bei Benutzung eines GIS sind Probleme der Objektbildung und Einbindung in eine Datenbank zu berücksichtigen.

3. Abgeleitete Produkte / Visualisierung

3.1 Beschreibung der verwendeten Datensätze

Für die Produktion der im Folgenden vorgestellten Orthobilder und der daraus abgeleiteten Produkte wurden drei digitale Datensätze verwendet:

Datensatz „Avenches“:

Vom Gemeindegebiet „Avenches“ in der Westschweiz wurden Luftbilder im Maßstab 1 : 15000 mit dem Scanner „Optronics 5040“ des Instituts für Kartographie mit einer Auflösung von 50 Mikrometer (das entspricht einer Auflösung am Boden von 0.75 m) gescannt. Das DTM für das gesamte Gemeindegebiet wurde als regelmäßiges Gitter (50 m im flachen, 25 m im hügeligen Gelände) am analytischen Plotter AC3 (Leica) registriert und durch Einzelpunkt- und Bruchkantenmessungen ergänzt. Mit Hilfe des institutseigenen Programms DTMZ wurde daraus ein regelmäßiges 1.5 m-Gitter abgeleitet. Zur Orthobildherstellung wurde das ebenfalls am IGP entwickelte Programm ORTHO benutzt.

Datensatz „Olten“:

Ein Luftbild im Maßstab 1:15000 von einem Gebiet südlich von Olten wurde mit dem Scanner „Horizon“ (Agfa) mit einer Auflösung von 600 dpi gescannt, das entspricht einer Pixelgröße von 42 Mikrometer im Bild bzw. 0.63 m im Gelände. Die Orientierungsdaten des Luftbildes stammten aus einer Orientierung eines Luftbildpaares am analytischen Plotter AC3. Da in dem Gebiet keine signalisierten Paßpunkte vor-

handen waren, mußten Paßpunkte aus einer topographischen Karte 1:25000 herausgesucht und für die Orientierung herangezogen werden. Die Orientierung konnte daher nur auf ca. 1 bis 1.5 m genau erfolgen. Das verwendete DTM ist eine Kombination aus vorhandenen 25 m-Gitter-Daten des Bundesamts für Landestopographie und am AC3 gemessenen Gitter- und Einzelpunkten sowie Bruchkanten. Daraus wurde ein regelmäßiges 1 m-Gitter abgeleitet, das zur Orthobildherstellung benutzt wurde.

Datensatz „Pilatus“:

Das Programm ORTHO ermöglicht auch die geometrische Verarbeitung von SPOT-Szenen (Level 1A), basierend auf dem Modell von Kratky (Kratky, 1989a, 1989b) und der zugehörigen von ihm entwickelten Software. Die Polynomparameter (Basis-Modell: 14, erweitertes Modell: 16 Parameter) zur Transformation vom Objekt- in den Bildraum werden über ein strenges mathematisches Modell berechnet. Als Ausgangsmaterial zur Orthobildherstellung stand eine SPOT-Szene vom Gebiet um den „Pilatus“ in der Zentralschweiz sowie das zugehörige 25 m-Gitter-DTM des Bundesamts für Landestopographie zur Verfügung. Das daraus abgeleitete Orthobild hat eine Pixelgröße von 8.3 m.

3.2 Mosaik aus Digitalen Orthobildern

Drei Orthobilder des Datensatzes „Avenches“ sollten zu einem Mosaik zusammengesetzt werden. Da sie große radiometrische Unterschiede aufwiesen, mußten sie radiometrisch angepaßt werden. Das ebenfalls am Institut entwickelte Programm MOSAIC ermöglicht diese Anpassung. Abbildungen 2a und 2b zeigen Ausschnitte des Mosaiks aus den digitalen Orthobildern vor (2a) und nach (2b) radiometrischer Korrektur. Die radiometrische Anpassung erfolgt nach der Methode der Summenhistogramm-anpassung (s. Kähler, 1989).

3.3 Überlagerung des Orthobildes mit Karteninformation

Dem Orthobild aus dem Datensatz „Olten“ wurde im Programm ARC/INFO eine sogenannte „Pixelkarte“ (das ist eine gescannte Karte im Rasterformat) des Bundesamts für Landestopographie überlagert. Diese Methode kann zur Nachführung von Karten eingesetzt werden (s. Abbildung 3).

3.4 Synthetische 3-D-Darstellungen

Das Orthobild „Olten“ wurde dem DTM überlagert und so eine künstliche dreidimensionale Ansicht des Geländes in Parallelprojektion erzeugt. Dazu steht ein ebenfalls am IGP entwickeltes Programm zur Verfügung, wobei diesen 3-D Ansichten noch zusätzlich Höhenlinien überlagert werden können (s. Abbildung 4). Bei genauerem Hinsehen zeigt sich ein Problem ganz deutlich, wenn man Bilder von bebauten Gebieten in großen bis mittleren Maßstäben zur Orthobild-Herstellung benutzt: Gebäude liegen flach am Boden, Brücken sind „eingestürzt“, weil sie nicht im DTM integriert sind (s. Abbildung 5). Ein Verfahren zur Lagekorrektur bei Gebäuden in Orthobildern wird im Kapitel 3.6 beschrieben.

In gleicher Weise können auch gescannte Karten im Rasterformat dem DTM überlagert werden. Abbildung 6 zeigt die oben erwähnte Pixelkarte in 3-D Darstellung.

3.5 Verarbeitung von SPOT-Bildern

Die Abbildungen 7 bis 9 zeigen Beispiele für die Verarbeitung von SPOT-Szenen. In Abbildung 7 ist das Orthobild der SPOT-Szene „Pilatus“ mit überlagerten Höhenlinien dargestellt. Durch Überlagerung mit dem DTM wurden (wie oben beschrieben) 3-D Ansichten des Geländes erzeugt (s. Abbildung 8). Die einzelnen 3-D Ansichten können zu ganzen Bildsequenzen für Video-Animationen zusammengesetzt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, ein Gitter mit wählbarer Maschenweite oder Höhenlinien der 3-D Ansicht zu überlagern (s. Abbildung 9).

3.6 Korrektur von Orthobildern

Wie schon oben erwähnt, gibt es bei der Orthobild-Herstellung Probleme, wenn man als Bildmaterial digitale Luftbilder von bebauten Gebieten in relativ großen Maßstäben benutzt. Am IGP wird derzeit ein Verfahren entwickelt, die Lagefehler bei Gebäuden und anderen Bauwerken im Orthobild zu beseitigen. Als Zusatzinformation dienen dabei im Moment die an einem analytischen Plotter gemessenen 3-D Daten dieser Bauwerke. Später ist an eine halbautomatische Erhebung dieser Daten gedacht. Ein Ausschnitt aus einem Orthobild vor und nach der Lagekorrektur zeigen Abbildungen 10a bis 10c. Abbildung 10a zeigt die fehlerhaften Dachlagen innerhalb eines sonst korrekten Orthophotos. Abbildung 10b veranschaulicht die unter Benutzung einer 3-D Haus-



Abb. 2a: Mosaik vor radiometrischer Korrektur

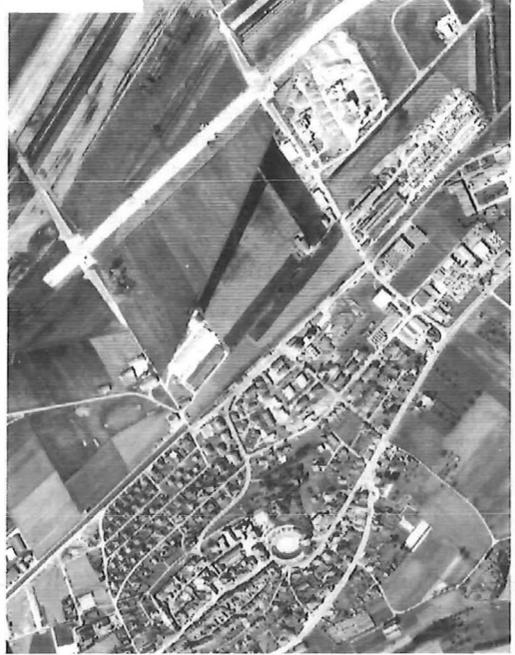


Abb. 2b: Mosaik nach radiometrischer Korrektur

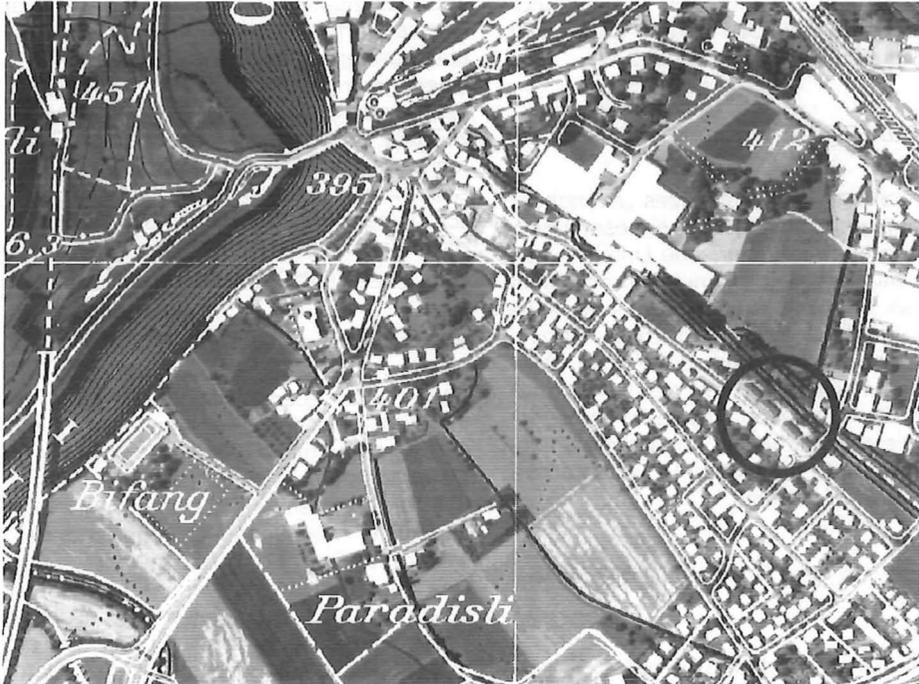


Abb. 3: Orthobild, überlagert mit Pixelkarteninformation. Der Kreis markiert einen Bereich, wo die Karte nachgeführt werden muß (Pixelkarte: Bundesamt für Landestopographie, Bern)

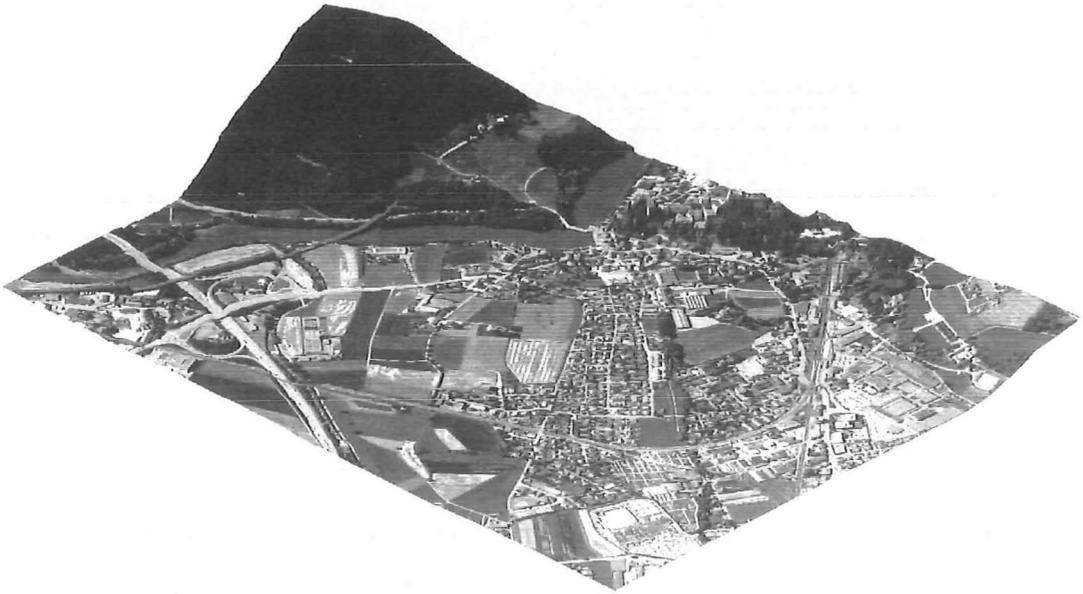


Abb. 4: Überlagerung Orthobild – DTM

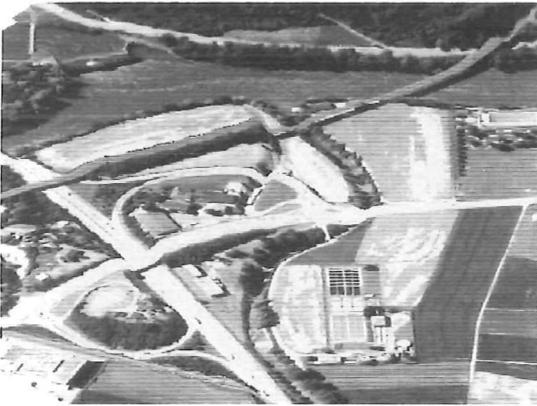


Abb. 5a und 5b: Ausschnitte aus Abb. 4; die „eingestürzten Brücken sind deutlich sichtbar

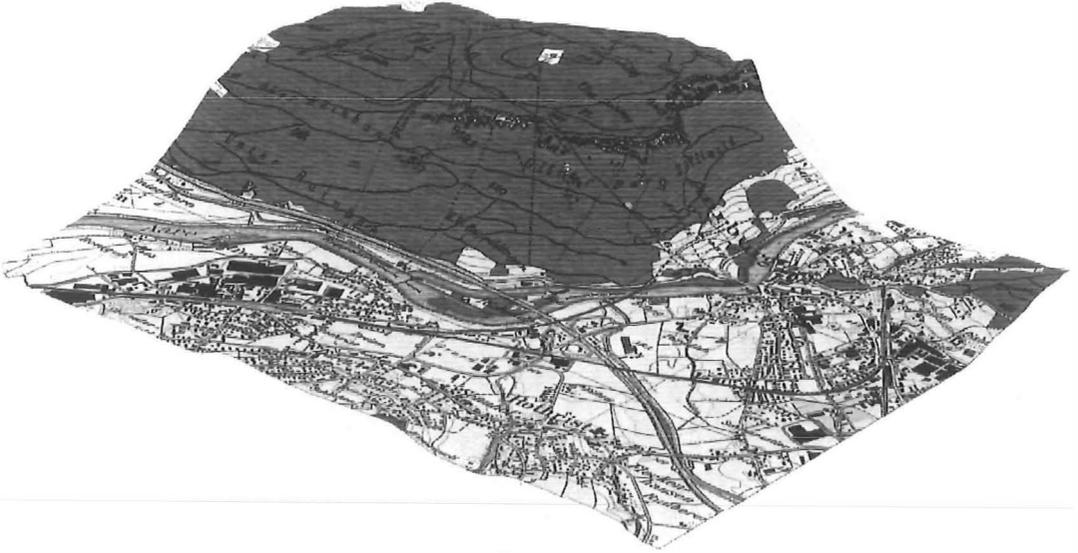


Abb. 6: Überlagerung Pixelkarte - DTM (Pixelkarte und DTM: Bundesamt für Landestopographie, Bern)



Abb. 7: Ausschnitt aus einem SPOT-Orthobild, überlagert mit Höhenlinien und Gitterkreuzen (DTM: Bundesamt für Landestopographie, Bern)

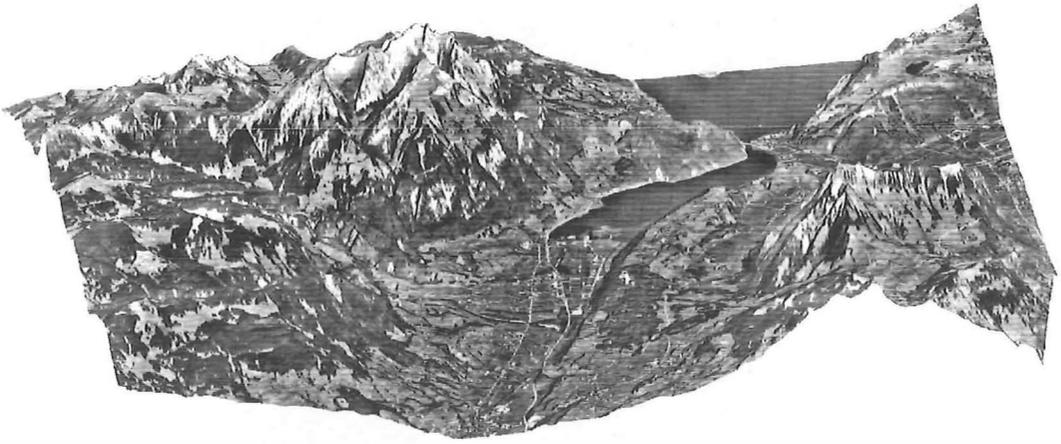


Abb. 8: Überlagerung DTM - SPOT-Orthobild (DTM: Bundesamt für Landestopographie, Bern)



Abb. 9: Überlagerung DTM - SPOT-Orthobild, mit Höhenlinien (DTM: Bundesamt für Landestopographie, Bern)



Abb. 10a: Unkorrigiertes Orthobild. Die Häuser erscheinen „umgeklappt“



Abb. 10b: Korrigierte Dachlagen im Orthobild (zur Veranschaulichung weiß dargestellt)



Abb. 10c: Korrigierte Dachlagen im Orthobild in richtiger Grauwertdarstellung. Die entstehenden Lücken sind noch mit „alten“ Pixeln aufgefüllt

beschreibung korrigierten Dachlagen, während Abbildung 10c die korrigierten Dächer zeigt. In letzterer Darstellung sind die sichttoten Räume (Lücken) noch mit den „alten“ Pixeln besetzt. Momentan wird an der Entfernung der noch sichtbaren Reste des verzerrten Gebäudes und dem Ausfüllen dieser Lücken mit geeigneten Grauwerten sowie an der Beseitigung von störenden Schatten gearbeitet.

4. Integration von Orthobildern in Geo-Informationssysteme

Die Anwendungsmöglichkeiten von Orthobildern in einem GIS gehen über den Aufbau und die Archivierung einer Datenbank und die Nutzung von Orthobildern als Hintergrund für Vektordaten hinaus. Als weitere Applikationen sind vorstellbar:

- *Datenüberprüfung durch Überlagerung*
Korrektur von Vektor- und Rasterdaten, Überprüfung der geometrischen Genauigkeit von Orthobildern.
- *Überlagerung von Orthobildern und anderen Vektor- und Rasterdaten mit Digitalen Terrain-Modellen*
Erzeugung von synthetischen 3-D-Ansichten, Sequenzen, Animationen und Simulationen; besonders geeignet für Planungszwecke.
- *Herstellung von Orthobildkarten*
Die Herstellung von Orthobildkarten ist eine schnelle und günstige Art der Kartenherstellung und Darstellung von aktueller Information. Orthobildkarten sind leicht interpretierbar; es ist nur wenig kartographische Symbolisierung erforderlich. Die Orthobilder können auch mit existierenden Rasterkarten (oder einzelnen Ebenen der Rasterkarten) überlagert werden.
- *Verarbeitung und Analyse*
Statistische Funktionen, boolesche Operationen, Nachbarschafts- und Konnektivitätsanalysen können auf Orthobilder und andere Raster- und Vektor-Daten angewendet werden.
- *Kombination mit anderen Bilddaten (Datenfusion, integrierte Sensorsysteme)*
Z.B. kann man SPOT- und TM-Daten kombinieren, um sowohl eine gute geometrische als auch eine gute spektrale Information zu erhalten. Bei der Kombination von SPOT- und SAR-Daten können wolkenbedeckte Regionen in den SPOT-Bildern durch SAR-Bilder ersetzt werden; die Interpretation der SAR-Bilder kann durch die Kombination mit SPOT-Daten erleichtert werden.

- *Verbesserung von multispektralen oder anderen Klassifizierungsmethoden*
Das kann erreicht werden durch Kombination mit anderen geokodierten Informationen (DTMs und abgeleitete Produkte, textur-basierte Segmentierung, thematische Ebenen wie Geologie und Vegetation). Die oft in einem GIS enthaltenen „ground truth“-Daten können zur einfachen Auswahl von Trainingsgebieten und zur Analyse der Klassifizierungsgenauigkeit herangezogen werden.
- *Verschneidung mit anderen Daten*
 - (i) Rasterdaten (DTMs, Klassifizierungsbilder),
 - (ii) Vektordaten (z.B. Parzellengrenzen, Mittelachsen von Straßen), und (iii) Sachdaten.
- *Anwendungen im Bereich „Change Detection“*
Diese Anwendungen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die Generierung von neuen Orthobildern und ihr Vergleich mit älteren ist leicht möglich, weil die Digitalen Terrainmodelle über die Zeit relativ stabil sind. Dadurch können Regionen, in denen Veränderungen stattgefunden haben, erkannt und dargestellt werden, möglicherweise in Kombination mit anderen GIS-Informationen wie Änderung der Bevölkerungsanzahl, des Straßennetzes etc. Aufgrund der Überlagerung der alten (existierenden) Merkmale mit dem Orthobild können Hypothesen formuliert werden (z.B. alle alten Merkmale existieren im neuen Orthobild). Die Kriterien zur Verifikation oder Ablehnung dieser Hypothesen können vom Orthobild mittels halbautomatischen Extraktions- und Klassifizierungsverfahren abgeleitet werden.
- *Orthobilder als nationale Land-Basis-Information*
Land-Basisinformationen für ein GIS werden oft mit Hilfe von unterschiedlichen Methoden abgeleitet, z.B. mittels Photogrammetrie oder Digitalisierung von Katasterplänen, und beinhalten unterschiedliche Daten, je nachdem, wie sie vom Benutzer spezifiziert wurden. Die sich daraus ergebenden Probleme und sich überlappende, aber voneinander unabhängige Aktivitäten können vermieden werden, wenn Orthobilder als gemeinsame Land-Basis-Information benutzt werden. Dabei können sich mehrere Benutzer die Produktionskosten teilen; jeder Benutzer unterhält seine spezifischen thematischen Ebenen. Digitale Orthobilder niedrigerer Auflösung können leicht hergestellt werden mittels Bildpyramidenverfahren, die eine inhärente und einfache Generalisierung der Bildinformation darstellen.
- *Qualitätskontrolle von DTMs* (s. Kapitel 2.2)

– Neudatenerfassung

Verschiedene Möglichkeiten wurden in den Kapiteln 2.2 bis 2.4 diskutiert (Mono-Orthobilder mit oder ohne DTM, differentiell entzerrte Stereobilder, Stereo-Orthobilder). In vielen Fällen bieten Orthobilder einen einfachen und billigen Einstieg in ein GIS. Heute sind manuelle sowie halbautomatische Verfahren für Messung, Klassifizierung und Objektbildung realistisch. In Zukunft werden verstärkt wissens- und modellbasierte Bildanalysemethoden eingesetzt werden.

– Datennachführung

Besonders wichtig ist die Nachführung von digitalen Karten. Digitalisierte Karten sind älter und meist ungenauer als aktuelle Orthobilder. Die „Kartennachführung“ besteht manchmal aus einer völlig neuen Kartierung; das ist nicht nur eine sehr teure Lösung, es können auch Inkonsistenzen in der Lokalisierung von Merkmalen durch die neue Auswertung entstehen. In vielen Fällen wird eine selektive Kartennachführung vom GIS-Benutzer selbst durchgeführt, weil er nicht 5 bis 10 Jahre (so lange dauert mancherorts der Karten-Nachführungszyklus) warten kann.

5. Schlußbemerkungen

Die Herstellung digitaler Orthobilder ist heute bei gegebenem Digitalen Terrainmodell (DTM) ein hochgradig automatisierter Prozeß. Selbst die Generierung von DTMs aus Satellitenszenen oder Luftbildern kleinen und mittleren Maßstabs kann heute durch Einsatz hochentwickelter Matchingverfahren zum Teil schon automatisiert werden. Damit wird das digitale Orthobild zu einem preiswerten, flexiblen Produkt mit vielen Einsatzmöglichkeiten. Einige der möglichen Nachfolgeprodukte wie synthetische Bilddarstellungen mit und ohne Einbezug von zusätzlichen Vektordaten sind in diesem Beitrag beschrieben. Weitere, heute noch ungenutzte Möglichkeiten zur Messung von 3-D Objektkoordinaten, zur Kontrolle der geometrischen Genauigkeit von Orthobildern sowie zur Detektion und Korrektur von Fehlern in DTMs bieten sich durch die Analyse der Unterschiede differentiell entzerrter Stereobildpaare. Die Methoden dafür stehen zur Verfügung, es fehlt allerdings noch die entsprechende operationelle Software.

Geo-Informationssysteme werden in Zukunft kaum mehr ohne die Möglichkeit der Orthobildrepräsentation und -verarbeitung auskommen. Insbesondere wird der Methode des Monoplotting eine große praktische Bedeutung zukommen.

Orthobilder haben heute noch nicht ihren möglichen Qualitätsstandard erreicht. Objekte, welche nicht im DTM erfaßt wurden, führen zu geometrischen Fehlabbildungen. Schatten und verschiedene Störungen durch spekulare Reflexionen mindern die ästhetische Qualität, aber auch den Informationsgehalt der Orthobilder. In unserer Gruppe wird an einer Kompensation dieser Effekte gearbeitet. Wie in diesem Artikel gezeigt wurde, konnte die Verschiebung von Hausdächern bereits erfolgreich durchgeführt werden.

Es ist zu erwarten, daß viele noch bestehende Unzulänglichkeiten bei der Herstellung von Orthobildern in naher Zukunft beseitigt werden können. Damit werden digitale Orthobilder, egal aus welcher Bilddatenquelle erzeugt, zu einem unverzichtbaren Standardprodukt.

6. Danksagungen

Wir bedanken uns bei allen Mitarbeitern unserer Gruppe, die zu den hier präsentierten Ergebnissen beigetragen haben, insbesondere bei den Herren B. Rüedin (permanente Unterstützung in allen Computerfragen sowie Entwicklung der Programme zum Pixel- und Vektordatenoverlay) und H. Dan (Korrektur von Hausdächern in Orthobildern). Dem Bundesamt für Landestopographie, Bern sei gedankt für die Überlassung verschiedener DTM- und Pixelkartendatensätze.

Literatur

- [1] Bähr, H.-P., Vögtle, Th., 1991. Digitale Bildverarbeitung. 2. Auflage, Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- [2] Baltasvias, E.P., 1993. Integration of Ortho-Images in GIS. In Photogrammetric Week '93, Fritsch/Hobbie (Eds.), Wichmann Verlag, Karlsruhe, S. 261–272.
- [3] Baltasvias, E.P., Grün, A., Meister, M., 1991. A Digital Orthophoto Workstation. Proc. of ASPRS Annual Convention, März 25–29, Baltimore, USA, Vol. 5, S. 150–160.
- [4] Baltasvias, E.P., Grün, A., Meister, M., 1992. DOW – A System for Generation of Digital Orthophotos from Aerial and SPOT Images. EARSeL-Advances in Remote Sensing, Vol. 1, No. 3, Juli, S. 105–112.
- [5] Behr, F.J., 1989. Einsatz von CCD-Kameras zur differentiellen Entzerrung photogrammetrischer Aufnahmen. DGK, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Dissertationen, Heft Nr. 356.
- [6] Colomina, I., Navarro, J., Torre, M., 1991. Digital Photogrammetric Systems at the I.C.C.. In Digital Photogrammetric Systems, Ebner/Fritsch/Heipke (Eds.), Wichmann Verlag, Karlsruhe, S. 217–228.
- [7] Dan, H., 1993. Abbildungskorrekturen für Häuser in digitalen Orthobildern. Interner Bericht, IGP, Februar 1993, ETH Zürich.
- [8] Ecker, R., Kalliani, R., Otepka, G., 1993. High Quality Rectification and Image Enhancement Techniques for Digital Orthophoto Production. In Photogrammetric Week '93,

Einfach zu bedienen, schnell beim Messen: produktiv



Neu
Rec Elta® 15

Kurze Meßzeiten allein machen ein Tachymeter noch nicht produktiv. Darüber entscheidet an erster Stelle die eindeutige, sichere Bedienung. Deshalb hat die Tastatur des Rec Elta® 15 von Carl Zeiss keine doppelt belegten Tasten. Deshalb sind die Funktionstasten dem großflächigen Grafikbildschirm direkt zugeordnet. Mit Informationen im Klartext steuern Sie den Meßablauf. Was zu tun und zu messen ist, zeigt Ihnen das Instrument an. Unterstützt werden Sie bei Ihren Aufgaben durch die integrierten anwen-

dungsgerechten Programme. Standard ist beim Kompakt-Tachymeter Rec Elta® 15, daß Ergebnisse automatisch intern gespeichert werden. Testen Sie ein Rec Elta® 15. Überzeugen Sie sich davon, daß sichere Bedienung produktivitätssteigernd ist. Und daß hohe Leistung und ein niedriger Preis einander nicht ausschließen. Wir würden gern mit Ihnen über die weiteren praxisgerechten Vorteile des Rec Elta® 15 sprechen. Rufen Sie uns bitte an oder faxen Sie.

**Vermessung mit Carl Zeiss.
Einfach genau.**



Carl Zeiss GmbH
Rooseveltplatz 2
Postfach 96
A-1096 Wien
Tel.: 02 22/4 04 30-0
Fax: 02 22/4 08 42 39

- Fritsch/Hobbie (Eds.), Wichmann Verlag, Karlsruhe, S. 143–156.
- [9] *Fritsch, D., Hobbie, D., (Eds.), 1993.* Photogrammetric Week '93. Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- [10] *Fua, P., Leclerc, 1990:* Model driven edge detection. Machine Vision Appl. 3, pp. 45-56.
- [11] *Grün, A., Streilein, A., Stallmann, D., Dan, H., 1993:* Automation of house extraction from aerial and terrestrial images. Paper presented to the Conference AUSIA '93, Wuhan, China, October 19–22.
- [12] *Kähler, M., 1989.* Radiometrische Bildverarbeitung bei der Herstellung von Satelliten-Bildkarten. DGK, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Dissertationen, Heft Nr. 348.
- [13] *Konecny, G., 1979.* Methods and Possibilities for Digital Differential Rectification. Photogr. Eng. and Rem. Sens., Vol. 45, No. 6, S. 727–734.
- [14] *Kratky, V., 1989a.* On-line Aspects of Stereophotogrammetric Processing of SPOT Images. Photogr. Eng. and Rem. Sens., Vol. 55, No. 3, S. 311–316.

- [15] *Kratky, V., 1989b.* Rigorous Photogrammetric Processing of SPOT Images at CCM Canada. ISPRS Jour. of Photogr. and Rem. Sens., Vol. 44, S. 53–71.
- [16] *Norville, F.R., 1992.* Using Iterative Orthophoto Refinements to Correct Digital Elevation Models (DEM's). Proc. of ASPRS Annual Convention, August 3–8, Washington, D.C., USA, Vol. 2, S. 27–35.
- [17] *Wang, S., Shanks, R., Katibah, E.F., 1991:* Integrating Low-Cost Digital Orthophotography with ARC/INFO Rev. 6.0. Presented Paper at the 11th Annual ESRI User Conference, May 20–24, 1991, Palm Springs, Kalifornien.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Armin Grün, Dr. E. Baltsavias, Dipl.-Ing. Martina Meister, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich



Digitaler Austausch von Geo-Daten Normung in Österreich

Norbert Bartelme, Graz

Zusammenfassung

Die Problematik des digitalen Austausches von Geo-Daten wird von den besonderen Eigenschaften solcher Daten geprägt. Wir nennen zunächst die Geometrie und Topologie; sodann die starke Betonung der Graphik, die nicht nur als illustratives Element, sondern teilweise als selbständiger Informationsträger verwendet wird; und schließlich die mit der Semantik der Daten einhergehende Komplexität von Verarbeitungsvorschriften und Konventionen. Vor dem Hintergrund europäischer Bemühungen zur Standardisierung der Geoinformation wird die Neufassung der ÖNorm A2260 vorgestellt, die sich derzeit in Ausarbeitung befindet.

Abstract

A solution for the problem of digital exchange of geographical data must take their distinctive properties into account, such as geometry and topology, as well as graphic representations, which apart from serving illustrative purposes can be important information carriers. The complexity of rules and conventions for processing data with different semantics is another characteristic of geographical data. Against the background of European initiatives regarding the standardization for geographical data, the new version of the Austrian standard A2260 is presented.

1. Einleitung

Bei der Gestaltung unseres Lebensraumes hilft uns eine verantwortungsbewußte Verwaltung von Ressourcen und eine durchdachte Planung für deren sinnvollen Einsatz. Wichtige Ressourcen im Bereich des Geoinformationswesens sind Bodenflächen und deren Nutzung durch Bebauung und Bewirtschaftung, die durch Verkehrsachsen sowie Versorgungs- und Entsorgungsleitungen erschlossen werden (*Bartelme 1989*). Fortschritte auf dem Hardware- und auch Softwaresektor machen ein Umsteigen auf digitale Methoden der Verarbeitung

schmackhaft. Die Ersterfassung der Daten stellt allerdings einen erheblichen zeitlichen Flaschenhals dar. Vom wirtschaftlichen Standpunkt her betrachtet, wird sich der Rationalisierungseffekt erst bei einer Mehrfachnutzung digitaler Geo-Datenbestände einstellen. Damit ist untrennbar die Lösung der Schnittstellenproblematik verbunden. Derzeit vorhandene firmenspezifische und behördeninterne Formate sind unbefriedigend (*Belada 1994, Wilmersdorf 1994*). Wenn es allerdings gelingt, eine derartige Nutzbarkeit von Geo-Daten in breitem Rahmen zu unterstützen, dann stehen Tür und Tor für eine Palette von Anwendungsmöglichkeiten of-