



## Stand und Perspektiven der digitalen Photogrammetrie zur Erfassung und Aktualisierung von Geodaten

Christian Heipke <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU München, Arcisstrasse 21, D-80290 München*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **86** (1), S. 17–22

1998

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Heipke_VGI_199803,  
  Title = {Stand und Perspektiven der digitalen Photogrammetrie zur Erfassung  
    und Aktualisierung von Geodaten},  
  Author = {Heipke, Christian},  
  Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
    Geoinformation},  
  Pages = {17--22},  
  Number = {1},  
  Year = {1998},  
  Volume = {86}  
}
```



lung der Ergebnisse der durchgeführten Projektarbeit erscheint die Berücksichtigung einer begrenzten Verfügbarkeit technischer Ressourcen im Zusammenhang mit der Auflösung und somit auch Genauigkeit gegenüber der analogen Bildoriginale besonders notwendig. Nur wer über entsprechende Potentiale und Reserven verfügt wäre in der Lage Verbesserungen zu erzielen. Für eingefleischte Analogisten in der Photogrammetrie sind die derzeitigen Ergebnisse aufgrund der „kleinen“ Probleme im Umfeld der soft- und hardwaretechnischen Lösungen noch zu wenig überzeugend. Fest steht allerdings, daß die Datenelemente und Ergebnisse für Folgearbeiten im Bereich der digitalen Bildverarbeitung sehr rationell und vorteilhaft verwendet werden können. Durch eine ständige Weiterentwicklung und Verbesserung der Produkte werden die Benutzer solcher Systeme erst mittelfristig einen gänzlichen Generationsübertritt, wie seinerzeit von der analogen zur analytischen und jetzt zur digitalen Photogrammetrie, vollziehen.

#### Literatur

- [1] Ganster, W. und Xu, X.: Aerotriangulation – Technischer Bericht – 1. Hauptblock. Interner Bericht des Magistrates Graz, Abt.10/6-Stadtvermessungsamt, 1993.
- [2] Ganster, W. und Xu, X.: Aerotriangulation Graz – Endbericht. Interner Bericht des Magistrates Graz, Abt.10/6-Stadtvermessungsamt, 1994.

#### Kurzinformationen zu den verwendeten Softwarekomponenten:

DAP	Digitaler Arbeitsplatz (Bildverarbeitungsprogramm). Intern entwickeltes Softwareprodukt der Abt.10/6-Stadtvermessungsamt Graz (Xu X.), 1994
DAT	Digitale Aerotriangulation (Zusatzprogramm für PAT B, Statistik u.a.m.). Intern entwickeltes Softwareprodukt der Abt.10/6-Stadtvermessungsamt Graz (Xu X.), 1995
PHODIS-AT	Automatische Aerotriangulation, Software der Firma Carl Zeiss, Oberkochen / BRD.
PATB GPS	Bündelausgleichsprogramm, Dipl.-math. Klein / Prof. Ackermann, Stuttgart / BRD

#### Anschrift des Autors:

Winfried Ganster, Magistrat Graz, A10/6-Stadtvermessungsamt, Europaplatz 20, A-8010 Graz. Email-Adresse: winfried.ganster@graz.at



## Stand und Perspektiven der digitalen Photogrammetrie zur Erfassung und Aktualisierung von Geodaten

*Christian Heipke, München<sup>1</sup>*

### Zusammenfassung

Die Eigenschaften Vollständigkeit, Aktualität, Konsistenz und Genauigkeit bestimmen den Wert eines Geoinformationssystems (GIS). Vollständigkeit ergibt sich aus der Zielsetzung des Systems und kann daher nicht allumfassend sein. Die übrigen Qualitätsmerkmale sind abhängig von der für den gegebenen Systemcharakter bestmöglichen Art der Datenbeschaffung. Fernerkundung und Photogrammetrie im Digitalmodus zählen mit Sicherheit zu den ergebnisreichsten Erhebungsmethoden. Im großmaßstäbigen Bereich ist es im wesentlichen der beachtliche Informationsgehalt von Luftbildern, welcher die laufende Aktualisierung bei hoher Konsistenz und Genauigkeit sichert. Zwei Beispiele zur digitalphotogrammetrischen Datenerhebung für Geodatenbanken (interaktive Aktualisierung und automatische Straßenextraktion) sind Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen.

### Abstract

The value of a Geographical Information System (GIS) may be fixed by the properties completeness, relevance, consistency and accuracy. Completeness follows from the systems objectives, and hence cannot be global. The other quality parameters depend on the optimal method of data acquisition in relation to the character of the system. Of course, remote sensing and photogrammetry in digital form belong to the most productive methods. In the range of large scales, the considerable content of information can guarantee an actualization with high consistency and accuracy. Two examples of digital photogrammetric data acquisition (interactive update of objects and automatic road extraction) are explained in the following.

### 1. Einleitung

Vollständigkeit (= Maß für den Unterschied zwischen abstrahierender Erfassung des Natur-

bestandes und dem vorhandenen Datenbestand) in Übereinstimmung mit der Zielsetzung eines Informationssystems ist gegeben, wenn es aktuell, konsistent und genau ist. Während

<sup>1</sup> Zusammengestellt nach Vortragsunterlagen von G. Brandstätter, TU Graz

die Genauigkeit geometrischer Inhalte in Abhängigkeit vom Maßstab des Darstellungsmodelles mittels statistischer Aussagen belegt werden kann, müssen für die Genauigkeit von Sachattributen andere Wege beschränkt werden (z.B. [8]). Konsistenz beschreibt die Widerspruchsfreiheit der Daten im Hinblick auf GIS-Inhalte (keine Überlappungen, keine Klaffungen). Aktualität ist gegeben, wenn die Daten des Bestandes zu einem Zeitpunkt T den GIS-Inhalt lückenlos und richtig erfassen.

Wie die angeführten Qualitätsnormen erfüllt werden können, welche Bedeutung dabei der Informationsgehalt von Luftbildern hat, welche Rolle der digitalen Verarbeitung des Bildmaterials zukommt und welche Probleme auftreten, ist Gegenstand der folgenden Ausführungen. Sie beziehen sich auf zwei aktuelle Fallbeispiele, und zwar

- Aktualisierung von Geodaten für das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS),
- Automatische Extraktion von Geodaten zur Aktualisierung der Straßendateien des ATKIS.

Beide sind Forschungsprojekte zur Anwendung digitalphotogrammetrischer Methoden für Informationssysteme, die am Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU München durchgeführt wurden.

## 2. Aktualisierung des AKTIS DLM 25

### 2.1. Begriffsklärung

DLM 25 ist ein digitaler topographischer Grunddatenbestand, der bezüglich Objekten etwa der topographischen Karte (TK 25) entspricht [6]. Eine reduzierte Form desselben (DLM 25/1) ist für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland bereits vorhanden [7] und enthält bereits mehr Information, als einer entsprechenden topographischen Karte entnommen werden kann (Tabelle 1). Es ist daher angebracht, die Rolle der Photogrammetrie im Rahmen dieser Aufgaben zu überdenken und gegebenenfalls neu zu definieren, u.zw. im Hinblick auf den für diesen Zweck extrahierbaren Informationsgehalt.

TK 25	DLM 25/1	DLM 25	Sichtbarkeit im Luftbild
Mittelachse	Mittelachse	Mittelachse	+
Verkehrsbedeutung		Verkehrsbedeutung	-
Widmung	Widmung	Widmung	-
Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung	Kurzbezeichnung	-
	Name	Name	-
	Breite der Fahrbahn	Breite der Fahrbahn	+
Breite des Objektes (<4 m, >4 m, >6 m)	Breite des Objektes (+/- 1 m)	Breite des Objektes (+/- 1 m)	+
		geographischer Name	-
		Zweitname	-
		besondere Fahrspuren	+
	Funktion	Funktion	-
	Anzahl der Fahrstreifen	Anzahl d. Fahrstreifen	+
		Fahrbahntrennung	+
Intern. Bedeutung	intern. Bedeutung	intern. Bedeutung	-
		Nutzung	-
		Oberflächenmaterial	+/-
Zustand	Zustand	Zustand	-
Referenzen	Referenzen	Referenzen	-

Tab. 1: Vergleich der Inhalte der TK 25, des DLM 25/1 und des DLM 25, sowie Interpretierbarkeit im Luftbild, Beispiel Straße (aus [4])

## 2.2. Vorbereitende Testarbeiten

Tabelle 1 zeigt, daß neben der Geometrie von Straßen eine Reihe von Attributen extrahiert werden kann, wobei die Grenzen in der Erkennbarkeit gewisser Attribute und in der Zuordnung zur richtigen Objektklasse liegen. Die Erkennbarkeit wird durch folgende Bildeigenschaften eingeschränkt:

- Bildinhalt (bebautes, offenes oder bewaldetes Gebiet)
- Bildmaterial (Farbe, Panchromatisch)
- Mono- oder Stereobetrachtung
- Bildmaßstab

Diese Einflüsse wurden von erfahrenen Operateuren an analytischen Geräten untersucht. Die Ergebnisse waren:

**Bildinhalt:** Auswertung im ländlichen Raum besser als im bebauten Gebiet, da weniger Verdeckungen und Schatten auftreten,.

**Bildmaterial:** Farbbilder sind zwar subjektiv angenehmer auszuwerten, gleichartige Objekte können aber in der Farbe variieren, sodaß panchromatisches Material aufgrund von Form, Struktur, Höhe und Kontext praktisch gleichwertige Informationen liefert.

**Betrachtung:** Geodaten werden häufig aus Orthophotos, also mono, aktualisiert. Stereo bedeutet zusätzlichen Aufwand, bringt aber den Vorteil besserer Erkennbarkeit (Waldwege, Gleiskörper, unbebaute Äcker, Gebäudenutzung aus Dachformen, hohe oder tiefe punktförmige Objekte) und ist natürlich für die Einbringung von Höheninformationen (Objekt- oder Bewuchshöhen) unerlässlich.

**Maßstab:** Maßstab 1:34.000 war für den größten Teil der Grundrißgeometrie des DLM 25 ausreichend. Größere Maßstäbe (1:13.000) sind für die Interpretation besser, einzelne Attribute sind überhaupt erst ab einem bestimmten Maßstab erkennbar (Rad- und Fuß-

wege, Randsteine, Fahrbahnmarkierungen, Gleisstränge, Ackerland).

Das Ergebnis ist in Tabelle 2 zusammengestellt.

## 2.3. Interaktive Aktualisierung mit Orthobildern

Die Herstellung digitaler Orthophotos (Orthobilder) ist inzwischen Routinearbeit der Landesvermessungsämter. Es ist somit naheliegend, diese für die interaktive Aktualisierung heranzuziehen, im Hinblick auf die Bestimmung der in ATKIS vorgesehenen Objektarten [3]. Baulich geprägte Flächen werden z.B. in Wohnbauflächen, Industrie- und Gewerbeflächen, Flächen gemischter Nutzung und Flächen mit besonderer Funktionalität unterschieden. Die Aufgabe bestand nun darin, den ursprünglichen Datenbestand, erstellt durch Digitalisierung der Deutschen Grundkarte 1:5.000, mit Hilfe neuerer Orthobilder (Bodenauflösung ca. 0,5 m) beispielhaft zu aktualisieren. Zum Aufdecken der Veränderungen wurde jede Objektklasse des Informationssystems dem Orthobild überlagert, und die ATKIS-Vektordaten wurden visuell mit den Bildern verglichen. Festgestellte Änderungen wurden geometrisch erfaßt, der entsprechenden Objektklasse zugeordnet und mit entsprechenden Attributen belegt.

Die Möglichkeiten und Grenzen dieser Vorgangsweise können folgendermaßen umrissen werden:

- Wohnbauflächen sind meist einwandfrei klassifizierbar. Die verlangte Erfassungsgenauigkeit ( $\pm 3$  m) ist problemlos erreichbar.
- Schwer klassifizierbar sind Flächen, die nicht nur Wohngebiete, sondern auch z.B. Kirchen, öffentliche Einrichtungen usw. enthalten. Sie sind aufgrund besonderer Merkmale (z.B. Schatten des Kirchturmes) den Flächen besonderer Funktionalität zuzuordnen. Die Abgrenzung ist im Rahmen der vorgegebenen Genauigkeit möglich.
- Im Objektbereich Vegetation ist die Abgrenzung ebenfalls toleranzgemäß durchführbar. Die Unterscheidung zwischen Forst und landwirtschaftlichen Flächen bietet keine

Bildmaßstab	erfaßbare und abgrenzbare Objekte	eindeutig zuordenbare Objekte	Belegbare Attributwerte
1:34.000	63%	45%	26%
1:15.500	81%	68%	46%

Tab. 2: Ergebnisse der Untersuchungen bezogen auf panchromatische Bilder (aus [7])

Schwierigkeit. Nur die Unterschiede von Acker- und Grünland ist (ohne Stereounterstützung) problematisch.

- Schließlich zeigt die Objektklasse „Straße“ (siehe Tabelle 1), welche mit wesentlich mehr Attributen zu belegen ist, daß die Geometrie gut entnommen werden kann, außer wenn wegen Bildsturz weite Teile durch Häuser oder Bäume verdeckt sind.
- Unmöglich ist die Gewinnung von Informationen über Namen, Bedeutung, Widmung usw., da diese weder sichtbar noch aus sichtbaren Inhalten ableitbar sind.

Ausführlichere Angaben über die Ergebnisse dieses Versuches sind [5] zu entnehmen.

### 3. Automatische Extraktion von Geodaten

#### 3.1. Zielsetzung

Zukünftig werden in zunehmendem Maße automatische Methoden für die Extraktion von Objekten zu verwenden sein. Ein Projekt zu diesem Problem befaßt sich mit dem aus Luftbildern sehr deutlich ersichtlichen Objekt „Straße“ zum Zweck der automatischen Aktualisierung des ATKIS-DLM 25 mit Hilfe von Orthobildern.

Die Ausgangssituation kann folgendermaßen beschrieben werden:

Es besteht eine GIS-Vektordatei, welche

- nach Objekten strukturiert,
- in sich konsistent,
- nicht generalisiert,
- aber veraltet

ist. Sie soll mit Hilfe von in

- impliziter Form gegebenen,
- aktuellen georeferenzierten digitalen Bilddaten auf den letztgültigen Stand gebracht werden. Die hierfür vorgesehenen Schritte sind:

1. Straßenextraktion im gesamten Bildbereich
2. Straßenverifikation im objektweisen Vergleich zwischen extrahierter Situation und den gegebenen Vektordaten
3. Bestimmung der neu hinzugekommenen Straßen aus Istbestand/Altbestand
4. visuelle Endkontrolle der Ergebnisse durch einen menschlichen Operateur.

Hilfsmittel sind die Verfahren der Digitalen Bildverarbeitung und Bildanalyse wie Kantenextraktion, Skelettierung, Linienverfolgung und Klassifizierung.

#### 3.2. Arbeitsablauf

Nach A. Rosenfeld (University of Maryland) ist Bildanalyse „die automatische Generierung einer expliziten Beschreibung für den in den Bildern dargestellten Ausschnitt der realen Welt mit Hilfe eines Computers“. In diesem Fall sollen die gegebenen impliziten Bilddaten zu einer expliziten Beschreibung des Straßennetzes dienen. Die typische Charakteristik der Objekte ist leicht anzugeben:

Geometrie: langgestreckte Flächen mit meist parallelen Rändern, geringer Krümmung und beliebiger Richtung

Radiometrie: weitgehend homogen und heller als umgebende Flächen

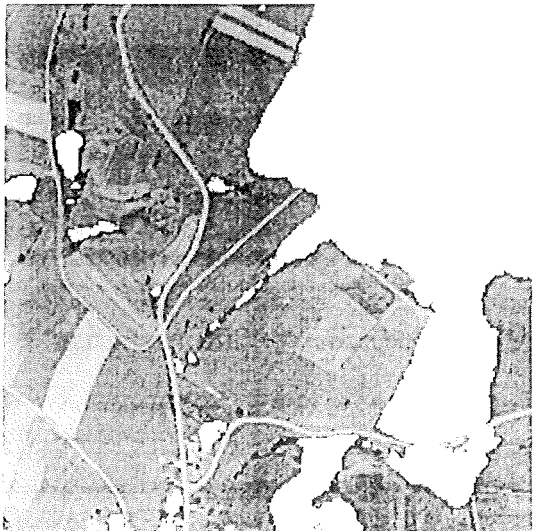
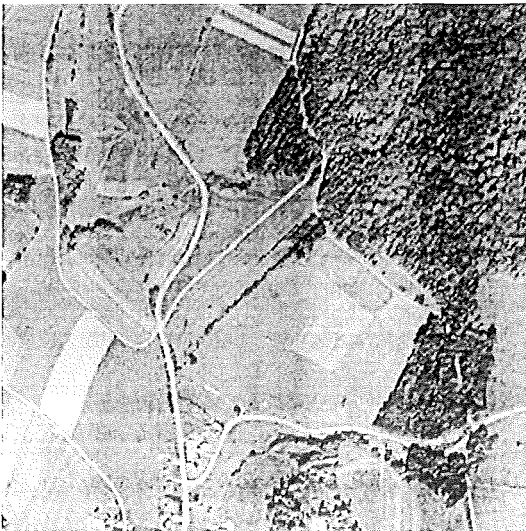


Abb. 1: Digitales Orthophoto im Original (links) und mit ausmaskierten Waldflächen (rechts)

**Topologie:** Ausbildung hierarchischer Netze ohne abrupten Endungen  
**Kontext:** Verbindung zwischen Häusern und Ortschaften

Probleme ergeben sich vor allem bei Verdeckung und Beschattung durch Bauwerke, Bäume und Fahrzeuge in mitunter zeitlicher Veränderung, in Kreuzungsbereichen und dort, wo nur ein geringer Kontrast zwischen Straßen und ihrer Nachbarschaft vorliegt.

Unter Verwendung dieser Eigenschaften erfolgt die Straßenextraktion Abbildung 1 (links) vorerst für solche Teile, die sicher und schnell erkennbar sind, also in offenem Gelände (Maskierung von Waldflächen durch texturbasierte Segmentierung, Abbildung 1 (rechts), wo auch bei

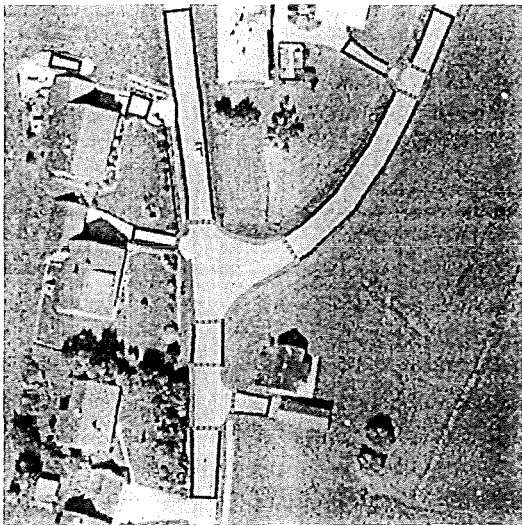


Abb. 2: Teilbild aus Abbildung 1 in höherer Auflösung mit extrahierten Abzweigungen

geringer Auflösung lange Straßenstücke erhalten werden. Diese werden für eine erste Netzbildung verwendet. Die verfeinerte Extraktion erfolgt bei hoher Auflösung zwecks sicherer Erkennung von Kreuzungen und Abzweigungen, wo das Parallelitätskriterium entfällt (Abbildung 2). Die Kombination der Ergebnisse ermöglicht die Bildung semantischer Straßenobjekte.

Die Verifikation, das ist der Vergleich mit dem ATKIS-Datenbestand, erfolgt innerhalb eines „Pufferbereiches“ (= geometrische Unsicherheit von ATKIS) (Abbildung 3). Erbringt der auf Rasterbasis implementierte Vergleich, daß ein extrahiertes Straßenstück innerhalb der Pufferbreite liegt, dann wird das entsprechende ATKIS-Element als verifiziert angesehen. Nicht verifizierte Elemente sind i.a. neue Objekte, welche mit den bisherigen eine Knoten – Kantenstruktur ergeben müssen.

Als bisheriges Ergebnis des Projektes kann gesagt werden, daß

- die Straßenextraktion im offenen Gelände sehr zufriedenstellend funktioniert, aber noch durch die Modellierung von Schatten, Verdeckungen usw. zu verbessern wäre;
- die Straßenverifikation zwar je nach Szeneninhalt bis zu 95% der ATKIS-Daten identifiziert, komplexere Vergleichskriterien aber zu noch besseren Ergebnissen führen sollten;
- die Erkennung neu hinzugekommener Objekte ist in Ansätzen vorhanden;
- die interaktive Endkontrolle ist noch einzubauen.

Nähere Information zu diesem Projekt findet sich in [1] und [2]. An dieser Stelle sei den Autoren für die Überlassung der Projektergebnisse zur Darstellung in vorliegendem Beitrag gedankt.

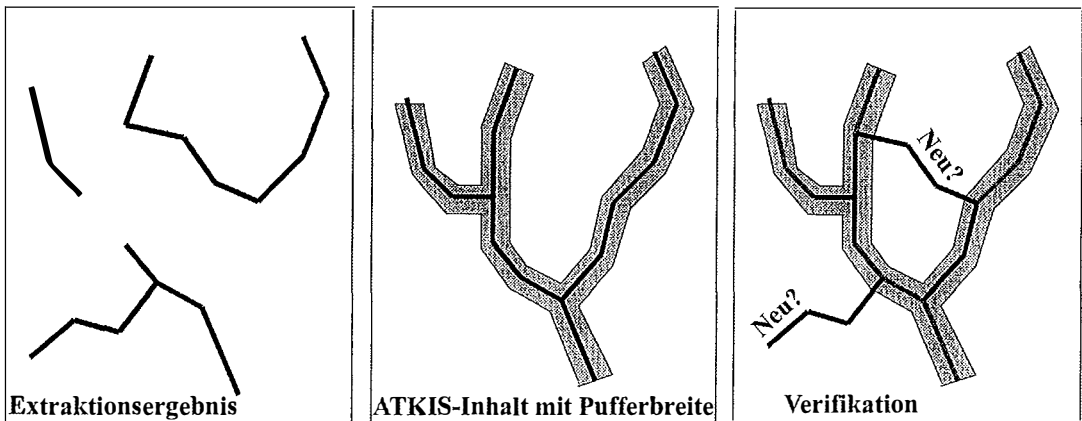


Abb. 3: Zum Vergleich zwischen einem Extraktionsergebnis und dem GIS-Datenbestand

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Bedeutung von Geodaten inner- und außerhalb des Vermessungswesens steht außer Zweifel. Ein wesentlicher Qualitätsparameter für entsprechende Anwendungen derselben ist sicher ihre Aktualität. Dazu können Photogrammetrie und Fernerkundung (einschließlich Laser-Abtastung) in Verbindung mit anderen Technologien Bedeutendes beitragen und sind wohl die leistungsfähigsten Datenlieferanten überhaupt. Voll- oder Teilautomatisierung der Auswertarbeiten ist möglich und wünschenswert.

Die zukünftige Entwicklung umfaßt voraussichtlich die gegenwärtig viel diskutierte Sensorintegration, wobei digitale Multispektralkameras, Laserabtaster und bildgebendes Radar, navigiert mittels GPS/INS, zum Einsatz kommen dürften, und zwar aus Fahrzeugen, Flugzeugen und aus Satelliten. Damit ergeben sich neben der umfassenden radiometrischen Information Kombinationen verschiedener Aufnahmegeometrien und damit eine Verbesserung der Interpretationsmöglichkeiten.

Eine wesentliche Aufgabe der digitalen Bildanalyse wird dabei sein, Methoden für die semantische Modellierung der Gesamtscene im dreidimensionalen Raum bereitzustellen, und zwar in verschiedenen Maßstäben, Spektralbereichen und zu verschiedenen Epochen. Außerdem werden effiziente Methoden für die Evaluierung der Ergebnisse hinsichtlich der unverzicht-

baren Qualitätsmerkmale für Geoinformationssysteme einzuführen sein.

#### Literatur

- [1] Baumgartner A., Eckstein W., Mayer H., Heipke C., Ebner H. (1997): Context-Supported Road Extraction. In: Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II), Birkhäuser Verlag, Basel.
- [2] Baumgartner A., Steger C., Mayer H., Eckstein W. (1997): MultiResolution, Semantic Objects, and Context for Road Extraction. In: Workshop on Semantic Modelling for the Acquisition of Topographic Information from Images and Maps, Birkhäuser Verlag, Basel.
- [3] Ebner M. (1996): Digitale Orthophotos zur interaktiven Fortführung von ATKIS DLM 25-Daten. Diplomarbeit, Geodätisches Institut, Fachgebiet Geoinformationsanalyse, TU München.
- [4] Englisch A., Heipke C. (1997): Digitale Photogrammetrie für die Erfassung und Aktualisierung von-Geodaten am Beispiel des ATKIS DLM 25. DVW Schriftenreihe 27/97, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart.
- [5] Englisch A., Heipke C. (1997): Zur Erfassung und Aktualisierung topographischer Geo-Daten mit Hilfe analoger und digitaler Luftbilder. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation. Stuttgart (In Druck).
- [6] Frevel H. (1996): Konzeption, Aufbau und Datenangebot des Geoinformationssystems ATKIS. In: AdV (Hrsg.) Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung für Wirtschaft und Verwaltung. Koblenz.
- [7] Harbeck R. (1996): Das ATKIS-Systemdesign in der Entwicklung. In: AdV (Hrsg.). Das Geoinformationssystem ATKIS und seine Nutzung für Wirtschaft und Verwaltung. Koblenz.
- [8] Vosselmann G. (1996): Uncertainty in GIS supported road extraction. Intern. Arch. for Photogrammetry and Remote Sensing (31) B3.

#### Adresse des Autors:

Dr.-Ing. habil. Christian Heipke, Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU München, Arcisstrasse 21, D-80290 München.