

# PRG

# Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

Organ der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie  
und Fernerkundung e.V.

Jahrgang 2001, Heft 3

Hauptschriftleiter:  
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Szangolies

Schriftleiter:  
Prof. Dr. Franz K. List und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert

**Redaktionsbeirat** (Editorial Board): Jörg Albertz, Hans-Peter Bähr, Manfred F. Buchroithner, Ákos Detreköi, Egon Dorrer, Heinrich Ebner, Manfred Ehlers, Wolfgang Förstner, Dieter Fritsch, Armin Grün, Dierk Hobbie, Joachim Höhle, Hermann Kaufmann, Barbara Koch, Gottfried Konecny, Karl Kraus, Thomas Luhmann, Martien Molenaar, Karl Regensburger, Heinz Schmidt-Falkenberg und Bernhard P. Wrobel



E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung  
(Nägele u. Obermiller) Stuttgart 2001



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR PHOTOGRAMMETRIE  
UND FERNERKUNDUNG E.V.  
Gegründet 1909

---

Die *Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung e.V.* unterstützt als Mitglieds- bzw. Trägergesellschaft die folgenden Dachverbände:



International Society  
for Photogrammetry  
and Remote Sensing

**DAGM**

Deutsche Arbeits-  
gemeinschaft für  
Mustererkennung e.V.



Alfred-Wegener-Stiftung  
(AWS) zur Förderung  
der Geowissenschaften

---

Herausgeber:

© 2001 Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung e.V.

Geschäftsstelle: Dr. Klaus-Ulrich Komp, c/o EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH, Ostmarkstraße 92, D-48145 Münster, e-mail: Praesident@dgpf.de

Internet: <http://www.dgpf.de>

Published by:

E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3 A, D-70176 Stuttgart. Tel.: 0711/625001, Fax: 0711/625005, e-mail: [mail@schweizerbart.de](mailto:mail@schweizerbart.de)

© Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier nach ISO 9706-1994

All rights reserved including translation into foreign languages. This journal or parts thereof may not be reproduced in any form without permission from the publishers.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Verantwortlich für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren.

ISSN 1432-8364

Hauptschriftleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Szangolies, Closewitzer Str. 44, D-07743 Jena. e-mail: [Klaus.Szangolies@t-online.de](mailto:Klaus.Szangolies@t-online.de)

Schriftleiter: Prof. Dr. Franz K. List, Freie Universität Berlin, Institut für Geologie, Geophysik und Geoinformation, Malteserstr. 74-100, D-12249 Berlin, e-mail, [fklist@zedat.fu-berlin.de](mailto:fklist@zedat.fu-berlin.de) und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessungsamt Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 103, D-14473 Potsdam, e-mail: [eckhardt.seyfert@lvermap.brandenburg.de](mailto:eckhardt.seyfert@lvermap.brandenburg.de)

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: DM 158,00 pro Jahrgang. Mitglieder der DGPF erhalten die Zeitschrift kostenlos.

Anzeigenverwaltung: Dr. E. Nägele, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Johannesstraße 3A, D-70176 Stuttgart, Tel.: 0711/625001; Fax: 0711/625005. e-mail: [mail@schweizerbart.de](mailto:mail@schweizerbart.de)

Bernhard Harzer Verlag GmbH, Westmarkstraße 59/59a, D-76227 Karlsruhe, Tel.: 0721/944020, Fax 0721/9440230, e-mail: [Info@harzer.de](mailto:Info@harzer.de), Internet: [www.harzer.de](http://www.harzer.de)

Printed in Germany by Tutte Druckerei GmbH, D-94121 Salzweg bei Passau

## PFG – Jahrgang 2001, Heft 3

### Inhaltsverzeichnis

---

#### Originalbeiträge

MEINEL, G., NEUBERT, M. & REDER, J.: Pixelorientierte versus segmentorientierte Klassifikation von IKONOS-Satellitenbilddaten – ein Methodenvergleich .....	157
TOUTIN, T. & CHENG, P.: Entmystifizierung von IKONOS .....	171
WEIERS, S., WISSEN, M., BOCK, M. & SCHADE, B.: Satellitenfernerkundung im Naturschutz – vom Pilotprojekt zur operationellen Anwendung	177
HINZ, A., DÖRSTEL, C. & HEIER, H.: DMC – Digital Modular Camera: Systemkonzept und Ablauf der Datenverarbeitung .....	189

---

#### Berichte und Mitteilungen

Selbstdarstellung der korporativen Mitglieder .....	199
Firmenmitglieder der DGPF .....	199
Korporative Mitglieder der DGPF – Hochschulen .....	215
Korporative Mitglieder der DGPF – Behörden .....	220
Mitteilungen: Der Carl Pulfrich-Preis .....	222
Neue Mitglieder der DGPF .....	223
Vorankündigungen .....	224
Persönliches	
Baurat h.c. Dipl.-Ing. ERNST HÖFLINGER † .....	225
Glückwunsch an Professor RUDOLF BURKHARDT .....	226
Buchbesprechungen:	
T. LUHMANN .....	227
M. FALLY & J. STROBL .....	228
Hochschulnachrichten	
Universität Stuttgart .....	229
Technische Universität Berlin .....	229
Zum Titelbild: Neue Möglichkeiten in der digitalen Photogrammetrie: Digitale Modulare Kamera (H. HEIER) .....	231



## Pixelorientierte versus segmentorientierte Klassifikation von IKONOS-Satellitenbilddaten – ein Methodenvergleich

GOTTHARD MEINEL, MARCO NEUBERT & JOHANNES REDER, Dresden

**Zusammenfassung:** Die Arbeit beschreibt die Klassifikation von IKONOS-Satellitenbilddaten mit einem pixel- und einem segmentorientierten Ansatz. Hierzu werden nach kurzer Charakterisierung des IKONOS-Bildmaterials die Klassifikationsprogramme ExpertClassifier (ERDAS) und eCognition (Definiens) vorgestellt, die erarbeiteten Klassifikatoren beschrieben und die jeweils erreichte Erkennungs- und Klassifikationsgüte verglichen. ExpertClassifier stützt sich auf eine für hochauflösendes Bildmaterial nur begrenzt leistungsfähige, pixelorientierte Klassifikationsstrategie, lässt aber in der Implementierung kaum Wünsche offen. Mit eCognition wird ein neuer Klassifikationsansatz verfolgt, indem zuerst Pixel homogener Gebiete zu Segmenten zusammengefasst werden. Für die Klassenzuweisung der Segmente können neben der spektralen Signatur auch Form, Größe sowie Nachbarschafts- und Hierarchiebeziehungen genutzt werden. Diese Faktoren werden mit steigender Bildauflösung immer wichtiger und ermöglichen zunehmend differenziertere, nutzungsorientierte Klassifikationsschlüssel. Allerdings lässt die derzeitige Implementierung von eCognition (Version 1.0) noch viele Wünsche offen.

**Summary:** *Pixel-driven versus segment-driven classification of IKONOS satellite imagery – a comparison of methods.* The study describes classification of IKONOS satellite imagery using a pixel and a segment-driven approach. To this end, following a brief portrayal of the IKONOS image material, the ExpertClassifier (ERDAS) and eCognition (Definiens) classification programs are introduced, the classifiers elaborated are described, and the respective qualities of recording and classification are compared. ExpertClassifier draws on a pixel-driven classification strategy that is not unrestrictedly effective for high-resolution material but leaves little to be desired in terms of implementation. With eCognition, a new approach to classification is pursued whereby pixels of homogeneous areas are initially collated into segments. As well as by spectral signature, classification of segments can be effected with reference to form, size, neighbourhood and hierarchy relations. These factors grow in importance as image resolution increases and facilitate ever more nuanced, use-driven classification keys. Implementation leaves a lot to be desired with eCognition (Version 1.0), however.

### 1 Einführung

Im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projektes zum Nutzen und zur Anwendung neuer, hochauflösender Satellitenbilddaten in der Raumplanung (Me 1592/1–2) wurden IKONOS-Daten für einen urban geprägten Raum (Stadtgebiet Dresden) klassifiziert. Dazu wurde ein pixelbasierter Klassifikationsansatz mit einem segmentbasierten verglichen. Zur Anwendung kamen jeweils neu-

este Softwareimplementierungen: ExpertClassifier (Version 8.4.1, ERDAS) und eCognition (Version 1.0, Definiens).

### 2 Informationen zu IKONOS-Satellitenbilddaten

Im Folgenden sollen einleitend einige wichtige Informationen zu IKONOS-Satellitenbilddaten gegeben werden, eine ausführliche Beschreibung findet sich in MEINEL & REDER

(2001). Die Daten haben eine geometrische Auflösung von 1 m im panchromatischen, und 4 m in den vier multispektralen Kanälen (VIS, NIR). Derzeit werden Daten im Wesentlichen nur auf Bestellung aufgenommen, da diese bedingt durch die geringe Schwadbreite erst punktuell vorliegen. Seit kurzem ist allerdings auch der Bezug von Archivdaten möglich. Mindestfläche ist hier 25 km<sup>2</sup> bei den gleichen Kosten pro km<sup>2</sup> wie sie für die Erstaufzeichnung gelten (18 US-\$ für PAN, 18 US-\$ für MS, 24 US-\$ für PSM mit 3 Kanälen und 29 US-\$ für PSM mit 4 Kanälen).

Der Mindestbestellwert für eine Datenaufzeichnung beträgt 3000 US-\$, die Mindestfläche 11 km × 11 km. Die Aufnahme-grenze muss nicht zwangsläufig rechteckig geschnitten sein, auch irreguläre Begrenzungen sind möglich. Die wichtigsten Bestellan-gaben sind die 4 Eckpunkte des gewünschten Aufnahmegebietes, ein Zeitfenster innerhalb dessen die Aufnahme erfolgen soll, die Bitbreite (8 oder 11 Bit) und der gewünschte Produkttyp. Derzeit werden die Daten unter der Bezeichnung CARTERRA in den drei Produktformen 1-P (1 m panchromatisch), 4-MS (4 m multispektral) und 1-PSM (durch das panchromatische Bild geschärftes 3-kanaliges Naturfarb- oder Infrarotprodukt oder alle vier geschärfte Einzelkanäle) angeboten.

Die Repetitionsrate von IKONOS ohne Sensorschwenk beträgt 140 Tage. Durch Schwenkung bis zu 26° reduziert sich die Repetitionsrate bis auf 1,5 Tage, was allerdings mit Auflösungseinbußen einhergeht. Auch das einfachste Produkt CARTERRA Geo ist unter Nutzung eines vordefinierten Ellipsoids (WGS84) und einer Kartenprojektion (z. B. UTM) entzerrt. Damit sind die Daten prinzipiell sofort in Geoinformationssystemen verwendungsfähig (GIS ready).

Zwischen Öffnung des Aufnahme-fensters und Aufnahme-datum lagen bei der bestellten IKONOS-Szene 20 Tage, die Lieferzeit betrug 5 Tage. Für alle Aufgaben außerhalb des Desastermonitorings sind diese Zeiten erfreulich kurz. Jedoch muss bei IKONOS-Bestellungen ein Bewölkungsgrad bis zu 20%! akzeptiert werden. Sind geringere Be-

wölkungsgrade gewünscht, muss zu den ohnehin hohen Produktpreisen ein erheblicher Aufpreis gezahlt werden. In der Bildmitte der Dresdner Szene ist durch Bewölkung und daraus resultierender Schattenfläche ein Informationsausfall von insgesamt 18%! der Gesamtfläche zu verzeichnen. Es muss darum vermutet werden, dass die Aufzeichnung zum frühest möglichen Aufnahmetermin erfolgt, der bezüglich Bewölkungsgrad und Schwenkbereich die Standardbedingungen erfüllt.

### 3 Beurteilung der IKONOS-Bildqualität

Die Qualität der Bilddaten kann mit sehr gut bewertet werden (Abb. 1). In den panchromatischen Bildern sind bei großem Kontrast durchaus die weißen Linien von Sportplatz-, Parkflächen- und Straßenmarkierungen sichtbar. Die radiometrische Auflösung ist mit 11 Bit sehr hoch. Während die panchromatischen Bildprodukte standardmäßig einer Grauwerttransformation (Dynamic Range Adjustment, DRA) unterzogen werden, kommen die multispektralen Daten ungestreckt zur Auslieferung. Gebäudedächer, Hausfassaden, offene Böden und in wenigen Fällen auch Kraftfahrzeuge führten teilweise zu Übersteuerungspunkten (0,08% der Fläche des panchromatischen Bildes), allerdings in keinem Fall zu nachfolgenden Streifen-ausfällen.

In den drei Kanälen des sichtbaren Spektrums der MS-Aufnahme wurde nur das erste Drittel, im nahen Infrarot ca. die Hälfte der zur Verfügung stehenden Grauwertbereiche ausgenutzt. Im multispektralen Bilddatensatz waren nahezu keine Übersteuerungspunkte zu detektieren. Teilweise wirkt sich der Schrägblick des Sensors problematisch auf die Auswertbarkeit der Bilddaten aus. So ist bei der Szene der Stadt Dresden, die mit einem Schwenkwinkel von 14° (76,8° Nominal Collection Elevation) aufgenommen wurde, die Kippung von Gebäuden deutlich zu sehen. Damit kommt es sowohl bei der Klassifikation durch Abbildung von Fassaden als auch der Kartierung durch Kantenverdeckung zu Problemen.

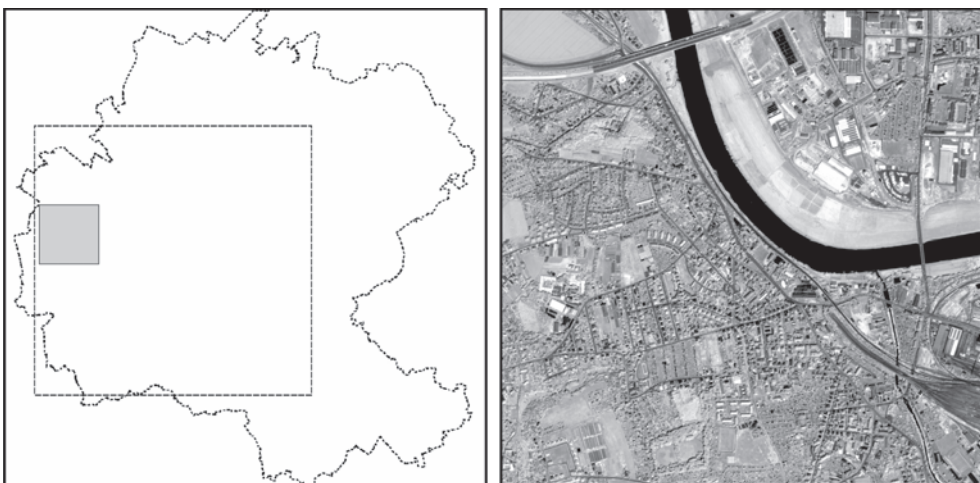
Durch die zeitgleiche Aufnahme von multispektralen und panchromatischen Bilddaten und die identischen Szeneneckkoordinaten ist Lage-Identität zwischen diesen Bilddaten gegeben, so dass die Berechnung einer Bildfusion sofort und in hoher Qualität bezüglich der Bildschärfe erfolgen kann.

Das Produkt CARTERRA Geo ist lediglich orbitentzerrt. Ohne Berücksichtigung reliefbedingter Verzerrungen wird seitens Space Imaging ein mittlerer Lagefehler von  $< \pm 50$  m für 90 % der Punkte (CE90) bzw.  $\pm 23,6$  m für 66,6 % der Punkte (RMSE) zugesichert. Dieser wurde aber mit 108 m mittlerem Lagefehler in x- und 144 m in y-Richtung wesentlich überschritten. Nur bei sehr geringem Sensorschwenkwinkel und geringer Reliefenergie kann auf eine Orthorektifizierung verzichtet werden. In den meisten Fällen wird sie jedoch notwendig sein, um die preisintensiven Bildprodukte entsprechend in Wert zu setzen. Da Space Imaging keinerlei Informationen zu dem Sensormodell und den Orbitparametern veröffentlicht, ist keine exakte Orthorektifizierung möglich und derzeit sind nur Näherungslösungen berechenbar (KERSTEN et al. 2000, TOUTIN & CHENG 2000). Stehen keine Modelle für eine Orthorektifizierung zur Verfügung, müssen die Bilddaten im not-

wendigen Präzisionslevel gekauft werden. Spätestens dann aber sind die Produktpreise so hoch, dass sie nicht mit Preisen von Ortholufbilddaten konkurrieren können.

#### 4 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Für die Klassifikation sollte eine Teilfläche der IKONOS-Szene von Dresden ausgewählt werden, die viele verschiedene Bodenbedeckungs- und Flächennutzungsarten enthält. Dies trifft für einen Teil des westlichen Stadtgebietes Dresdens zu, welcher in einer Größe von  $2,4 \text{ km} \times 2,4 \text{ km}$  ausgeschnitten wurde (Abb. 1). Im nördlichen Bereich liegen Areale mit überwiegender Industrie- und Gewerbenutzung. Im südlichen Teil sind neben landwirtschaftlichen Flächen auch Wohngebiete in Form von Einzelhaus- und Blockbebauung, Industrie-, Gewerbeflächen, Bahnflächen und -trassen, Kleingarten- und Parkanlagen, Friedhofsareale, Obstplantagen, Waldgebiete und ausgedehnte Wiesen- und Grünlandbereiche zu finden. Daneben treten Flächen auf, die erst in jüngster Vergangenheit verändert wurden bzw. sich noch in Bebauung befinden (offener Boden). Hierunter fallen u.a. Straßenneubauten, die z. B. in den digitalen



**Abb. 1:** Lage des Untersuchungsgebietes (grau dargestellt) in Dresden und innerhalb der IKONOS-Gesamtszene sowie panchromatischer Bildausschnitt (©Space Imaging Europe SA).



Blockdaten der Stadt Dresden (Stand 1999) noch nicht verzeichnet waren.

Weiterhin sollte das Gebiet relativ eben sein, um Lagefehler durch die fehlende Möglichkeit einer Orthorektifizierung gering zu halten.

## 5 Bildvorverarbeitung

Die IKONOS-Bilddaten (Aufnahmedatum 04.06.2000, 10.50 Uhr Ortszeit) mussten vor der Klassifizierung georektifiziert werden, da weitere Geodaten in die Klassifikation einbezogen werden sollten. Referenz für die Entzerrung bildete ein digitales Ortholuftbildmosaik aus dem Jahr 1999 mit einer Rasterweite von 1 m und einer Lagegenauigkeit von  $\leq 0,5$  m. Auf den panchromatischen Bilddaten wurden 37 Passpunkte gleichverteilt generiert. Aus den Passpunkten errechnete sich mit einer polynomialen Transformationsgleichung zweiten Grades ein RMS-Fehler von 0,53 m ( $\Delta x = 0,33$  m,  $\Delta y = 0,42$  m). Die Transformationsgleichung kann wegen der identischen Bildlage von panchromatischen und multispektralen Bilddaten auch für die MS-Bildentzerrung verwendet werden. Die multispektralen Kanäle wurden zur Beibehaltung der Grauwerte für die spätere multispektrale Klassifikation mittels Nearest Neighbour, der panchromatische Kanal zur Vermeidung von Bildartefakten (z. B. Treppeneffekt) mit Cubic-Convolution auf die Projektion Transverse Mercator, Spheroid Bessel resampelt. Aufgrund des relativ ebenen Geländes traten in dem Bildausschnitt kaum Lageprobleme auf, die maximale Lageabweichung im Untersuchungsgebiet beträgt  $\leq 3$  m.

## 6 Verwendete Eingangsdaten und Klassifikationsschlüssel

Aus Fernerkundungsbildmaterial allein können auch bei der durch IKONOS weiter gesteigerten geometrischen Bildauflösung nicht alle gewünschten Bodenbedeckungs- und Nutzungsklassen in ausreichender inhaltlicher und geometrischer Genauigkeit extrahiert werden. Die Einbeziehung zuneh-

mend flächendeckend vorhandener Geobasisdaten ermöglicht eine Verbesserung der Klassifikationsergebnisse (multi-source data fusion) und wurde deshalb auch im Rahmen der hier vorgestellten Arbeiten angewandt. Dabei kamen nur solche digitalen Geodatensätze in Betracht, die standardisiert und nahezu flächendeckend für Deutschland verfügbar sind.

Für die Klassifikation mit ExpertClassifier wurden die vier MS-Kanäle des IKONOS-Sensors (4 m Bodenauflösung), der Vegetationsindex NDVI sowie die zweite Hauptkomponente verwendet. Weitere Eingangsdaten waren ein aus den panchromatischen Bilddaten berechneter, modifizierter Texturlayer und eine durch statistische Operationen überarbeitete, unüberwachte Klassifikation.

Als Zusatzdaten kamen eine digitale Blockkarte (Digitalisierungsmaßstab 1:5000) sowie ein ATKIS-Datensatz zum Einsatz. Die Blockkarte ermöglichte die Abgrenzung von Straßenflächen (Blockrestfläche), die sich aus Fernerkundungsdaten aufgrund von Baumkronenverdeckung und einer Vielzahl unterschiedlicher Straßenbeläge nur unzulänglich klassifizieren lassen. Ein ATKIS-DLM25/1 wurde im Rahmen der pixelbezogenen Klassifikation zur Sicherung von unklaren Hypothesen bei speziellen Nutzungsklassen (Bahnfläche, Klärbecken) herangezogen. Bei Verwendung des ATKIS-Datensatzes wurde darauf geachtet, dass nur nahezu unveränderliche Flächennutzungen (z. B. Friedhöfe, Gleisanlagen und Flussläufe) in die Klassifikation Eingang fanden. Andere Flächen könnten sich, wenn man den Fortschreibungsstand von ATKIS-Daten bedenkt (im vorliegenden Fall 1993), in ihrer Nutzung bzw. Bodenbedeckung geändert haben. Ein ATKIS-DGM25 diente zur Vermeidung von Fehlklassifikationen von Gewässerflächen durch die Einbeziehung der bekannten Höhenlage der Elbe.

Grundlage der Segmentierung und Klassifikation mit eCognition war ein Bildprodukt aus panchromatischem Kanal und den vier multispektralen IKONOS-Kanälen, welches durch Bildfusion mittels Haupt-



komponentenverfahren berechnet wurde. Voruntersuchungen zeigten, dass mit diesem Fusionsbild (1 m Rasterweite) die Grenzen von Bodenbedeckungsklassen genauer erfasst werden konnten, als allein mit den multispektralen Daten (4 m Rasterweite) bzw. den panchromatischen Bilddaten allein. Weiterhin wurde der panchromatische Kanal des IKONOS-Bildes verwendet, der zur Abgrenzung sehr kleiner Objekte (z. B. Bäume und Gartenlauben) auf dem feinsten Segmentierungsniveau hilfreich war. Ein aus den IKONOS-Daten berechneter Vegetationsindex (NDVI) diente zur Trennung von vegetationsbedeckten und vegetationslosen Flächen sowie verschiedener Vegetationsbedeckungen (z. B. Wiese/Wald) in der Klassifikation. Auch in diesem Ansatz half der aufgerasterte digitale Blockdatensatz zur Straßenextraktion und zur Gebietsstrukturierung auf dem groben Segmentierungsniveau.

Da in eCognition nicht mit unterschiedlichen Rastergrößen der Eingangsdaten gearbeitet werden kann, mussten alle Daten auf die kleinste Rastergröße transformiert werden. Dies bedeutete eine Umrechnung aller Daten auf 1 m Rasterweite und damit eine enorme Vergrößerung der Eingangsdatemenge.

Ursprüngliches Ziel im Rahmen des Klassifikationsvergleichs war die Verwendung des gleichen Klassifikationsschlüssels. Dieser musste im Verlauf der Arbeiten teilweise modifiziert werden (Tab. 1), da bei der Klassifikation mittels eCognition durch die Einbeziehung von Nachbarschaftsbeziehungen und Formfaktoren eine differenziertere und teilweise nutzungsorientierte Klassenbildung ermöglicht wurde (z. B. Sport-, Parkplätze, Obstanbau).

## **7 Pixelbasierte Klassifikation mit ExpertClassifier**

### *7.1 Kurzbeschreibung der Implementierung*

Mit dem ExpertClassifier stellt ERDAS in der Version 8.4 erstmals einen regelbasier-

ten, hierarchischen Klassifikationsansatz zur Verfügung. Bestandteile des ExpertClassifiers sind der Knowledge Engineer, der die Erstellung wissensbasierter Entscheidungsbäume mit Hilfe eines grafischen Editors ermöglicht und der Knowledge Classifier für die spätere operationelle Anwendung des Klassifikators. Für jede Klasse muss ein eigener Entscheidungsbaum entwickelt werden, der aus Hypothesen, Regeln, Bedingungen und Variablen besteht. Hypothesen beinhalten im Allgemeinen die zu generierenden Klassen, Regeln die Entscheidungskriterien, die es mittels Variablen und Bedingungen zu prüfen gilt. Die Verbindung der einzelnen Hypothesen, Regeln und Variablen erfolgt durch logische Verknüpfung.

In dem Regelwerk können neben Bilddaten selbst auch Höhenmodelle, Hangneigung, Exposition sowie alle Arten synthetischer Kanäle (NDVI, Ratios, Texturen etc.) verwendet werden. Ebenso können Vektorlayer einschließlich ihrer Attributwerte eingebunden werden (Vektordaten werden allerdings intern aufgerastert). Daneben bietet der ExpertClassifier auch die Möglichkeit, Programme (SML und C-Programme) in die Entscheidungsbäume einzubinden. Damit ist es z. B. möglich, nur Flächen einer definierten Größe für die Zuweisung zu einer Klasse zuzulassen oder verschiedenste statistische Berechnungen, Filterungen, logische Verknüpfungen und Kombinationen dieser Operationen direkt in der Klassifikation zu nutzen. Eingangslayer müssen weder die gleiche Rasterauflösung haben, noch müssen sie identische Flächen abdecken. Sinnvolle Ergebnisse sind jedoch nur im Überschneidungsbereich aller Eingangslayer zu erwarten. Unsichere Aussagen können in ExpertClassifier durch die Wahl eines Confidence Levels gewichtet werden.

Für die Evaluierung einer Klassifikation bietet das Programm einen Pathwaycursor, mit dessen Hilfe für jeden Klassifikationspunkt die verwendeten Regeln (Strang innerhalb des Entscheidungsbaumes) visualisiert und ggf. interaktiv verbessert werden können. Neben gesamten Entscheidungsbäumen können auch einzelne Komponen-

ten innerhalb dieser aktiviert bzw. deaktiviert werden, was zu einer schnellen Evaluierung und sukzessiven Verbesserung der Klassifikation führt.

Das mit Hilfe des Knowledge Engineer erstellte Regelwerk kann durch Verwendung des Knowledge Classifiers auf andere Datensätze übertragen werden. Hierzu müssen die Eingangsdatensätze in dem erstellten Klassifizierungsmodell als Abfragevariable definiert werden. Gleichzeitig werden alle im Regelwerk integrierten Programme und grafischen Modelle übernommen.

## 7.2 Klassifikation mit ExpertClassifier

Grundlage für die Erstellung des Entscheidungsbaumes war das Wissen um die spektralen Eigenschaften der Bodenbedeckungsarten, die Rauigkeit innerhalb der Flächen, typische Flächengrößen und Höhenlagen. Die für die Bestätigung der Kriterien herangezogenen Variablen ergaben sich einerseits aus Vorwissen und relativ sicheren Annahmen, andererseits durch die Bestimmung geeigneter Diskriminanzwerte durch Ausmessen der multispektralen Kanäle und synthetischen Datensätze. Durch die zur Verfügung stehenden Evaluationswerkzeuge wurde die Klassifikation sukzessiv verbessert.

Abb. 2 zeigt exemplarisch den Entscheidungsbaum für die Klasse Acker. Es wurde die Regel aufgestellt, dass Ackerflächen zum Zeitpunkt der Aufnahme (04.06.2000) vege-

tationsbedeckt sind, eine relativ homogene Oberfläche (geringe Rauigkeit) zeigen und eine Mindestgröße von 0,6 ha haben. Diese einzelnen Annahmen werden im weiteren Verlauf wiederum als Hypothesen formuliert, als Regeln aufgestellt und mit den entsprechenden Variablen und Bedingungen definiert. Hinter der Variable Rauigkeit verbirgt sich der aus dem panchromatischen Kanal generierte und modifizierte Texturlayer. Das Maß der Vitalität wurde aus dem NDVI abgeleitet. Die Klassifikation erfolgte nun durch Auswahl der Pixel, die sowohl einen  $NDVI > 0,5$  als auch eine Rauigkeit  $< 1900$  aufweisen (Diskriminanzfunktion), eine Zusammenfassung derartiger, benachbarter Pixel (Segmentbildung durch CLUMP) und nachfolgender Auswahl von Segmenten  $> 0,6$  ha (SIEVE). Diese Funktionen wurden im Spatial Modeller implementiert und in den Entscheidungsbaum eingebunden.

Für die Klasse Bahnflächen/Gleisanlagen konnte aufgrund des langzeitstabilen Charakters dieser Flächen auf ATKIS zurückgegriffen werden. Der ExpertClassifier bietet die Möglichkeit, Vektorattribute, in diesem Fall die ATKIS-Kennung für Bahnflächen (3501), auszuwerten. Zusätzlich diente die spektrale Signatur dieser Flächen als Entscheidungskriterium.

Die Rechenzeiten für die Untersuchungsfläche waren so gering, dass eine schnelle Evaluierung und umfassende Verbesserung der Klassifikation möglich waren.

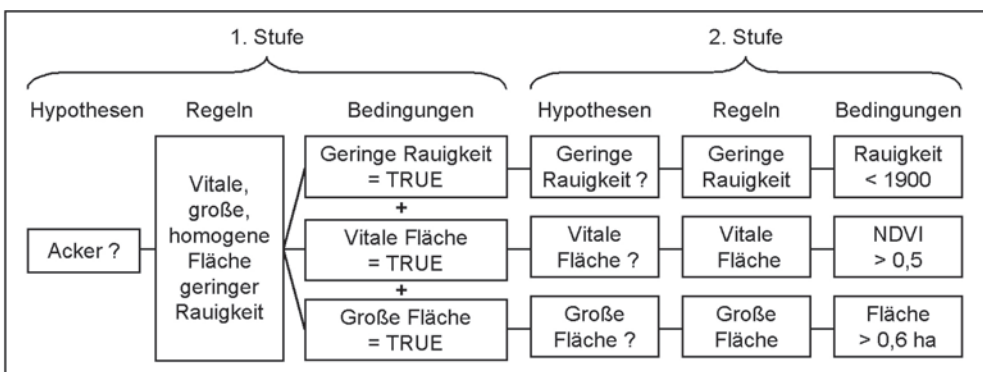


Abb. 2: ExpertClassifier-Entscheidungsbaum für die Klasse Acker.

## 8 Segmentbasierte Klassifikation mit eCognition

### 8.1 Kurzbeschreibung des methodischen Ansatzes

Die Firma Definiens AG (früher Delphi2) bietet seit Ende 2000 mit eCognition ein Softwareprodukt an, welches sich von pixelbasierten Methoden löst und segmentorientiert klassifiziert. Das Konzept der Software beruht auf der Fractal Net Evolution-Technik, wobei komplexe Sachverhalte mittels semantischer Netze dargestellt werden. Grundlegende programmtechnische Beschreibungen der Software sind bei BAATZ & SCHÄPE (1999, 2000) sowie im Online User Guide zu finden. Die Untersuchungen wurden im Rahmen einer Beta-Testung mit der Version 1.0 (26.06.2000) durchgeführt.

Die Software eCognition geht von einem segmentorientierten Ansatz aus, d. h. im ersten Schritt werden homogene Flächen zu Bildsegmenten zusammengefasst. Im zweiten Schritt – der eigentlichen Klassifikation – wird ein wissensbasierter Entscheidungsbaum erstellt, wobei der Klassifikationsprozess entweder über fuzzy logic basierte Zugehörigkeitsfunktionen oder durch die Auswahl von Testflächen (Nearest Neighbour-Klassifikator) erfolgen kann. Durch das Anlegen mehrerer Segmentierungsebenen entsteht ein semantisches Netzwerk von Bildsegmenten. So können neben den Grauwertinformationen selbst Relationen zu benachbarten, unter- oder übergeordneten Bildsegmenten sowie Formeigenschaften genutzt werden. Durch die Bildung von Segmenten wird das unvermeidliche „Salt and Pepper“-Rauschen von pixelbasierten Ansätzen vermieden (BLASCHKE 2000a, BLASCHKE 2000b).

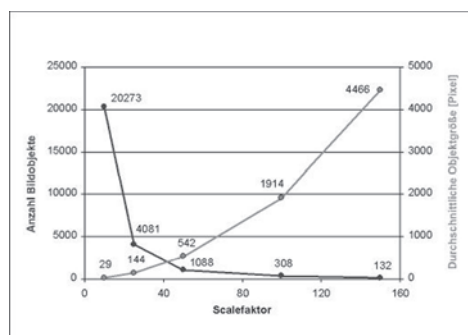
Bei eCognition handelt es sich im Gegensatz zu ERDAS Imagine um ein reines Bildanalysesystem, welches derzeit ausschließlich auf PC-Basis implementiert ist. Bildverarbeitungsoperationen, die der Klassifikation vorausgehen, müssen außerhalb von eCognition mit einem Bildverarbeitungsprogramm (in diesem Fall ERDAS Imagine) ausgeführt werden. Als Ein-

gangsdaten lässt das System nur Rasterdaten zu.

### 8.2 Segmentierung mit eCognition

Die Segmentierung der Rasterdaten in homogene Areale und damit die Abstraktion von Rasterzellen zu Regionen stellt die Basis des eCognition-Ansatzes dar. Dadurch wird die Anzahl der zu klassifizierenden Bildelemente stark verringert und der Datenumfang deutlich reduziert. Die Segmentierung lässt sich insbesondere durch den Scalefaktor steuern, der indirekt die Größe der Segmente bestimmt. Um die für das jeweilige Bild beste Segmentierung zu erreichen, müssen die Segmentierungsparameter letztlich durch wiederholte Versuche herausgefunden werden.

Um den Einfluss des Scalefaktors auf die durchschnittliche Segmentgröße zu ermitteln, wurde anhand einer Beispielfläche ( $840 \times 700$  Pixel) die Segmentierung mit verschiedenen Scalefaktoren durchgeführt. Dabei ergab sich ein quadratischer Zusammenhang zwischen Scalefaktor und durchschnittlicher Objektgröße (Abb. 3).



**Abb. 3:** Zusammenhang zwischen Scalefaktor und Anzahl der segmentierten Bildobjekte sowie durchschnittlicher Objektgröße für die gewählte Testfläche.

Ein wichtiger Aspekt eines Segmentierungsprogramms ist die Reproduzierbarkeit der Segmente, da diese Grundlage für die anschließende Klassifizierung sind. Es zeigte sich, dass bei wiederholter Segmentierung eine identische Reproduktion der Segmente

bei unveränderter Größe des Bildausschnittes gegeben ist. Wurde allerdings die Größe des Bildausschnittes geändert, so ergab sich bei gleichen Segmentierungsparametern ein verändertes Segmentmuster. Die Segmentgrenzen werden nicht nur am Bildrand – was verständlich wäre – sondern auch innerhalb des Bildes verändert. Da bedingt durch die hohen Rechenzeiten in eCognition zweckmäßigerweise eine Klassifikation erst an einem Teilausschnitt einer größeren Bildszene ausgeführt und anschließend die Klassifikation auf die Gesamtszene übertragen wird, ist dieser Effekt ausgesprochen nachteilig.

In der Regel sollte ein Bild mit mehreren Scalefaktoren segmentiert werden, um dem Bildgehalt in seiner hierarchischen Strukturierung gerecht zu werden. Nach Aussagen von Definiens ist aus Sicht der Bearbeitungszeit eine Segmentierung von feinen zu groben Segmenten empfehlenswert, denn den größten Rechenaufwand benötigt die feinste Segmentierung, da hier unmittelbar auf Pixelebene gearbeitet wird. Weitere Segmentierungen (mit größerem Scalefaktor) nutzen die vorhandenen Segmente und fassen sie in geringerer Rechenzeit zu größeren zusammen.

Für die Segmentierung wurden die in Abschnitt 6 beschriebenen Eingangsdaten verwendet mit folgenden Besonderheiten: Der panchromatische Layer wurde nur im feinen Skalenniveau verwendet. Der NDVI-Layer wurde nicht zur Segmentierung herangezogen, wohl aber zur nachfolgenden Merkmalsauswertung im Rahmen der Klassifikation.

Die Segmentierung des Untersuchungsgebietes erfolgte in den drei Ebenen fein (Scalefaktor: 10, mittlere Segmentgröße: 23 Pixel), mittel (50/487) und grob (165/6589). Im Feinskalenniveau werden kleinste Objekte wie Bäume, Gartenlauben und Dachelemente abgegrenzt, allerdings auch Inhomogenitäten innerhalb einheitlicher Bodenbedeckungen. Im mittleren Skalenniveau werden im Wesentlichen ganze Gebäude segmentiert, während im groben Skalenniveau große Flächen wie Gewässer, Felder und ganze Baublöcke abgegrenzt werden.

### 8.3 Klassifikation mit eCognition

Die Bildsegmente wurden entgegen der Segmentierungsreihenfolge von grob zu fein in den drei Ebenen anhand ihrer mittleren Grauwerte, Formmerkmale, Nachbarschaftsbeziehungen und Relationen zu über- und untergeordneten Segmenten klassifiziert. In der groben und mittleren Ebene wurden Zugehörigkeitsfunktionen formuliert. Abb. 4 zeigt anhand der Klassifikation von Ackerflächen, dass dabei mit Hilfe grafischer Verteilungsfunktionen die klassenbildenden Wertebereiche festgelegt werden. Auf der Feinsegmentebene wurde das Ergebnis mit Hilfe von Testflächen, die durch visuelle Interpretation einer bestimmten Nutzungsklasse zugeordnet wurden, verfeinert. Die Auswahl der Kriterien zur Unterscheidung der Klassen erfolgte durch Abfragen einzelner Elemente (Image Object Information) bzw. durch einen Feature View, durch den jedes Kriterium flächenhaft grafisch dargestellt werden kann. Die bereits zugeordneten Klassen können in der Objekt- sowie Ebenenhierarchie nach unten und oben vererbt werden. Auf diesem Weg entstand nach und nach ein umfangreicher, wissensbasierter Klassifikationsbaum. Zur Evaluierung der Klassifikation waren sowohl die segmentbezogene (tabellarische) als auch die flächenhafte (graphische) Darstellung der wahrscheinlichsten Klassenzugehörigkeit (Best Classification Result)

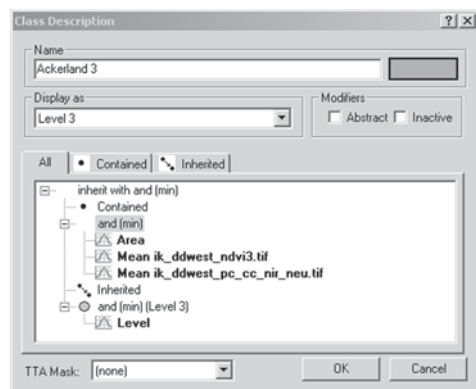


Abb. 4: Klassifikation von Ackerflächen in eCognition.





**Abb. 5:** Klassifikationsergebnis der Gesamtfläche (links: ExpertClassifier, rechts: eCognition).

nützlich. Zusätzlich ist eine direkte manuelle Klassenzuweisung möglich, die hier jedoch nicht genutzt wurde.

## 9 Vergleich der Klassifikationsergebnisse und der Implementierungen

### 9.1 Visueller Vergleich der Klassifikationen

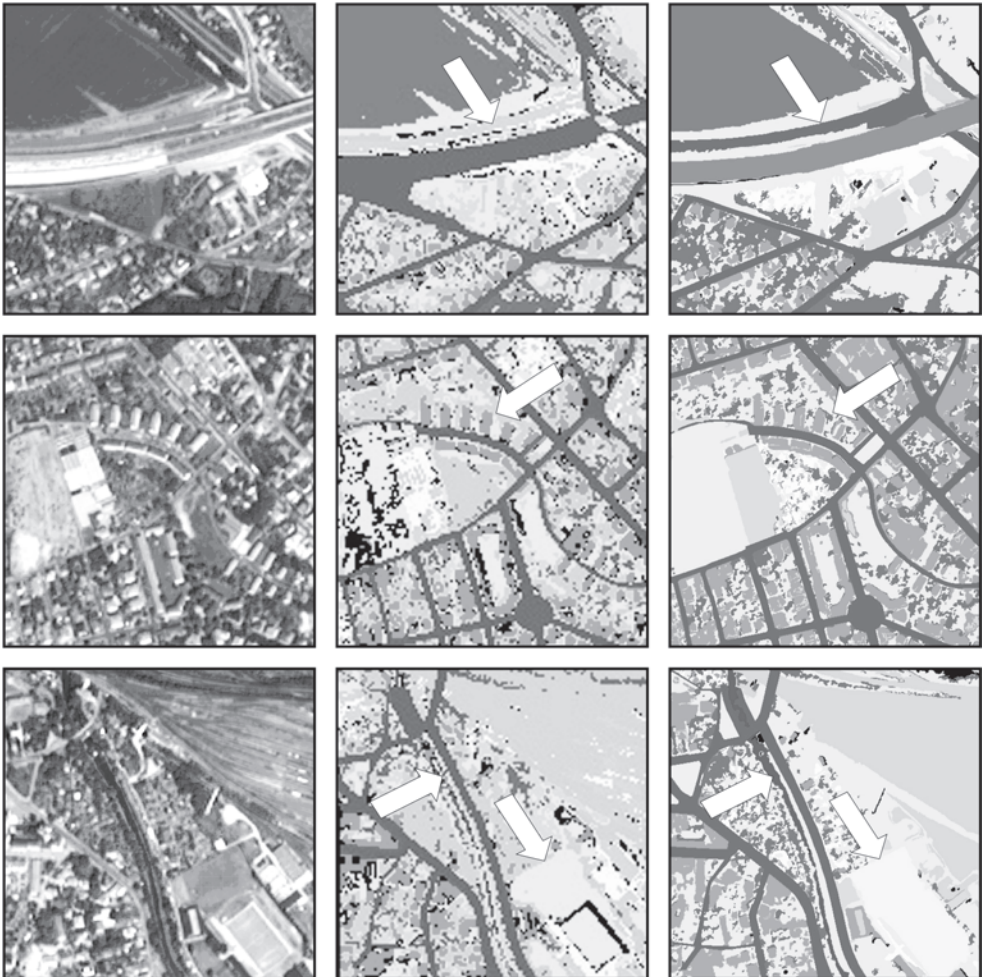
Beim visuellen Vergleich der beiden Klassifikationsergebnisse zeigen sich einige signifikante Unterschiede (Abb. 5). Während eCognition durch die vorgeschaltete Segmentierung sehr homogene Flächen ausbildet, bedingt die Klassifikation mit ExpertClassifier das bekannte kleinteilige Pixelklassifikationsmuster („Salt and Pepper“-Rauschen).

Abb. 6 stellt verschiedene Ausschnitte der Klassifikationen im Bildvergleich dar. Die oberste Reihe zeigt, wie mittels eCognition ein Straßenneubau richtig klassifiziert wurde (durch Auswertung von Form und Nachbarschaft), während dieser bei ExpertClassifier nur teilweise und nur als versiegelte Freifläche ausgewiesen werden konnte. Die mittlere Reihe verdeutlicht, dass sich IKONOS-Daten generell zur Klassifikation von

Einzelhäusern nutzen lassen, obwohl eine korrekte Klassifikation durch die detaillierte Darstellung der vielfältigen Dachmaterialien sowie verschiedener Besonnungssituationen erschwert wird. Ein Fluss und zwei Sportplätze konnten mit eCognition klassifiziert werden, wie die untere Bildfolge zeigt.

Unterschiede ergaben sich auch im Anteil der unklassifizierten Flächen (in Abb. 5 und 6 schwarz dargestellt), welcher bei der pixelbasierten Klassifikation mit 0,42 % der Gesamtfläche größer ausfiel als bei der segmentorientierten (0,07 %). Im letzten Fall können unklassifizierte Segmente (z. B. seltener Nutzungsklassen) auch manuell der entsprechenden Nutzungsklasse zugeordnet werden, so dass prinzipiell eine vollständige Klassifikation möglich ist. Bei der pixelbasierten Klassifikation verbleiben immer einzelne unzusammenhängende Pixel, die nicht eindeutig einer Klasse zugeordnet werden können.

Durch die Einbeziehung von Nachbarschaftsbeziehungen und Flächenform werden in eCognition differenziertere Klassenschlüssel möglich. So konnten Sportplätze durch eine Form- und Größenanalyse sowie bestimmte Gebäude durch ihre Nachbarschaft zu Straßen klassifiziert werden. Im



**Abb. 6:** Ausschnitte des Untersuchungsgebietes (links: IKONOS-Bild, Mitte: Klassifikationsergebnis ExpertClassifier, rechts: eCognition).

Allgemein lässt sich feststellen, dass sich mit eCognition große, homogene Flächen sicherer und mit geringerem Zeitaufwand klassifizieren lassen als stark heterogene Flächen.

### 9.2 Vergleich der Klassifikationsgüte

Für die Berechnung der Klassifikations- und Erkennungsgüte wurde das Accuracy Assessment-Tool von ERDAS Imagine benutzt. Für jede Klasse wurden unabhängig

von ihrem Flächenanteil je 20 Testpunkte durch einen Zufallsgenerator erzeugt. Um Testpunkte auf Nutzungsgrenzen zu verhindern (die sich letztlich auch im Rahmen der visuellen Interpretation nicht eindeutig zuordnen lassen), sollten die Testpunkte innerhalb homogener Flächen liegen.

Grundlage der visuellen Bedeckungs-/Nutzungsbestimmung für diese Testpunkte war in erster Linie das Bildfusionsprodukt der IKONOS-Daten. In Zweifelsfällen wurde eine Luftbildaufnahme des Jahres 1999

**Tab. 1:** Erkennungs- und Klassifikationsgüte im Vergleich.

Klasse	ExpertClassifier		eCognition	
	Erkennungs- güte [%]	Klassifika- tionsgüte [%]	Erkennungs- güte [%]	Klassifika- tionsgüte [%]
Ackerland	100,0	100,0	100,0	100,0
Wiese/Rasen	78,3	90,0	80,9	85,0
Elbwiese	94,7	90,0	–	–
Sportplatz	–	–	100,0	95,0
Wald/Baumbestand	95,2	100,0	100,0	95,0
Laubgehölz, verbuschtes Gelände	85,7	90,0	–	–
Obstanbau	–	–	100,0	95,0
Garten/Kleingarten <sup>1</sup>	94,1	80,0	–	–
Gewässer	100,0	100,0	100,0	100,0
Industrie-/Gewerbefläche <sup>2</sup>	–	–	62,5	75,0
Bebauung	90,9	100,0	94,7	90,0
Bahnfläche	100,0	90,0	100,0	100,0
Autobahn	–	–	100,0	100,0
Straßenfläche <sup>3</sup>	–	–	–	–
Vegetationslose Fläche, unversiegelt	85,7	60,0	83,3	75,0
Versiegelte Fläche	68,0	85,0	69,6	80,0
Parkplatz	–	–	83,3	75,0
Gesamtklassifikationsgüte	<b>89,6</b>		<b>89,6</b>	

<sup>1</sup> Die Klasse Garten/Kleingarten wurde bei der Klassifikation mit eCognition in der hier geprüften feinsten Segmentierungsebene in ihre Bodenbedeckungsbestandteile zerlegt.

<sup>2</sup> Versiegelte Industrie-/Gewerbeflächen sind bei der Klassifikation mittels ExpertClassifier in der Klasse versiegelte Fläche enthalten.

<sup>3</sup> Straßenflächen wurden von der Gütebestimmung ausgeschlossen, da sie nicht klassifiziert, sondern unmittelbar aus der Blockrestfläche abgeleitet wurden.

verwendet, in einigen Fällen erfolgte die Sicherung durch Vorortbegehung. Die Ergebnisse der Klassifikationskontrolle sind in Tab. 1 dargestellt.

Beide Klassifizierungen zeigen die gleiche Gesamtklassifikationsgüte von 89,6%. An dieser Stelle sei aber noch einmal darauf hingewiesen, dass die Klassifikation von ExpertClassifier im 4 m Raster mit 11 Klassen, während die von eCognition im 1 m Raster mit 13 Klassen erfolgte. In den einzelnen Klassen treten jedoch teilweise erhebliche

Unterschiede auf. Am deutlichsten äußern sich diese in den Klassen unversiegelte, vegetationslose Flächen, Bahnflächen und Bebauung.

### 9.3 Übertragung der Klassifikation auf eine gesamte IKONOS-Szene

Ein unter ExpertClassifier angelegter Entscheidungsbaum kann prinzipiell mit wenig Aufwand auf ganze Satellitenszenen übertragen werden. Allerdings müssen alle abso-



lut gesetzten Diskriminanzwerte des Entscheidungsbaumes kontrolliert und in der Regel überarbeitet werden. Aus den Erfahrungen zur Klassifikation von ganzen Satellitenbildszenen kann geschlussfolgert werden, dass bei der Arbeit mit ExpertClassifier die Erarbeitung des Entscheidungsbaumes gleich an der Gesamtszene erfolgen sollte und auf die Erarbeitung anhand eines Testgebietes verzichtet werden kann. Das erspart eine zweite Abstimmung der Diskriminanzwerte und ist letztlich durch die interaktive Arbeit auch bei großen Bilddatenmengen möglich. Die Berechnung der in die Klassifikation einbezogenen Modelle benötigte etwa 100 Minuten, die Klassifikation der Gesamtszene erfolgte in ca. 25 Minuten.

Auch eCognition erlaubt prinzipiell eine Übertragung des Klassifikationsbaumes auf andere Flächen. Wichtige Voraussetzung dafür ist, dass die Grauwertbereiche der zu klassifizierenden Bildausschnitte übereinstimmen. Werkzeuge zur Übertragung der Klassifikation sind durch die Import-/Exportfunktion für den Klassifikationsbaum, einen Batch-Betrieb (Protokoll) sowie durch die Exportmöglichkeit für bereits gewählte Testflächen gegeben. Zu beachten ist, dass die verwendeten Layer in gleicher Anzahl und identischer Reihenfolge Verwendung finden müssen. Bei der Segmentierung der Gesamtszene entstehen zudem andere (wenn auch vergleichbare) Segmente, was sich auf die Übertragbarkeit der Klassifikation negativ auswirkt.

Die Arbeit mit ganzen Satellitenszenen wirft bei eCognition einige programmtechnische Probleme auf. Die Grenze wird bei der Berechnung einer IKONOS-Gesamtszene durch die Datenmenge erreicht. So ließ sich die kleinste Segmentierungsebene (Scalefaktor 10) nicht erstellen, da der benötigte Arbeitsspeicher hierfür nicht ausreichte (512 MB). Allein die Eingangsdaten haben einen Speicherumfang von 1,6 GB (7 Layer á 237 MB). Um einen Eindruck von den Prozessierungszeiten für eine IKONOS-Gesamtszene zu vermitteln, sind in Tab. 2 einige Rechenzeiten aufgelistet.

Aufgrund der hohen Rechen- und Visualisierungszeiten sollte darum generell der

Entscheidungsbaum in eCognition an einer Teilfläche erarbeitet und dann auf die Gesamtszene übertragen werden, was allerdings weitere Probleme nach sich zieht (neue Segmentierung, neue Abstimmung der Zugehörigkeitsfunktionen).

#### 9.4 Vergleich der Softwareimplementierungen

Während der ExpertClassifier im Umgang mit großen Datenmengen keine Probleme hat, sind hier eCognition deutliche Grenzen gesetzt. Auch bei Erfüllung der gestellten Hardwareanforderungen, wie z. B. sehr großer Hauptspeicherausbau, ergeben sich sehr lange Rechen- und Projektladezeiten bei der Prozessierung von ganzen Szenen. Durch die sehr unterschiedlichen Rechenzeiten ergeben sich letztlich bessere Möglichkeiten der interaktiven Verbesserung bei der Klassifikation mit ExpertClassifier als bei der Arbeit mit eCognition.

Während ERDAS Imagine mit unterschiedlichen Rastergrößen im Klassifikationsprozess umgehen kann, ist mit eCognition nur die Bearbeitung gleicher Rasterwei-

**Tab. 2:** Prozessierungszeiten einer IKONOS-Gesamtszene einschließlich Zusatzdaten im 1 m Raster (1,6 GB) mittels eCognition (die Werte beziehen sich auf folgende Hardware: PC AMD Athlon 1 GHz, 512 MB RAM, Win2000).

Prozess	Rechenzeit [min]
Rasterdaten laden	ca. 30
Segmentierung (Scale 16)	ca. 150
Segmentierung (Scale 50)	ca. 75
Speichern (2 Ebenen)	ca. 30
Segmentierung (Scale 165)	ca. 60
Wechsel der Ebenenansicht	ca. 25
Projekt öffnen	ca. 15
Feature View	ca. 10
Klassifikation	ca. 60
Bildausschnitt verschieben	ca. 2

ten möglich. Bei unterschiedlicher Rasterung der Eingangsdaten müssen diese in die kleinste Rasterweite resampelt werden, was zu einer Vervielfachung der Datenmenge führt und die Rechenzeit erheblich erhöht. Auch die Unterstützung von verbreiteten Rasterformaten beim Export ist derzeit bei eCognition noch mangelhaft (nur ASCII und TIFF). Die Erzeugung von Vektorformaten, in denen die Klassifikationsergebnisse prinzipiell vorliegen, ist noch nicht möglich. Demgegenüber bietet ExpertClassifier neben der Unterstützung vieler Raster- und Vektorformate auch die Einbindung von Vektordaten in den Klassifikationsprozess.

Derzeit muss in eCognition, im Gegensatz zum ExpertClassifier, mit identischen Bildausschnitten der Eingangsdaten gearbeitet werden. Diese Tatsache führt bei der Klassifikation mit eCognition zu einem höheren Aufwand in der Datenvorbereitung. Auch kann in eCognition nachträglich kein weiterer Layer in ein Klassifikationsprojekt eingefügt werden. Hierzu müssen ein neues Projekt erstellt und alle Berechnungen erneut durchgeführt werden.

Beide Klassifikatoren verfügen über Programmteile zur statistischen Bestimmung der Klassifikationsgüte, wobei die des ExpertClassifier weiterführend sind. Nur hier ist der Import von nutzerdefinierten Kontrollpunkten und das Setzen von zufälligen Kontrollpunkten unter verschiedenen Randbedingungen möglich. Als reines Bildanalyseprogramm bietet eCognition nicht die Funktionalität eines Bildverarbeitungsprogrammes (z. B. keine NDVI-Berechnung). Vorteile bietet der ExpertClassifier zudem durch die Möglichkeit einer Einbindung von Programmen in den Klassifikationsprozess (offenes System).

## 10 Zusammenfassung und Ausblick

Neue hoch- und höchstauflösende Scanner- und Satellitenbilddaten erfordern neue, nicht nur pixel- und grauwertbezogene Auswertansätze. In dem Maß, wie sich die geometrische Auflösung der Bilddaten erhöht

und eine breitere Palette von Eingangsdaten in der Klassifikation Verwendung findet, müssen neben der spektralen Signatur der Rasterzellen auch Merkmale größerer, zusammenhängender Flächen genutzt werden. Formen, Flächengrößen, Nachbarschafts- und Hierarchiebeziehungen sind derartige, wichtige Merkmale vieler Bodenbedeckungen/Flächennutzungen. Mit der Extrahierung dieser neuen Merkmale können Klassen differenzierter und sicherer gebildet werden. Neben der bisher im Vordergrund stehenden Klassifizierung von Bodenbedeckungen aus Fernerkundungsdaten wird die Bestimmung der Flächennutzung zunehmend wichtiger. Zum Teil kann dieser Anspruch durch die Klassifikation mit eCognition erreicht werden. Als Beispiel soll hier die Klasse Sportplatz dienen, welche nicht nur eine Aussage über die Bodenbedeckung, sondern auch über die Nutzungsform darstellt. Daneben bietet der segmentorientierte Ansatz eine Verringerung des Anteils unklassifizierter Flächen und zeigt eine weitaus homogenere Klassifikation als die herkömmliche, pixelbasierte Klassifizierung, die immer zu Pixelrauschen tendiert.

Mit eCognition steht erstmals ein kommerzielles Programm zur segmentbasierten Klassifikation zur Verfügung. In das Softwarekonzept ist eine große Zahl neuer Ansätze eingeflossen, allerdings lässt die Implementierung derzeit noch einige Wünsche offen. Wichtig wäre vor allem eine Integration von eCognition in GI-Systeme und Fernerkundungssoftware, eine flexiblere Nutzbarkeit von Eingangsdaten für eine Klassifikation (variable Rasterweiten, nicht idente Bildausschnitte, Unterstützung wichtiger Bildformate) und die Verbesserung der Interaktivität des Programms, die derzeit bei großen Eingangsdatensätzen nicht gegeben ist.

## Danksagung

Die Autoren danken der Firma Definiens AG, München, für die Bereitstellung der Beta-Version des Softwarepaketes eCognition.

## Literatur

- BAATZ, M. & SCHÄPE, A., 1999: Object-oriented and multi scale image analysis in semantic networks. – In: Proc. 2<sup>nd</sup> International Symposium on Operationalisation of Remote Sensing Conference and Exhibition, Enschede, ITC.
- BAATZ, M. & SCHÄPE, A., 2000: Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. – In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung – Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000. Wichmann, 12–23, Karlsruhe.
- BLASCHKE, T., 2000a: Objektextraktion und regelbasierte Klassifikation von Fernerkundungsdaten: Neue Möglichkeiten für GIS-Anwender und Planer. – In: SCHRENK, M. (Hrsg.): Beiträge zum 5. Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Raumplanung. 153–162, Wien.
- BLASCHKE, T., 2000b: Ohne Salz und Pfeffer – Objektorientierte Bildanalyse – eine Revolution in der Fernerkundung. – *GeoBit* 2/2000, 30–32.
- EXPERT CLASSIFIER, Documentation, ERDAS Imagine, 1999.
- KERSTEN, TH., BALTASAVIAS, E., SCHWARZ, M. & LEISS, I., 2000: IKONOS-2 CARTERRA GEO – Erste geometrische Genauigkeitsuntersuchungen in der Schweiz mit hochauflösenden Satellitendaten, Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 8/2000, 490–497.
- MEINEL, G. & REDER, J., 2001: IKONOS-Satellitenbilddaten – ein erster Erfahrungsbericht. *Kartographische Nachrichten* 1/2001, 40–46.
- MEINEL, G., REDER, J. & NEUBERT, M., 2000: IKONOS-Satellitenbilddaten und ihre Klassifikation – ein erster Erfahrungsbericht. GUGM 2000, Germering.
- SCHMIDT, R., 2000: Untersuchung des Bildanalyse-systems eCognition. Unveröff. Diplomarbeit, Uni. Hannover.
- TOUTIN, T. & CHENG, P., 2000: Demystification of IKONOS, *EOM* 7/2000, 17–21.
- Internetdokumentationen:  
 Definiens: [www.definiens.com](http://www.definiens.com)  
 Space Imagine Europe: [www.si-eu.com](http://www.si-eu.com)  
 Erdas: [www.erdas.com](http://www.erdas.com)
- Anschrift der Verfasser:  
 Dr.-Ing. GOTTHARD MEINEL, Dipl.-Geogr. MARCO NEUBERT, Dipl.-Geogr. JOHANNES REDER, Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden, Weberplatz 1, D-01217 Dresden, e-mail: G.Meinel/M.Neubert/J.Redere@ioer.de
- Manuskript eingereicht: Januar 2001  
 Angenommen: Januar 2001

## Entmystifizierung von IKONOS\*

THIERRY TOUTIN, Ottawa & PHILIP CHENG, Richmond Hill/Kanada

**Einführung:** IKONOS, der kommerzielle Satellit mit der höchsten öffentlich verfügbaren Auflösung, wurde erfolgreich im September 1999 gestartet. Der Sensor kann Bilder mit einer Auflösung von 1 m im panchromatischen und 4 m im multispektralen Bereich erzeugen. Dabei ist für eine bessere Wiederholrate und die Möglichkeit der Stereoaufnahme eine off-nadir-Aufnahmerichtung von bis zu 60° wählbar. Die hochauflösenden Bilder, die IKONOS liefert, werden theoretisch eine „unbegrenzte“ Nutzung in einer Vielzahl von Märkten (einschließlich Staat und Landesregierungen) und bei verschiedenen Anwendungen wie Kartenherstellung, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Notdienste bewirken. Anstatt mit Luftbildern, können nun detaillierte Karten mit diesen Daten regelmäßig und einfach auf den neusten Stand gebracht werden. Landwirte können jetzt mit einer größeren Genauigkeit und über kürzere Intervalle den Zustand ihres Getreides visualisieren und den Ertrag abschätzen. Wissenschaftler können sensible Gebiete hinsichtlich ihres Umweltzustandes beobachten und Trends mit einer größeren Zuverlässigkeit vorher-sagen. Regierungsbeamte können die Flächen-nutzung besser überwachen und planen. Stadtplaner können die Entwicklung neuer Wohnsiedlungen mit einer größeren Präzision und Aufmerksamkeit fördern. Kurz gesagt, der potenzielle Nutzen von IKONOS-Bildern ist nur durch das Vorstellungsvermögen begrenzt.

**Introduction:** *Demystification of IKONOS.* IKONOS, the commercial satellite with the highest publicly available resolution, was successfully launched in September 1999. The satellite's sensor can generate 1-m panchromatic and 4-m multi-band images with off-nadir viewing up-to-60° in any azimuth for a better revisit rate and stereo capabilities. The high-resolution imagery that IKONOS provides theoretically will have „unlimited“ uses in a number of markets (including state and local government) and in various applications such as mapping, agriculture, forestry, and emergency response. Instead of using aerial photos, highly detailed maps of entire countries can be frequently and easily updated using this data. Farmers can monitor the health of their crops and estimate yields with greater accuracy and over shorter intervals. Scientists can look at environmentally sensitive areas and predict trends with greater certainty. Government officials can monitor and plan more enlightened land use policies. City planners can further the development of new housing communities with greater precision and attention. In short, the potential uses for IKONOS imagery are limited only by the imagination.

---

### Was erwarten wir von IKONOS?

IKONOS hat sein enormes Potenzial für die Kartenherstellung aufgezeigt, die sich größtenteils auf Resultate von ähnlichen Sensorsystemen auf Flugzeugen oder dem Space

Shuttle stützte. Dabei bilden für den Kreis der Nutzer die 1 m Pixel die größte Anziehungskraft, da diese die Extraktion von Objekten erlauben, die in den meisten digitalen Kartenprodukten erscheinen. Die Nutzer werden erwarten, Sub-Pixel Genauigkeit zu erhalten (wie bei früheren Satelliten z. B. SPOT und LANDSAT). Doch sind diese Erwartungen der Genauigkeit zu hoch? Außerdem ist die Möglichkeit der off-nadir-Aufnahmerichtung eine wichtige Charakte-

---

\* Erstveröffentlichung in „Earth Observation Magazine“, vol. 9, no. 7, July 2000

ristik von IKONOS. Sie verbessert die Wiederholrate für das gleiche Areal auf 2–3 Tage und erlaubt (theoretisch) die Aufnahme von Stereo-Bildern. Die Nutzer sollten dann in der Lage sein, aus diesen Stereo-Bildern mit den traditionellen photogrammetrischen Techniken planimterische und altimetrische Informationen wie zum Beispiel digitale Höhenmodelle (DHM) abzuleiten. Aber können solche Stereo-Daten wirklich zur Verfügung gestellt werden?

### Was erhalten wir von IKONOS?

Mit IKONOS Daten werden fünf unterschiedliche Produktstufen erzeugt, die zu fünf verschiedenen Preisen erhältlich sind. Tab. 1 zeigt ein Beispiel für das Basisprodukt im panchromatischen Bereich. Für zusätzliche spezielle Produkte oder Serviceleistungen werden extra Preise erhoben. IKONOS Daten werden im 8-bit oder 11-bit GeoTiff-Format mit einem ASCII Metadaten-File (enthält Auftragsparameter und Beschreibungen zur Datenquelle, zum Bild und zur Produktdatei) vertrieben. Allerdings ist ein Mindestbestellwert von US\$ 1000 innerhalb Nordamerikas und US\$ 2000 außerhalb Nordamerikas erforderlich. Von der Bestätigung der Bestellung bis zur Lieferung der Daten, die im Archiv vorliegen, vergehen im Regelfall mehrere Tage bis über eine Woche. Die Auslieferung von Daten, die neu aufgenommen werden müssen, dauert zwei Wochen oder mehr, abhängig von der Größe des Auftrages, dem

Wetter, der Genauigkeit und der Gewinnung von Passpunkten und digitalem Höhenmodell.

Bei dem Produkt Geo, welches zwar das preisgünstigste ist, allerdings auch die geringste Lagegenauigkeit hat, wird die Geländeverzerrung nicht korrigiert. Es hat eine Genauigkeit von 50 m CE90, d.h., 90 % aller Punkte liegen innerhalb eines horizontalen Umkreises maximal 50 m von ihrer wahren Position auf der Erdoberfläche entfernt. Die Genauigkeit wird in Gebieten mit großen Höhenunterschieden schlechter, wenn das Bild unter off-nadir-Aufnahmerichtung aufgenommen wurde, was bei IKONOS-Daten in der Regel der Fall ist. Somit erfüllt dieses Produkt nur die geometrischen Bedingungen, die für die Kartenherstellung im Maßstab 1:100.000 gelten. Außerdem werden Stereo-Bilder des Produktes Geo nicht an die Kunden vertrieben und die Rohdaten (von den Photogrammetern bevorzugt) sind nicht erhältlich.

Das Produkt Precision ist das teuerste, bietet jedoch auch die höchste Lagegenauigkeit (4 m CE90). Um diese zu erzielen, muss der Kunde allerdings die Passpunkte und das DHM zur Generierung des Orthobildes für Space Imaging bereitstellen. Da die meisten Bilder in off-nadir-Aufnahmerichtung aufgenommen werden, sollte die Genauigkeit der Passpunkte innerhalb von 1 m, die des DHM innerhalb von 5 m liegen. Sub-Pixel-Genauigkeit (die mit anderen Satelliten wie Spot und Landsat erreicht werden könnte) wird somit mit IKONOS nicht erzielbar sein, nicht einmal in flachem Gelände.

**Tab. 1:** Detaillierte Preise der Basisprodukte im panchromatischen Bereich, der Webseite von Space Imaging entnommen (<http://www.spaceimaging.com>).

Produktname	CE90 Genauigkeit	Preis in N-Amerika	Preis außerhalb N-Amerikas
Geo	50 m	\$ 12	\$ 29
Reference	25 m	\$ 29	\$ 73
Map	12 m	\$ 39	\$ 98
Pro	10 m	\$ 49	\$ 122
Precision	4 m	\$ 66	\$ 149

Bemerkung: CE90 ist die kreisförmige Lagegenauigkeit eines Punktes mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 %, Preise in US\$

### Was sind die Probleme?

Im Gegensatz zu anderen kommerziellen Satelliten stellt IKONOS keine detaillierten Orbitdaten zur Verfügung. Zusätzlich stellt die Lieferung von Passpunkten und einem DHM an Space Imagine, mit der Absicht ein präzises Orthobild zu erhalten, einen Zeitverzug bis zur Nutzung des Produktes dar. Dies ist außerdem ein Problem für Kunden, denen es nicht erlaubt ist, kartographische Informationen außerhalb ihres Landes

freizugeben. Letztendlich ist der Preis für ein Orthobild des Produktes Precision im Vergleich zum Produkt Geo sehr hoch. All diese Aspekte können den Nutzer vom Kauf von IKONOS-Daten oder von einer geeigneten Nutzung dieser abschrecken. Ist es jedoch für den Nutzer möglich, das Produkt Geo zu erwerben (5,5 mal billiger als das Produkt Precision) und die Daten selber zu orthorektifizieren? Die Antwort lautet ja. Der Nutzer wird Zeit und Geld sparen, wird weniger mit administrativen Problemen konfrontiert, die mit der Freigabe von Passpunkten und DHM zusammen hängen und er kann die neue Datenquelle in geeigneter Weise nutzen.

### Wie lauten die Lösungen?

Drei Methoden können zur Korrektur von IKONOS-Geo-Daten genutzt werden: Die einfache Polynomialmethode, die Verhältnispolynommethode und die Methode des strengen (oder parametrischen) Modells. Zweck dieses Artikels ist es, diese drei Methoden an einem IKONOS-Geo-Produkt anzuwenden und die unterschiedlichen Ergebnisse zu vergleichen.

Oft als veraltet angesehen, ist der einfache Polynomialansatz eine sehr unkomplizierte Methode, um Bilder zu entzerren. Er korrigiert hauptsächlich die planimetrische Verzerrung der Passpunkte. Da diese Methode die Geländehöhen nicht berücksichtigt, ist sie auf kleine und flache Gebiete begrenzt.

Die Verhältnispolynommethode ist der einfachen Polynomialmethode ähnlich, mit dem Unterschied, dass erstere ein Verhältnis von Polynomtransformationen beinhaltet und auch die Geländehöhen mit in Betracht zieht. Folglich kann diese Methode bei Gelände mit geringen Höhenunterschieden von Nutzen sein. Beide Methoden benötigen keine Satelliten- und Sensordaten. Da sie aber nicht streng modelliert werden, benötigen sie viele Passpunkte und korrigieren auch nur diese. Verzerrungen zwischen den Passpunkten werden nicht vollständig beseitigt.

Die Methode des strengen Modells spiegelt die physikalische Wirklichkeit der gesamten Betrachtungsgeometrie wider und

korrigiert Verzerrungen, verursacht durch die Plattform, den Sensor, die Erde und manchmal jene Deformationen, die durch die kartographische Projektion entstehen. Weiterhin bezieht sie dann die Satelliten- und Sensordaten mit ein. Im Vergleich mit der einfachen Polynomialmethode und Verhältnispolynommethode resultiert das strenge Modell mit relativ wenigen Passpunkten in der höchsten Genauigkeit.

Die Tatsache, dass detaillierte Sensorinformationen vom IKONOS-Satelliten noch nicht heraus gegeben wurden, bleibt jedoch bestehen. Trotzdem hat der Autor dieses Artikels (Principal Research Scientist am Canada Centre for Remote Sensing (CCRS), Natural Resources Canada) erfolgreich ein strenges IKONOS-Modell entwickelt, welches die grundlegendsten Informationen der Metadaten und der Bilddatei nutzt. Zum Beispiel kann der Blickwinkel des Sensors näherungsweise berechnet werden, indem man die nominale Aufnahmehöhe und die nominale Bodenauflösung quer und längs zur Scanrichtung nutzt. Das CCRS-Modell basiert auf den Prinzipien der Orbitographie, Photogrammetrie, Geodäsie und Kartographie. Es wurde erfolgreich mit nur wenigen Passpunkten (3–6) bei VIR-Daten (Landsat 5 & 7, SPOT, IRS, ASTER und KOMPSAT) und genauso bei SAR-Daten (ERS, JERS, SIR-C und RADARSAT) angewandt. Basierend auf guten Passpunkten, wurde die Genauigkeit des Modells auf 1/3 Pixel für VIR-Bilder und auf eine Auflösungszelle für SAR-Bilder nachgewiesen.

### Experiment

Um die drei unterschiedlichen Methoden zu testen, wurde im April 2000 ein IKONOS-Geo-Produkt von Richmond Hill, nördlich Toronto, Ontario, Kanada, bestellt. Dieses Testgebiet hat Höhenunterschiede zwischen 180 m und 240 m. Die Daten wurden innerhalb von 30 Tagen geliefert. Die Metadaten-Datei wurde genutzt, um die Satellitenparameter für die Methode des strengen Modells zu berechnen. Des Weiteren wurden gleichmäßig im Bild 30 Passpunkte gesetzt, wobei die Kartenkoordinaten aus Orthophotos,



mit einer Auflösung von 20 cm und einem DHM mit einer Rasterweite von 2 m, entnommen wurden.

PCI OrthoEngine Satellite Edition V7.0 (eine Software, welche alle drei erwähnten Korrekturmethode unterstützt) wurde dazu genutzt, das geometrische Korrekturverfahren zu prüfen. PCI OrthoEngine Satellite Edition V7.0 unterstützt zudem das Lesen verschiedener Satellitendaten, die Passpunktbestimmung, die geometrische Modellierung, die Orthorektifizierung sowie manuelle oder automatische Mosaikherstellung.

**Ergebnisse und Analyse**

Tab. 2 zeigt die mittleren quadratischen Restfehler und den maximalen Restfehler der Berechnungen für die drei verschiedenen Methoden. Transformationen mit Polynomen zweiter Ordnung wurden sowohl für einfache als auch für Verhältnispolynome durchgeführt. Wie in Tab. 2 zu sehen ist, lieferte dabei die Verhältnispolynommethode die kleinsten Fehler. Jedoch sollte man beachten, dass die Bestimmung der Genauigkeit nur aus Passpunktfehlern verzerrt und irreführend ist, da beide Polynomialmethoden nur lokale Verbesserungen bei den Passpunkten vornehmen.

Während der Erstellung der Passpunkte wurde an einem dieser Punkte ein Fehler angebracht. Dieser belief sich auf ungefähr 20 m in Y-Richtung. Beide Polynomialmethoden waren nicht in der Lage, den fehlerhaften Punkt zu erkennen. Tab. 3 zeigt dafür die mittleren quadratischen Restfehler und die Restfehler des fehlerhaften Punktes. Der

**Tab. 2:** Vergleich der Fehler für 30 Passpunkte für das einfache Polynom, das Verhältnispolynom und das strenge Modell.

Korrekturmethode	mittl. quadrat. Restfehler (m)		maximaler Restfehler (m)	
	X	Y	X	Y
Einfaches Polynom	1,0	3,2	2,4	6,2
Verhältnispolynom	0,5	0,7	1,1	1,4
Strenges Modell	0,8	1,1	1,9	2,8

**Tab. 3:** Vergleich der Fehler für 30 Passpunkte, einschließlich eines fehlerhaften Punktes, für das einfache Polynom, das rationale Polynom und das strenge Modell.

Korrekturmethode	mittl. quadrat. Restfehler (m)		fehlerhafter Punkt (m)	
	X	Y	X	Y
Einfaches Polynom	1,2	3,9	2,2	6,7
Verhältnispolynom	0,6	1,3	0,3	1,4
Strenges Modell	1,1	3,0	2,2	11,8

Restfehler des Punktes in Y-Richtung war beim strengen Modell viermal höher als der mittlere quadratische Restfehler. Die Richtung und der Fehlerwert wurden auch sofort erkannt.

Eine unabhängige Bewertung der Punktgenauigkeit sollte mit unabhängigen Kontrollpunkten durchgeführt werden, welche nicht mit in die Modellberechnung einfließen. Deshalb wurden im zweiten Test 23 der 30 Passpunkte zu Kontrollpunkten geändert. Auf Grund der reduzierten Anzahl von Passpunkten wurde ein Polynom zweiter Ordnung für die einfache Polynomialmethode und ein Polynom erster Ordnung für die Verhältnispolynommethode verwendet. Tab. 4 zeigt die mittlere quadratische Abweichung und die maximalen Fehler der 23 Kontrollpunkte für die drei Methoden. Die Fehler sind mit dem strengen Modell kleiner als mit den beiden Polynomialmethoden und stimmen auch mit den Fehlern von Tab. 2 und 3 überein. Dies zeigt, dass das strenge Modell sowohl stabil als auch robust ist und keine lokalen Fehler erzeugt oder herausfiltert. Eine Auswertung der Bildparameter,

**Tab. 4:** Vergleich der Fehler für 23 unabhängige Kontrollpunkte und 7 Passpunkte für das einfache Polynom, das rationale Polynom und das strenge Modell.

Korrekturmethode	mittl. quadrat. Fehler (m)		maximaler Fehler (m)	
	X	Y	X	Y
Einfaches Polynom	1,7	4,1	4,1	7,7
Verhältnispolynom	2,2	5,2	5,1	10,4
Strenges Modell	1,3	1,3	3,0	3,0



berechnet durch das strenge Modell (einschließlich Parametern wie z. B. der Aufnahmerichtung), bestätigten die Annahmen und Einschätzungen der Berechnungen aus den Metadaten.

Eine abschließende Beurteilung wurde durch einen quantitativen und qualitativen Vergleich durchgeführt, wobei das Orthobild (erzeugt durch das strenge Modell und ein DHM) mit einem 20 cm-Orthophoto verglichen wurde. Sie bestätigte die vorher-

gehenden Resultate mit den Kontrollpunkten, dass es keinen Fehler größer als 4–5 m gibt. Folglich liegt die Genauigkeit des strengen Modells innerhalb der Genauigkeit des IKONOS-Precision-Produktes.

### Zusammenfassung

IKONOS-Geo-Produkte haben eine verhältnismäßig niedrige und widersprüchliche Genauigkeit, bezogen auf die Qualität des



**Fig. 1a:** Sample image of IKONOS data of Richmond Hill, Ontario, Canada.



**Fig. 1b:** Sample 1:8000 scale aerial photo of Richmond Hill, Ontario, Canada.



**Fig. 2a:** Sample IKONOS data of Richmond Hill, Ontario, Canada.



**Fig. 2b:** Sample 1:8000 scale aerial photo of Richmond Hill, Ontario, Canada.

Bildinhalte und der großmaßstäbigen Abbildung. Precision-Produkte sind einerseits kostspielig und können zudem außerhalb einiger Länder schwer hergestellt werden. Folglich ist es für einen effizienten Gebrauch der IKONOS-Produkte von Nachteil und auch fast unmöglich, die Bilder durch den Nutzer zu verarbeiten und zu orthorektifizieren. Die Nutzer können jetzt ein strenges Modell verwenden (eines, das in einer operationellen Umgebung vorhanden ist), um die preiswerten Geo-Produkte zu korrigieren. Wenn fehlerfreie Flugdaten vorhanden sind, können die Nutzer einheitliche Orthobilder erstellen, die so präzise wie die kostspieligen Precision-Produkte sind. Daher sollte diese Technologie die Anschaffung und den Gebrauch dieser neuen Daten für viele Anwendungen begünstigen.

Die Auswertung wird am CCRS noch mit anderen IKONOS-Bildern fortgeführt. Dabei werden auch unterschiedliches topographisches Gelände (hauptsächlich Hochgebirge) und verschiedene Anwendungen (Kartographie, Forstwesen, Landwirtschaft, usw.) betrachtet. Neueste Ergebnisse im Gebirgsbereich sind für großmaßstäbige Kartenherstellung vielversprechend.

Verfasser:

Dr. THIERRY TOUTIN ist Principal Research Scientist am Canada Centre for Remote Sensing, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada. e-mail: Thierry.Toutin@ccrs.nrcan.gc.ca.

Dr. PHILIP CHENG ist Senior Scientist bei PCI Enterprises, Richmond Hill, Ontario, Canada. e-mail: cheng@pcigeomatics.com.

Dieser Artikel wurde in der englischen Fassung im „Earth Observation Magazin“ vol. 9, no. 7, Juli 2000; Seiten 17–21, veröffentlicht. Mehr Informationen über diesen Artikel können eingeholt werden unter CCRS, PCI and EOM webs: <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/ref/bibpdf/4807.pdf>.

[http://www.pcigeomatics.com/news/ikonos\\_module.htm](http://www.pcigeomatics.com/news/ikonos_module.htm)

<http://www.eomonline.com/Common/currentissues/July00/toutin.htm>

Das CCRS ist nicht für Übersetzungs- oder Interpretationsfehler verantwortlich.

Übersetzt von A. KOCH, A. BERGER & T. GRÜNDEMANN, TU-Dresden.

Überarbeitet von Prof. Dr. MANFRED BUCHROITHNER, TU-Dresden.

Manuskript eingegangen: Januar 2001

Angenommen: Januar 2001

## Satellitenfernerkundung im Naturschutz – vom Pilotprojekt zur operationellen Anwendung

STEFAN WEIERS, MICHAEL WISSEN, MICHAEL BOCK & BRITTA SCHADE, Köln

**Zusammenfassung:** Ausgehend von den Erfahrungen des Pilotprojektes MoBio werden Potentiale und Grenzen der Anwendung von Satellitenfernerkundungsverfahren im Naturschutz anhand von Fallbeispielen dargelegt. Perspektivisch werden die Rahmenbedingungen für eine operationelle Umsetzung der Ergebnisse auf Landesebene auf Grundlage von Wirtschaftlichkeitsanalysen, Umweltinformationssystemen sowie der noch bestehenden technischen und administrativen Restriktionen diskutiert.

Von 1997 bis 1999 wurde MoBio (Monitoring of Changes in Biotope and Land Use Inventory) als Pilotprojekt innerhalb des europäischen Programms CEO (Centre for Earth Observation) im 4. Rahmenprogramm Klima und Umwelt durchgeführt. Vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) wurde es in Zusammenarbeit mit dem dänischen Umwelt Forschungsinstitut (National Environmental Research Institute NERI) und dem Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig Holstein (LANU) initiiert.

Der Schwerpunkt des Projektes lag in der Überwachung von Biotopveränderungen in Dänemark und Schleswig-Holstein. Dabei wurde mit Hilfe von Satellitenbildanalysen sowie GIS-Ansätzen eine neue effektive Methode entwickelt, die im Vergleich zu den mit hohen Kosten verbundenen herkömmlichen Kartiermethoden wie z. B. Luftbildinterpretation, eine interessante Alternative für die Erfassung und Analyse räumlicher Information darstellt. Darüber hinaus wurden exemplarisch Ansätze zu einer Bewertung landschaftsökologischer Funktionen durch Integration von Fernerkundungs- und zusätzlichen Geodaten erprobt und weiterentwickelt.

**Summary:** *Satellite remote sensing in nature conservation – from a pilot project towards operational application.* Based upon the experiences of the pilot project MoBio potentials and limits of the application of satellite remote sensing techniques in nature conservation are outlined in this paper as case examples. In a perspective view the framework conditions for an operational implementation of the results on a federal state level are discussed in the context of cost/benefit analyses, environmental information systems and the technical and administrative restrictions still existing.

From 1997 to 1999 the pilot project MoBio (MoBio (Monitoring of Changes in Biotope and Land Use Inventory) was carried out within the European Programme CEO (Centre for Earth Observation) of the 4<sup>th</sup> Framework Programme Climate and Environment. It was initiated by the German Aerospace Center (DLR) in collaboration with the Danish National Environmental Research Institute (NERI) and the Federal State Agency for Nature and Environment of the German federal state Schleswig Holstein (LANU).

The project was focussed on the monitoring of biotope changes in Schleswig Holstein and Denmark. By means of satellite image analysis and GIS approaches a new method for the assessment and analysis of spatial environmental information was developed that provides a relevant cost efficient alternative to established methods such as field mapping and visual interpretation of aerial photos.

Furthermore exemplary approaches for the assessment of geo-ecological functions through the integration of remote sensing data and supplementary geodata were developed and tested.

## 1 Hintergrund und Zielsetzung

Umweltbehörden benötigen zunehmend räumliche Daten über Biototypen und Landnutzung (-bedeckung) zur Erfüllung ihrer gesetzlichen Aufgaben. Die hohen Kosten für Feldkartierungen und konventionelle Luftbildauswertungen limitieren die fachlich gebotenen Fortschreibungsintervalle und die räumliche Abdeckung. Satellitendaten können eine kostengünstige Alternative zu etablierten Verfahren bieten. Als Hauptnutzer waren das Landesamt für Natur- und Umwelt des Bundeslandes Schleswig-Holstein (LANU) und das Dänische Nationale Umweltforschungsinstitut (DMU) involviert. Beide Institutionen sind vom Gesetzgeber zur Erhebung und Fortschreibung naturschutzrelevanter Grundlagendaten verpflichtet. Umfang und Art vorhandener Kartenwerke, Erhebungsmethodik und Nomenklaturen weichen jedoch erheblich voneinander ab. In diesem Beitrag soll schwerpunktmäßig auf die Arbeiten in den deutschen Testgebieten eingegangen werden.

Im Land Schleswig Holstein wurde in den Jahren 1988 bis 1991 eine landesweite Luftbildbefliegung durchgeführt. Auf Grundlage der analogen Falschfarbinfrarotluftbilder (FCIR) beauftragte das LANU die Erstellung flächendeckender Karten der Biotop- und Landnutzungstypen durch visuelle Interpretation nach einem speziell für das FCIR-Bildmaterial entwickelten Schlüssel (Bundesamt für Naturschutz 1995) mit mehr als 600 Kartiereinheiten. Die Digitalisierung der Karten und Integration in das landesweite Landschaftsinformationssystem (LANIS) ist inzwischen weitgehend abgeschlossen. Die Biotypenkarten bieten wichtige Informationsgrundlagen für zahlreiche Aufgaben der Umweltverwaltung wie z.B. Landschafts- und Landschaftsrahmenplanung, Umweltverträglichkeitsprüfungen, Ausweisung von Naturschutzgebieten, Biotopverbundplanung und Verfahren im Rahmen der Eingriffsregelung.

Die aus naturschutzfachlicher Sicht erforderliche Fortschreibung der Daten in Intervallen von maximal 5 Jahren ist jedoch auf

Grund der hohen Kosten für die flächendeckende Interpretation angesichts zunehmender Haushaltsrestriktionen nicht mehr gewährleistet.

In Abstimmung mit direkt beteiligten und potentiellen Nutzern wurden folgende (technischen) Aufgabenstellungen formuliert:

- Entwicklung einer angemessenen Methodik zur Indikation von Veränderungen in der Biotopausstattung und Landnutzungsstruktur unter Verwendung von multispektralen und -temporalen Satellitendaten
- Erstellung von Grundlagenkarten zu Vegetation und Bodenbedeckung in Anlehnung an europäische Nomenklaturen wie CORINE Land Cover
- Entwicklung und Erprobung einer Detailklassifizierungsmethode zur Erfassung von Feuchtbiototypen in einem Kerngebiet
- Aufbau eines GIS zur Integration von Satelliten- und Zusatzdaten zur beispielhaften Durchführung von Analysen zur Landschaftsbewertung
- Bewertung der ermittelten Veränderungen nach Vorgaben der Nutzer aus Umweltbehörden

## 2 Methodisches Konzept und Datenmaterial

Auf Grund der anwendungsbezogenen Aufgabenstellung ist das methodische Grundgerüst modular auf bewährten Standardverfahren zur Landsat-TM Klassifikation aufgebaut. TM Daten bieten einen vernünftigen Kompromiss im Hinblick auf spektrale Auflösung, räumliche Auflösung, Beschaffungs- und Prozessierungskosten. Die Produktion von Basislandbedeckungskarten wird ergänzt durch die Entwicklung eines maßgeschneiderten Verfahrens zur Veränderungsindikation (change detection) mit einer Kombination von verschiedenen spektralen Indizes.

Das Konzept verfolgt drei Prozessierungslinien:

- Eine change detection mit dem Ziel einer Binärdarstellung von Veränderungsgebiete-



ten wird durch die Kombination verschiedener spektraler Indizes durchgeführt.

- Basiskarten zur Landbedeckung werden durch hybride Klassifikation von Landsat-TM Bildern generiert.
- Konventionelle Falschfarbinfrarot-Luftbilder (FCIR) werden zur Validierung und Ableitung von Trainingsgebieten eingesetzt. In Fallstudien wird untersucht, inwieweit FCIR Bilder durch neue Produkte aus der Fusion von IRS 1C panchromatischen und multispektralen Landsat TM Daten substituiert werden können.

Als Zwischenprodukt der change detection wird eine Binärkarte mit den „hot spots“ der vermuteten Veränderungen ausgegeben, deren Verteilungsmuster in einem GIS analysiert wird. Für den Nutzer ist entscheidend, welche naturschutzfachliche Relevanz einzelnen Veränderungsflächen zugemessen wird. Daher soll in einem abschließendem Schritt der naturschutzrechtliche Status (NSG, LSG, Biotopverbund etc.) einbezogen werden. Eine GIS Routine mit einer nutzerdefinierten Bewertungsmatrix (Dichte/Häufigkeit von Veränderungspixeln in Bezug auf Naturschutzstatus) erlaubt die Ausgabe von Vorranggebieten für eine selektive Nacherhebung der Biotoptypenkartierung.

Für die Testgebiete des Pilotprojektes Skandinavien (DK), Dänemark (DK), Schleswig-Flensburg (DE) und Ostholstein (DE) wurden insgesamt 16 Landsat TM5 Vollszenen und 6 Miniszenen aus einem Zeitraum zwischen 1984 und 1995 beschafft.

Hochauflösende panchromatische Daten (IRS 1C mit 5,8 m Bodenauflösung) wurden zur Erkennung von mit TM Daten nicht erfassbarer Kleinstrukturen in der Landschaft (z.B. Knicks, Kleingewässer, Gehölzinseln etc.) beschafft.

In einem Projekt-GIS werden darüber hinaus folgende Zusatzdaten vorgehalten:

- ausgewählte FCIR Luftbilder und Orthophotos zur Kartierung von Trainingsgebieten, Validierung der Klassifikation und naturschutzfachlichen Fallstudien
- Grenzen von Natur- und Landschaftsschutzgebieten und Biotopverbundzonen
- Lineare Infrastruktur und administrative Grenzen

- im Feld kartierte Trainingsgebiete
- digitale Biotoptypenkarten zur Validierung

### 3 Erstellung von Grundlagenkarten durch Klassifikation von Landsat-TM Szenen

Multitemporale Bildausschnitte zu den einzelnen Testgebieten wurden zunächst mit einem Transformationsmodell beruhend auf Polynomen 2. Ordnung geometrisch angepasst. Eine Passpunktdatei zur Referenzierung der endgültigen Klassifikationsergebnisse auf eine UTM Kartenprojektion wurde generiert.

Als Eingangsdatensatz wurde ein Layer Stack mit zunächst 16 Kanälen erzeugt, die sowohl relevante Originalkanäle von Landsat TM (2, 3, 4, 5) als auch abgeleitete Parameter wie Vegetationsindizes einschließlich ihrer saisonalen Differenzen und Tasseled Cap transformierte Daten enthalten.

Ein einheitlicher Klassifikationsschlüssel, der verschiedene Nutzeranforderungen, unterschiedliche nationale Standards, die europäische CORINE Land Cover Nomenklatur sowie die Realisierbarkeit mit Landsat TM Daten berücksichtigt, wurde unter allen Projektpartnern verbindlich abgestimmt.

Eine unüberwachte Vorklassifikation nach dem Isodata Algorithmus mit 100 voreingestellten Klassen führte zunächst zu einer Datenstruktur, die den Anforderungen einer hohen Trennschärfe und Interpretierbarkeit gerecht wird. Das Ergebnisbild wurde einer visuellen Plausibilitätskontrolle durch Überlagerung mit Falschfarbkompositen unterzogen.

Durch Kreuztabellierung der Isodata Cluster mit den Polygonen der Feldtrainingsgebiete mit einem Vektor GIS-Tool konnte der Zusammenhang zwischen realen Kartiereinheiten und den extrahierten Clustern untersucht werden. Jeder Landbedeckungskategorie wurde ein entsprechendes Isodata Cluster zugeordnet, dessen Signatur als idealtypisch in die nachfolgende Maximum Likelihood Klassifikation überführt wurde. Der Vorteil gegenüber der di-

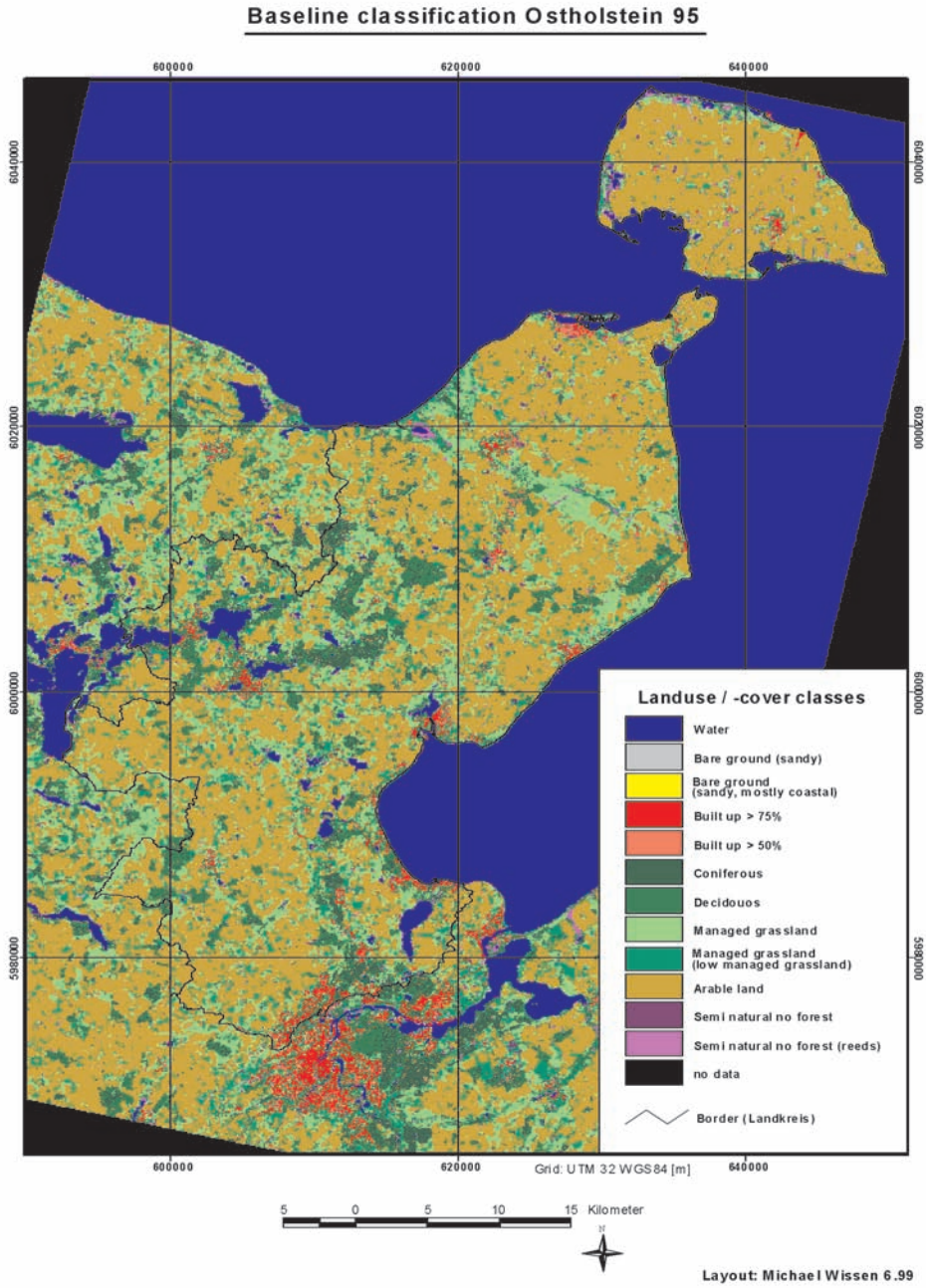


Abb. 1: Klassifikation der Landbedeckung Kreis Ostholstein.

rekten Ableitung der Eingangssignaturen aus den Trainingsgebieten liegt in der Erhöhung des Stichprobenumfangs und der damit verbesserten Qualität der Eingangsstatistik im Sinne der Normalverteilung.

Eine Untersuchung der Trennbarkeit zwischen den 16 Kanälen nach dem Verfahren von Jeffries und Matusita (SWAIN & DAVIES 1978) ermöglichte die Reduktion der 16 Eingangskanäle auf 11 durch Ausschluss von Redundanzen.

Die Weiterbearbeitung erfolgte mit einer Maximum Likelihood Klassifikation (MLH) nach einem in ERDAS Imagine implementierten Algorithmus.

Für jedes Testgebiet konnte so ein Basiskartensatz der Landbedeckung für die Jahre 1990 und 1995 erstellt werden. Ein Beispiel ist in Abb.1 wiedergegeben. Die durchschnittliche Genauigkeit der Klassifikation (overall accuracy) erreichte in diesem Beispiel 92,4%. Die hohe Genauigkeit ist in hohem Maße auf die Verwendung eines multitemporalen Landsat-Datensatzes (Bildpaar mit je einer Aufnahme zu Beginn und Ende der Vegetationsperiode) zurückzuführen.

#### **4 Mehrstufiges Klassifikationsverfahren zur Detailkartierung von Feuchtbiotopen**

Für das Gebiet der Eider Treene Sorge Niederung (144 km<sup>2</sup>) wurde eine Detailklassifizierung von Landsat TM Daten unterstützt durch die Einbeziehung von hochauflösenden (5,8 m) panchromatischen IRS-1C Daten durchgeführt und mit der bestehenden amtlichen Biotoptypenkartierung auf Basis von Color Infrarot Luftbildern verglichen.

Trainingsgebiete wurden aus den als unverändert indizierten Bereichen der aus der 1989er Befliegung abgeleiteten Biotoptypenkarte extrahiert. Diese musste zuvor aus einer gescannten Rasterkarte in ein Vektorformat mit entsprechender Attributierung semiautomatisch konvertiert werden. Als zusätzliche Referenzdaten wurden floristische Kartierungen, eigene Feldaufnahmen und ATKIS-Daten mit einbezogen.

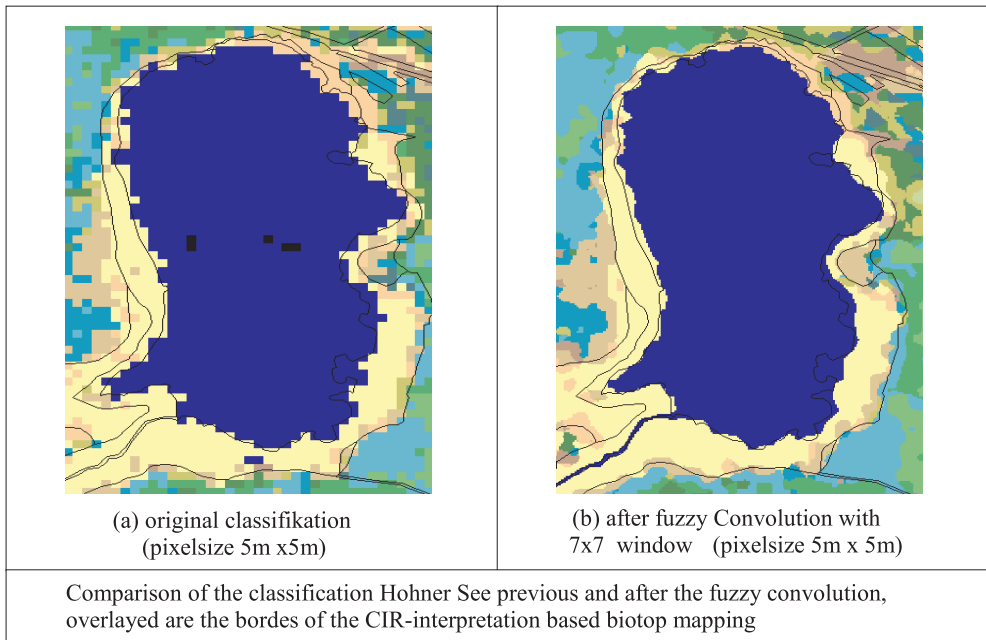
Das mehrstufige im Raster GIS ERDAS Imagine implementierte Verfahren führt zunächst den Ausschluss von nicht relevanten Flächen wie Siedlungen, Industriegebiete und Straßen über eine Abfrage aus ATKIS Daten durch, um Mischpixel und dadurch verursachte Fehlklassifikationen zu vermeiden. Im nächsten Schritt wurde die Auflösung der Landsat TM Daten durch ein Resampling Verfahren künstlich auf 5 m erhöht und Spektralsignaturen aus einem multitemporalen Datensatz aus 2 Aufnahmetermi- nen (24.04.1995, 27.06.1995) extrahiert. Für 310 Referenzstandorte wurden in einer halbautomatischen GIS Routine die Merkmale Klassen- ID und prozentuale Bedeckung der Zielklasse aus der Trainingsgebietsdatenbank übernommen. Die spektrale Abgrenzung der Referenzstandorte erfolgte mit Hilfe des Seed-Pixel Algorithmus. Zur Ableitung der spektralen Signaturen wurden verschiedene Kanalkombinationen getestet. Die beste Trennbarkeit ergab sich bei einem Datensatz der TM Kanäle 3, 4, 5 aus beiden Aufnahmetermi- nen und deren normierten Differenzen zwischen den Termi- nen.

Nach einer eingehenden Analyse der Spektralsignaturen auf Trennbarkeit und Repräsentanz wurden zunächst 78 Signaturen selektiert und zu 21 Zielsignaturen für das Endprodukt aggregiert. Die Zielsignaturen weisen eine gute, wenn auch nicht vollständige Korrespondenz mit dem amtlichen Luftbildinterpretationsschlüssel auf.

Anschließend erfolgte eine Klassifizierung nach dem Maximum Likelihood Verfahren. Neben der Zuweisung mit der höchsten Wahrscheinlichkeit wurden die jeweils nächst größten Zuweisungswahrscheinlichkeiten ermittelt und in Fuzzy-Zugehörigkeitswerte basierend auf der invertierten Mahalanobis Distanz transformiert.

In einem Postprocessing Verfahren konnten Nachbarschaftsbeziehungen durch die Anwendung eines Fuzzy Convolution Operators einbezogen werden. In einer Filtermatrix über 7 X 7 Landsat Pixel mit auf 5 m künstlich erhöhter Auflösung wurde die gewichtete inverse Distanz aller Klassen





**Abb. 2:** Vergleich der Detailklassifizierung Hohner See vor und nach der Fuzzy Konvolution.

auf Basis der Fuzzy Zugehörigkeitswerte ermittelt. Die Klasse mit der jeweils höchsten inversen Distanz innerhalb der Filtermatrix wurde dem Zentralpixel zugewiesen.

Hier kommt der Vorteil der künstlich erhöhten Bildauflösung zum Tragen; indem an den Randbereichen der Original TM-Pixel (30 m) die Mischeffekte aufgelöst werden und zu einer erheblich besseren Differenzierung und realistischeren Objektstruktur führen. Die Wirkung der Fuzzy Konvolution ist in Abb. 2 visualisiert.

Die Klassifizierung wurde unterstützt durch Einbeziehung von Zusatzwissen aus Bodenkarten mit Hilfe von Regelabfragen. Z. B. konnte die Fehlzuweisung Ackerland auf stark vernässten Standorten durch eine Abfrage nach Vorhandensein von Moorböden vermieden werden. Kleingewässer, die auf Grund der zu groben Auflösung von Landsat TM nicht detektiert wurden, konnten über einfache Schwellwertabfragen über panchromatische IRS 1 C Daten erfasst werden.

Für 1995 wurde nach diesem Verfahren eine Biotoptypenkarte generiert und mit der vektorisierten Biotoptypenkarte mit Status 1989 im GIS verschnitten. Für jedes Vektorobjekt konnte dann die Verteilungsstatistik der Klassen im Rasterbild ermittelt und über eine entsprechende Zuweisungsvorschrift die Attributierung der Vektorkarte aktualisiert werden.

Zusätzlich steht die Rasterdarstellung zur Analyse fließender Übergänge und kleinräumiger Verteilungsmuster zur Verfügung. Eine Plausibilitätsüberprüfung anhand von Luftbildern und neueren detaillierten Vegetationskartierungen führte zu guten Übereinstimmungen. Lediglich die Erkennung von verbuschten Bereichen auf wassergesättigten Böden erwies sich als noch nicht zufrieden stellend. Das Verfahren eröffnet neue Perspektiven für die Biotoptypenkartierung und deren Aktualisierung mit hohem räumlichen und thematischen Detaillierungsgrad. Einzelheiten des Verfahrens sind in der Arbeit von M. BOCK (1999) dargestellt.

## 5 Change Detection als Managementinstrument für die Fortschreibung von Biotypenkartierungen

Das Modul Veränderungsindikation oder Change Detection wurde speziell für die Fortschreibung der in Schleswig Holstein flächendeckend bestehenden Biotop- und Landnutzungstypenkartierung des Landesamtes für Natur- und Umwelt entwickelt. Ziel ist zunächst die Identifikation von Flächen mit signifikanten und für den Naturschutz relevanten Veränderungen. Nach mehreren Testläufen mit verschiedenen change detection Techniken und spektralen Indikatoren, die aus multitemporalen (Sommer 1990 und 1995) Landsat TM5 Szenen abgeleitet wurden, erwies sich folgendes Verfahren als das zweckmäßigste:

Für 8 Indexdatenschichten (TM Kanäle 3, 4, 5, tasseled cap transformierte Kanäle 1, 2, 3, Vegetationsindex und Texturindex wurde eine selektive Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Für je ein Indexdatenpaar (z.B. Kanal x für 1990, 95) werden 2 Hauptkomponenten extrahiert. Auf der 1. Hauptkomponente wird die für beide Termine gemeinsame Bildinformation geladen, während die 2. Hauptkomponente das Veränderungssignal und das Rauschen lädt (vgl. auch. CHAVEZ & KWARTENG 1989). Die signifikante Veränderungsinformation wird vom Rauschen durch ein Perzentil-Schwellwertverfahren oder Fuzzy-Zugehörigkeitsfunktionen getrennt. Die Reaggregation der einzelnen Indexschichten erfolgte durch Anwendung verschiedener Fuzzy Logik Kombinationsregeln. Als Zugehörigkeitsfunktion erwies sich die bidirektionale akkumulierende Summenfunktion über die Histogramme der 2. Hauptkomponente als am besten geeignet. Dabei wird den jeweiligen Extremwerten der Histogramme ein Zugehörigkeitswert von 1 für die Kategorie ‚verändert‘ und dem Gipfel der Verteilung ein Zugehörigkeitswert von 0 zugewiesen. Die Fuzzy Index Werte wurden für alle 8 Indexschichten berechnet und dann mit einer ‚weichen‘ ODER Verknüpfung d.h. dem arithmetischen Mittelwert aggregiert.

In einer Raster GIS Routine wurden anschließend die statistischen Parameter der aggregierten Fuzzy Indizes in Abhängigkeit von den unterlagernden Landbedeckungsklassen generiert. Dabei zeigten sich signifikante Unterschiede von Mittelwerten, Minimum, Maximum und Standardabweichungen, so dass eine landbedeckungsspezifische Reskalierung der Fuzzy Indizes sinnvoll erschien. Z. B. wurde die Schwelle von verändert zu nicht verändert bei Klassen mit geringer Veränderungsdynamik wie Wasser und dichte Bebauung niedriger angesetzt als bei Acker- oder Grünland. Als Kriterium für verändert wurde ein um mehr als eine Standardabweichung gegenüber dem Mittelwert erhöhter aggregierter Veränderungsindex angenommen. Die Differenz vom Schwellwert zum Maximum wurde in 3 äquidistante Intervalle aufgeteilt und drei Intensitätsklassen (gering, mittel, hoch) zugewiesen. Das Zwischenprodukt stellt eine Veränderungskarte in drei abgestuften Veränderungsintensitäten dar.

Im Testgebiet Kreis Schleswig – Flensburg ergab sich eine Zuweisung von 4,7% der gesamten Fläche zur Kategorie hoch und jeweils 1,7% zu den Kategorien mittel und gering. Das Verfahren ist gut geeignet, um Ausdehnung und Intensität auch gradueller Veränderungen zu erfassen. Ein Rückschluss auf die Art der Veränderung ist jedoch nur durch Einbeziehung von zusätzlichen Datenebenen möglich.

Die Validierung der Veränderungsgebiete erfolgte mit einem von den Kreisverwaltungen zur Verfügung gestellten und durch das Projekt digital aufbereiteten Datensatz zu veränderungswirksamen Verwaltungsvorgängen (z.B. Kiesabbaugenehmigungen, Deponierekultivierungen, Bebauungsplanverfahren). Dabei konnte eine signifikant höhere Veränderungsintensität in den Validierungsgebieten gegenüber der Umgebung ermittelt werden.

Auf Grundlage der graduellen Veränderungskarten erfolgte eine Bewertung der Naturschutzrelevanz. Zunächst wurden Veränderungen durch Fruchtwechsel auf Ackerparzellen und Mahd auf Grünlandstandorten durch Maskenoperationen aus-

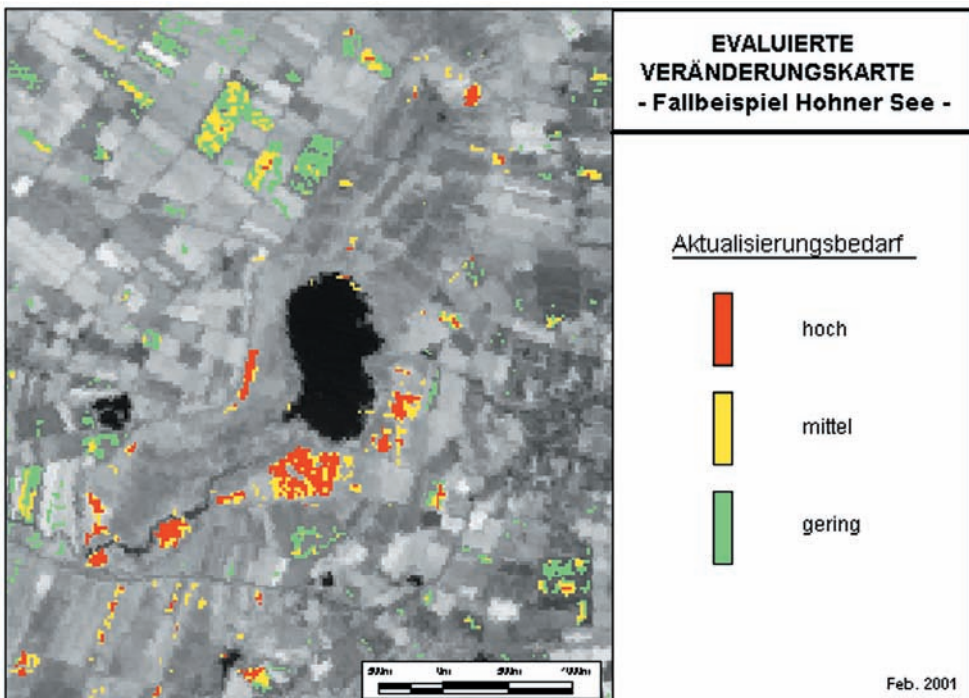
geschlossen. Nutzerdefinierte Relevanzkriterien basieren auf dem naturschutzrechtlichen Status der Flächen. Das LANU stellte dazu einen digitalen Datensatz mit den Grenzen von

- a) Naturschutzgebieten
- b) Landschaftsschutzgebieten
- c) Biotopverbundsystemen

zur Verfügung. In einem Raster GIS-Modell wurde eine Kriterientabelle mit den Merkmalen Veränderungsintensität und Schutzstatus implementiert, die nach den Vorgaben des Anwenders jedem Pixel eine Prioritätsstufe für die Fortschreibung der Biotoptypenkartierung zuweist. Am Fallbeispiel des NSG Hohner See und Umgebung soll dies veranschaulicht werden (Abb. 3):

Der Hohner See ist einer der wenigen noch erhaltenen Flachwasserseen mit 1–2 m Wassertiefe in Schleswig Holstein und mit seinen unmittelbaren Randberei-

chen als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Eine besondere Gefährdung ist durch den diffusen Nährstoffeintrag und die damit einhergehende Eutrophierung des Gewässers gegeben. Veränderungen der landwirtschaftlichen Nutzung und der abiotischen Standortbedingungen (Vernässung) werden daher erhebliche Auswirkungen auf den Stoffhaushalt haben. In einem von der EU geförderten Naturschutzprojekt zur Regeneration der Feuchtgebiete um den Hohner See wurde 1992 ein Stauwehr zur Anhebung des Grundwasserspiegels im Winter errichtet. Darüber hinaus wurden Drainagegräben geschlossen und Verträge mit den Bauern abgeschlossen, um eine Nutzungsextensivierung in einer Pufferzone zu erreichen. Infolge dieser Maßnahmen konnte zumindest teilweise eine Regeneration der typischen Feuchtgebietsvegetation wie z.B. die Ausbreitung von Seggenwiesen festgestellt werden. Signifikante Veränderungen erge-



**Abb. 3:** Evaluerte Veränderungskarte – Fallbeispiel Hohner See.

ben sich auch im Bereich des Schilfgürtel, die einer Überprüfung im Gelände bedürfen. Mit Hilfe der evaluierten Veränderungskarte (vgl. Abb. 3) kann die Nacherhebung der Biototypenkartierung in diesem Gebiet selektiv vorgenommen und damit erhebliche Ressourcen eingespart werden. Eine Übertragung des Ansatzes auf die gesamte Landesfläche von Schleswig-Holstein würde nach einer im Rahmen von MoBio erstellten Kosten-/Nutzenanalyse zu einer Kosteneinsparung von 51 in einem konservativen Szenario und 74 % bei einer vollen Anwendung des Moduls gegenüber dem herkömmlichen Verfahren führen.

## 6 GIS Modelle zur Bewertung von Landschaftsfunktionen und Habitaten

Die abiotischen landschaftsökologischen Funktionen sind die Schlüsselfaktoren zur Bewertung des Biotoppotentials einer Landschaft. Die von B. SCHADE (1999) auf Grundlage der Bewertungsanleitung zum Leistungsvermögen des Landschaftshaushaltes (BALV) (vergl. MARKS et al. 1992) durchgeführte Bewertung von ausgewählten abiotischen Landschaftsfunktionen wurde in einem Raster GIS Modell integriert, um geeignete Habitatflächen für repräsentative Vogelarten wie Brachvogel und Weißstorch in einem multikriteriellen Verfahren zu ermitteln.

Im Einzelnen wurden folgende thematischen Datenschichten aus der Funktionsbewertung für die Abgrenzung der Vogelhabitate herangezogen:

- Nitratrückhaltevermögen
- Winderosionswiderstand als Näherungsparameter für Stabilität des Bodenaggregatgefüges
- Grundwasserneubildung und -flurabstand
- Landnutzung (aus Landsat TM Daten)
- Kleingewässermaske generiert aus einem IRS 1C pan Bild
- Bodenfeuchte

Eine eingehende Auswertung von Spezialliteratur und regionalen zoologischen Felduntersuchungen ergab folgende Habitatansprüche der untersuchten Vogelarten:

Wiesenvögel

- halbnatürliches Offenland mit geringer Mahdintensität
- hohe Bodenfeuchte aber keine permanent wassergesättigten Bedingungen im Oberboden
- Nähe zu Kleingewässern als Indikator für das Vorkommen von Amphibien als Beutepopulation
- schwache bis mäßige Aggregation des Bodengefüges um das Picken nach Anneliden zu ermöglichen
- kein oder nur geringer Nitrateintrag
- keine Einwirkung von Landwirtschaftsmaschinen

Weißstorch

- Nähe zu permanenten Stillgewässern
- Wiesen mit kurzem Graswuchs zur guten Identifikation von Beutetieren
- hoher Bodenfeuchtestatus
- Ausschluss trockener Böden
- geringer Nitrateintrag

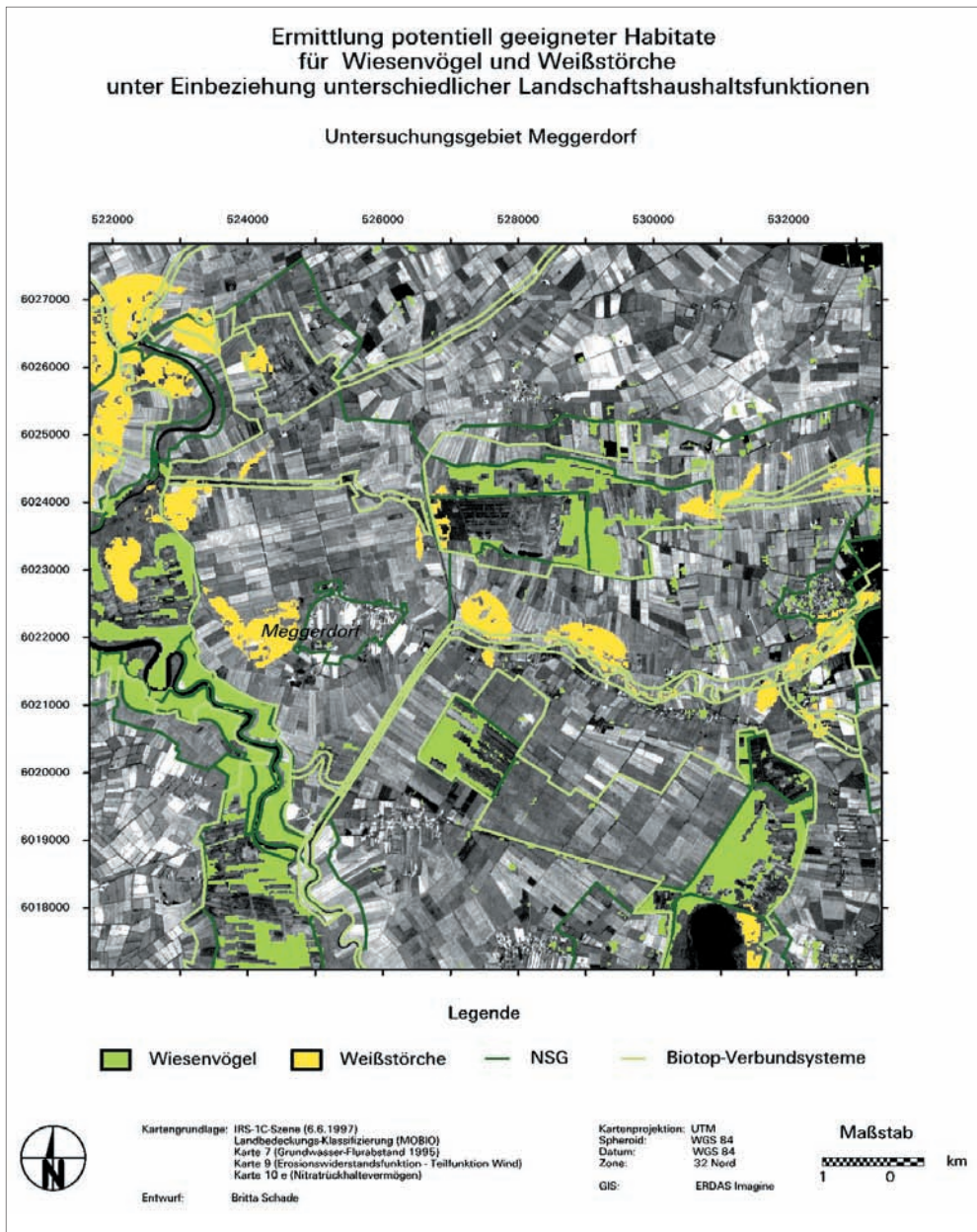
Die oben genannten Kriterien wurden in einem Regelwerk formalisiert und in einem GIS Modell implementiert, das zu einer räumlich expliziten und detaillierten Ergebniskarte der optimalen Habitatbedingungen der genannten Vogelarten führt. Die Habitatkarte kann mit den tatsächlich ausgewiesenen Naturschutzgebieten und Biotopverbundkorridoren verglichen werden (vgl. Abb. 4).

Diese Darstellung erlaubt flächenkonkrete Planungsempfehlungen für eine Optimierung der Schutzgebiete. Z. B. haben einige der ermittelten Habitatflächen entlang der Sorge und westlich von Meggersdorf keinen Schutzstatus und legen eine Ausweitung der Schutzgebiete nahe. Insgesamt besteht aber eine hohe Übereinstimmung zwischen ausgewiesenen Schutzzonen und den Habitatansprüchen der beiden Vogelarten.

## 7 Schlussfolgerungen und Perspektiven der Operationalisierung

Anhand von 3 Operationalisierungsszenarien konnte im Pilotprojekt MoBio die Kosteneffizienz des Einsatzes von Satellitenfernerkundung am Beispiel der landesweiten Aktualisierung der Biototypenkarten in





**Abb. 4:** Potentielle Habitatflächen für Weißstorch und Wiesenvögel.

Schleswig Holstein nachgewiesen werden. Als Referenz diente eine Nullvariante d. h. Beibehaltung der bisherigen Praxis mit landesweiter Befliegung und visueller Interpretation des analogen Bildmaterials. Bei einem Preis von 492,- DM pro km<sup>2</sup> Landesfläche bedeutet die visuelle Interpretation des Luft-

bildmaterials durch geschulte Interpreten den Hauptkostenfaktor.

In einem konservativen Ansatz (Szenario 1) wird auf die Befliegung nicht verzichtet, die Interpretation der Luftbilder wird jedoch nur noch für Naturschutzgebiete, Biotopverbundgebiete und §15a Biotope

durchgeführt. Für die restlichen Bereiche wird nur noch bei positiver Indikation durch das Change Detection Verfahren eine Interpretation durchgeführt. Sie entfällt damit für ca. 60 % der Landesfläche, wodurch die Erhebungskosten auf 258,- DM pro km<sup>2</sup> sinken.

Das Szenario 2 beinhaltet eine landesweite Anwendung des Change Detection Verfahrens unter Beibehaltung der Luftbildbefliegung. Nur für ca. 15 % der mit dem Relevanzbewertungsverfahren ermittelten Flächen wird eine Interpretation und Neukartierung durchgeführt. Die Kosten sinken dabei auf 152,- DM/km<sup>2</sup>. In einem hoch innovativen Ansatz (Szenario 3) wird dagegen auf die Luftbildbefliegung ganz verzichtet und eine semiautomatische Aktualisierung der Biotoptypenkarten ausschließlich auf Grundlage von Satellitendaten durchgeführt. Die Change Detection erfolgt objektorientiert und unter Anwendung des Fuzzy Convolution Ansatzes unterstützt durch in Regelabfragen formalisiertes Expertenwissen. Die Fernerkundungsdaten umfassen auf 5 m resampelte Landsat TM und IRS 1 C panchromatische Daten (siehe oben) zur Ableitung von Texturparametern. Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist das Vorliegen einer landesweiten Ersterfassung der Biotypen in vektorisierter und attributierter Form. Der ermittelte Kostensatz von 136,- DM pro km<sup>2</sup> enthält die noch erforderliche zusätzliche Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Bei einer wiederholten Anwendung ist daher mit deutlich geringeren Kosten zu rechnen.

Durch den kombinierten Einsatz von flächendeckender Übersichtsklassifizierung, Detailklassifikation von Gebieten besonderer ökologischer Bedeutung und Veränderungsindikation als Managementinstrument für die Fortschreibung bestehender Datensätze können Ansätze der Satellitenfernerkundung sinnvoll in operative Naturschutzaufgaben integriert und erhebliche Kosten eingespart werden.

Die bei der Verwendung von Landsat TM Daten bestehenden Restriktionen hinsichtlich der räumlichen Auflösung und damit der Arbeitsmaßstäbe werden in naher Zukunft

durch die Verfügbarkeit sehr hoch auflösender Satellitendaten kommerzieller (1 m panchromatisch, 4 m multispektral) überwunden sein, die eine Bearbeitung auf Maßstäben von 1 : 5000 bis 1 : 10000 realistisch werden lassen. Ansatzweise konnten großmaßstäbige Lösungen bereits in diesem Beitrag durch den Einsatz der Fuzzy Konvolution für Landsat Daten mit künstlich erhöhter Auflösung und Einbeziehung panchromatischer IRS 1 C Daten gezeigt werden.

In Zukunft werden sehr hohe räumliche Auflösungen die Auswertung von Satellitendaten vor neue Herausforderungen stellen. Bewährte pixelorientierte Klassifikationsansätze wie Maximum Likelihood werden durch textur-, kontext- und objektorientierte Verfahren ergänzt werden müssen. Objektorientierte Verfahren auf Basis von bestehenden Vektorgeometrien aus Geodaten-sätzen (z.B. ATKIS, ALK, digitale Biotoptypenkarten) oder auf Grundlage von texturorientierten Bildsegmentierungen werden von besonderer Bedeutung sein. Die wachsende Verfügbarkeit von digitalen Geodaten (z.B. Boden, Vegetation, DHM) wird regelbasierte Klassifikationsansätze erheblich erleichtern.

Der praktische Nutzen von Fernerkundungsdaten und daraus abgeleiteten Produkten wird durch Entwicklung integrativer GIS-Anwendungen unter Einbeziehung zusätzlicher Fachdaten z.B. zur Bewertung von abiotischen Landschaftsfunktionen und Habitaten besonders geschützter Arten (vgl. SCHADE 1999, WEIERS et al. 2000) zusätzlich gesteigert. Diese Entwicklung wird durch den Aufbau von integrierten Umweltinformationssystemen in den Fachverwaltungen zusätzlich gefördert.

Dennoch sind für eine effiziente operationelle Anwendung noch bestehende technische und nutzerseitige Hemmnisse zu überwinden. Die mit der Sensorauflösung verbundenen Probleme werden in naher Zukunft überwunden sein. Für eine effizientere Nutzung wäre eine stärkere Standardisierung der Methodik wünschenswert. Eine volle Kompatibilität von nach Sachkriterien der Fachbehörden definierten Kartierschlüsseln und nach spektraler Trennbarkeit definierten Klassifizierungsschlüsseln der Satellitenfernerkundung wird je-

doch nicht erreichbar sein. Semantische Integration der unterschiedlichen Ansätze wird daher in Zukunft von wachsender Bedeutung sein.

Auf Seiten der (potentiellen) Nutzer in Umweltbehörden ist die Einführung neuer Technologien wie der Satellitenfernerkundung zunächst mit hohen Anfangsinvestitionen und Schulungsbedarf unter restriktiven Rahmenbedingungen wie Personalmangel und Kosteneinsparungsdruck konfrontiert. Darüber hinaus wird die Satellitenfernerkundung von Vertretern traditioneller Naturschutzdisziplinen wegen der noch bestehenden Auflösungsproblematik häufig skeptisch gesehen. Synergieeffekte aus der integrierten Modellierung von Geodatensätzen werden auf Grund verteilter Zuständigkeiten für Datenhaltung und Distribution in der operationellen Anwendung noch wenig genutzt. Die oben erläuterten Kosteneffekte eines operativen Einsatzes von Satellitenfernerkundung in sinnvoller Ergänzung etablierter Verfahren lassen jedoch für die nahe Zukunft eine höhere Akzeptanz erwarten.

### Danksagung

Die vorgestellten Ergebnisse wurden weitgehend im EU Projekt MoBio innerhalb des 4. Rahmenprogrammes Klima und Umwelt der Europäischen Union erarbeitet. Die Autoren danken der Europäischen Kommission für die Förderung auf Kostenteilungsbasis (Vertrag Nr. ENV4-CT96-0367).

Weiterhin möchten wir dem Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig Holstein – namentlich Herrn Dr. EBERHARD TSCHACH – für die sehr gute Zusammenarbeit und viele wertvolle Anregungen, vor allem aus naturschutzfachlicher und landschaftsplanerischer Sicht, herzlich danken.

Unseren Kollegen vom Dänischen Nationalen Umweltforschungsinstitut danken wir für den wertvollen Erfahrungsaustausch und die gute Kooperation.

### Literatur

BOCK, M., 1999: Integration von Geo- und Fernerkundungsdaten zum Monitoring von Feucht-

und Moorbiotopen am Beispiel eines Untersuchungsgebietes in der Eider-Treene-Sorge Niederung in Schleswig-Holstein. – Unveröff. Diplomarbeit, Universität Bonn

Bundesamt für Naturschutz, 1995: Systematik der Biotoptypen- und Nutzungskartierung (Kartieranleitung). – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. Bonn-Bad Godesberg

CHAVEZ P.S. & KWARTENG A.Y., 1989: Extracting spectral contrast in Landsat Thematic Mapper image data using selective principal component analysis. – *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **55** (3): 229–348.

MARKS R., MÜLLER, M. J., LESER, H. & KLINK, H. J. (Hrsg.), 1992: Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes. – *Forschungen zur Deutschen Landeskunde*, Band 229, Trier.

SCHADE, B., 1999: GIS-gestützte Bewertung von Bodenschutz- und Wasserhaushaltsfunktionen am Beispiel der Landschaft Stapelholm (Schleswig-Holstein). – Unveröff. Diplomarbeit, Universität Köln.

SWAIN, P.H. & S. M. DAVIS, 1978: Remote sensing: The quantitative approach. – New York

WEIERS, S., WISSEN, M., BOCK, M. & SCHADE, B., 2000: Integration of satellite data in a habitat monitoring GIS – a case study from Northern Germany. – In: FULLERTON, K. (Hrsg.): *Proceedings of the 5<sup>th</sup> EU GIS Workshop*, Stresa, Italy, 28 to 30 June 1999. European Communities print EUR 19018 EN

Project-Homepage:

<http://www.dfd.dlr.de/extern/MOBIO>

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Geogr. MICHAEL BOCK,  
e-mail: Michael.Bock@dlr.de

Dr. rer. nat. STEFAN WEIERS,  
e-mail: Stefan.Weiers@dlr.de

Dipl.-Geogr. MICHAEL WISSEN,  
e-mail: Michael.Wissen@dlr.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD), Umwelt und Geoinformation, Linder Höhe, D-51147 Köln

Dipl.- Geogr. BRITTA SCHADE,  
e-mail: Britta.Schade@dlr.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Büro VO-S, Linder Höhe, 51147 Köln

Manuskript eingereicht: Februar 2001  
Angenommen: März 2001



## DMC – Digital Modular Camera: Systemkonzept und Ablauf der Datenverarbeitung\*

ALEXANDER HINZ, CHRISTOPH DÖRSTEL & HELMUT HEIER, Oberkochen

**Zusammenfassung:** Bei Sensoren, Plattformen und Anwendungen finden derzeit grundlegende Veränderungen statt. Die vorliegende Abhandlung beschreibt die aktuellen Entwicklungsaktivitäten sowie künftige Anwendungsaspekte der Datenverarbeitung und Automatisierung im Arbeitsablauf der Digitalen Modulare Kamera DMC von Z/I Imaging.

Jahrzehntelang waren die vom Geschäftsreich für Photogrammetrie bei Carl Zeiss entwickelten Reihenmesskamern als Hochleistungssysteme für Luftaufnahmen weltweit erfolgreich im Einsatz. Dieser gesamte Bereich wurde 1999 von Z/I IMAGING – einem Joint Venture von Intergraph und Carl Zeiss – übernommen.

Zur Zeit werden bei der Entwicklung von digitalen Kamerasystemen zwei verschiedene Ansätze verfolgt, die zum einen auf Zeilensensoren, zum anderen auf Flächensensoren basieren. Die Schlüsselfrage im gesamten photogrammetrischen Prozess ist die geometrische Bildgenauigkeit, die im Allgemeinen vom Kamerasensor selbst definiert wird. Um den hohen Anforderungen der Kartierungsanwendungen gerecht zu werden, hat Z/I Imaging als Basis für die neue DMC einen CCD-Flächensensor gewählt. Bei diesem neuen Konzept wird ein hoher Grad der Geländeabdeckung durch die Kombination mehrerer Kameramodule erreicht, wobei jeder CCD-Sensor über ein eigenes Objektiv verfügt. In ersten Probeflügen bei niedrigen Flughöhen wurde bereits eine hohe Auflösung und eine Genauigkeit im Zentimeterbereich nachgewiesen. Dies ist der elektronischen FMC-Funktion der DMC zu verdanken.

Die vorliegenden Ausführungen geben schließlich einen vollständigen Überblick über die erforder-

**Abstract:** *DMC – Digital Modular Camera: System Concept and Data Processing Workflow.* At the moment, fundamental changes in sensors, platforms and applications are taking place. The paper describes present development activities and future application aspects of data processing and automation in the workflow of the Digital Modular Camera DMC from Z/I Imaging.

For many decades, Aerial Cameras developed and manufactured by Carl Zeiss Photogrammetry Division have been used successfully all over the world as high performance systems for aerial photography. Since 1999 these activities are completely taken over by Z/I IMAGING, an Intergraph – Carl Zeiss joint venture.

At present, two different approaches of digital camera systems, one based on linear sensors and the other based on matrix sensors, are under development. The key issue of the whole photogrammetric system process is the geometric image accuracy, which is mostly defined by the camera sensor itself. In order to fulfill the high requirements of mapping applications, ZI Imaging has decided to base the new DMC on a CCD-matrix sensor. High ground coverage of this new approach is achieved by a combination of several camera modules, where each CCD sensor is mounted to its own lens. First flight tests with a demonstrator have already shown high resolution and accuracy in the centimeter range at low flying altitudes, due to the electronic FMC function of the DMC.

This paper also gives a complete overview of the needed data processing steps and the integration of DMC imagery into existing photogrammetric workstations. The paper discusses in detail the fully automatic data post-processing steps, to apply sensor normalization for each CCD array, the functional approach of setting up panchromatic image mosaics and finally the generation procedure for color composites. Additional focus is drawn to several image products optionally deliverable directly from the post-processing procedure.

\* Überarbeitete Fassung des in englischer Sprache auf dem ISPRS-Kongress 2000 in Amsterdam gehaltenen Vortrags. Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B2, S. 164–167.

derlichen Datenverarbeitungsschritte und die Integration der DMC-Aufnahmen in bestehende photogrammetrische Auswertestationen. Ausführlich behandelt werden ferner die vollautomatischen Schritte der Datennachbearbeitung zur Durchführung der Sensornormalisierung bei jedem CCD-Array sowie das Vorgehen bei der Erstellung panchromatischer Bildmosaik sowie das Verfahren zur Erzeugung von Farbkompositen. Einen weiteren Schwerpunkt bilden verschiedene Bildprodukte, welche der Nachbearbeitungsvorgang direkt liefern kann.

## 1 Einleitung

Das digitale Kamerasystem DMC wurde in modularer Bauweise konzipiert, um eine hohe geometrische Genauigkeit zu erzielen und eine optimale Systemleistung durch Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse zu ermöglichen. Die DMC umfasst eine variable Anzahl synchron betriebener, auf CCD-Flächensensoren basierender Kameras, die je nach Anwendung in verschiedenen Konfigurationen aneinander gekoppelt werden können. Dieses Konzept der Mehrfachkamera erlaubt eine hohe panchromatische Auflösung in Verbindung mit einer multispektralen Funktionsweise.

Der Gedanke, das Bildfeld durch eine Verbindung mehrerer Objektivsysteme zu vergrößern, ist bereits seit den frühen Tagen der Luftbildfotografie bekannt. Es wurden schon Luftbildkameras mit 2, 4, 7 und sogar 9 Objektiven gebaut (SZANGOLIES 1986), (TALLEY 1938). Im Jahre 1926 konzipierte ASCHENBRENNER ein Kamerasystem mit 9 Objektiven und einer Brennweite von 53,5 mm, welches einen Bildwinkel von  $140^\circ$  erfasste. Diese Kamera verfügte bereits über ein Bildformat von 250 mm  $\times$  250 mm. Zur Wiederherstellung der Bildgeometrie wurden komplizierte Spezialentzerrungsgeräte und Auswertegeräte entwickelt. Diese Instrumente waren allerdings umständlich zu bedienen und das Ende der mehrrügigen Kameras kam dann in den späten vierziger Jahren, nachdem Kamerahersteller wie

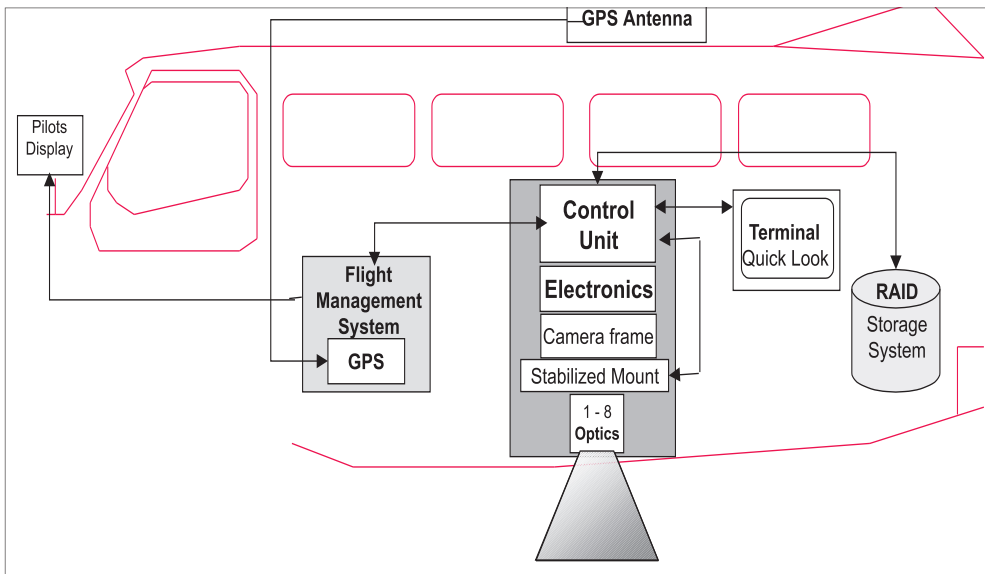
Zeiss neue Kameras mit nur einem Objektiv und einem größeren Bildformat entwickelt hatten. Heute kann die Bildverzerrung solcher Mehrfachkameras vollständig von photogrammetrischer Software durchgeführt werden und es eröffnen sich somit neue Möglichkeiten.

## 2 Luftbildkamerasystem

### 2.1 Systembeschreibung

Die in der folgenden Abbildung gezeigte typische Anordnung des DMC-Systems in einem Flugzeug ist mit bestehenden Installationen filmgestützter Kameras weitgehend identisch.

Das Bildflugmanagementsystem mit optionaler Pilotenanzeige und einem optionalen inertialen Messsystem kann entweder die DMC oder eine bereits vorhandene filmgestützte Kamera steuern. Der Kamerakopf der DMC entspricht in seinen Abmessungen in etwa der Kamera RMK-TOP und passt somit in die kreiselstabilisierte Plattform T-AS. Die Kamera selbst besteht aus einem Trägerrahmen für die Optik, welcher sich leicht in die Plattformöffnung einsetzen lässt. Das Gehäuse kann bis zu 8 Kameramodule aufnehmen: 4 hochauflösende panchromatische Kameramodule und 4 Multispektralmodule mit niedrigerer Auflösung. Die Kameramodule werden in dem Trägerrahmen montiert. Besonderes Augenmerk



**Abb. 1:** DMC Konfiguration im Flugzeug.

galt einer starren Montagetechnik für die einzelnen Kameraköpfe, um eine genaue Ausrichtung der optischen Achsen zueinander zu gewährleisten. Die Sensorelektronik der CCDs ist direkt in die einzelnen Kameramodule integriert.

Auf dem Trägerrahmen, über der kreiselstabilisierten Aufhängung, befindet sich die Elektronikbox für die Kamera. Diese enthält die gesamte Kameraelektronik zur Steuerung der Kameramodule, zur Erfassung der Bilddaten und zur Kommunikation mit der Steuereinheit. Die Steuereinheit konfiguriert das Gesamtsystem, kommuniziert mit den externen Systemen, überwacht den Datenfluss und speichert Daten im RAID. Die Versorgungselektronik für die Verschlusseinheiten ist ebenfalls in der Kameraeinheit integriert. Das System kann über ein externes Terminal bedient werden. Eine Schnellanzeige (Quickview) dient zur Betrachtung von Übersichtsbildern zur System- und Qualitätskontrolle.

Schließlich werden die Bilddaten auf einem RAID-Festplattensystem mit entnehmbaren Speichereinheiten gespeichert. Das RAID-System befindet sich in einem getrennten Gehäuse und ist über eine schnelle FDDI-Schnittstelle an die Kameraelek-

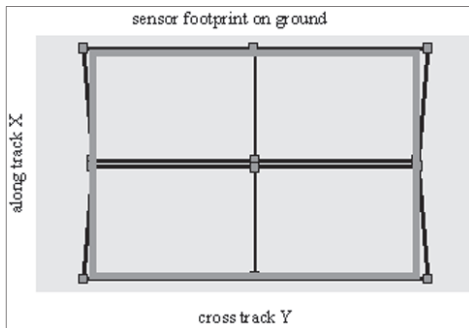
tronik angeschlossen. Auf Grund der konsequent modularen Bauweise können übliche Speichereinrichtungen leicht an das System angepasst werden. Je nach Anwendung und Erfordernissen kann eine entsprechende Anzahl Speichereinheiten in das System eingesteckt werden.

Das Gesamtsystem lässt sich über das Terminal und/oder das Bildflugmanagementsystem bedienen. Eine inertielle Messeinheit (IMU) kann optional in das System integriert werden und ermöglicht das Arbeiten ganz ohne oder mit einer reduzierten Anzahl an Passpunkten.

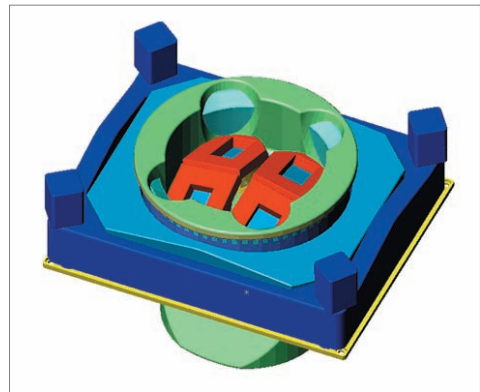
## 2.2 Optisches Konzept

Kernstück des Systems ist der Kamerakopf mit dem CCD-Flächensensor als Schlüsselement. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen ist es nicht möglich die Ideallösung zu realisieren, d.h. einen einzigen, großflächigen CCD-Chip in der Größe einer „Silziumpizza“, der in etwa den bestehenden Filmformaten entspricht. Das wäre eine extrem teure Lösung.

Für die Bildauswertung ist es jedoch wesentlich, bei jeder Aufnahme eine möglichst große Geländefläche zu erfassen. Dies



**Abb. 2:** Geländeerfassung eines Kamerasystems mit 4 Köpfen.



**Abb. 3:** Panchromatische Kanäle in der kreiselstabilisierten Aufhängung.

wird durch den parallelen Einsatz mehrerer kompakter Kameraköpfe erreicht, wobei jeder CCD-Sensor über ein eigenes Objektiv verfügt. Die Module werden in leicht zueinander versetzten Bildwinkeln auf das Aufnahmegebiet gerichtet. Abb. 2 zeigt die Flächenerfassung mit vier dieser Kameraköpfe. Dieses modulare Konzept erlaubt eine problemlose Skalierung des Gesamtsystems.

Das Prinzip der parallelen Bildregistrierung wird in Kleinreihenbildnern wie KS-153 und Dronenkameras wie KRb 8/24 schon seit über 30 Jahren eingesetzt und hat sich dort bewährt.

Die hochauflösende Version der DMC ist mit vier  $7k \times 4k$  großen Chips und Hochleistungsobjektiven mit einer Blende von 1:4 und einer Brennweite von 120 mm im panchromatischen Kanal ausgestattet. Besonderer Wert wurde auf eine homogene, flache Reaktion der MTF (Modulation Transfer Function) im gesamten Bildfeld der Objektiv gelegt.

Abb. 3 zeigt die Anordnung der 4 panchromatischen Kanäle im Trägerrahmen für die Optik. Daraus ergibt sich eine Geländeauflösung des Systems von  $> 13.500$  Pixel quer zur Flugrichtung und ca. 8.000 Pixel in Flugrichtung. Der Bildwinkel des Systems quer zur Flugrichtung beträgt  $74^\circ$ . In seinen mechanischen Abmessungen entspricht der Trägerrahmen in etwa dem Objektivkonus der RMK und ist somit kom-

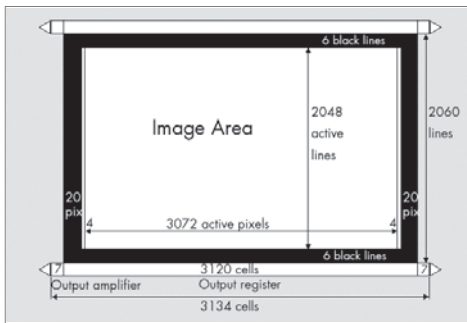
patibel mit der serienmäßigen kreiselstabilisierten Aufhängung T-AS.

Das System kann zusätzlich mit bis zu vier Bildkanälen ausgestattet werden, die am äußeren Rand des Trägerrahmens für die Optik montiert werden. Dies ermöglicht z.B. die Bilderfassung im Rot-, Grün-, Blaukanal sowie in einem separaten Infrarotkanal zur gleichzeitigen Aufnahme von Bildern in Echt- und Falschfarben.

Um eine hohe Qualität beim Farbauszug zu gewährleisten, verfügt jeder Farbkanal über ein eigenes Objektiv, einen CCD-Chip und einen leistungsstarken Farbfilter aus anorganischem Material. Im Vergleich zum panchromatischen Kanal weisen die Farbkanäle eine verringerte Geländeauflösung auf und die Objektive blicken zentralperspektivisch nach unten. Ein Hochleistungs-Weitwinkelobjektiv mit einer großen Öffnung von 1:4 und einer Brennweite von 25 mm ist mit einem  $3k \times 2k$  CCD-Chip 2 kombiniert. In Abb. 2 ist die dadurch entstehende Überlappung der Spektralkanäle (fett grau umrandetes Rechteck) und des panchromatischen Kanals (dünne schwarze Linien) dargestellt.

### 2.3 CCD-Sensoren

Bei den CCDs handelt es sich um hochempfindliche Full-Frame-Sensoren mit hohem optischem Füllfaktor, die von Philips in Eindhoven hergestellt werden. Die Pixelgröße



**Abb. 4:** Aufbau des Philips FTF 3020 CCD Sensor.

ße beträgt  $12 \mu\text{m} \times 12 \mu\text{m}$  und bietet einen großen linearen Dynamikbereich von  $> 12$  bit. Die Architektur der CCDs beinhaltet 4 Ausleseregister an jeder Ecke des Chip (Abb. 4), wodurch hohe Ausleseraten erreicht werden. Dies ist wesentlich für ein gutes Signal-Rausch-Verhältnis und für die Erzielung einer Wiederholfrequenz von 2 Sekunden pro Bild. Die Sensorelektronik, welche die Taktsignale zur CCD-Steuerung generiert und die Schaltkreise für die digitale Signalausgabe sind direkt hinter dem CCD-Gehäuse installiert, um eine rauscharme Leistung des Systems zu gewährleisten. Die Digitalisierung der CCD Signale erfolgt mit einer Auflösung von 12 bit.

Ein elektromechanisches Verschlusssystem dient zur Belichtungssteuerung der CCDs. Jedes optische Modul ist mit solch einem Verschluss versehen, der sich in der Mitte des Objektivs befindet. Der Vorteil dieser Lösung liegt in einem nahezu zeichnungsfreien Bild, da sämtliche Bildpunkte zum gleichen Zeitpunkt und über denselben Strahlengang belichtet werden. Ein Schlitzverschluss, wie er in praktisch allen üblichen Spiegelreflexkameras eingesetzt wird, verursacht im Bildfeld eine geometrische Verzerrung, da sich das Flugzeug während der Belichtung bewegt.

Ein Hauptziel bei der Entwicklung des Verschlusses war die genaue Synchronisation aller Objektivs, um eine Belichtung aller Bilder in genau demselben Zeitintervall

zu gewährleisten und somit geometrische Fehler auszuschließen.

Die CCD-Elektronik kann während der Bildbelichtung im verlängerten Integrationsmodus (TDI – Time Delayed Integration) betrieben werden. Dadurch wird die Vorwärtsbewegung des digitalen Bildes elektronisch vollständig ausgeglichen (HINZ 1999). Bildunschärfen in Anwendungen mit niedrigen Flughöhen und hohen Auflösungen werden somit vermieden, wie dies bei filmgestützten Kameras schon seit 1982 standardmäßig der Fall ist.

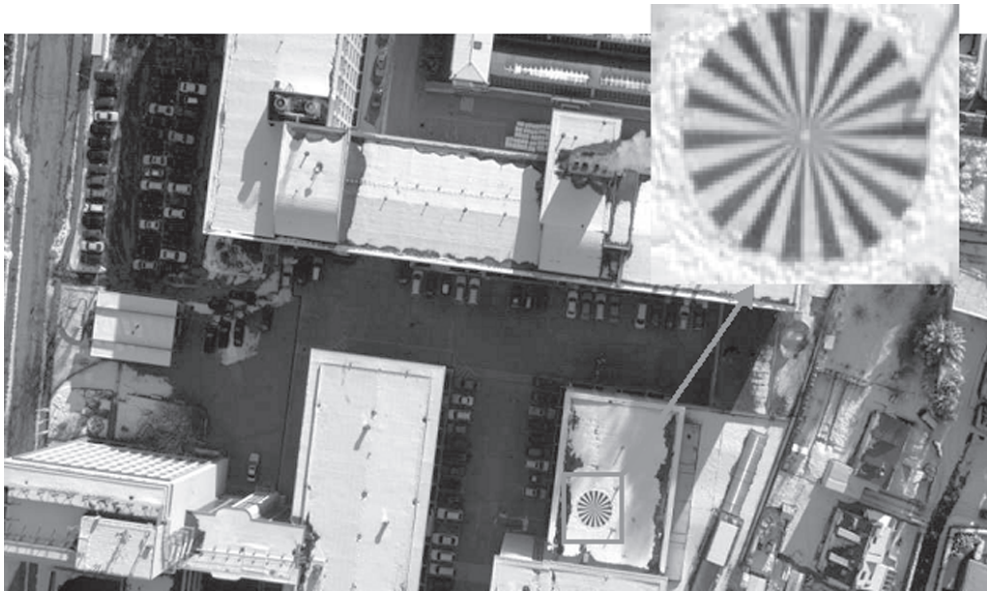
## 2.4 Testergebnis

Im Januar 2000 wurden gemeinsam mit der Firma Terra Bildmessflug aus Elchingen Probeflüge mit einem Demosystem, das aus einem einzelnen Kameramodul bestand, durchgeführt. Die Kamera wurde in eine zweimotorige Cessna installiert; geflogen wurde in verschiedenen Höhen und mit einer Geschwindigkeit von 70 m/sec. Das folgende Bild zeigt das Carl Zeiss-Werk in Oberkochen, aufgenommen während eines Probefluges in einer Flughöhe von 300 m über dem Boden. Der vollkommen symmetrisch aufgelöste Siemens-Stern (Durchmesser 6 m) beweist den vollständigen Ausgleich der durch die Vorwärtsbewegung verursachten Bildunschärfe, die unter den Testbedingungen 7 Pixel betrug. Die Pixelgröße am Boden betrug 7 cm und ergab sich aus der Pixelgröße von  $12 \mu\text{m}$  und der Verwendung eines 50 mm Objektivs.

## 3 DMC Software

Dieses Kapitel beschreibt den gesamten Ablauf zur Bearbeitung von Bilddaten der DMC. Hierbei werden die Einzelkomponenten von der Bedienung der DMC-Kamera im Flugzeug über die Nachbereitung der Daten bis hin zur Übergabe der Bild- und Zusatzinformationen in ein Auswertesystem vorgestellt. Besonders wird auf die Schnittstelle zur ImageStation und den Auswertepaketten anderer Hersteller eingegangen; die verschiedenen Bildprodukte werden kurz erläutert.





**Abb. 5:** Probeflug über dem Carl Zeiss Werk in Oberkochen.

Z/I Imaging versteht sich als Komplettanbieter für digitale Systeme und stellt deshalb das Kamerasystem DMC als ein Teilstück eines hochintegrierten Systems von der Bildflugplanung bis zur Erstellung von Endprodukten wie etwa Orthophotokarten oder der Datenerfassung für GIS-Systeme vor.

### 3.1 Verarbeitungskette

Zur Vorbereitung des Bildfluges sind verschiedene Bildflugmanagementsysteme (FMS) erfolgreich im Einsatz. Im Hangar werden die vorbereiteten Flugplanungsdaten und optional die Kamerakalibrierungsdaten auf das Flugsystem überspielt. Die gesamte Verarbeitungskette wird in Tab. 1 verdeutlicht.

**Tab. 1:** Verarbeitungskette.

Prozessierungsort	Prozessierungsschritt	Detail
<b>Büro</b>	Vorbereitung	Flugplanung
<b>Flugzeug</b>	Bildflug	Flugmanagementsystem Kamerasteuersoftware Quickview (Qualitätskontrolle während des Fluges) Datenspeicherung
<b>Hangar / Büro</b>	Nachbearbeitung	Wechsel der Datenträger ( RAID ) Kontrollmöglichkeit (Quickview/Flugreport) Nachbearbeitung Radiometrische Korrektur <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrische Korrektur</li> <li>• Mosaikbildung (Generierung virtueller Bilder)</li> <li>• Farbbild</li> <li>• Farbkomposit</li> </ul> Datenarchivierung und -distribution (z.B. TerraShare/E-Geo)
<b>Büro</b>	Datenerfassung	Auswertung der Daten (z.B. mit ImageStation)

### 3.2 Bildflug

Während des Bildfluges sind mindestens zwei Softwaresysteme (vgl. Abb. 1) in Betrieb. Dies sind das Flugmanagementsystem (FMS) und die Kamerasteuersoftware. Mit Hilfe des Flugmanagementsystems können zusätzliche Sensoren wie etwa GPS/INS oder Radar-/Lasersensoren betrieben werden. Weitere Komponenten wie etwa ein Navigationsteleskop sind optional erhältlich.

Die Aufgaben der Kamerasteuersoftware sind die Anzeige des Systemzustandes, etwa von Flugparametern wie Geschwindigkeit über Grund ( $v/h$  – Wert) oder Kameraparametern wie verfügbarer Plattenplatz oder „aktive Sensoren“. Darüber hinaus bietet die Steuersoftware die Möglichkeit, interaktiv Kameraparameter wie Belichtungszeit oder Blende anzupassen. Die Kamerasteuersoftware kommuniziert mit dem FMS, der Kameraeinheit und dem Quickview.

Der Quickview dient der frühen Qualitätskontrolle (In Flight Quality Check) durch den Navigator und bietet die notwendigen Grundfunktionen zur Visualisierung und Beurteilung der aufgenommen Bilddaten. Durch direkten Zugriff auf spezielle Bilddaten kann bereits im Flug die geometrische und radiometrische Qualität der Aufnahmen beurteilt werden. Fragen wie etwa die erreichte Detailauflösung, Schattenabdeckung von Wolken oder erreichte radiometrische Auflösung etwa im Braunkohleabbau können noch während des Fluges überprüft und eventuell korrigiert werden.

### 3.3 Nachbearbeitung

Nach der Landung können die aufgezeichneten Daten der Nachbearbeitungssoftware zur Verfügung gestellt werden. Hierbei wird das im Flugzeug vorhandene RAID System gegen ein im Hangar stationiertes ausgetauscht. Somit entfallen aufwändige Datentransferzeiten.

Ziel der nun folgenden Bearbeitung ist die Vorbereitung der Originalaufnahmen für die Auswertung mit beliebigen Digitalen Photogrammetrischen Workstations (DPWS). In diesem Arbeitsgang werden die gewonnenen Bilddaten normalisiert, verifiziert, entzerrt, farbcodiert und formatiert zur Weiterverarbeitung bereitgestellt. Nach jedem der genannten Einzelschritte ist ein Datentransfer zu anderen DPWS vorgesehen. Zusatzinformationen zu Bild und Bildflug werden separat bereitgestellt. Die möglichen Zwischenprodukte sind in Tab. 2 dargestellt.

Wegen des hohen Zeitbedarfs für die Nachbearbeitung der Bilddaten wird bei der Entwicklung der Algorithmen und der Arbeitsabläufe besonders die Möglichkeit der Parallelprozessierung und der unbeaufsichtigten Batchbearbeitung unterstützt. Hierbei kann der Benutzer das zu bearbeitende Projekt/Teilprojekt oder eine bestimmte Auswahl von Streifen oder Bildern vorgeben. Zusätzlich erfolgt die genaue Definition der Zielparameter wie etwa Bildprodukt, Datenformat, Kompressionsfaktor, Bildpyramiden und Zusatzinformationen.

**Tab. 2:** Bildprodukte der DMC Post Processing Software.

Bildprodukt	Name	Beschreibung
<b>Level 1</b>	Normalisierte Originalaufnahme	Radiometrisch (gain/offset) korrigiertes Bild mit Beseitigung defekter Pixel.
<b>Level 1a</b>	Virtuelles Bild	Einzelbilder werden verzeichnungsfrei in virtuelle, zentralperspektive Aufnahme umgebildet.
<b>Level 1b</b>	Farbkomposit oder Farbbild	Farbbild = R + G + B Farbkomposit = panchromatisches Bild + Farbbild
<b>Level 2</b>	Georeferenziertes Bild	Durch GPS/INS-Messungen aus Level 1a oder 1b generierte Daten.

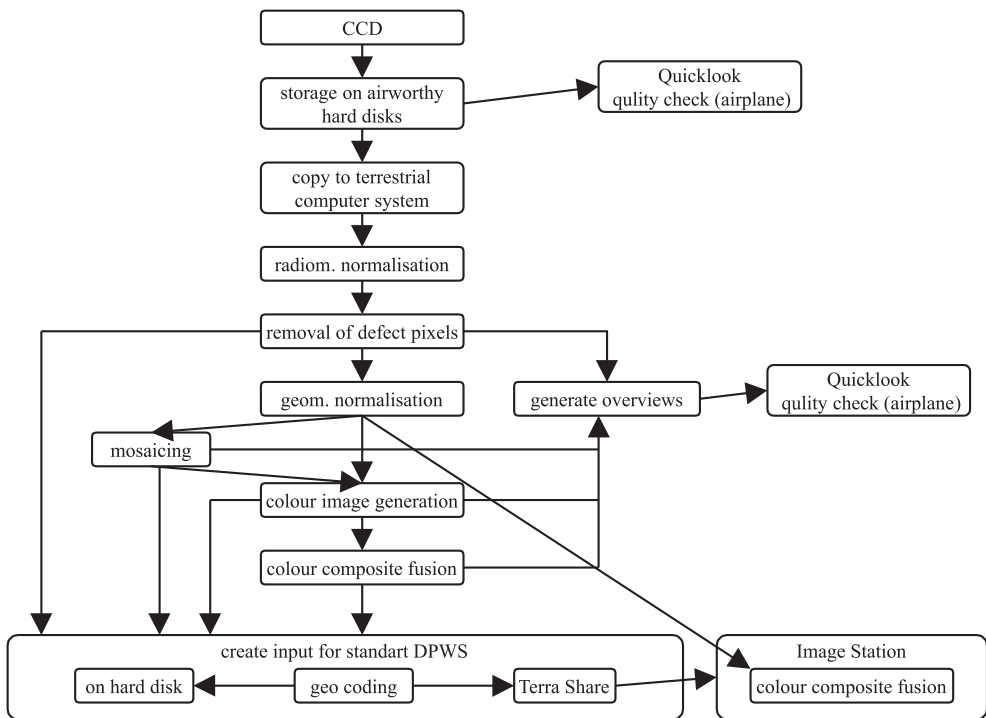


Abb. 6: Arbeitsfluss der Nachbearbeitung.

Das Ausgabeformat der Bilddaten kann vom Benutzer frei gewählt werden. Standardmäßig werden zur Weitergabe von Bilddaten an andere Systeme TIFF – JPEG komprimierte Daten erzeugt.

Der Arbeitsfluss der Nachbearbeitungssoftware (vgl. Abb. 6) wird im Folgenden näher erläutert. Der erste Schritt, die Erzeugung von Level 1 Bildern, erfolgt auf Basis der Kamerakalibrierungsdaten. Sie beinhaltet zum einen die Beseitigung defekter Pixel, zum anderen die Normalisierung. Bei der Beseitigung defekter Pixel werden sowohl einzelne elektrisch schwache Pixel oder – falls vorhanden – ausgefallene Einzelpixel korrigiert. Bei der radiometrischen Korrektur werden die Hell- und Dunkelwertkorrekturen zu jedem Pixel berechnet (DIENER et al. 2000). Nachfolgend kann vor Ort die Abnahme der Daten erfolgen. Auch hier unterstützt der Quickview die systematische Kontrolle des gesamten Bilddatensatzes.

Im Weiteren werden die Bilddaten durch das Mosaiking-Modul geometrisch entzerrt

und in ein sog. virtuelles Bild zusammerechnet. Vor der Generierung des virtuellen Bildes erfolgt die geometrischen Korrektur der Objektivverzerrung auf Basis der Kamerakalibrierung. Dabei wird die kalibrierte räumliche Lage jeder einzelnen Bildebene berücksichtigt und durch zyklische Kontrollmessungen verifiziert. Das nun entstehende Bild hat eine neue virtuelle Kammerkonstante und kann als ideales photogrammetrisches Bild angesehen werden.

Parallel zur Mosaikbildung der Bilder kann die Zusammenrechnung der einzelnen Spektralkanäle erfolgen. Hierbei wird (DIENER et al. 2000) zuerst durch Farbmatching die Zusammenführung der RGB Kanäle gerechnet. Auch in diesem Schritt wird auf Basis der vorhandenen Kamerakalibrierung und zyklischer Kontrollmessungen ein optimales Ergebnis erreicht. Anschließend wird – falls notwendig – das entstandene Farbbild mit dem panchromatischen Bild zu dem so genannten Farbkomposit zusammengeführt.

Als Ergebnis aus diesen Verarbeitungsschritten kann die Übergabe der erzeugten Bilddaten zur Archivierung an ein Datenmanagementsystem (z. B. TerraShare) oder die direkte Distribution (z. B. über E-Geo) an den vom Bearbeiter definierten oder vom Kunden vorgegebenen Zielort erfolgen. Vorbereitend dazu kann optional auf Basis der vorprozessierten GPS/INS-Daten jedes Bild georeferenziert werden.

### 3.4 Datenerfassung

Bei der Integration der DMC-Sensordaten in die ImageStation kann mit den Bildern der Level 1a, 1b oder 2 gearbeitet werden. In diesem Fall kann die DPWS im Modus für Messkammern betrieben werden. Wird die ImageStation 2000 als DPWS benutzt, so kann bei Bedarf auf das Farbbild und das Mosaik zugegriffen werden. Beide Bilder können in getrennten Files bereitliegen; es besteht keine Notwendigkeit, das Farbkomposit vorher berechnet zu haben. Dadurch kann der benötigte Plattenspeicherbedarf etwa um den Faktor 2.6 reduziert werden (vgl. Tab. 3).

In Tab. 3 wird der benötigte Plattenplatz für ein Einzelbild mit einer radiometrischen Auflösung von 16 bis 10 bit oder 8 bit berechnet, wobei ausgehend von der aktuellen Kameraspezifikation für die 4 panchromatischen Kanäle ein  $7k \times 4k$  Chip und für die 3 Multispektralkanäle je ein  $3k \times 2k$  Chip angenommen wurde. Das in der ImageStation online erzeugte Farbkomposit kann bei

**Tab. 3:** Plattenplatz für unkomprimierte Bilddaten in Form eines Farbkomposit respektive für getrennt abgelegte Farb- und panchromatische Information.

	10–16 bit Bild	8 bit Bild
<b>Farbbild</b>	36 MB	18 MB
<b>Virtuelles Bild</b>	<u>224 MB</u>	<u>112 MB</u>
<b>Summe (Farbbild + virtuelles Bild)</b>	260 MB	130 MB
<b>Farbkomposit (virtuelles Bild aus 3 Farbkkanälen)</b>	672 MB	336 MB

Bedarf auf Basis der ImagePipe™ generiert werden. Die Online-Generierung eines Farbkomposit erfolgt in der gleichen Weise wie etwa bei der Stereoauswertung oder Orthophotogenerierung.

## 4 Leistungsvergleich

Zur Zeit werden digitale Luftbildkameras auf der Grundlage verschiedener technischer Konzepte entwickelt. Für einen echten, objektiven Leistungsvergleich dieser Entwicklungen ist es unabdingbar, die anwendungsbezogene Kostensituation zu berücksichtigen. Ein sich ausschließlich auf die Pixelanzahl stützender Leistungsvergleich ergäbe ein falsches Bild. Hinsichtlich Geländeauflösung, Genauigkeit, Bodenabdruck der Pixel, Lichtverhältnissen und Systemkompatibilität bietet die DMC die beste Leistung bei der aktuell verfügbaren Technologie.

### – 1. Auflösung

Auf Grund der Realisierung von FMC bietet die DMC selbst bei großen Bildmaßstäben eine herausragende Geländeauflösung. Eine Geländeauflösung von besser als 6 cm wurde bereits bei einem im Januar 2000 durchgeführten Probeflug nachgewiesen.

### – 2. Genauigkeit

Die Genauigkeit der DMC wird definiert durch die Festkörperoberfläche des Silizium-Flächensensors selbst sowie durch die stabile innere Orientierung der hochgenauen Objektive. Optional können differentielle GPS-Messungen und INS-Ergebnisse verwendet werden.

### – 3. Bodenabdruck der Pixel

Auf Grund des realisierten Flächenkonzepts liefert die DMC einen quadratischen Bodenabdruck der Pixel. Einflüsse der Flugeschwindigkeit oder plötzlicher Flugzeugbewegungen werden dadurch eliminiert, dass die Bildgeometrie mit der Auslösung einer Belichtung eingefroren wird.

### – 4. Lichtverhältnisse – Anzahl der Tage mit akzeptablen Bedingungen

Dank FMC als einem inhärenten Merkmal der digitalen Kamera von Z/I Imaging sind hochaufgelöste Aufnahmen selbst bei ungünstigen Lichtbedingungen möglich. Bei

Verwendung einer Kamera ohne FMC lässt sich der Einfluss der Fluggeschwindigkeit nicht unter bestimmte Grenzwerte drücken.

#### – 5. Systemkompatibilität

Die DMC basiert auf der zentralperspektivischen Abbildung, die seit nahezu 100 Jahren einen festen Platz in der Photogrammetrie hat. Alle bestehenden Nutzungssysteme können diese Daten verarbeiten.

#### – 6. Zuverlässigkeit

Das mit einem Frame-Sensor aufgenommene Bild ist selbst dann verwendbar, wenn die GPS-Ergebnisse nicht die erwartete Genauigkeit aufweisen. Wenn hingegen bei einem Zeilensensor die GPS-Ergebnisse nicht zufrieden stellend sind oder aus irgendeinem Grund fehlen, so muss der Flug nochmals durchgeführt werden, da die direkte Sensororientierung unterbrochen ist.

### 5 Schlussbemerkungen

Die von Z/I Imaging vorgestellte digitale Kamera basiert auf einem CCD-Flächensensor. Dieses Konzept bietet höchste geometrische Genauigkeit bei photogrammetrischen Anwendungen, ohne dass auf inertielle Messungen und GPS-Daten zurückgegriffen werden muss. Die hohe innere Genauigkeit wird durch die zweidimensionalen CCD-Flächensensoren auf einem Siliziumwafer bestimmt. Auf Grund des modularen Aufbaus können mehrere kompakte Kameraköpfe miteinander verbunden werden; die dadurch erreichte Geländeabdeckung liegt im selben Bereich wie bei herkömmlichen Weitwinkel-Luftbildkamern. Die hohe Flexibilität gestattet es, Auflösung und Spektralkanäle auf die Erfordernisse des Kunden abzustimmen. Das so gewonnene digitale Bild weist die übliche zentralperspektivische Geometrie auf, so dass die Anpassung an und Kompatibilität mit beste-

henden Softcopy-Lösungen gewahrt bleibt. In der Erkenntnis, dass die heutigen digitalen Kamerasysteme bestehende filmgestützte Kameras noch nicht ersetzen können, wurde die DMC so konzipiert, dass sie sich ohne weiteres in den aktuellen filmgestützten Arbeitsablauf einfügt. Die Stärken beider Technologien lassen sich so auf wirtschaftlichste Weise miteinander kombinieren. Die DMC kann in Verbindung mit Systemkomponenten der RMK-TOP eingesetzt werden, um die zukünftige Sicherung dieser Investition zu gewährleisten.

### Literatur

- DIENER, S., KIEFNER, M. & DÖRSTEL, C., 2000: Radiometric Normalisation and Colour Composite Generation of the DMC. – IAPRS Vol. XXXIII, Amsterdam 2000 (noch nicht veröffentlicht).
- HINZ, A., 1999: The Z/I Imaging Digital Aerial Camera System. – Photogrammetrische Woche '99, Eds.: D. Fritsch / R. Spiller, Wichmann, Heidelberg.
- SZANGOLIES, K. (Hrsg.), 1986: Vierfach Reihemessbildkammer 4x RMK 13,5 C/1. – In: Kompendium Photogrammetrie Bd. XVIII, S. 113/114. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig.
- TALLEY, B.B., 1938: Multiple-Lens Aerial Cameras. – In: Engineering Applications of Aerial and Terrestrial Photogrammetry. – Pitman Publishing Corporation, New York & Chicago.

Anschrift der Autoren:

Dr. rer. nat. ALEXANDER HINZ,  
Dipl.-Ing. CHRISTOPH DÖRSTEL,  
Dipl.-Ing. HELMUT HEIER,  
Z/I Imaging GmbH  
D-73422 Oberkochen,  
{A. Hinz, C. Doerstel, H. Heier}@ziimaging.de

Manuskript eingereicht: Januar 2001

Angenommen: Februar 2001



## Firmenmitglieder der DGPF



### AEROWEST<sub>GMBH</sub>

Geoinformation, Geomarketing und Photogrammetrie sind die Leistungsschwerpunkte der Aerowest GmbH. Langjährige Erfahrung und zukunftsorientiertes KnowHow bilden dabei die Grundlage für hohe Innovationskraft. Die technische Ausstattung des Unternehmens umfasst ein eigenes Bildflugzeug mit Reihenmesskamerasystem sowie umfangreiche Kapazitäten in der analytischen und digitalen Photogrammetrie.

Die Ausrichtung auf digitale Verarbeitungsverfahren gewährleistet, dass auch Großprojekte effektiv bearbeitet werden können. Hauptaufgabe ist die Datenerfassung aus Luftbildern und ihre Aufbereitung für alle gängigen Geoinformationssysteme.

Aerowest stellt sich dem wachsenden Bedarf an aktuellen Dienstleistungen durch den konsequenten Einsatz moderner Informationstechnologien. Dazu gehören neben der Geoinformatik auch Entwicklung und Umsetzung von EDV-Konzepten in den Bereichen Internet und 3D-Visualisierung.

Über die modernen Produkt- und Dienstleistungsangebote AeroView und AeroDach online bietet Aerowest flächendeckend Orthophotos und photogrammetrische Auswertungen für zahlreiche Städte an. Das Unternehmen verfügt seit 1996 über ein gemäß DIN EN ISO 9001 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem.

#### AEROWEST GMBH

Thomasstraße 18–20, D-44135 Dortmund  
Tel.: 0231-55 71 21-0, Fax:0231-55 71 21-7  
e-mail: [info@aerowest.de](mailto:info@aerowest.de)  
web: [www.aerowest.de](http://www.aerowest.de)



AICON 3D Systems GmbH ist Marktführer im Bereich digitaler Photogrammetriesysteme für den Nahbereich. Durch das in über zehn Jahren aufgebaute Know How auf dem Gebiet der Photogrammetrie und Bildverarbeitung stellen die Systeme heute die Spitze des technisch Machbaren bezüglich Genauigkeit und Automationsgrad dar.

Die Systeme von AICON, allen voran die Digitale Photogrammetrische Arbeitsstation **DPA-WIN** werden in vielen Industriezweigen eingesetzt, insbesondere dem Fahrzeugbau (PKW, Nutzfahrzeuge, Schienenfahrzeuge, Schiffe) und der Luft- und Raumfahrttechnik. Die Einsatzgebiete sind hochgenaue Einzelpunktbestimmung z.B. zur Deformationsanalyse, Oberflächendigitalisierung zum reverse engineering oder die 3D Vermessung von Hochgeschwindigkeitsvorgängen. Neben den Komplettsystemen bietet AICON auch eine Reihe von Software-Bibliotheken als OEM Produkte zur Integration in andere Messsysteme an. Speziell für die wissenschaftliche Forschung bieten die Systeme von AICON durch die offene Systemarchitektur die Möglichkeit, sämtliche Berechnung detailliert zu verfolgen und zu interpretieren.

Neben den eigenen Produkten bietet AICON als high end System hinsichtlich Genauigkeit und Portabilität den SMX Laser Tracker in Deutschland an.

AICON bietet laufend Stellen für Praktikanten, Diplomanden und Hochschulabsolventen in den Bereichen Ingenieurvermessung und Photogrammetrie an.

#### AICON 3D Systems GmbH

Dr. Carl-Thomas Schneider  
Celler Str. 32, D-38114 Braunschweig  
Tel.: 0531-58 000 58, Fax: 0531-58 000 60  
Internet: <http://www.aicon.de>  
e-mail: [ct.schneider@aicon.de](mailto:ct.schneider@aicon.de)



Die aphos® Leipzig AG ist ein junges Unternehmen, das sich auf die photogrammetrische Datenerfassung zur Bestandsdokumentation sowie die Erstellung und Nutzung von Geoinformationssystemen spezialisiert hat.

Die Arbeit eines hochmotivierten und leistungsfähigen Mitarbeiterstamms mit langjährigen beruflichen Erfahrungen ist von dem Willen geprägt, den Standort Leipzig auf dem geowissenschaftlich-technischen Markt mit Erfolg zu repräsentieren.

Das Leistungsangebot umfasst Bestandsdokumentationen, topographische und thematische Karten, Stadtkarten, kundenspezifische Geo- und raumbezogene Informationssysteme, Geländemodelle, Orthophotos und Luftbildpläne.

Zu unseren Kunden zählen Planer und Betreiber von Verkehrseinrichtungen (Bahn, Straße, Wasser), Landes- und Vermessungsämter, Ämter für Flurneuordnung und ländliche Entwicklung, Städte und Kommunen, Umweltämter, Energie-, Bergbau-, Telekommunikations- und andere Unternehmen.

Für die Bearbeitung unterschiedlicher Projekte stehen in der aphos® Leipzig AG Geräte und Verfahren der analytischen und digitalen Photogrammetrie sowie Software für Geoinformationssysteme zur Verfügung. Im digitalen Bereich werden leistungsstarke Programme wie MATCH-AT, MATCH-T und OrthoWarp/OrthoVista eingesetzt.

Für ausführlichere Informationen stehen die Vorstandsmitglieder Dipl.-Ing. MARINA IHDE und Dr.-Ing. HANS-ULRICH SCHULZ gern zur Verfügung.

aphos Leipzig AG  
Prager Str. 17, D-04103 Leipzig  
Tel.: 0341-2693690, Fax.: 0341-2693699  
e-mail: [info@aphos.de](mailto:info@aphos.de)  
Internet: <http://www.aphos.de>



Located in Richmond Hill, Canada, Applanix develops, manufactures, sells and supports integrated Inertial/GPS products for precise measurement of the position and orientation of moving sensors in dynamic environments. Our products are designed to improve the quality of the users' data devices, and to increase the productivity of surveying, positioning and mapping missions.

Applanix offers a number of Position and Orientation Systems (POS™) products for the following markets and applications:

- POS/AV™** for airborne survey and mapping applications, including aerial cameras, laser scanners and RADAR
- POS/LV™** for road survey applications
- POS/TG™** for track geometry and rail surveying applications
- POS/MV™** for ocean floor mapping applications

Applanix Corporation  
85 Leek Cres.  
Richmond Hill, Ontario  
CANADA  
L4B 3B3  
tel. 905.709.4600  
fax. 905.709.6027  
email. [info@applanix.com](mailto:info@applanix.com)  
web. [www.applanix.com](http://www.applanix.com)

# Becker & Keller

Beratende Ingenieure für Vermessung und Photogrammetrie

Becker & Keller wurde für spezielle Arbeiten im Bereich der Photogrammetrie und der Ingenieurvermessung gegründet. Unser Büro wird von erfahrenen beratenden Ingenieuren geführt, deren Ziel die optimale Kundenberatung ist.

Mit unserem qualifizierten Mitarbeiter-Team (Vermessungsingenieure, Photogrammetrietechniker, Geologen, EDV-Spezialisten) und unserer technisch ausgereiften Ausrüstung suchen wir durch interdisziplinäre Zusammenarbeit die technisch und wirtschaftlich sinnvollsten Lösungen der Aufgaben unserer Kunden.

Unser Leistungskatalog umfasst:

- Bildflug
- Orthophotos
- Photogrammetrie
- Interpretation
- Ingenieurvermessung
- Baubestandsdokumentation
- Geoinformation

Unsere Mitarbeiter verfügen über ausge-dehnte Erfahrung in allen Phasen der hier beschriebenen Arbeiten.

Becker & Keller  
 Beratende Ingenieure für Vermessung und  
 Photogrammetrie  
 Berner Straße 18, D-60437 Frankfurt/Main  
 Tel.: 069-9 5008 30, Fax: 069-950083 20  
 e-mail: becker.keller@t-online.de  
 Internet: www.becker-keller.de



C R E A S O

Erfolg ist kein Zufall. Und er ist wiederholbar: CREASO Kunden wissen das!

Mehr als 75.000 Anwender weltweit nutzen die fortschrittlichsten Bildverarbeitungssysteme ENVI und IDL. Sie erreichen höhere Effizienz, gewinnen bessere Ergebnisse und sind erfolgreicher bei der Datenauswertung.

Dem Erfolg unserer Kunden dienen auch unsere umfassenden Dienstleistungen. *Kompetente Beratung, Schulung* und Unterstützung bei der *Programmierung* und *Automatisierung* Ihrer Auswertungen sind Schlüssel für den schnellen Einstieg.



**Environment for Visualizing Images** hat sich in nur 5 Jahren zum technologisch führenden Softwareprodukt für die fernerkundliche Bildverarbeitung entwickelt.

Die Gründe dafür liegen auf der Hand:

- Weil Bildverarbeitung einfach sein soll
- Weil es Plattformunabhängig unter Windows, Linux, UNIX und Mac läuft
- Weil neueste Datenformate wichtig sind
- Weil Bildgröße keine Rolle spielen darf
- Weil Radar, Multi- und Hyperspektraldaten zusammen gehört: „All in One“
- Weil es immer neue Methodiken gibt
- Weil hyperspektrale Informationen mit vielen Bändern neue Einblicke geben
- Weil GIS Systeme aussagekräftige Bildinformationen brauchen
- Weil mit ENVI+IDL 100% Ihrer Vorstellungen realisiert werden können

C R E A S O • TALHOFSTRASSE 32A  
 D-82205 GILCHING  
 DEUTSCHLAND  
 Tel.: 08105-378-0 • Fax: 08105-378-300  
 INFO@CREASO.COM  
 WWW.CREASO.COM



**EFTAS Fernerkundung  
Technologietransfer  
GmbH**

### **... die erste Adresse für Fernerkundung & GIS**

Das denken auch unsere Kunden, für die wir seit mehr als zehn Jahren erfolgreich maßgeschneiderte Dienstleistungen und Produkte bieten, z. B.:

- Luft- und Satellitenbilddauswertung
- Geo-Informationssysteme
- digitale Kartographie
- Consulting & Schulung

Den Ansprüchen unserer Kunden nach speziellen und integrierten Lösungsansätzen sowie hoher Qualität werden wir durch unser interdisziplinär arbeitendes Expertenteam, durch den Einsatz moderner Fernerkundungs- und GIS-Technik sowie durch unser zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO 9001 gerecht.

Unser Leistungsspektrum reicht von der Beschaffung von Fernerkundungsdaten, wie z. B. Satelliten- oder Luftbilder, Radar- und Flugzeugscanneraufnahmen, über Basisleistungen der Bildverarbeitung und digitalen Photogrammetrie bis hin zu komplexen thematischen Auswerteleistungen sowie Projektmanagementaufgaben im kombinierten Einsatz von Fernerkundung und GIS.

Spezielle Erfahrungen liegen vor, für z. B.: Precision Farming, Agrarflächenkontrolle, Forst- und Biotopkartierungen, Umweltmonitoring, Entwicklungszusammenarbeit, Mobilnetzplanung, Lagerstättenexploration, Altlastenerkundung sowie Stadt- und Regionalplanung.

**EFTAS Fernerkundung  
Technologietransfer GmbH**  
Ostmarkstraße 92, D-48145 Münster  
Tel.: 0251-133070, Fax: 0251-1330733  
e-mail: [info@eftas.com](mailto:info@eftas.com)  
Internet: [www.eftas.com](http://www.eftas.com)



**ESG**

Der Name ESG steht seit mehr als drei Jahrzehnten für Innovation und Know-how bei Prozessen rund um Entwicklung, Logistik und Service von langlebigen High-Tech-Produkten. Mit Kernkompetenzen beim Engineering komplexer Elektronik- und Informatik-Systeme, bei Product Support und technischem Training sowie End-to-end-Logistik für Instandhaltungsprozesse gehört die ESG zu den führenden IT-Unternehmen in Deutschland.

Arbeitsschwerpunkte im Bereich Geo- und Bilddatenverarbeitung sind:

- Geo-Informationssysteme für die hybride Verarbeitung von Bild-, Vektor-, Raster-, Höhen- und Kartendaten
- Archivierungs-, Management- und Auskunftssysteme für Geodaten
- Web-basierte und mobile GIS-Komponenten
- Workflows für Photogrammetrie, GIS, Kartographie und Bildverarbeitung
- Software für die automatisierte Bilddauswertung und Objektextraktion
- Software für die Karte/Lage Darstellung
- Software zum Erzeugen von Geodatenbasen für Simulationssysteme
- Konvertierungs-SW für Rasterdatenformate (GeoTIFF, COT, ...), Vektordatenformate (DFAD, VPF, ARC/INFO, ...), Matrixdatenformate (DTED, DHM) und Simulationsdatenformate (SIF, SEDRIS, OpenFlight)
- Bodensegmente für hochauflösende optische und Radar-Aufklärungssatelliten

Als Intergraph Business Partner konzipiert und integriert die ESG Systemlösungen, die auf Intergraph Software (MGE, GeoMedia, ImageAnalyst, ...) basieren.

**ESG Elektroniksystem- und Logistik-GmbH**  
Einsteinstraße 174, D-81605 München  
Tel.: 089-92162285, Fax: 089-92162732  
e-mail: [tohlhof@esg-gmbh.de](mailto:tohlhof@esg-gmbh.de)  
Internet: <http://www.esg-gmbh.de>

# fokus

## GmbH Leipzig

Die fokus GmbH Leipzig erbringt seit 1993 Dienstleistungen auf den Gebieten Bauvermessung, Photogrammetrie und Bildverarbeitung. Das Tätigkeitsfeld erstreckt sich über die Planerstellung und Dokumentation für Architektur, Denkmalpflege und Restaurierung bis hin zur Entwicklung und dem Vertrieb von branchenspezifischer Software.

Das Dienstleistungsspektrum der fokus GmbH Leipzig umfasst die Erstellung digitaler Bildpläne, grafischer Fassadenpläne, die Kunstgutdokumentation und das verformungsgetreue tachymetrische Bestandsaufmaß. Umfangreiche Erfahrungen besitzt die fokus GmbH Leipzig auf dem Gebiet der komplexen vermessungstechnischen Betreuung von Denkmal- und hochwertigen Sanierungsobjekten. Die Entwicklung eigener Software ermöglicht die Bearbeitung spezieller Aufgabenstellungen, wie die Abwicklung räumlich gekrümmter Oberflächen zu maßstabsgerechten Bildplänen und die messtechnische Auswertung historischer Aufnahmen. Die Verwendung digital entzerrter Messbilder reicht bis hin zur dreidimensionalen fotorealistischen Visualisierung von Bauwerken, gegebenenfalls auch im historischen Zustand.

Seit 1998 bietet die fokus GmbH Leipzig Softwarelösungen zur digitalen Bildentzerrung und Messbildauswertung für die Anwendung in Architektur, Denkmalpflege, Restaurierung und im Baugewerbe an. Daneben werden auch auftragsbezogene Softwarelösungen im Bereich Photogrammetrie und Bildverarbeitung entwickelt.

fokus GmbH Leipzig  
Gustav-Adolf-Str.12, D-04105 Leipzig  
Tel.: 0341-2113415, Fax: 0341-2113452  
Internet: [www.fokus-GmbH-Leipzig.de](http://www.fokus-GmbH-Leipzig.de)  
e-mail: [home@fokus-GmbH-Leipzig.de](mailto:home@fokus-GmbH-Leipzig.de)



### FPK Ingenieurgesellschaft mbH

Die FPK Ingenieurgesellschaft mbH mit Sitz in Berlin bietet seit mehr als zehn Jahren qualifizierte Ingenieurleistungen in folgenden Bereichen an:

- Fernerkundung und Photogrammetrie
- Architekturphotogrammetrie
- Geographische Informationssysteme
- Vermessung und Kartographie

In der *Herstellung von Satelliten- und Luftbildkarten* kann die FPK GmbH auf umfassende Erfahrungen verweisen. Besonderes Know-How besteht bei der Mosaikbildung aus mehreren Einzelszenen und bei der Kombination von Daten verschiedener Sensoren. Beispiele hierfür zeigt die Kartenserie *Landschaften aus dem Weltraum*, in der Bildkarten von Berlin, Leipzig, Nürnberg, Hamburg, Rügen u. a. erschienen sind.

Das Spektrum in der *Photogrammetrie* reicht von der Aerotriangulation über die konventionelle Höhen- und Lageauswertung von Luftbildern und der Herleitung von Geländemodellen mit digitalen Methoden bis zur Herstellung von Orthophotos. Alle erfassten Informationen werden CAD-gerecht aufbereitet und in einem GIS dem Anwender zur Verfügung gestellt.

Auf dem Gebiet der *Architekturphotogrammetrie* wurden in den letzten Jahren zahlreiche Projekte in Berlin und Brandenburg bearbeitet; u. a. die Alte Nationalgalerie, das Reichstagspräsidentenpalais, das Herrenhaus des Preussischen Landtages, die Lokomotivfabrik Orenstein und Koppel sowie die Klosteranlage Stift Neuzelle.

Neue Dienstleistungen sind die Gestaltung von *Internetpräsentationen* zur Visualisierung von Geodaten im Internet sowie ein *Scan-Service* für Luftbilder/Repro-Vorlagen.

FPK Ingenieurgesellschaft mbH  
Feurigstraße 54, D-10827 Berlin  
Tel.: 030-787 111-24, Fax: 030-787 111-25  
e-mail: [office@fpk.de](mailto:office@fpk.de) Internet:[www.fpk.de](http://www.fpk.de)





### **Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung und Informationssysteme**

Die GAF ist eine der führenden europäischen Firmen auf dem Gebiet der Fernerkundung und Geo-Informationsverarbeitung. In Zusammenarbeit mit ihren Tochterfirmen Euromap GmbH, Neustrelitz, BRD, ILS Ltd., USA und ASD Group Ltd., Ukraine, bietet die GAF anwendungsorientierte Lösungen und Informationssysteme für Planungs-, Management und Monitoringaufgaben in den Bereichen Land- und Forstwirtschaft, Landbedeckung und -nutzung, Landregistrierung, Geologie und Hydrogeologie.

Darüber hinaus werden weitere Dienstleistungen und damit zusammenhängende Produkte routinemäßig angeboten, wie z.B. Software, Satellitendaten aller kommerzieller Systeme und Geo-Daten (DGM, Clutterdaten), Bildverarbeitung und -analyse, Design und Aufbau von GIS.

Zu den Kunden der GAF zählen nationale und internationale Organisationen und Behörden, wie auch Privatunternehmen.

GAF mbH – Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung und Informationssysteme  
 Arnulfstraße 197, D-80634 München  
 Tel.: 089-121528 0, Fax: 089/121528 79  
 e-mail: [info@gaf.de](mailto:info@gaf.de)  
 URL: <http://www.gaf.de>



Gegründet 1966 bieten GEOCART Herten und das Tochterunternehmen GEOCART Halle Dienstleistungen in den Bereichen Bildflug, Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformatik, Ingenieurvermessung und Wasserwirtschaft an.

Durch die konsequente Ausrichtung auf unsere Kernkompetenzen in den Bereichen der Geodatenerfassung für GIS sowie aller damit verbundenen Aufgabenstellungen sichern wir ein Höchstmaß an Professionalität und Qualität. Unsere Stärke liegt in der durchgehenden Bearbeitung aller Prozessschritte vom DGPS-Bildflug mit eigenen Bildflugzeugen über die analytische und digitale Photogrammetrie sowie ergänzender Ingenieurvermessung bis zur Orthophotoproduktion und Geoinformatik. Ausstattungsmerkmale wie CCNS-Flugnavigation, Scanner SCAI, digitale Aerotriangulation mit Match-AT, Smallworld-GIS, digitale Video-Dokumentation, etc. gewährleisten in Verbindung mit einem kompetenten Team die Umsetzung von Spitzentechnologie zum Nutzen unserer Kunden.

Ausführliche Informationen erhalten Sie unter folgender Anschrift:

GEOCART Herten GmbH  
 Nimrodstr. 60, D-45699 Herten  
 Tel.: 02366-1095-0, Fax: 02366-1095-22  
 e-mail: [herten@geocart.de](mailto:herten@geocart.de)  
 URL: [www.geocart.de](http://www.geocart.de)



Die geoplana Ingenieurgesellschaft f. Photogrammetrie u. Bildmessflüge ging bereits 1970 aus dem 1965 gegründeten Ingenieurbüro R. Knittel hervor. Heute ist geoplana Teil einer Firmengruppe mit über 500 Mitarbeitern in Deutschland, Schweiz, Italien, Österreich, Ungarn, Polen und den USA.

Seit der Gründung hat sich geoplana konsequent auf die Bereiche Photogrammetrie und Fernerkundung spezialisiert. Zu den Hauptaufgaben gehören heute der Bildflug, photogrammetrische Auswertungen aller Art, Versiegelungs-/Grünflächen-/Baumkataster, grafische Datenverarbeitung, Reprographie, dig. Bildverarbeitung/Orthophotos sowie Consulting.

Der Flugbetrieb operiert mit 2 eigenen Flugzeugen in der Hauptsache vom firmeneigenen Flugplatz in Marbach aus. Zu unseren Flugzeugen gehören eine zweimotorige CESSNA 340 und eine CESSNA 180 für D-GPS Bildmessflüge. Unsere Einsatzgebiete sind Deutschland und die angrenzenden Nachbarstaaten.

In der Photogrammetrie werden modernste analytische und dig. Auswertestationen wie LEICA SD3000 bzw. ISM DIAP eingesetzt. Seit 1998 ist geoplana Distributor für die Produktlinie von ISM Kanada. Dazu gehört u. a. der dig. Plotter DIAP, auto. DHM, AT und Sysimage (Orthophotoberechnung/Mosaiking).

geoplana ist heute das einzige Photogrammetrieunternehmen mit Stammsitz in Baden-Württemberg, das die gesamte Produktionslinie vom Bildflug über die Filmentwicklung/Reprographie bis hin zur Lieferung der fertigen Daten im eigenen Hause hat. Entsprechend kurz und schnell sind die Wege und Lieferzeiten bei geoplana.

**Geoplana Ingenieurgesellschaft mbH**  
Büchlesweg 17, D-71672 Marbach  
Tel.: 07144/83333-0, Fax: 07144/83333-99  
e-mail: [geoplana@geoplana.de](mailto:geoplana@geoplana.de)



Die GEOSPACE GmbH ist Ihr kompetenter Ansprechpartner auf den Gebieten der Geo-Informationssysteme und Fernerkundung.

Im Vordergrund ihrer Aktivität steht das Projekt Digitale Luftbildkarte Deutschland DLK®. Ziel ist die Herstellung und Vermarktung eines flächendeckenden, in kurzen Zeitabständen aktualisierten, digitalen Luftbilddatensatzes. Die Bilddaten haben standardisiert eine Auflösung von 50 cm/Bildpunkt.

Basierend auf die DLK® werden schrittweise flächendeckend für ganz Deutschland alle Gebäude geokodiert und mit Straße, Hausnummer und x-y-Koordinate nach Gauß-Krüger erfasst. Zusätzlich dazu wird ein digitales Gebäudemodell erstellt.

Ebenfalls flächendeckend für die BRD entsteht ein Höhenmodell mit einer mittleren Genauigkeit von 5 Metern.

Die Verknüpfung der Daten mit anderen Quellen in Geo-Informationssystemen lässt eine Fülle von Anwendungen zu. Der Nutzen für die professionelle Anwendung in Landwirtschaft, Verkehrswesen/Telenavigation, Umweltplanung, Bauwirtschaft-/Immobilienmarkt und anderen Bereichen ist rasch zu erkennen: Die Luftbilddaten enthalten wichtige aktuelle und ableitbare Informationen.

Für den Consumerbereich werden städtische Informationssysteme auf Basis der DLK auf CD-ROM und Luftbildübersichtskarten aller Großstädte Deutschlands, ebenso andere Produkte wie Luftbildpuzzles, -kalender und Wanderkarten angefertigt.

Das Vorhaben soll mit der monopolhaften Gesamterfassung Deutschlands das erste Ziel bereits 2001 erreichen.

**GEOSPACE GmbH**  
Mathias-Brüggen-Str. 76, D-50827 Köln  
Tel.: 0221-70901-0, Fax: 0221-70901-46  
e-mail: [geospace@t-online.de](mailto:geospace@t-online.de)  
Internet: <http://www.geospace.de>

## GEOTEC Vermessungs GmbH

Seit der Gründung im Jahre 1990 hat die GeoTec Vermessungs GmbH ihr Leistungspotential enorm erweitert, so dass das Unternehmen nun Ingenieurleistungen in folgenden Fachdisziplinen anbietet:

- **Photogrammetrie**
- **Geoinformatik**
- **Geodäsie**
- **Consulting**

Die GeoTec Vermessungs GmbH sichert eine fachgerechte Auftragsausführung zu. Garanten dafür sind:

- mehr als 50 engagierte und hochqualifizierte Mitarbeiter
- eine hochmoderne und leistungsstarke Hard- und Softwareausrüstung
- Entwicklungen effizienter und technisch ausgereifter Lösungen in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Neubrandenburg
- Führung des Unternehmens durch Beratende Ingenieure

Für die Bearbeitung von fachspezifischen Komplexaufgaben stehen von Zeiss und Intergraph die analytischen und digitalen Auswertesysteme P2, P3, ImageStation Z3 sowie ein Photogrammetriescanner PS1 zur Verfügung. Zur Datenaufbereitung werden die CAD/Geoinformationssysteme MicroStation, ElcoVision, CADdy, AutoCAD, ProCard, PARIS, ALK-GIAP/-DAVID, etc. und verschiedene Konverter genutzt.

Regionale Kompetenzen werden durch die NODIC® Nordostdeutsche Ingenieurconsult in Neubrandenburg und in Hannover, sowie mit der MIDIC®, Mitteldeutsche Ingenieurconsult in Halle und in Jena angeboten.

GeoTec Vermessungsgesellschaft mbH  
R.-Luxemburg-Str. 3 a, D-17291 Prenzlau  
Tel.: 03984/8575-0, Fax: 03984/8575-49  
e-mail: [info@geotec.de](mailto:info@geotec.de)  
Web: <http://www.geotec.de>



**GESTER-IEC GmbH**

INTERNATIONALE  
INGENIEUR  
BERATUNG

INTERNATIONAL  
ENGINEERING  
CONSULTANTS

GESTER-IEC GmbH ist ein seit 1994 international tätiges deutsches Ingenieurunternehmen mit Niederlassungen in der Schweiz und in Frankreich.

Das Leistungsangebot der interdisziplinär arbeitenden Abteilungen unseres Unternehmens für Verkehrs- und Regionalplanung, des Wasserbaus und des Umweltschutzes wird durch ein leistungsstarkes Team für Aufgaben der Vermessung und Photogrammetrie ergänzt.

Auf dem Gebiet der Photogrammetrie bieten wir Leistungen vom Bildflug über analytische und digitale Stereoauswertung sowie die Herstellung von Orthophotos mit Leica- und Intergraph Hard- und Softwareprogrammen an.

Computerbasierte 3D-Stadtmodelle sind neue Produkte, welche wir für Anwendungen in den Bereichen des Umweltschutzes, des Bauwesens, der Telekommunikation und der Stadtplanung für kundenspezifische GIS-Applikationen generieren.

Die Architekturphotogrammetrie sowie die Aufnahme und Auswertung im Nahbereich gehören ebenfalls zu unserem Tätigkeitsfeld.

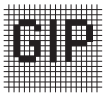
Eine effiziente Qualitätsüberwachung ist fester Bestandteil unserer Standarddienstleistung. Wir kooperieren mit anerkannten Instituten, um noch leistungsfähiger zu werden.

Die Qualifikation und Erfahrung unserer Mitarbeiter ermöglicht auch die Anwendung von neuesten technischen Entwicklungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Somit können komplexe Aufgaben unter einer Leitung effizient und mit der notwendigen Fachkompetenz gelöst werden.

**GESTER-IEC GmbH**

Kurfürstenstr. 62, D-12105 Berlin  
Tel. 030/70604972 Fax: 030/7059253  
e-mail 106375.174 @ compuserve.com



## Gesellschaft für Industriephotogrammetrie mbH

Seit 1994. Beratung und Begleitung von Projekten mit technisch schwierigen Anwendungen der Photogrammetrie für die Kartenherstellung und in der Industrie.

Besondere Schwerpunkte sind auch Pflege, Weiterentwicklung und weltweiter Vertrieb des Softwarepaketes zur Bündeltriangulation **BINGO-F**.

Diese Software wurde durch konsequente Weiterentwicklung zur führenden Software für die Ausgleichung von Luftbildblöcken. Erster besonderer Entwicklungsschwerpunkt der GIP war ab 1995 die Entwicklung strenger mathematischer Methoden für die Einbeziehung von kinematischen DGPS-Daten in die photogrammetrische Bündelblockausgleichung. Dieser Ansatz bietet weitaus bessere Blockstabilität und kann in allen Fällen auf die Benutzung von Querstreifen verzichten.

Neueste Entwicklung ist die Integration von gemessenen Orientierungswinkeln in die Blockausgleichung. In praktischen Projekten mit inertialen Winkelmeßeinheiten (IMU) im Bildflug erzielte Genauigkeiten der Orientierung liegen dabei zwischen 0.002 und 0.020 gon. Die notwendige Kalibrierung wird in **BINGO-F** durch eine simultane Ausgleichung eines kleinen Teilblockes bestimmt. Bei günstiger Blockkonfiguration kann sogar auf Paßpunkte verzichtet werden.

Weitere interessante Entwicklungen bei GIP sind die automatische Aerotriangulation und Anwendungen in der Makrophotogrammetrie und in der Streifenprojektion zur berührungslosen hochgenauen Objektvermessung in der Industrie.

GIP ist stets an neuen Herausforderungen mit praktischem Nutzen interessiert.

**GIP** mbH, Tännichweg 3, D-73430 Aalen  
Leitung: Dr.-Ing. ERWIN KRUCK  
Tel.: 07361-931434, Fax: 07361-931435  
e-mail: GIP.Aalen@t-online.de  
www.gip-aalen.de

## Hansa Luftbild German Air Surveys

Die Hansa Luftbild-Firmengruppe ist mit etwa 200 Mitarbeitern Deutschlands größtes Photogrammetrie-Unternehmen (gegr. 1923), das bisher in über 80 Ländern tätig war. Interdisziplinäre Expertenteams leisten Präzisionsarbeit mit modernstem Gerät – von Luftaufnahmen mit kinematischem GPS und Laser Scanning über digitale Photogrammetrie, grafische Datenverarbeitung in allen topographischen und thematischen Geo-Bereichen bis zum Consulting.

Hauptsitz der Firmengruppe, zu der Tochterunternehmungen und Niederlassungen in verschiedenen Ländern gehören, ist Münster. Hier wurde im Jahr 2000 eine moderne Holdingstruktur für die Steuerung der diversifizierten Firmen der Gruppe etabliert.

Die Ausrüstung der Hansa Luftbild umfasst u. a. 4 Flugzeuge mit CCNS (Computer Controlled Navigation System) zur hochpräzisen Navigation und genauesten Bestimmung der Kameraposition.

Ein modernes Fotolabor ist auf Color- und Colorinfrarot-Technik spezialisiert.

Mit analytischen und digitalen Stereoauswertegeräten und interaktiven grafischen Arbeitsstationen werden digitale Karten aller Art erstellt.

Die Dienstleistungen der Firmengruppe umfassen auch Beratung, Konzepterarbeitung, Gutachten und Studien. Hansa Luftbild ist als Intergraph Solution Centre/ Systemintegrator für GIS und Leitungsdocumentation zugelassen. Als Mitglied im Team GeoMedia von Intergraph bietet Hansa Luftbild auf der Basis der GeoMedia-Produktfamilie die Integration aller verfügbaren raumbezogenen Daten einer Kommune unter einer einheitlichen Oberfläche (HansaGeoKIS).

**Hansa Luftbild AG**  
Elbestraße 5, D-48145 Münster  
Tel.: 0251-2330-0, Fax: 0251-2330-112  
e-mail: info@hansaluftbild.de  
Internet: www.hansaluftbild.de



Die Bernhard Harzer Verlag GmbH ist ein seit 1986 bestehendes Verlagsunternehmen mit Werbeagentur und Versandbuchhandlung. Arbeitsschwerpunkte liegen in der Photogrammetrie, im Vermessungswesen und im Bereich Geoinformationssysteme.

Mitarbeit im Anzeigenbereich an der Zeitschrift PFG Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation. Der Verlag kooperiert auch mit anderen Fachverlagen und einer Reihe weiterer Fachzeitschriften des Bau- und erweiterten Baubereichs. Darüber hinaus werden zahlreiche Buchveröffentlichungen betreut.

Herausgegeben werden u. a.:

„GIS-Report“, „Einkaufsführer für das Vermessungswesen“, und seit 2001 neu:

Das Jahrbuch des Deutschen Dachverbandes für Geoinformation: „DDGI Jahrbuch“.

Als Werbeagentur ist der Verlag für bekannte Fachfirmen tätig.

Das Leistungsangebot erstreckt sich auf die gesamte Verlags-, Kommunikations- und Werbepalette. Auf Grund der großen Marktdurchdringung und umfangreicher Marktkenntnisse steht ein branchenweit bemerkenswertes Marketing-Instrumentarium zur Verfügung, das von zahlreichen Firmen genutzt wird.

Bernhard Harzer Verlag GmbH  
Westmarkstraße 59/59a, D-76227 Karlsruhe  
Tel.: 0721-94402-0, Fax: 0721-94402-30  
e-mail: [Infor@harzer.de](mailto:Infor@harzer.de)  
Internet: <http://www.gis-report.de>  
<http://www.einkaufsfuehrer-vermessungswesen.de>  
<http://www.harzer.de>



Die IGIS GmbH wurde 1991 gegründet. Seit Gründung stehen die Leistungen modernen Geodatenmanagements im Mittelpunkt der unternehmerischen Tätigkeit. Unsere derzeit 35 Mitarbeiter stehen unseren Auftraggebern auf den Geschäftsfeldern Photogrammetrie, Geodatenproduktion und GIS-Consulting mit hohem Qualitätsanspruch, mit modernen technologischen Lösungen und Termintreue zur Verfügung.

Gemeinsam mit unseren Gesellschaftern, der TRIGIS-Vermessung + Geoinformatik GmbH und IVD-Ingenieur-Vermessungsbüro Dresden decken wir das komplette Leistungsspektrum der Geoinformatik ab.

Auf dem Gebiet der Aero-Photogrammetrie lösen wir Aufgaben der Herstellung von Luftbildern, der Herstellung und Fortführung von photogrammetrischen Karten, der Herstellung digitaler Geländemodelle sowie von digitalen Orthophotos.

Dabei setzen wir sowohl digitale als auch analytische Verfahren ein.

Neben Beratungs- und Schulungsleistungen zum Einsatz verschiedener Geo-Informationssysteme realisieren wir den Prozess der Datenerfassung und -aufbereitung sowie der Modellierung in Geometrie- und Sachdatenbanksystemen. Dabei kommen unterschiedliche Systemplattformen zum Einsatz, wie SICAD, DAVID, MicroStation, InterNetz, Alfa, diverse PC-Systeme usw. Gemeinsam mit unseren Gesellschaftern werden weitere Plattformen bedient, u. a. SMALLWORLD, CARD/1.

**IGIS** – Institut für Geo-Informationssysteme GmbH

Hohmannstraße 6, D-04129 Leipzig  
Tel.: 0341-9183300, Fax: 0341-9183333  
e-mail: [info@igis-leipzig.de](mailto:info@igis-leipzig.de)  
Internet: [www.igis-leipzig.de](http://www.igis-leipzig.de)



**professionell** • **kreativ** • **genau**



Ingenieurbüro für  
Luftbildauswertung und Vermessung  
Dipl.-Ing. M. Wagner  
Leipener Straße 7  
D-04539 Groitzsch/ Wischstauden  
Tel.+49(0)34296/956-0  
Fax+49(0)34296/956-71  
e-mail: [ilv.wagner@t-online.de](mailto:ilv.wagner@t-online.de)  
Internet: <http://www.ilv-wagner.com>

Das Ingenieurbüro ILV besteht gegenwärtig aus 18 Mitarbeitern. Es verfügt über 2 Bildflugzeuge, mehrere Luftbildkammern, Flugnavigation CCNS4, DGPS, AERO-control.

Für die Bildauswertung stehen 5 analytische und digitale Stereoauswertesysteme der Firma Carl Zeiss zur Verfügung: Dicomat, Topocart, Phodis ST10, SCAI mit Autowinder.

Für die digitale Bildverarbeitung sind Bildverarbeitungssysteme, Thermotransferplotter, Farbscanner und Farbkopierer vorhanden.

Die Ausrüstung für die terrestrische Vermessung besteht aus automatischen Tachymetern und Nivellieren, GPS-Stationen von Trimble, UMK-Aufnahmesystem.

Außerdem sind alle erforderlichen Computersysteme und Softwareprogramme vorhanden: CAD-Arbeitsplätze, MicroStation, SICAD, ARCVIEW, CADdy, AUTOCAD, ERDAS IMAGINE u. a. m.

ILV bearbeitet z. Z. Projekte bundesweit sowie in Nigeria und Bosnien-Herzegowina.

Referenzobjekte: Luftbildauswertung von Innenstädten 1 : 500, 1 : 1000, Satellitenbildauswertung für Nigeria, Peru, Aerotriangulation großer Gebiete für die Liegenschaftskarte 1 : 1000, Orthophoto-Herstellung, Vermessung der Bühne der Oper Leipzig.



Seit vielen Jahren ist INPHO für die Entwicklung führender Softwarekomponenten für die Photogrammetrie bekannt. Dies gilt insbesondere für die Automation in der digitalen Photogrammetrie, die Aerotriangulation und die Generierung und Verarbeitung digitaler Geländemodelle.

Durch eigene Neuentwicklungen und in Kooperation mit den Partnern des Geo-ToolBox Teams bietet INPHO seit Juli 2000 ein komplettes photogrammetrisches System an, das alle Arbeitsschritte von der digitalen Bilderfassung bis zum Orthophotomosaik abdeckt.

Das INPHO-System umfasst die Bereiche:

- Digitale Bilderfassung (inCAM, Ultra-Scan)
- Automatische Aerotriangulation (MATCH-AT)
- Blockausgleichung (inBLOCK, PATB, PATM) GPS-Postprocessing (SKIP)
- Digitale Geländemodelle (MATCH-T, SCOP, GVE, Capture Contour)
- Orthophoto (OrthoMaster, OrthoVista)
- Stereoauswertung (Summit, Capture NT)
- Automatisierte Objekterfassung (inJECT)
- Neue Technologien (COBRA, Image Web Server)

Wichtige Schritte im Jahr 2000 waren der Zusammenschluss mit X-Position Oy, Finnland (jetzt INPHO Technology Oy) und die Gründung von INPHO Systems Inc. (ISI), USA.

INPHO bietet Ihnen weltweit führende Produkte für die Photogrammetrie, effiziente Schulungen und kompetenten technischen Support, sowie Consulting.

#### **INPHO GmbH**

Smaragdweg 1, D-70174 Stuttgart

Tel.: 0711-228810, Fax: 0711-2288111

e-mail: [sales@inpho.de](mailto:sales@inpho.de), [www.inpho.de](http://www.inpho.de)

# INVERS



Die Firma INVERS – Industrievermessung & Systeme, mit Sitz in Essen, ist im Bereich der Photogrammetrie und optischer Messtechnik tätig.

Die Angebotspalette umfasst, neben den klassischen Bereichen der Photogrammetrie, Dienstleistungen in den Bereichen Architektur, 3D-Stadtmodelle, Bau-, Ingenieur- und Maschinenwesen – von der Erfassung über die digitale Auswertung bis zum 3D-CAD Modell.

Einen Schwerpunkt stellt der Bereich des Anlagenbaus dar, von der hochpräzisen 3D-Objektkoordinatenbestimmung über Deformationsmessungen bis hin zur vollständigen As-Built-Dokumentation. Als Erfassungs- und Auswerteprogramm wird PHAUST®-Anlage eingesetzt, das Schnittstellen zu diversen CAD-Programmen und Planungstools anbietet.

Ein weiteres Betätigungsfeld ist die 3D-Erfassung und 3D-Modellierung auf Stereobasis. Als Erfassungswerkzeug wird die PC-basierte Stereoauswertestation PHAUST®-StereoModeler eingesetzt, die neben der geometrischen Vermessung und Rekonstruktion auch Texturierungen der registrierten Geometrien für vollständige photorealistische Visualisierungen ermöglicht.

Des Weiteren erstellt INVERS kundenspezifische Dienstleistungs- und Softwarelösungen für die vielfältigen Bereiche der digitalen Photogrammetrie.

## INVERS

Industrievermessung & Systeme

Dipl.-Ing. Detlev Woytowicz

Kruppstraße 82–100, D-45145 Essen

Tel.: 0201-81 27-410, Fax: 0201-81 27 411

e-mail: [info@invers-essen.de](mailto:info@invers-essen.de)

Internet: [www.invers-essen.de](http://www.invers-essen.de)

# KAMPSAX

## Kompetenz in der Vermessung

- Bildflug
- Photogrammetrie
- Digitale Kartierung
- Graphische Datenverarbeitung
- Fernerkundung
- Digitale Bildverarbeitung
- Ingenieurvermessung
- Kartographie

## Ihr Partner für die Zukunft

Dieselstraße 16

D-15370 Fredersdorf b. Berlin

Tel.: (033439) 668-0

Fax: (033439) 668-88

e-mail: [kampsax@compuserve.com](mailto:kampsax@compuserve.com)

Internet: [www.Kampsax.dk](http://www.Kampsax.dk)



LH Systems ist ein führender Hersteller von Systemen für die analoge und digitale Luftbildaufnahme und die Erfassung von hochpräziser Information aus Bilddaten. Angeboten werden Hardware- und Software-Systeme zur Erstellung, Bearbeitung und Fortführung von präzisen Informationen. Diese vertreibt LH Systems weltweit über Tochterunternehmen mit Beratung, Schulung und Service.

Dabei betreut die LH Systems GmbH, Berlin, die Märkte Deutschland sowie Österreich gemeinsam mit der Fa. R + A Rost in Wien.

Im Einzelnen werden angeboten analoge Luftbild-Aufnahmesysteme (RC30, PAV30), digitale Luftbildsensoren ADS40, Flug-Management-Systeme (ASCOT), PostProcessing für GPS-Daten (Flykin Suite+), analytische Stereo-Auswertegeräte (SD2000/3000), Triangulationssysteme (ORIMA), Stereo-Erfassungs-Software für MicroStation® GeoGraphics® (PRO600), Luftbild-Scanner (DSW500) und digitale Photogrammetrie-Software (SOCET SET®, DODGER).

Eine Innovation stellt der digitale Luftbildsensor ADS40 dar, eine Gemeinschaftsentwicklung mit dem DLR, basierend auf dem 3-Zeilen-Scanner-Prinzip, wie es in WAOSS, WACC, HRSC und anderen DLR-Entwicklungen verwendet wird. Er verfügt über drei panchromatische und vier MS-Bänder sowie ein spezielles Positionierungs- und Orientierungssystem von Applinix. Die Einführung des ADS40 stellt einen Paradigmenwechsel zur vollständigen digitalen Photogrammetrie dar.

#### **LH Systems GmbH**

Am Borsigturm 53, D-13507 Berlin  
Tel.: 030-4303 7788, Fax: 030-4303 7799  
e-mail: [tfischer@lh-systems.com](mailto:tfischer@lh-systems.com)  
Internet: [www.lh-systems.com](http://www.lh-systems.com)



München – Sharjah – Beirut – Lissabon – Paris – Bukarest – Riyadh – Muscat – Dakar – Conakry

#### **„25 Jahre Erfahrung in 50 Ländern“**

Mit modernsten Arbeitsmethoden und dem Fachwissen von über 200 Mitarbeitern betreut MAPS in zehn Niederlassungen neben Europa schwerpunktmäßig Afrika und den Mittleren Osten. Die Aufgaben von MAPS sind die Erfassung von geographisch/technischen Daten.

Die Spezialisierungen von MAPS:

#### **GPS-gestützte Befliegungen**

MAPS besitzt zwei Bildflugzeuge, eines davon mit zwei Kameras bestückt.

#### **GPS – gestützte Aerotriangulation**

#### **Digitale Orthophotos / Geländemodelle**

MAPS ist führend in der kommerziellen Abwicklung von GPS-gestützten digitalen Aerotriangulationen und der wirtschaftlichen Erstellung von digitalen Orthophotos.

#### **Terrestrische- und GPS-Vermessungen**

#### **Integration von raumbezogenen Daten**

MAPS erstellt mit Hinsicht auf Ingenieur- und Planungsobjekte Daten in beinahe allen gebräuchlichen GIS-Formaten.

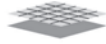
#### **Systementwicklung / Schulung CAD/GIS**

MAPS betreibt mit einem internen Team von Experten Systementwicklungen für Datenerfassung im CAD- und GIS-Bereich.

#### **Application Service Provider (ASP)**

MAPS ist spezialisiert auf die Bereitstellung von geographisch/technischen Anwendungen über das Intra- und Internet. Bei diesem innovativen Service profitiert der Kunde von einer optimalen Einbindung von räumlich bezogenen Daten in den Informationsprozess, ohne seinerseits spezialisiertes IT-know-how aufbauen oder vorhalten zu müssen.

Truderinger Straße 13, D-81677 München  
Tel.: +49-89-472083, Fax: +49-89-473435  
e-mail: [info@maps-geosystems.com](mailto:info@maps-geosystems.com)  
Internet: [www.maps-geosystems.com](http://www.maps-geosystems.com)



## PHOTOGRAMMETRIE

G M B H

Gegründet am 12. März 1919 in München, kann die Photogrammetrie GmbH auf über 80 Jahre Firmengeschichte zurückblicken. Sie ist damit das älteste privatwirtschaftlich geführte Unternehmen der angewandten Photogrammetrie in Europa. Mit einer weiteren Niederlassung in Karlsruhe ist sie heute nicht nur in der Bundesrepublik sondern auch in der Schweiz und Österreich präsent.

Das Unternehmen befasst sich seit Beginn mit der Herstellung und Auswertung von Messbildern – der Photogrammetrie, die heute mit digitalen Aufnahme- und Auswertesystemen wesentliche Grundlage für GIS-basierte raumbezogene Datenbanken darstellt. Diese intelligenten Daten sind gleichermaßen Voraussetzung für zukunftsweisende Planungen wie für die Optimierung von Geschäftsprozessen und Analysen / Präsentationen in der Statistik und Öffentlichkeitsarbeit.

Weitere Schwerpunkte der geschäftlichen Aktivitäten bilden die Dienstleistungen auf dem Sektor der Informationssysteme. Im Kundeninteresse werden vier der verbreitetsten GIS eingesetzt: SMALLWORLD-GIS, ESRI ARC/INFO, BENTLEY MicroStation und SICAD GEOMATICS. Im erweiterten Geschäftsfeld Facility Management kommt SPEEDICON FM zum Einsatz.

Als Generalunternehmer bietet die Photogrammetrie GmbH von der Datenersterfassung und dem Aufbau von Geodatenservern über die GIS-Einführung bis zu moderner Informationstechnologie via Internet / Intranet spezielle Kundenkonzepte. Umfassende Beratungsleistungen, Unterstützung bei Ausschreibungen sowie Projektmanagement und QS/QM-Leistungen runden das Spektrum ab.

### PHOTOGRAMMETRIE GmbH

Anzinger Straße 5, D-81671 München  
Tel.: 089-43 69 20, Fax: 089-43 69 21 00  
e-mail: [info@photogrammetrie.de](mailto:info@photogrammetrie.de)  
Internet: <http://www.photogrammetrie.de>

## RWE RHEINBRAUN AG

### Abteilung Photogrammetrie

Seit über 40 Jahren nutzt RWE Rheinbraun die Vorteile der Photogrammetrie zur Vermessung der Tagebaue im rheinischen Braunkohlenrevier. Die Tagebaue mit einem jährlichen Gesamtfördervolumen von knapp 100 Mio t Braunkohle werden in regelmäßigen Abständen von zwei bzw. vier Wochen aufgemessen. In diesem Zeitraum werden innerhalb eines Tagebaus bis zu 20 Mio m<sup>3</sup> Abraum/Kohle gefördert und damit die Topographie des Tagebaus durchgreifend verändert.

Zur Herstellung des notwendigen Luftbildmaterials betreibt die Abteilung *Photogrammetrie* von RWE Rheinbraun einen eigenen Bildflugbetrieb und die Schwarz-Weiß-Fliegerfilmentwicklung. Die Luftbilder werden mit Hilfe modernster Technik zeitnah weiterverarbeitet. Dazu stehen in der Luftbildauswertung ein Luftbildscanner SCAI mit Autowinderbetrieb sowie vier Workstations als Komponenten der Digitalen Photogrammetrie zur Verfügung. Aerotriangulation, Stereoauswertung, Geländemodellableitung und Orthophotoherstellung erfolgen ausschließlich auf digitalem Weg.

Neben der betriebsinternen Dienstleistung bietet RWE Rheinbraun die Leistungen Bildflug, Aerotriangulation, photogrammetrische Kartenherstellung, DHM-Berechnungen und die Herstellung von digitalen Orthophotos auch am Markt an.

### RWE Rheinbraun AG,

Abt. Photogrammetrie  
Stütgenweg 2, D-50935 Köln  
Tel.: 0221-480-22961, Fax: 0221-480-23142  
e-mail: [bt3.sekr@rwerheinbraun.com](mailto:bt3.sekr@rwerheinbraun.com)  
Internet: <http://www.rwe.com>

**technet GmbH**

Gründig und Partner



Digitale Photogrammetrie, Kataster- und Ingenieurvermessung, Eisenbahn- und Straßenbau sowie die Berechnung von Flächentragwerken sind Tätigkeitsfelder der technet GmbH. Das 1989 gegründete Unternehmen mit Sitz in Berlin und Stuttgart bietet Software und Dienstleistungen in diesen Bereichen an. Zentraler Bezug des Anwendungsspektrums sind Optimierungsaufgaben und Datenmanagement.

Für die digitale Photogrammetrie wurde das Windows-PC-basierte Programmsystem PICTRAN entwickelt. PICTRAN beinhaltet Module zur 3D-Auswertung mit CAD-Anbindung, Entzerrung, Orthophotoerzeugung, Bündelausgleichung ohne manuelle Vorgabe von Näherungswerten, Kamerakalibrierung und vollautomatische Punktmessung mit codierten Messmarken.

Eine objektive Analyse der Ausgleichung wird durch die eingesetzten Berechnungsverfahren gewährleistet. Die automatische Elimination grober Beobachtungsfehler und die Berechnung von Genauigkeiten und Zuverlässigkeiten ermöglichen professionelle Anwendungen zum konkurrenzlos günstigen Preis.

Wir bieten Sonderlösungen und Anpassungen an andere Systeme. Derartige Spezialanwendungen wurden mit PICTRAN in den Bereichen Medizin und Bauwesen bereits umgesetzt. Unsere Erfahrungen in der photogrammetrischen Auswertung von Architektur- und Industriefotografien gewährleisten technisch fundierte, genaue und kostengünstige Dienstleistungen.

**technet GmbH**

Maaßenstraße 14, D-10777 Berlin  
Tel.: 030-2154020, Fax: 030-2154027  
e-mail: mail@technet-gmbh.de  
Internet: www.technet-gmbh.de

**terra**

bildmessflug

Unser Unternehmen führt seit mehr als 9 Jahren erfolgreich Bildmess- und Laser-scansflüge in verschiedenen europäischen Ländern durch. Terra-Bildmessflug arbeitet z.B. in Deutschland, Österreich, Schweiz, Frankreich, Niederlande, Spanien (unter anderem die Balearen und Kanaren) sowie Portugal.

Sowohl unser Know-how, die Orientierung am neuesten Stand der Technologie wie auch die sichere und schnelle Abwicklung der Flüge, vor allem im Frühjahr, half uns, das Vertrauen von mehr als 20 Ingenieurbüros in ganz Europa zu gewinnen.

Durch die engen Kooperationen mit den Unternehmen Weser-Bildmessflug, Bremerhaven und Terra Austria, Saalfelden, haben wir einen strategischen Standortvorteil erlangt. So können die Befliegungen effizient und schnell abgewickelt werden. Auch das Wetterrisiko lässt sich durch die entstehenden Synergieeffekte minimieren.

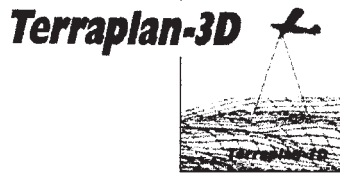
Unsere technische Ausstattung:

- Cessna 303, 2-motorig, mit den Standorten in Aalen/Baden-Württemberg und Zell am See/Österreich
- Cessna 206 T, 1-motorig, mit Standort in Bremerhaven
- Zeiss-Kameras RMK TOP 15 und 30
- GPS-Bildflugmanagementsystem CCNS-4 DGPS OMNISTAR

**Terra Bildmessflug GmbH & Co**

Schumannstraße 21, D-71672 Marbach  
Tel.: 07144-831244, Fax: 07144-831246  
e-mail: terra-bildmessflug@t-online.de  
www.terra-bildmessflug.de





**Von der Signalisierung bis zur Planung**  
**Terraplan-3D** ist ein Ingenieurbüro für  
**Photogrammetrie – Vermessung**

Wir garantieren fachlich kompetente Ingenieurleistung für die Bereiche:

- Bildflüge – mit kinematischem GPS
- Luftbildauswertung/Interpretation
- 3D Digitale Stadt- und Geländemodelle
- Bildverarbeitung
- Architektur-Photogrammetrie
- Denkmalpflege/Umweltschutz
- Ingenieurvermessung
- GIS-Technologie
- Kartographie

Durch Anwendung neuester Hard- und Software können wir unseren Kunden optimale Planungsunterlagen liefern.

Für Verkehrsnetzplaner, Stadtentwickler, Deponiebetreiber, Wasserwirtschaftler, Umweltschützer u.a. erstellen wir aus den DHM's auch 3-D Visualisierungen, die den Bestand und die Planungskomponenten gemeinsam zeigen.

Unser Ziel ist es, neue Aufgabengebiete oder Verbesserung der bestehenden zu erarbeiten, damit das Ingenieurwesen zusammen mit der kaufmännischen Seite konstruktiv bleibt.

**Terraplan-3D**

Buchendorfer Str. 74  
 D-82061 Neuried  
 Tel.: 089-756506  
 Fax: 089-7595556  
 e-mail: office@terraplan3d.de  
 Internet: www.terraplan3d.de



Z/I IMAGING GmbH ist ein Joint Venture zwischen Carl Zeiss und Intergraph. Wir verbinden die Kompetenz von Carl Zeiss auf den Gebieten der Optik und Feinmechanik mit Intergraphs Erfahrung in der Entwicklung von Workstations und Software; dies bietet ideale Voraussetzungen für die Entwicklung und den Vertrieb neuer Technologie-Generationen.

Z/I IMAGING bietet ein breites Produktspektrum offener Lösungen wie etwa Luftbildaufnahmesysteme (RMK TOP) und Flight-Management-Systeme, analytische Stereoplotter der Planicom-Serie, photogrammetrische Scanner (PhotoScan2001), digitale Auswertesysteme (ImageStation 2001 und SSK), Workstations sowie Software zur photogrammetrischen Datenverwaltung, -verarbeitung und -verteilung (TerraShare).

Darüber hinaus erarbeiten wir mit unseren Kunden Servicekonzepte für unsere Produkte. Unser Ziel ist es, unseren Kunden optimale und individuelle Lösungen anzubieten, diese zu realisieren und in der Nutzung zu betreuen.

Z/I IMAGING ist in über 100 Staaten weltweit vertreten. Wir investieren ständig in die Entwicklung unserer Produkte, um best-in-class-Lösungen bieten zu können. Vereinbaren Sie einfach einen Produkt-Demo-Termin unter der +49-7364-20-6500.

Im Jahr 2001 können Sie sich von unserer Leistungsfähigkeit überzeugen; und zwar auf der „Envitec“ in Düsseldorf (14.–17.5.2001) sowie auf „Paris Airshow Le Bourget“ (17.–24.06.2001, Halle 5/D10).

Z/I IMAGING ist außerdem mit dem Institut für Photogrammetrie der Uni Stuttgart Veranstalter der Photogrammetrischen Woche vom 24. bis 28.9.2001 in Stuttgart.

**Z/I IMAGING GmbH**

Carl-Zeiss-Straße 22, D-73447 Oberkochen  
 Deutschland. Tel. +49-7364-20-6500, Fax.  
 +49-7364-20-2929, e-mail: info@ziimaging.de,  
 Internet: www.ziimaging.de

## Korporative Mitglieder der DGPF – Hochschulen



**Fachhochschule  
Frankfurt am Main –  
University of Applied Sciences**  
Fachbereich I; Studiengang  
Vermessungswesen

Das Studienangebot enthält nach dreisemestrigem Grundstudium und einem Orientierungssemester zahlreiche Vertiefungsmöglichkeiten, u. a. Ingenieurvermessung, Photogrammetrie, GIS, Grundstücksvermessung und -bewertung, Industrievermessung, Topographie.

Die photogr. Ausstattung besteht aus analogen und analytischen Geräten und verschiedenen terrestrischen Messkamern. Für die Auswertung digitaler Aufnahmen steht das System Elcovision zur Verfügung.

Die Anwendungsschwerpunkte der Photogrammetrie liegen in der Gebäudeaufnahme. In Kooperation mit dem Landesamt für Denkmalspflege wurden zahlreiche historische Gebäude und Burgen in Hessen gesichert. Die graphische Nachbearbeitung erfolgt mit den CAD-Systemen MicroStation und AutoCAD.

Im GIS-Schwerpunkt wird mit der Intergraph-Software MGE und Geomedia Pro gearbeitet. In Vortrag und Übungen stehen Datenstrukturen und die Funktionalität im Vordergrund. Ein Angebot für Facility-Management in Kooperation mit dem Studiengang Bauingenieurwesen wurde erfolgreich eingeführt.

Im Schwerpunkt Grundstücksvermessung und Grundstücksbewertung besteht eine sehr erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem Bodenordnungsamt der Stadt Frankfurt am Main und dem Katasteramt Darmstadt. Bei den Diplomarbeiten hat der Anteil von Grundstücksbewertungen im Inland und Ausland stark zugenommen.

Nibelungenplatz 1,  
D-60318 Frankfurt am Main,  
Tel.: 069-1533-2349, Fax: 069/1533-2058  
e-mail: reitz@fbg.fh-frankfurt.de  
internet: www.fh-frankfurt.de

**Fachhochschule  
Karlsruhe**



**Hochschule für Technik**

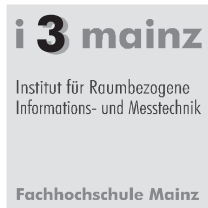
Fachbereich Geoinformationswesen  
mit den Studiengängen

- Vermessung und Geomatik
- Kartographie und Geomatik

In den beiden Studiengängen werden an der 120 Jahre alten Fachhochschule Karlsruhe die Fächer Photogrammetrie, Luftbildinterpretation, Fernerkundung, Digitale Bildverarbeitung und GIS angeboten. Die Instrumentenausstattung im gemeinsamen Photogrammetrie-Labor mit dem Analytischen Auswertegerät ZEISS P2, der Digitalen Auswertestation Stereometric Pro der Firma SISCAM, Analogauswertegeräten, einer UMK, einer Rollei Teilmesskamera und der digitalen ChipPack metric u. v. a. erlaubt eine Lehre auf dem heutigen Niveau. Hinzu kommen noch die diversen Softwarepakete SCOP, BINGO, CDW, PHOTO-MODELLER für Bildauswertung und 3D-Modellierung sowie weitere Programme zur 3D-Visualisierung und Animation. Im GIS-Labor stehen neun Sun Workstations mit den Programmen ArcInfo, ArcView und Imagine von ERDAS zur Verfügung.

Die gesamte Ausstattung wird auch für die Bearbeitung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Rahmen des angegliederten ‚Institut für Photogrammetrie und Kartographie‘ (IPuK) genutzt.

Moltkestraße 30, D-76133 Karlsruhe  
Tel.: 0721-9252590, Fax: 0721-9252591  
e-mail: *Name der angeschriebenen*  
Person@fh-karlsruhe.de  
www.fh-karlsruhe.de



**i3mainz**

## Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik

Das i3mainz ist ein Forschungsinstitut der Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung im Fachbereich I der Fachhochschule Mainz. Die Fachrichtung Geoinformatik und Vermessung bildet Studierende auf dem gleich lautenden Fachgebiet in einem FH-Diplomstudiengang aus. In Kürze wird dies durch einen Masterstudiengang Geoinformatik ergänzt, der berufs begleitend zum Master of Engineering führt. Außerdem bietet die FH in Kooperation mit der ESGT Le Mans (F) einen gemeinsamen Studiengang an, der mit einem jeweils einjährigen Auslandsaufenthalt den Erwerb beider Abschlüsse (Dipl.-Ing. FH, ingénieur diplômé del' ESGT) erlaubt.

Aufgabe des Institutes ist anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Photogrammetrie, Bildverarbeitung, Fernerkundung und Geoinformatik. Die Anwendungen reichen von der Archäologie bis hin zur industriellen Messtechnik. Seit neuestem ist am i3mainz ein Kompetenzzentrum für „raumbezogene Informationstechnik in den Geisteswissenschaften“ eingerichtet worden, das den Einsatz der Geoinformatik in diesem Bereich fördern will.

Am Institut steht durch die Mitarbeit mehrerer Professoren ein breites Spektrum an Kompetenzen zur Verfügung. Die Zahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter beträgt derzeit zehn.

i3mainz, Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik, Holzstr. 36, D-55116 Mainz, Tel.: 06131-262830, Fax: 06131-262815, e-mail: i3mainz@fh-mainz.de  
www.i3mainz.fh-mainz.de



## Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik Fachhochschule Weser-Ems

Das Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG) gehört zum Fachbereich Vermessungswesen der Fachhochschule Weser-Ems am Standort Oldenburg. Es nimmt Aufgaben in Lehre und Forschung für die Bereiche Photogrammetrie, Kartographie und Geoinformatik wahr.

Der Schwerpunkt liegt in der Photogrammetrie auf Nahbereichsanwendungen. Hier werden u.a. Verfahren zur Linienphotogrammetrie, zu bildvarianten Kameramodellen und zur objektbasierten Mehrbildzuordnung entwickelt.

Im Bereich der Kartographie werden Multimedia-Techniken für interaktive Karten und Informationssysteme untersucht. Mit der am IAPG entwickelten Infrarot-Reflektographie werden multispektrale Fernerkundungstechniken im Nahbereich eingesetzt.

In der Geoinformatik reicht das Arbeitsgebiet von der Entwicklung von Datenmodellen und Anwenderschalen über Internet- und Telematikanwendungen bis hin zur Generalisierung von GIS-Daten.

Mit dem seit 1997 bestehenden Studiengang Geoinformationswesen (Geoinformatik) wird diesem Schwerpunkt auch in der Lehre Rechnung getragen.

IAPG – Ofener Str. 16, D-26121 Oldenburg  
Tel.: 0441-7708-172, Fax: 0441-7708-170  
e-mail: iapg@fh-oldenburg.de  
Internet: <http://www.fh-oldenburg/iapg/>



FACHHOCHSCHULE **HOCHSCHULE FÜR  
STUTT GART TECHN I K**

**Internationaler Masterstudiengang**  
*Photogrammetry and Geoinformatics*

Der Fachbereich Vermessung und Geoinformatik beginnt zum kommenden Wintersemester seinen dritten Internationalen Masterkurs „Photogrammetry and Geoinformatics“.

Er wird als einjähriger Vorlesungskurs mit drei Trimestern angeboten, ergänzt durch eine auf sechs Monate begrenzte wissenschaftliche Arbeit, die in einer Master Thesis darzulegen ist. Der erworbene Abschluss „Master of Science“ (MSc) bietet wissenschaftlich orientierten Studenten die Möglichkeit, direkt in ein Promotionsprogramm (PhD) einer Partnerhochschule einzutreten.

Alle Lehrveranstaltungen werden in englischer Sprache angeboten. Ausländische Studenten mit geringen Deutschkenntnissen können deshalb sofort mit dem Fachstudium beginnen. Im gegenwärtig laufenden zweiten Kurs sind 28 Studenten aus 16 Ländern Afrikas, Asiens, Südamerikas und Europas immatrikuliert. Deutsche Studenten erwerben durch den englischsprachigen Unterricht und die Integration in einen Semesterverband mit ausländischen Kommilitonen eine Schlüsselqualifikation, durch die sie auf die zunehmende Internationalisierung des Geoinformatikmarktes vorbereitet werden. Bewerber müssen gute Englischkenntnisse nachweisen. Die HfT bemüht sich um eine verstärkte Teilnahme von Absolventen deutscher Hochschulen.

FH Stuttgart – Hochschule für Technik  
Fachbereich Vermessung u. Geoinformatik  
Schellingstraße 24, D-70174 Stuttgart  
Ansprechpartner: Prof. Dr. MICHAEL HAHN  
Tel: 0711-121-2712, Fax: 0711-121-2711  
e-mail: MSc-Manager.fbv@fht-stuttgart.de  
Web: <http://www.fht-stuttgart.de/>



**Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Dresden (FH)**  
Fachbereich Vermessungswesen/  
Kartographie

Die Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) bietet im Fachbereich Vermessungswesen/Kartographie die beiden gleichnamigen Studiengänge an. Von allen einschlägigen Fachbereichen in Deutschland erfreut sich dieser Fachbereich derzeit der größten Nachfrage von Studierenden.

Im Studiengang **Vermessungswesen** gibt es drei Vertiefungsrichtungen: Geoinformatik, Landmanagement und Ingenieurvermessung. Im Studiengang **Kartographie** wird in den Richtungen Geoinformationssysteme und Digitale Medien vertieft.

Nach einer Regelstudienzeit von 8 Semestern, davon ein praktisches Studiensemester, beenden Sie das Studium als Diplomingenieurin/ Diplomingenieur (FH).

Der Studiengang Vermessungswesen wird auch als berufsbegleitendes Fernstudium angeboten; die Regelstudienzeit beträgt dann 10 Semester.

Der Fachbereich führt eine Reihe vielbeachteter Projekte durch bzw. ist an diesen beteiligt. Nachfolgend wird eine Auswahl angegeben:

- Erforschung der Erdzeichnungen von Nasca, Peru
- Entwicklung eines Konverters zwischen SICAD/open und EVA mobil
- Digitalisiertes Koloniales Bildprojekt

Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Dresden (FH), Fachbereich Vermessungswesen/  
Kartographie  
PF 120701, D-01008 Dresden  
Tel: +49-351-4623149, Fax: +49-351-462  
2191, e-mail: [dekanat@vermessung.htw-dresden.de](mailto:dekanat@vermessung.htw-dresden.de)  
www: <http://www.htw-dresden.de/vk/>



**Geodätisches Institut  
und Lehrstuhl für  
Geodäsie der RWTH  
Aachen**

Das Geodätische Institut der RWTH Aachen nimmt innerhalb der Fakultät für Bauingenieurwesen Lehrverpflichtungen in den Fächern Vermessungskunde, Statistik, Datenverarbeitung, Ingenieurgeodäsie sowie Photogrammetrie und Geoinformationssysteme wahr. Gegenwärtig werden ca. 210 Studenten aus den Fachrichtungen Bauingenieur-, Markscheidewesen, Stadtplanung, Gewerbelehrer und Abfallentsorgung betreut. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten konzentrieren sich auf die vier Arbeitsschwerpunkte Ingenieurgeodäsie, Anwendungen der Statistik, Nahbereichsphotogrammetrie und Geoinformationssysteme (GIS).

Folgende Themen sind aktuell Gegenstand der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten:

- Entwicklung des digitalen photogrammetrischen Auswertesystems PHIDIAS (3D-CAD-System, *MicroStation*).
- Nonstandard Datenbanksysteme: Konzeption und prototypische Entwicklung von persistenten Objektspeichern für OO Sprachen, wie etwa C++.
- Ausgleichungssysteme: KAFKA für die Auswertung beliebiger geodätischer Beobachtungen sowie KATHOM für die Homogenisierung und Fortführung digitaler Karten.
- Der Schwerpunkt der gegenwärtigen Arbeiten liegt auf der Entwicklung von KATGIS, einer streng objektorientierten, workflow-gesteuerten Anwendung für das Smallworld-GIS, basierend auf dem neuen Datenmodell ALKIS.

Geodätisches Institut der RWTH Aachen  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. BENNING  
Templergraben 55, D-52062 Aachen  
Tel.: 0241-805300, Fax: 0241-8888-142  
e-mail: [info@gia.rwth-aachen.de](mailto:info@gia.rwth-aachen.de)  
Internet: [www.gia.rwth-aachen.de](http://www.gia.rwth-aachen.de)

**Technische Universität Berlin** 

**Fachgebiet Photogrammetrie  
und Kartographie**

Das Fachgebiet Photogrammetrie und Kartographie der Technischen Universität Berlin wurde 1930 als Erster deutscher Lehrstuhl für Photogrammetrie gegründet. In der Lehre werden die Fächer Photogrammetrie, Kartographie, Fernerkundung, Datenverarbeitung und GIS für den Studiengang Vermessungswesen betreut, ferner Architekturphotogrammetrie für den Studiengang Architektur und das Aufbaustudium Denkmalpflege.

Ein Großteil der Forschungsarbeiten ist traditionell der Nahbereichsphotogrammetrie gewidmet. Laufende Projekte sind u. a.:

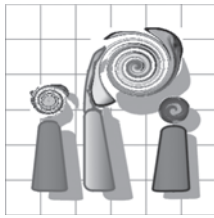
- Photogrammetrische Auswertung elektronenmikroskopischer Bilder, vor allem im SFB „Elementarereignisse“
- Vermessung von Saurierskeletten
- Entwicklung und Anwendung digitaler Verfahren in der Architekturphotogrammetrie
- Photogrammetrische Rekonstruktion zerstörter Gebäude aus historischen Bildern

Weitere Schwerpunkte der Entwicklungsarbeiten sind:

- Kartographische Anwendung von Fernerkundungsdaten (vor allem Satelliten-Bildkarten)
- Geometrische Korrektur von zeilenweise aufgezeichneten Fernerkundungsdaten
- Photogrammetrische Auswertung der mit Mehrzeilenkameras gewonnenen digitalen Luftbilddaten
- Photogrammetrische und kartographische Beiträge zur Planetenforschung

Technische Universität Berlin  
Photogrammetrie und Kartographie, EB 9  
Straße des 17. Juni 135, D-10623 Berlin  
Tel.: 030-314-23331, Fax: 030-314-21104  
e-mail: [albertz@fpk.tu-berlin.de](mailto:albertz@fpk.tu-berlin.de)  
Internet: <http://www.fpk.tu-berlin.de>





### Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen Universität Hannover

Das Institut beschäftigt sich mit Lehre und Forschung in Photogrammetrie und Fernerkundung sowie mit deren Integration in Geo-Informationssysteme. Die Arbeiten sind in vier Bereiche gegliedert:

#### 1. Sensororientierung und geometrisch/ topographische Bildauswertung

Hier werden geometrische Aspekte der photogrammetrischen Auswertung, automatische Bildzuordnung, Multisensorgeometrie und Bündelausgleichung mit GPS/INS-Inte bearbeitet und das Potenzial flugzeug- und satellitengetragener Bilddaten zur Erfassung von Geodaten untersucht.

#### 2. Thematische Bildauswertung und Geo-Information

Thematische Auswertung von Satelliten- und Flugzeugscannerdaten, Aktualisierung von Geo-Daten und Fragen zum Laser Scanning.

#### 3. Automatische Bildanalyse und Geo-Information

Modellorientierte Objektextraktion aus multisensoriellen und multitemporalen Daten sowie die Integration von Bildanalyse und GIS.

#### 4. Nahbereichsphotogrammetrie

Untersuchung und Einsatz von digitalen bildgebenden Sensoren, multimediale Visualisierung dreidimensionaler Objekte sowie Anwendungen im Ingenieur- und Architekturbereich.

Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen, Universität Hannover  
Nienburger Str.1, D-30167 Hannover  
Tel.: 0511-762-2482, Fax: 0511-762-2483  
e-mail: [ipi@ipi.uni-hannover.de](mailto:ipi@ipi.uni-hannover.de)  
<http://www.ipi.uni-hannover.de>



### Universität Karlsruhe (TH)

Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (IPF)

Das IPF unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. HANS-PETER BÄHR umfasst drei Abteilungen:

Photogrammetrie (Dr.-Ing. THOMAS VÖGTLE)  
Fernerkundung (Dr.-Ing. MANFRED STIES)  
Geoinformation (Dr.-Ing. JOACHIM WIESEL)

Lehre, Forschung und Consulting auf den genannten Gebieten bezeichnen die Arbeiten am IPF. Besonders hervorzuheben sind

in der **Lehre**:

Verknüpfung von bild- und kartenbasierten Analyse-Methoden; jährliche Hauptvermessungsübung im Kaiserstuhl; Vertieferseminare sowie Ausbildung in Geoinformatik am englischsprachigen Masterkurs „Resources Engineering“.

in der **Forschung**:

Schwerpunkte „Bildanalyse“ (Verbesserung der Wissensbasis durch Nutzung unterschiedlicher Datentypen); „3D-Stadtmodelle“ (Kulturgüterschutz, Campus-Informationssysteme, Katastrophenmanagement); „Radar-Fernerkundung“ (Bodenfeuchte und Landnutzung); „Geodatenmanagement“ (Umweltinformationssysteme, Java-basierte verteilte GIS); „Wissensrepräsentation“ (Synergien zwischen grafischer und sprachlicher Wissensrepräsentation).

im **Consulting**:

Hightech/Lowcost Bauaufnahme, Auswertung von Flugzeugabtastreraufnahmen (Versiegelung, Biotopkartierung), GIS-Einführung, Kooperationen mit Lateinamerika.

Englerstr. 7, D-76128 Karlsruhe  
Tel.: 0721-608-23 15, Fax: 0721-69 45 68  
e-mail: [leitung@ipf.uni-karlsruhe.de](mailto:leitung@ipf.uni-karlsruhe.de)  
<http://www-ipf.bau-verm.uni-karlsruhe.de>

## Korporative Mitglieder der DGPF – Behörden

### Bayerisches Landesvermessungsamt

Wir bieten:

- Luftbilder
- Digitale Orthophotos
- Luftbildkarten  
(auch mit Flurkarte und Höhenlinien)
- Rasterdaten der amtlichen Flurkarte
- Topographische Karten  
(auch als Rasterdaten)
- Top 50 dreidimensional  
(alle Topographischen Karten Bayerns  
1: 50000 und ein Digitales Gelände-  
modell auf CD)
- Amtliches Topographisch-Kartogra-  
phisches Informationssystem (ATKIS®)
- Digitales Geländemodell
- Satellitenpositionierungsdienst SAPOS®
- Festpunkte mit Lage- und Höhen-  
information



Testdaten-CD kostenlos erhältlich  
für die Bezirke  
Oberpfalz, Oberfranken, Unterfranken und Mittelfranken

Bayerisches Landesvermessungsamt  
Alexandrastraße 4 • D-80538 München  
Tel.: 089/2129-0 • Fax: 089/2129-1537  
e-mail: poststelle@blva.bayern.de

Dienstleistungszentrum Luftbildprodukte  
Tel.: 089/2129-1007 • Fax: 089/2129-1613  
e-mail: Werner.Lauerwald@blva.bayern.de



### Hessisches Landesvermessungsamt

Das Hessische Landesvermessungsamt ist ein zentrales Kompetenz- und Service-Zentrum der Landesvermessung, des Liegenschaftskatasters und der Flurneuordnung mit eigenen Aufgaben in den Bereichen Geodätischer Raumbezug, Geotopographie, Kartographie sowie Fach- und Dienstaufsicht im Bereich Liegenschaftskataster und Flurneuordnung. Darüber hinaus bietet es für die Katasterämter Serviceleistungen in der Datenverarbeitung, bei Haushalts-, Personal- und Rechtsangelegenheiten und in der Öffentlichkeitsarbeit.

Die Photogrammetrie stellt flächendeckend Geobasisinformationen in Form von Digitalen Geländemodellen und Digitalen Orthophotos her. Diese werden direkt in digitaler oder in abgeleiteter analoger Form an Kunden abgegeben. Außerdem dienen diese Basisinformationen als Grundlage zur Fortführung des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) und der topographischen Karten.

Zur Fortführung werden jährlich 20% der Landesfläche von Hessen in Luftbildern neu dokumentiert. Diese Luftbilder sind hauptsächlich Schwarzweiß-Senkrechtaufnahmen im Bildmaßstab 1:13000. Neuerdings werden die Bildflüge in Farbe durchgeführt.

Das Landesluftbildarchiv des Hessischen Landesvermessungsamtes sammelt als zentrale Stelle Luftbilder von Hessen angefangen im Jahr 1934 bis heute. Diese können in analoger und digitaler Form zur Verfügung gestellt werden.

Hessisches Landesvermessungsamt  
Schaperstraße 16, D-65195 Wiesbaden  
Tel.: 0611-535-0, Fax: 0611-535-5309  
e-mail: info@hkvv.hessen.de  
Internet: <http://www.hkvv.hessen.de>



## Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg

Die Bewirtschaftung bester Steillagen für den Qualitätsweinbau in Baden und Württemberg wird mehr und mehr aufgegeben, da immer weniger Winzer die Mühen und den Zeitaufwand auf sich nehmen, solche Flächen wie in der Vergangenheit neu anzulegen und zu bearbeiten. Wertvolle Kulturlandschaft verbuscht zunehmend. Um wirtschaftlich Weinbau betreiben zu können, sind mehr denn je Rebgrundstücke erforderlich, die auf öffentlichen Wegen zu erreichen sind und mit Maschinen bewirtschaftet werden können.

Eine wichtige Planungsgrundlage für eine landschaftsschonende und kostengünstige Flurneuordnung ist eine detaillierte photogrammetrische Auswertung aus Luftbildern im Maßstab 1:4000 und größer. Die geschummerten Perspektiven zeigen einen Ausschnitt eines Flurneuordnungsverfahrens im Kaiserstuhl.

vor der Planie



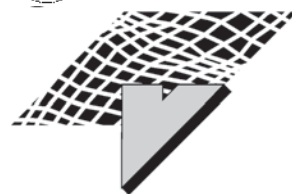
nach der Planie



Landesamt für Flurneuordnung und Landentwicklung Baden-Württemberg  
Stuttgarter Str. 161, D-70806 Kornwestheim  
Tel.: 07154-139-0, Fax: 07154-139-499  
e-mail: [poststelle@lfl.bwl.de](mailto:poststelle@lfl.bwl.de),  
Internet: [www.landentwicklung.bwl.de](http://www.landentwicklung.bwl.de)



## Landesvermessungsamt Baden-Württemberg



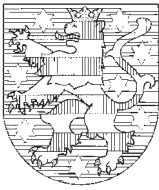
Das Landesvermessungsamt stellt jährlich von etwa 20 % der Landesfläche Baden-Württembergs Schwarzweiß-Luftbilder als Senkrechtaufnahmen im ungefähren Maßstab 1 : 18000 her. Durch einen wiederkehrenden 5-jährigen Bearbeitungszyklus wird dadurch die gesamte Landesfläche vollständig abgedeckt und somit eine hohe Aktualität garantiert.

Aus den Originalluftbildern werden digitale Orthophotos im Maßstab 1 : 10000 hergestellt. Diese dienen in der Hauptsache der Fortführung der Erfassung topographischer Veränderungen zur Fortführung des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems ATKIS und damit der ständigen Aktualität der daraus abgeleiteten topographischen Karten. Als photogrammetrische Produkte werden neben den digitalen Orthophotos auch Kontaktabzüge und Vergrößerungen von Originalluftbildern gefertigt. Diese Produkte können von jedermann gekauft werden. Lieferbar sind ebenso historische Luftbilder, wie z. B. Luftbilder, die von den Alliierten während der Kriegsjahre aufgenommen wurden.

Das Landesvermessungsamt ist auch die Koordinierungsstelle für alle durchgeführten und geplanten Bildflüge über Baden-Württemberg.

Die Internet-Homepage enthält Bildflugübersichten des laufenden und des vorausgegangenen Jahres und ermöglicht zukünftig die on-line Bestellung aller Luftbild-Produkte.

Büchsenstraße 54, D-70174 Stuttgart  
Leistungs- und Servicezentrum,  
Tel.: 0711-123-2938, Fax: 0711-123-2980  
e-mail: [lv.vertrieb@vermbw.bwl.de](mailto:lv.vertrieb@vermbw.bwl.de)  
Internet: [www.lv-bw.de](http://www.lv-bw.de)



**Thüringer**

**Landesvermessungsamt**

Die Herstellung und Aktualisierung der topographischen Landeskartenwerke ist eine der Hauptaufgaben unseres Landesvermessungsamtes. Jährlich werden von ca. 20 % der Landesfläche des Freistaats Thüringen Schwarzweiß-Luftbilder als Senkrechtaufnahmen im Maßstab 1 : 12 500 hergestellt. Die Originalluftbilder werden zu Orthophotos im Maßstab 1 : 10 000 verarbeitet. Diese dienen u. a. der Fortführung des ATKIS und in der Folge der Aktualisierung der topographischen Karten.

Wir bearbeiten und vertreiben topographische Karten im Maßstab 1 : 10 000

(TK10), 1 : 25 000 (TK25), 1 : 50 000 (TK50) und 1 : 100 000 (TK100). Verkaufsmagneten sind die auf CD-ROM vorliegenden Top 10, erstellt auf der Grundlage von Rasterdaten der Topographischen Karte 1 : 10 000, und der Top 50, Version 3.0. Wir können Ihnen aber auch historische Karten und Luftbilder anbieten.

Als photogrammetrische Produkte werden neben den digitalen Luftbildern und Orthophotos auch Kontaktkopien und Vergrößerungen erstellt.

Nachfragen, Bestellungen und weitere Informationen:

Thüringer Landesvermessungsamt

Hohenwindenstraße 13 a

D-99086 Erfurt

Telefon: 0361-3783755/777

e-mail: [kartenvertrieb@tlverma.thueringen.de](mailto:kartenvertrieb@tlverma.thueringen.de)

[www.thueringen.de/vermessung](http://www.thueringen.de/vermessung)

## Berichte

### Der Carl Pulfrich-Preis

Im Jahre 1968 hat die Firma CARL ZEISS, Oberkochen, einen Preis gestiftet, um „wissenschaftliche, anwendungstechnische oder konstruktive Tätigkeiten auf dem Gebiet des Vermessungswesens in Verbindung mit geodätischen oder photogrammetrischen Instrumenten zu fördern.“ Dabei hieß es in der Stiftungsurkunde: „Das Gedenken an Prof. Dr. Carl Pulfrich, der von 1890 bis 1927 als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Carl Zeiss-Werke wirkte und unter dessen Leitung die ersten stereophotogrammetrischen und geodätischen Instrumente des Hauses Zeiss konstruiert wurden, soll durch diese Stiftung wachgehalten werden.“ Der Preis erhielt deshalb den Namen „*Carl Pulfrich-Preis*“.

Die Stiftung wurde auch von photogrammetrischer Seite lebhaft begrüßt, zumal CARL PULFRICH als der „*Vater der Stereo-*

*photogrammetrie*“ in die Fachgeschichte eingegangen ist und der von ihm abgehaltene erste „*Ferienkurs für Stereophotogrammetrie*“ im Jahre 1909 zur Gründung der heutigen DGPF Anlass gab.

In den folgenden Jahren von 1969 bis 1997 wurde der *Carl Pulfrich-Preis* dann alle zwei Jahre für besondere Leistungen in Geodäsie und Photogrammetrie verliehen. In der Liste der Preisträger (ALBERTZ 1999, S. 347) findet man namhafte Persönlichkeiten des In- und Auslandes – ein Zeichen für den hohen Stellenwert des Preises. Im Jahre 1999 wurde der Preis wegen des geplanten Joint Ventures des Bereiches Photogrammetrie bei der Firma CARL ZEISS nicht vergeben.

Inzwischen wird die photogrammetrische Tradition von CARL ZEISS in der neu entstandenen Firma Z/I IMAGING fortgeführt. Diese hat die Idee wieder aufgegriffen und die Stiftung des Preises für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Photogrammetrie

und Fernerkundung erneuert. Nach der Neufassung der Stiftungsurkunde soll der „*Carl Pulfrich-Preis*“ auch künftig alle zwei Jahre vergeben werden und er wird mehr als bisher als internationaler Preis verstanden. Gewürdigt werden nicht nur Veröffentlichungen oder theoretische Untersuchungen, sondern auch Arbeiten, deren Gewicht in der praktischen Verwirklichung von Ideen liegt. Die Preisträger sollen nicht älter als 40 Jahre und nicht schon auf andere Weise öffentlich ausgezeichnet worden sein.

Zugleich mit der Neufassung der Stiftungsurkunde wurde eine neue Geschäftsordnung des Verleihungsrates in Kraft gesetzt. Sie sieht als Mitglieder fünf international anerkannte Persönlichkeiten der Photogrammetrie und Fernerkundung vor, ferner ein Mitglied der Geschäftsleitung der Firma Z/I IMAGING sowie den Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung e.V. als Vorsitzenden. Die zuerst genannten Mitglieder werden durch die Geschäftsleitung der Firma Z/I IMAGING in Absprache mit dem Präsidenten der DGPF jeweils auf die Dauer von fünf Jahren berufen. Eine einmalige Wiederberufung ist möglich.

Für die erste Amtsperiode des neugebildeten Verleihungsrates wurden berufen: Prof. Dr.-Ing. habil. DIETER FRITSCH, Universität Stuttgart,

Prof. Dr.-Ing. habil. WOLFGANG FÖRSTNER, Universität Bonn,  
Prof. Dr.-Ing. ARMIN GRÜN, Eidgen. Technische Hochschule Zürich (Schweiz),  
Prof. Dr. Eng. SHUNJI MURAI, University of Tokyo (Japan),  
Prof. Dr. TONI SCHENK, Ohio State University (USA).

Die erste Verleihung nach der Neukonstituierung des Preises ist bei der Photogrammetrischen Woche im September 2001 in Stuttgart vorgesehen.

Aus der Sicht der DGPF ist die Erneuerung des Preises sehr zu begrüßen. Sie verbindet die Erinnerung an CARL PULFRICH mit der auf die zukünftige Entwicklung orientierten Motivation junger Wissenschaftler in Photogrammetrie und Fernerkundung. So kann hier wiederholt werden, was K. SCHWIDEFSKY am Ende seiner Mitteilung 1969 formuliert hat: „Den Stiftern gilt der Dank der Fachwelt.“

JÖRG ALBERTZ, Berlin

ALBERTZ, J., 1999: 90 Jahre Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung e.V. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation: 293–349.  
SCHWIDEFSKY, K., 1969: Zeiss stiftet Carl Pulfrich-Preis. Bildmessung und Luftbildwesen, 37, S. 30.

## Neue Mitglieder der DGPF

Als neue Mitglieder begrüßen wir:

CHRISTIAN AUSMEYER, 30169 Hannover  
SEBASTIAN BÄR, 01069 Dresden  
KERSTIN BEHRENDT, 17121 Görmin  
ERIK BEIGE, 82362 Weilheim  
STEPHAN BLUDOVSKY, 76889 Niederhorbach  
Dipl.-Ing. KAI BÖTTCHER, 19306 Neustadt-Glewe  
Dipl.-Math. CHRISTIAN BRÄUER – BURCHARDT, 07743 Jena  
JAN BRÖKER, 01069 Dresden

Dipl.-Geogr. ANDREAS BRUNN, 74740 Adelsheim-Sennfeld  
Dr. FRANK DREESEN, 48153 Münster  
Dipl.-Geogr. STEFAN ERASMI, 37077 Göttingen  
Dr. MICHAEL FIETZ, 10715 Berlin  
Dipl.-Ing. ANDREAS FLASCHE, 51645 Gummersbach  
Dipl.-Ing. JOHANNES FÖLLER, 63303 Dreieich  
FRANK FRIESECKE, 53121 Bonn  
Dipl.-Geol. PETER GIEHRL, 82362 Weilheim



Dipl.-Ing. ROLAND HARTMANN, 30419 Hannover  
 JANET HELLER, 13125 Berlin  
 Dipl.-Ing. HOLGER HEMKEN, 26689 Augustfehn  
 Dr. CHRISTOPH HUG, 85586 Poing  
 MAGNUS JOHANSSON, 30167 Hannover  
 Dr. rer. nat. OTTOMAR KRENTZ, 09627 Hilbersdorf  
 Dipl.-Geogr. ILKA MAY, 14641 Priort  
 Dipl.-Ing. FRANZ MEYER, 80290 München  
 Dipl.-Ing. JOHN-MARCO MORÉ, 10623 Berlin  
 Dipl.-Geogr. MONIKA NIEDERHUBER, 86415 MERING  
 ANSGAR RUHNKE, 53115 Bonn  
 STEFANA SCHMIDT, 10318 Berlin  
 Dipl.-Ing. RALF SCHNEIDER, 12349 Berlin  
 Prof. Dr.-Ing. WERNER SCHNEIDER, A-1190 Wien  
 Dipl.-Geol. MARTIN SCHODLOK, 10967 Berlin  
 Dipl.-Ing. OLAF SINRAM, 10623 Berlin  
 Prof. Dr. WOLFGANG SPYRA, 03046 Cottbus  
 Dr. ANNE TAUCH, 14482 Potsdam  
 FRANK WEHDEN, 17036 Neubrandenburg

Dipl.-Ing. SABINE WEINMANN, 65197 Wiesbaden  
 Dipl.-Ing. BIRGIT WESSEL, 80290 München  
 Dipl.-Ing. KAY WINKELMANN, 03046 Cottbus  
 Dipl.-Ing. URSULA WISSMANN, 30167 Hannover  
 Dipl.-Ing. TORSTEN WOLF, 06886 Wittenberg  
 Dr.rer.nat. BERND ZBELL, 15374 Münchenberg

Neue korporative Mitglieder:

APPLANIX Corporation, 85 Leek Crescent, Richmond Hill, ON Kanada L4B 3B3  
 Fachhochschule Oldenburg, Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik, Ofener Straße 16–19, 26121 Oldenburg  
 GEOSPACE Gesellschaft für Luftbilddaten und Systeme mbH, Mathias-Brüggens-Straße 76, 50827 Köln  
 Universität Heidelberg, IWR – Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen. Im Neuenheimer Feld 368, 69120 Heidelberg  
 VEXEL IMAGING GmbH, Münzgrabensstraße 11, A-8010 Graz, Österreich

## Vorankündigungen\*

### 2001

15.–19. Juli: **Coastal Zones 2001** in **Cleveland**, Ohio, USA. Auskünfte durch e-mail: Jan.Kucklick@noaa.gov., Fax: +1-843-740 1313, www.csc.noaa.gov/cz01

11.–12. September: 38. Sitzung der **Arbeitsgruppe „Automation in der Kartographie“** im Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Büchsenstraße 54, 70172 **Stuttgart**. Auskünfte durch: Frau Helga Koch, Institut für Kartographie und Geoinformation der Universität Bonn, Meckenheimer Allee 172, 53115 Bonn, Tel.: 0228-73-3527, Fax: 0228-73-7756, e-mail: koch@mail.ikg.uni-bonn.de

12.–14. September: First Annual Meeting of the Remote Sensing and Photogrammetric Society „**Geomatics, Earth Observation and the Information Society**“ in **London**, U.K. Auskünfte durch e-mail: rss@not-tingham.uk, http://www.the-rss.org

17.–18. September: **OEEPE Workshop „Integrated Sensor Orientation“** in **Hannover**. Auskünfte durch: boettcher@ipi.uni-hannover.de, www.ipi.uni-hannover.de/ISPRS-workshop.htm

19.–21. September: „**High Resolution Mapping from Sprace 2001**“. **ISPRS Workshop** der AG I/2, I/5, IV/7 in **Hannover**. Auskünfte durch: boettcher@ipi.uni-hannover.de, www.ipi.uni-hannover.de/ISPRSworkshop.htm

\* Vgl. auch: PFG 1/2001, S. 69–72 und 2/2001, S. 142–143

1.–3. Oktober: **5<sup>th</sup> Conference on Optical 3-D Measurement Techniques** (FIG Com.V, ISPRS Com.V, ISPRS WG VI/2, IAG Sect.I-Spec.Com.4) in **Wien**. Auskünfte durch: Prof. Dr. Heribert Kahmen, Tel.: +43-1-58801-12895, e-mail: hkahmen@pop.tuwien.ac.at, Prof. Dr. Armin Gruen, Tel.: +41-1-633-3038, Fax: +41-1-633-1101, e-mail: agruen@geod.ethz.ch, Prof. Mark R. Shortis, Tel.: +61-3-9347-2480, e-mail: m.shortis@unimelb.edu.au, <http://info.tuwien.ac.at/ingeo/optical3d/o3d.htm>

2.–5. Oktober: **International Conference on Spatial Information for Sustainable Development FIG & ISPRS in Nairobi**, Kenia. Auskünfte durch: Makku Villikka, Dir., FIG office, Tel.: +45-3886-1081, oder +45-2343-8910, Fax: +45-3886-0252, e-mail: markku.villikka@fig.net oder [FIG@ddl.org](mailto:FIG@ddl.org), <http://fig3.boku.ac.at/call4papers.kenya.html>, <http://www.ddl.org/figtree/events/events2001.htm>, <http://www.ddl.org/figtree/events/nairobi.htm>

7.–12. Oktober: **20<sup>th</sup> Brazilian Congress of Cartography, 9<sup>th</sup> Congress of Land-Surveying, 8<sup>th</sup> Iberoamerican Conference on GIS in Porto Alegre**, Brasil. Auskünfte durch: Prof. Francisco Braganca, Tel.: +55-51-233-3277, Fax: +55-51-231-9851, e-mail: [xxcbc@orion.ufrgs.br](mailto:xxcbc@orion.ufrgs.br), [www.cartografia.org.br](http://www.cartografia.org.br)

8.–10. Oktober: **OEEPE/ISPRS Workshop „From 2D to 3D — Establishment and Maintenance of National Core Geospatial Databases“** in **Hannover**. Auskünfte durch: [andrea.jancke@lgn.niedersachsen.de](mailto:andrea.jancke@lgn.niedersachsen.de)

9.–10. Oktober: **ISPRS Com.VI Seminar on Education in Porto Alegre**, Brasil. Auskünfte durch: Dr. Tania Maria Sausen, Tel.: +55-12-345-6862, Fax: +55-12-345-6870, e-mail: [taniam@ltd.inpe.br](mailto:taniam@ltd.inpe.br)

29.–31. Oktober: ISPRS-Workshop der AG IV/3, 5, 6 und 7 – **Challenges in Geo-Spatial Analysis, Integration and Visualization** im Georgia Center for Continuing Education der University of Georgia in **Athens, USA**. Auskünfte durch: Dr. Marguerite Madden, e-mail: [mmadden@crms.uga.edu](mailto:mmadden@crms.uga.edu) oder Dr. Jochen Schiewe, Co-Chairman der AG IV/6 der ISPRS, „Landscape Modelling and Visualization“. e-mail: [jschiewe@iuw.uni-vechta.de](mailto:jschiewe@iuw.uni-vechta.de)  
Internet: [http://www.crms.uga.edu/wg\\_iv6/](http://www.crms.uga.edu/wg_iv6/)

8.–9. November: ISPRS Symposium **„Geodetic, Photogrammetric and Satellite Technologies – Development and Integrated Application“** in **Sofia**, Bulgarien. Auskünfte durch: Georgi Milev, e-mail: [milev@argo.bas.bg](mailto:milev@argo.bas.bg)

## Persönliches

### Baurat h.c. Dipl.-Ing. ERNST HÖFLINGER †

Am 23. Februar 2001 verstarb unser langjähriges Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung im Alter von 70 Jahren in seiner Heimatstadt Innsbruck.

ERNST HÖFLINGER war Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen, Altpäsident der Kammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten für Tirol und Vorarlberg, Präsident des Österreichischen Dachverbandes für Geoinformation, Ehrenmitglied der Fede-

ration Internationale des Geometres und Ehrenmitglied der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation.

In Deutschland ist ERNST HÖFLINGER vielen Photogrammetern und Vermessungsfachleuten bekannt durch seine Teilnahme an Fachveranstaltungen und Ausstellungen und sein damit verbundenes aktives Auftreten.

Die Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung trauert um Baurat h.c. Dipl.-Ing. ERNST HÖFLINGER; sie verliert mit ihm einen engagierten Fachmann und großartigen Menschen.

### Glückwunsch an Professor RUDOLF BURKHARDT



Im Februar dieses Jahres konnte Dr.-Ing. RUDOLF BURKHARDT, emeritierter ordentlicher Professor für Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Universität Berlin, ein seltenes Doppel-Jubiläum feiern. Am 23. Februar vollendete er das 90. Lebensjahr und am 26. Februar jährte sich zum 60. Mal der Tag seiner Promotion zum Doktor-Ingenieur. Aus diesem Anlass sind ihm von Kollegen, Schülern und früheren Mitarbeitern zahlreiche Glückwünsche zugegangen. Unter den Gratulanten war auch Dr. KOMP, der Präsident der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung, deren Ehrenmitglied der Jubilar seit 1982 ist. Schriftleitung und Redaktionsbeirat der Zeitschrift PFG schließen sich an.

Geboren wurde RUDOLF KARL BRUNO BURKHARDT am 23. 2. 1911 in Seidenberg in der Oberlausitz. In Görlitz machte er das Abitur und begann 1930 mit dem Studium des Vermessungswesens an der Technischen Hochschule Berlin, wo gerade der erste Lehrstuhl für Photogrammetrie eingerichtet worden war. Nach sechs Semestern legte er die 1. Staatsprüfung für Vermessungsingenieure in Preußen ab und begann zunächst beim Katasteramt in Görlitz mit der weiteren Ausbildung als „Kandidat des höheren Vermessungsfaches“. Aber schon nach wenigen Monaten entschloss er sich zu einem

Vertiefungsstudium, um dann 1935 an der TH Berlin auch die damals noch nicht allgemein übliche Diplomprüfung für Vermessungsingenieure abzulegen. 1935 bis 1936 war er bei Zeiss-Aerotopograph GmbH in Jena tätig, kehrte aber schon 1936 endgültig nach Berlin zurück, um bei Hansa Luftbild GmbH als wissenschaftlicher Mitarbeiter einzutreten. Dort lagen Schwerpunkte seines Wirkens in der Passpunktbestimmung und in Studien zur Radialschlitztriangulation. Die Verbindung zur Technischen Hochschule blieb aber auch in diesen Jahren erhalten und führte 1941 zur Promotion mit der Arbeit „Untersuchungen zur Frage der Bildtrennung beim stereoskopischen Messen“.

Seine akademische Laufbahn begann Professor BURKHARDT kurz nach dem Zweiten Weltkrieg, als seine frühere Hochschule nunmehr als „Technische Universität“ wieder eröffnet wurde. Sein akademischer Lehrer und Doktorvater, Prof. Dr.-Ing. OTTO LACMANN, verpflichtete ihn als Mitarbeiter für die schwierige Zeit des Neuaufbaus. Danach erklomm er die akademische Stufenleiter in einem beeindruckenden Zwei-Jahres-Rhythmus: 1946 Assistent, 1948 Oberingenieur, 1950 Habilitation, 1952 apl. Professor und 1954 als Nachfolger von LACMANN nach dessen Emeritierung ord. Professor für Photogrammetrie und Kartenkunde.

Schwerpunkte von BURKHARDTS Forschungs- und Entwicklungsarbeiten waren – in Fortführung der von LACMANN geprägten Tradition – die so genannten Sonderanwendungen der Photogrammetrie, die zu vielfältigen interdisziplinären Kontakten führten. Hervorzuheben sind vor allem die Arbeiten zur photogrammetrischen Auswertung elektronenmikroskopischer Bilder, die wegen der speziellen Abbildungsgeometrie eigene Gerätekonstruktionen erforderlich machten. Vielseitig und umfangreich waren auch die Arbeiten zur Architekturphotogrammetrie sowie zur Lösung von Messaufgaben im Bauingenieurwesen. Mit besonderer Hingabe und großem Eifer widmete sich BURKHARDT der drucktechnischen Verbesserung des Anaglyphenverfahrens. Neben vielen anderen theoretischen, prakti-

schen und auch organisatorischen Arbeiten ist vor allem sein literarisches Hauptwerk zu nennen, die grundlegende Neubearbeitung des Teiles „Photogrammetrie“ des Handbuchs der Vermessungskunde von JORDAN/EGGERT/KNEISSL. Rund ein Drittel des dreibändigen Werkes hat BURKHARDT selbst verfasst und gemeinsam mit KARL RINNER leistete er die Herausgeber-Arbeit.

Nach seiner Emeritierung im Frühjahr 1979 widmete sich Professor BURKHARDT – von den Lasten und Pflichten des Hochschullehrers befreit – neuen fachwissenschaftlichen Aufgaben. Dazu gehörten u.a. photogrammetrische Arbeiten zur Augenmedizin und zur numerischen Auswertung von elektronenmikroskopischen Stereobildern. Daneben war er als Obmann des DIN-Ausschusses für „Photogrammetrie und Fernerkundung“ tätig. Mit großem Eifer widmete er sich der Geschichte des

Fachs und schrieb ein Buch über die Entwicklung der photogrammetrischen Instrumente, das in sieben Sprachen veröffentlicht wurde.

Neben seinem Engagement als Hochschullehrer und seinen wissenschaftlichen Leistungen schätzten seine Kollegen, Mitarbeiter und Studenten an Professor BURKHARDT immer auch sein bescheidenes, ausgeglichenes Wesen und seine stets optimistische Lebenseinstellung. Diese unverwechselbaren Eigenschaften sind ihm bis heute erhalten geblieben und wahrscheinlich haben sie viel dazu beigetragen, dass er an seinem 90. Geburtstag voller Zuversicht sein neues Lebensjahrzehnt beginnen konnte. Die guten Wünsche der Fachkollegen, seiner früheren Mitarbeiter und Schüler werden ihn weiterhin begleiten.

JÖRG ALBERTZ, Berlin

## Buchbesprechungen

LUHMANN, THOMAS: Nahbereichsphotogrammetrie – Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Wichmann Verlag, Heidelberg 2000, 571 Seiten, ISBN 3-87907-321-X, DM 168,-

Der Autor des vorliegenden Buches, Prof. DR. THOMAS LUHMANN, seit knapp 10 Jahren Professor an der FH Oldenburg, befasste sich sehr intensiv praktisch wie auch theoretisch mit der Nahbereichsphotogrammetrie. Den meisten Kollegen ist er als Leiter des Arbeitskreises Nahbereichsphotogrammetrie in der DGPF gut bekannt. Wie vielen anderen, die sich wissenschaftlich sowie in der Lehrtätigkeit mit Photogrammetrie beschäftigen, war ihm der dringende Bedarf an einem modernen Lehrbuch zum Thema Nahbereichsphotogrammetrie bewusst. Es liegt auf der Hand, dass in diesem Bereich die Digitale Photogrammetrie eine herausragende Rolle spielt, ein Thema, zu dem der deutsche Markt nur wenige aktuelle Lehrbücher zu bieten hat.

Anfang 2000 hat Prof. LUHMANN sein 571 Seiten umfassendes Buch vorlegen können, um die Lücke zu schließen. Es verspricht, das ganze Spektrum der Nahbereichsphotogrammetrie vom Kleinflugzeug bis zum Rasterelektronenmikroskop darzustellen. Dabei bleibt das Buch nicht in den engen Grenzen der Nahbereichsphotogrammetrie, sondern vermittelt darüber hinaus photogrammetrische Grundlagen auf der ganzen Breite. In diesem Lehrbuch werden moderne Methoden der digitalen Bildverarbeitung, der Computergrafik, des Computer Aided Design sowie der elektronischen Datenverarbeitung integriert und in Bezug zur Photogrammetrie gesetzt.

Nach einer kurzen Einführung sind die prinzipiellen Methoden der Photogrammetrie vorgestellt und geschichtliche Zusammenhänge erläutert. Die Übersicht der Anwendungsbereiche vermittelt vor allem dem Anfänger die Bandbreite und Entwicklungsmöglichkeit der Nahbereichsphotogrammetrie.

Eine umfangreiche Darstellung der mathematischen Grundlagen ermöglicht nicht nur Interessenten anderer Fachrichtungen den Einstieg in die Materie. Es folgt die Darstellung der Aufnahmetechnik und der analytischen Auswerteverfahren. Nach der eingehenden Behandlung der Digitalen Bildverarbeitung werden photogrammetrische Messsysteme vorgestellt. Dabei erfolgt sowohl die Erläuterung analytischer sowie digitaler Systeme, welche die jeweilige Leistungsfähigkeit der Verfahren für unterschiedliche Anwendungen verdeutlichen. Ein eigenes Kapitel ist den Messanordnungen und Lösungskonzepten gewidmet, wodurch verdeutlicht wird, dass es für eine Messaufgabe nicht nur ein Lösungskonzept gibt. Hier werden eindeutige Kriterien zur Behandlung verschiedener photogrammetrischer Aufgaben vermittelt. Eine eingehende Genauigkeitsbetrachtung einzelner Systeme schließt sich an.

Die Anwendungsbeispiele zeigen die große Breite ingenieurtechnischer und naturwissenschaftlicher Messverfahren, von der Architektur bis zur Medizin und von der Industriemesstechnik bis zu Virtual-Reality-Applikationen. Besonders vor dem Hintergrund, dass es nicht den Standardfall in der Nahbereichsphotogrammetrie gibt, merkt man, dass der Autor noch mehr Sonderanwendungen hätte vorstellen können. An einigen Stellen wird sich mancher Leser eine Vertiefung der Theorie wünschen. So wird das zugegebenermaßen spezielle Thema Rasterelektronenmikroskopie zwar erwähnt aber nicht behandelt. Bei einer so breiten Thematik muss sich der Autor jedoch beschränken, und er hält für die Vertiefung ein absichtlich knapp gehaltenes Literaturverzeichnis bereit. Die Literaturverweise sind thematisch geordnet. Dadurch wird wohl das gezielte Auffinden einzelner Zitate erschwert, es regt aber zur Vertiefung des Stoffes an, eine ausgezeichnete Eigenschaft des Lehrbuchs, die besonders den Anfänger (Studenten) unterstützt.

Alle Ausführungen sind mit Bildbeispielen und übersichtlichen Grafiken versehen, die aus der Hand des Autors stammen und in zahlreichen Vorlesungen und Vorträgen

getestet wurden. Dabei tragen die übersichtlichen Darstellungen von Abläufen und Prozeduren zum schnelleren Verständnis bei. Dies ist kombiniert mit einer guten Gliederung und Systematisierung der komplexen Thematik. Die Übersichtlichkeit ermöglicht das schnelle Finden einzelner Themen über das Sachwortregister hinaus.

Erste Erfahrungen haben gezeigt, dass das Buch nicht zuletzt aus diesen Gründen auch von Studenten gern benutzt und stark gefragt wird.

Das Buch verfügt über einen guten Einband, der es aushält, benutzt zu werden. Trotz des recht hohen Preises sei es uneingeschränkt empfohlen.

TIM SUTHAU, Berlin

FALLY, MICHAEL & STROBL, JOSEF (2000): Business Geographics – GIS in der Wirtschaft. VIII, 174 S. Kartoniert, DM 78,- ISBN 3-87907-352-X.

Herbert Wichmann, Hüthig Fachverlage, Heidelberg (www.huethig.de oder www.geopoint.de)

Mit diesem Buch präsentieren die Verfasser die Ergebnisse einer Fachtagung „Business Geographics – GIS in der Wirtschaft“, die am Zentrum für Geographische Informationsverarbeitung (ZGIS) der Universität Salzburg stattfand. In siebzehn Beiträgen stellen die Autoren Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen bei der Anwendung und Implementierung von GIS in unterschiedlichen Bereichen der Wirtschaft vor. Nach einem einführenden Beitrag, in dem das marktwirtschaftliche Potenzial von unternehmenseigenen Geodaten behandelt wird, diskutiert die nachfolgende Abhandlung die methodischen Aspekte der Zielgruppenanalyse, Penetrationsanalyse sowie der Vertriebsplanung und Controlling als Grundlage des Geomarketing. Welche Art von Geodaten für zielgerichtete Marktbearbeitung, bzw. Zielgruppenmarketing verfügbar sind und wie sie in bestehende Unternehmensdaten integriert werden können, wird in den anschließenden fünf Beiträgen methodisch



und projektbezogen behandelt. In den nachfolgenden Abhandlungen werden praktische Anwendungen des Geomarketing in der Vertriebsanalyse, der Geopotenzialanalyse, der Telekommunikation, der Vertriebsplanung und des Controlling sowie der Marktforschung und Spendenorganisation vorgestellt. Diese Beiträge zeigen das breite Anwendungsfeld und das synergetische Potenzial der GIS-Technologie, z. B. in der Verknüpfung von GIS-Analysen mit demografischen Daten zum Design eines prognostischen Steuerungsinstruments für die Krankenhausplanung. Das auch Spendenorganisationen vom GIS-Einsatz profitieren, zeigt der Beitrag von GRAU & SILLER. Obwohl vielleicht manchem Spender die Bezeichnung „guter Spender“ fremd erschiene, würde er sie denn erfahren. Damit ist das Problem der Sicherheit im Geomarketing berührt, dem sich der vorletzte Beitrag des Buchs widmet. Der letzte Beitrag hingegen steht etwas abseits und lässt den Bezug zum Titel des Buchs vermissen.

Das Buch wendet sich an einen breiten Kreis von GIS-Anwendern aus der Praxis und der Wissenschaft. Alle Beiträge lesen

sich interessant und vermitteln die jeweilige Thematik übersichtlich und unter Verwendung anschaulicher Abbildungen. Ich würde es deswegen insbesondere auch für Studierende empfehlen, in deren Studiengängen relevante Fragestellungen von Bedeutung sind. Dabei drängt sich die Frage auf: Warum wird so anschauliches Lern- und Unterrichtsmaterial nicht auch auf CD angeboten, um dieses Fachgebiet und die hier vorgestellten Erfahrungen auch einem breiteren Studentenkreis näher bringen zu können? Kritisch möchte ich anmerken, dass mir ein wichtiger Beitrag gefehlt hat, der sich mit dem personenbezogenen Datenschutz und seiner Berücksichtigung beim Geomarketing befasst. Dieses Thema wird mit fortschreitendem Geomarketing sicherlich zunehmend an Bedeutung gewinnen und sollte deswegen in die Diskussion einbezogen werden.

Unabhängig davon stellt das Buch durch seine vielseitigen Fachbeiträge eine wertvolle Bereicherung für jede Fachbibliothek dar und sollte unbedingt als Studienlektüre zur Verfügung stehen und eingesetzt werden.

WOLFGANG-ALBERT FLÜGEL, Jena

## Hochschulnachrichten

### Universität Stuttgart

Dipl.-Inform. **Michael Kiefner** promovierte am 3.8.2000 mit der Arbeit „Einfluss von Bildkompressionsverfahren auf die Qualität der digitalen Punktübertragung“ zum Dr.-Ing.

Vorsitzender der Prüfungskommission:

Prof. Dr.-Ing. **ULRIKE KUHLMANN**, Universität Stuttgart

Prüfer:

Prof. Dr.-Ing. habil. **DIETER FRITSCH**, Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart und

Prof. Dr.-Ing. **HEINRICH EBNER**, Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung der Technischen Universität München.

Dr.-Ing. **MICHAEL KIEFNER** hat an der Universität Stuttgart Informatik studiert und ist seit 1999 als Software-Entwickler bei Z/I Imaging tätig.

### Technische Universität Berlin

Frau Dr. **Barbara Theilen-Willige** habilitierte sich am 18. Oktober 2000 zur Erlangung der Lehrbefähigung für das Fach Physische Geographie im Fachbereich 7: Umwelt und Gesellschaft der Technischen Universität Berlin.

Das Thema ihrer Habilitationsschrift lautet: „Erdbebengefährdung im Bodenseegebiet – Fernerkundungsmethoden bei der

Erfassung von untergrundbedingten Effekten bei Erdbeben im westlichen Bodenseegebiet“ – Auswertungen von Satellitenaufnahmen (ERS, SIR-C/X-SAR, NOAA, LANDSAT TM) und Flugzeugaufnahmen, topographischen, geomorphologischen, geologischen und geophysikalischen Daten. Referenten und Gutachter:

Prof. Dr. FRITJOF VOSS, Technische Universität Berlin, Fachbereich 7: Umwelt und Gesellschaft, Institut für Geographie und Prof. Dr. GÖTZ SCHNEIDER, Universität Stuttgart, Institut für Geophysik.

Die Arbeit wird in den Berliner Geographischen Studien, Institut für Geographie der Technischen Universität Berlin, erscheinen.

**Zusammenfassung:** Erdbebengefährdung im Bodenseegebiet – Fernerkundungsmethoden bei der Erfassung von untergrundbedingten Effekten bei Erdbeben im westlichen Bodenseegebiet.

Die durchgeführten Untersuchungen belegen, dass Fernerkundungsdaten ein bisher bei weitem nicht ausgeschöpftes Hilfsmittel bei der Erfassung erdbebengefährdeter Bereiche darstellen. Insbesondere bei der Erstellung von Mikrozonierungskarten, bei denen regionale/lokale Unterschiede von Erdbebenwirkungen berücksichtigt werden, können Auswertungen von Satellitenaufnahmen wertvolle Zusatzinformationen liefern.

NOAA-, LANDSAT TM-, SEASAT-, ERS- und Shuttle Imaging Radar-Daten der SIR-C/X-SAR-Mission (1994) Mitteleuropas und des Bodenseegebietes sowie Flugzeugscanneraufnahmen und Luftbilder der westlichen Bodenseeregion wurden geomorphologisch und strukturgeologisch ausgewertet. Die Satelliten- und Flugzeugaufnahmen sowie auf ihrer Datenbasis erstellte Bildprodukte enthalten Informationen, die in Kombination mit anderen Quellen wie seismotektonischen, strukturgeologischen, geomorphologischen und geodätischen Daten wesentlich zum Verständnis der geologischen und geomorphologischen Situation im Bodenseegebiet beitragen.

Die Auswirkungen der Erschütterung durch ein großes Erdbeben variieren von einem Gebiet zum anderen, in Abhängigkeit von den jeweiligen erdoberflächennahen lithologischen, strukturgeologischen, hydrologischen und geomorphologischen Bedingungen. Die Auswertungen des unterschiedlichen Bildmaterials liefern Hinweise auf Gebiete, die im Falle eines Erdbebens sowohl durch die Erschütterung selbst als auch durch Erdbebenfolgeschäden wie Hangrutschungen stärker gefährdet sind.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. habil. BARBARA THEILEN-WILLIGE  
Birkenweg 2, D-78333 Stockach

Tel.: 07771-1868, Fax: 07771-918857

e-mail: Barbara.Theilen-Willige@surf24.de

## GERÄTE-VERKAUF

Analog./Digit. Stereo-Ausw.-Gerät ZEISS TOPOCART D, Analytisches Stereo-Auswerte-Gerät ZEISS DICOMAT, beide mit umfangr. Software für Aero- und Terr. Photogr. Stereo-Meßkammer ZEISS SMK 120 + Stativ + Zubehör, Universal-Meßkammern ZEISS UMK 10/1318 + 20/1318 mit Steuergerät und elektr. Filmkassette + Zubehör. Vergrößerungsgerät DURST LABORATOR 138 S. Kopieranlage SACK U-10 Modell 25. Photolaboreinrichtung KINDERMANN mit Beleuchtungen.

Alle Geräte im Topzustand und mit umfangreich. Zubehör.

TELEFON (0 76 31) 36 97-0

## Zum Titelbild



Das Titelbild zeigt ein digitales Luftbild vom Carl Zeiss Werksgelände in Oberkochen. Es wurde im Januar 2000 während eines Testfluges mit einem Entwicklungsmuster der Digitalen Modularen Kamera DMC-2001 aufgenommen. Das Bild verdeutlicht sehr anschaulich die einzigartige Leistungsfähigkeit dieses neuen Luftbild-Sensors. Obwohl im Winter mit einer sehr langen Belichtungszeit geflogen werden musste, beweist der vollkommen symmetrisch aufgelöste Siemens-Stern (6 m Durchmesser, Bodenauflösung 7 cm) den vollständigen Ausgleich der durch die Vorwärtsbewegung während der Belichtungszeit verursachten Bildunschärfe.

### **Aufnahmedaten:**

Flughöhe:	300 m
Bildmaßstab:	1 : 6000
Fluggeschwindigkeit:	70 m/sec
Belichtungszeit:	1/100 sec
Bodenauflösung:	7 cm/Pixel
Bewegungskompensation während der Belichtung (FMC):	70 cm/10 Pixel

Photogrammetrische Reihenmesskamern wurden vom Geschäftsbereich Photogrammetrie bei Carl Zeiss entwickelt und sind seit Jahrzehnten weltweit im Einsatz. Sie werden sehr erfolgreich als Hochleistungssysteme für die Luftbildaufnahmen in den Anwendungsbereichen Photogramme-

trie und Luftbildinterpretation eingesetzt. Diese Systeme nutzen Film als Speichermedium. Als Joint-Venture zwischen den Photogrammetrieabteilungen der Firmen Intergraph und Carl Zeiss setzt die Firma Z/I Imaging diese langjährige Tradition mit der Entwicklung der Digitalen Modularen Kamera DMC 2001 fort. Dabei handelt es sich um eine Digitale Luftbildkamera, die sowohl für die Aufnahme photogrammetrischer Messbilder als auch für multispektrale Luftbilder in Anwendungen der luftgestützten Fernerkundung zum Einsatz kommt.

Zur Zeit werden bei der Entwicklung von digitalen Luftbildkameras zwei grundlegend verschiedene Ansätze verfolgt. Der eine Lösungsansatz basiert auf CCD-Zeilensensoren, der andere auf CCD-Flächensensoren. Um den hohen Anforderungen aus der Photogrammetrie in punkto Bildgenauigkeit und Auflösung gerecht zu werden, hat Z/I Imaging als Basis für die DMC2001 Entwicklung das Prinzip des CCD-Flächensensors gewählt. Dieses Konzept bietet höchste geometrische Genauigkeit bei photogrammetrischen Anwendungen, ohne dass auf inertielle Messungen und GPS-Daten zurückgegriffen werden muss. Diese innere Genauigkeit basiert auf der hohen zweidimensionalen Stabilität des CCD-Flächensensors selbst sowie auf der stabilen inneren Orientierung der hochgenauen Messobjektive. Ein weiterer Vorteil des Flächenkonzeptes sind quadratische Bildelemente am Boden ohne Einflüsse der Fluggeschwindigkeit oder plötzlicher Flugzeugbewegungen. Diese Einflüsse werden genauso wie bei der filmbasierten Kamera dadurch eliminiert, dass die Bildgeometrie mit einer Belichtung eingefroren wird. INS-Messungen und GPS-Messungen können optional zur Bestimmung der äußeren Orientierung in Verbindung mit einer Aerotriangulation eingesetzt werden, sie sind nicht die Basis zur Rekonstruktion der Bildgeometrie.

Die DMC2001 basiert auf einem modularen Konzept, um gleichzeitig hohe geo-

metrische Auflösung mit multispektralen Eigenschaften zu kombinieren. Gleichzeitig ermöglicht dieser modulare Ansatz eine anwendungsbezogene Konfiguration, die eine optimale Systemleistung auch für unterschiedliche Anwendungen ermöglicht. Das DMC Kamerasystem besteht aus einer variablen Anzahl an synchron ausgelösten Kameraköpfen. Jeder Kamerakopf verfügt über seinen eigenen Verschluss und sein eigenes Objektiv. Die hohe Modularität gestattet es, Auflösung und Spektralkanäle auf verschiedene Anwendungsbereiche abzustimmen. Bis zu vier parallel ausgerichtete multispektrale Kameraköpfe können gleichzeitig mit bis zu 4 konvergent angeordneten panchromatischen Kameraköpfen in einem gemeinsamen Objektivtubus zum Einsatz kommen. Die multispektralen Kameras zeichnen die Bildinformation in den Farbkanälen rot, grün, blau sowie im nahen Infrarotbereich auf. Die panchromatischen Kameraköpfe zeichnen ein hochaufgelöstes Bildmosaik mit bis zu 14.000 Bildelementen auf.

Die vier Farbkanäle und das hochaufgelöste panchromatische Bildmosaik überdecken den gleichen Geländeausschnitt mit unterschiedlicher Ortsauflösung. Die dadurch erreichte Querabdeckung liegt im selben Bereich ( $74^\circ$ ) wie bei herkömmlichen 150 mm Weitwinkel-Luftbildkammern. Die DMC basiert auf der zentralperspektivischen Abbildung, die seit nahezu 100 Jahren einen festen Platz in der Photogrammetrie hat. Das digitale Bild der DMC2001 weist die übliche zentralperspektivische Geometrie auf, so dass die Kompatibilität mit be-

stehenden digitalen photogrammetrischen Arbeitsstationen gewahrt bleibt.

In der Erkenntnis, dass die heutigen digitalen Kamerasysteme bestehende filmgestützte Kameras noch nicht ersetzen können, wurde die DMC so konzipiert, dass sie sich ohne weiteres in den aktuellen filmgestützten Arbeitsablauf einfügt. Die Stärken beider Technologien lassen sich so auf wirtschaftlichste Weise miteinander kombinieren. Die DMC kann in Verbindung mit Systemkomponenten der RMK TOP eingesetzt werden.

In ersten Testflügen (siehe Titelbild) mit einem Entwicklungsmuster der DMC 2001 wurden bereits die hohe Bodenauflösung und eine Genauigkeit im Zentimeterbereich bei großen Bildmaßstäben nachgewiesen. Diese Leistungsfähigkeit ist der elektronischen Bewegungskompensation der verwendeten CCD-Flächensensoren zu verdanken. Neben der hohen geometrischen Bodenauflösung ist diese Bewegungskompensation auch der Garant für die hohe radiometrische Auflösung selbst bei ungünstigen Lichtbedingungen. Physikalische Parameter wie Fluggeschwindigkeit und Lichtmenge setzen Grenzen bei der Auflösung. Seit 20 Jahren werden sie bei modernen Luftbildkamern durch Bewegungskompensation weitestgehend ausgeglichen.

Weitere Informationen zur DMC 2001 und anderen ZI-Produkten finden Sie auch unter [www.ziimaging.de](http://www.ziimaging.de).

Copyright: Z/I Imaging

HELMUT HEIER, Oberkochen