

PRG

Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation

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

Jahrgang 2002, Heft 2

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 2002



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:

© 2002 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

© 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

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 und Dr.-Ing. Eckhardt Seyfert, Landesvermessung und Geoinformation Brandenburg, Heinrich-Mann-Allee 103, D-14473 Potsdam, e-mail: eckhardt.seyfert@lvermap.brandenburg.de

Erscheinungsweise: 6 Hefte pro Jahrgang.

Bezugspreis im Abonnement: € 86,- 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

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

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

PFG – Jahrgang 2002, Heft 2

Inhaltsverzeichnis

Originalbeiträge

| | |
|--|-----|
| GERVAIX, F.: Aerotriangulation: auch für den ADS40 Luftbildsensor? | 85 |
| MAGED MARGHANY: Operational of Canny Algorithm on SAR data for modelling shoreline change | 93 |
| WENDT, A.: Gemeinsame Ausgleichung von Laserscannerdaten und digitalen photogrammetrischen Bildern | 103 |
| TRAUB, K.-P.: Feuerwehr und Rettungsdienst in Hamburg – Eine Untersuchung mit GIS | 111 |
| RAUTENBERG, U. & WIGGENHAGEN, M.: Abnahme und Überwachung photogrammetrischer Messsysteme nach VDI 2634, Blatt 1 | 117 |
| MEIER, H.-K.: Dr. MAX GASSERS Beitrag zur analogen Photogrammetrie unter Berücksichtigung seiner Patente und deren Bewertung | 125 |

Berichte und Mitteilungen

Berichte

| | |
|--|-----|
| ISPRS-Workshop Annapolis/USA, 22.–24. 10. 2001 | 135 |
| ISPRS-Workshop Athens/USA, 29.–31. 10. 2001 | 136 |
| Hansa Luftbild – Symposium Münster, 15. 11. 2001 | 137 |
| CD-ROM Kölner Stadtkarten und Luftbilder | 140 |
| GEOSYSTEMS-Definiens Imaging Kooperation | 140 |
| LVA Nordrhein-Westfalen – Deutsches Haupthöhennetz | 141 |
| Hochschulnachrichten | |
| Technische Universität Wien F. BAUER | 142 |
| Technische Universität Berlin – S. M. HESE | 142 |
| Universität Hannover – K. PAKZAD | 144 |
| Universität Hannover – U. LENK | 145 |
| Vorankündigungen | 147 |
| Buchbesprechungen | |
| R. BILL & M. L. ZEHNER | 150 |
| E. P. BALTSAVIAS, A. GRÜN & L. VAN GOOL | 151 |
| Einladungen | 153 |
| Zum Titelbild: LH-Systems, Luftbildsensor ADS 40 | 154 |
| Neuerscheinungen | 155 |

Aerotriangulation: auch für den ADS40 Luftbildsensor?*

FRANÇOIS GERVAIX, Singapur

Zusammenfassung: Der ADS40 Sensor zeichnet digitale Luftbilder mit geometrischer und spektraler Genauigkeit auf und eröffnet dadurch der digitalen Bildanalyse neue Perspektiven. Die Georeferenzierung mittels GPS & IMU Daten ist für die meisten Fernerkundungsaufgaben ausreichend. Die photogrammetrischen Anforderungen bezüglich relativer und absoluter Genauigkeit können aber nur mit Hilfe der Aerotriangulation erfüllt werden.

Summary: *Aerotriangulation: Does the ADS40 Sensor require aerial triangulation?* The imagery generated by the LH Systems ADS40, combining geometric and spectral precision, opens new perspectives in digital image analysis. Even though the georeferencing determined by GPS & IMU is good enough for remote sensing applications, aerial triangulation remains irreplaceable to satisfy the accuracy and reliability requirements of photogrammetry.

Einleitung

Der digitale Luftbildsensor ADS40 wurde am XIX. Kongress der ISPRS in Amsterdam im Juli 2000 vorgestellt. Diese gemeinsame Entwicklung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt DLR (German Space Center) und LH Systems, ist der erste Luftbildsensor, welcher der hohen Leistung filmbasierter Luftbildkameras des Formats 23 cm × 23 cm bezüglich Auflösung und Flächendeckung nahe kommt. Dieses innovative Produkt eröffnet neue Möglichkeiten für die vollständig digitale Photogrammetrie. Digitale Kameras mit Flächensensoren werden seit längerer Zeit versuchsweise für Luftbildaufnahmen verwendet. Aber wegen des kleinen Formats der Flächensensoren (2000 × 3000 Pixel bzw. 6 Megapixel) ist die flächendeckende Leistung stark eingeschränkt. Dieser Nachteil muss mit vielen Fluglinien und einer grossen Anzahl Luftbilder kompensiert werden, was diese Lösung für die Photogrammetrie unwirtschaft-

lich macht. Deshalb ist der Sensor ADS40, welcher der hohen Leistungsanforderung der Photogrammetrie gerecht wird und der die direkte Aufnahme digitaler Luftbildstreifen mit hervorragender Radiometrie, sowie den vollständig digitalen Datenfluss ermöglicht, ein wesentlicher Fortschritt.

Der digitale Luftbildsensor ADS40 stellt aber noch eine weitere Neuerung dar. Er erfüllt nicht nur die bekannten Standards der Auflösung und flächendeckenden Leistung, sondern ermöglicht auch multispektrale Bilder aufzunehmen, welche die Bedürfnisse der Anwender in der Fernerkundung erfüllen. Die Kombination von photogrammetrischer Genauigkeit (Georeferenzierung) mit dem Potenzial der Bildanalyse und der Interpretation digitaler Bilder (Klassifikation) ist neu, vielversprechend und aufregend. Parallel zur ADS40 entwickelt eine andere Firma einen anderen Typ eines digitalen Sensors. Dieser besteht aus einer Gruppe von digitalen, flächensensor-bestückten Kameras und deren Bilder werden durch spezielle Verarbeitungsprogramme zusammengefügt. Der Luftbildsensor ADS40 ist völlig anders konzipiert. Eine

* Aus dem Französischen übersetzt von ALAIN CHAPUIS und PETER FRICKER

kurze Zusammenfassung soll ausschliesslich die geometrischen Aspekte erläutern, da diese für den Inhalt dieses Artikels wichtiger sind als mechanische, elektronische oder optische Aspekte.

Konzept

Das Grundprinzip des Dreizeilen Scanners wurde durch Dr.-Ing. OTTO HOFMANN um 1970 definiert.

Die drei Zeilensensoren sind in der Fokalebene rechtwinklig zur Flugrichtung angeordnet. Je eine Zeile schaut in Flugrichtung vorwärts, senkrecht und nach hinten. Dadurch werden alle Objekte entlang eines Flugstreifens kontinuierlich in drei Bildstreifen und aus unterschiedlichem Blickwinkel aufgezeichnet. Dies eröffnet neue Möglichkeiten in der photogrammetrischen Auswertung. In der klassischen, zentralperspektiven Luftaufnahme werden bei 60% Längsüberdeckung nur 50% aller Objekte dreifach aufgezeichnet. Die 78 mm langen panchromatischen Doppelzeilen des ADS40 Sensors haben 12000 Pixel und sind gegeneinander um ein halbes Pixel versetzt (3.25 μm). Dadurch wird mit einer Doppelzeile eine Informationsdichte erreicht, welcher einer Auflösung einer 24000 Pixel Zeile entspricht. Die Fokalebene enthält noch vier weitere Einzel-Zeilen mit je 12000 Pixel, welche kombiniert mit Interferenz-Filtern die Bilder in den Spektralbereichen Rot,

Grün, Blau (RGB) und Nahes Infrarot (NIR) aufzeichnen. Das „Trichroid“, ein Strahlteiler mit geringem Energieverlust, erlaubt die gleichzeitige Aufzeichnung der Boden-Reflektanz eines Objektraums durch die drei Zeilen R,G,B, obwohl die drei Zeilen physisch in der Fokalebene mit 2.2 mm Zwischenraum angeordnet sind (Abb. 1).

Dank der telezentrischen Optik registrieren die spektralen CCD-Zeilen über den ganzen Schwad in den definierten Spektralbändern. Dies ist wichtig für die Verwendung der Daten im Fernerkundungsbereich. Der Luftbildsensor ADS40 wird im Flugzeug in die bewährte, kreiselstabilisierte Aufhängung PAV30 installiert, genau wie die filmbasierte Luftbildkamera RC30. Die Aufzeichnung der Daten und die unmittelbar nachfolgende Verarbeitung unterscheiden sich sehr stark vom Arbeitsfluss in der klassischen Photogrammetrie. Danach aber ist die Benutzung der direkt-digitalen und der klassischen, gescannte Daten in den Digitalen Photogrammetrischen Arbeitsstationen (Socet Set[®] Photogrammetrie Software) bis hin zur Aerotriangulation (Bündelblockausgleichung mit ORIMA) ähnlich.

Verfahren

Die Größe des Bodenpixels (auch GSD oder Ground Sample Distance genannt) wird bestimmt durch die Flughöhe, die Geschwindigkeit über Grund und die Zykluszeit des



Abb. 1: Adriaküste, Italien. Farbkomposit, panchromatische Nadiraufnahme und Falschfarbkomposit. Flughöhe ü. Grund = 1500 m, Bodenpixel = 15 cm. Alle Bildstreifen entsprechen 12K \times 70K, 18.9 km²; Gezeigte Ausschnitte 12K \times 14K, 3.8 km².

Sensors (Intervall für Aufzeichnung und Auslesung der CCD Zeilen). Die Flughöhe bestimmt die „Breite“ eines Pixels, während sich die „Länge“ durch die Geschwindigkeit des Flugzeuges multipliziert mit der Zykluszeit ergibt. Typische Flugparameter sind: GSD Schwarz/Weiss = 15 cm und Spektral = 30 cm; Fluggeschwindigkeit = 70 m/s; Flughöhe über Grund = 3000 m, Zykluszeit Schwarz/Weiss 2.5 ms, Spektral = 5 ms; Schwadbreite = 3.6 km. Die kürzeste Zykluszeit des Sensors ADS40 beträgt 1.25 ms (800 Hz).

Die komprimierten Daten, ungefähr 100 GB pro Stunde, werden während des Fluges durch die Steuereinheit (CU40) auf den speziell für den Flug konzipierten Festplatten-Massenspeicher (MM40) übertragen. Sollte ein Projekt 500 GB übersteigen, kann der Massenspeicher MM40 während des Fluges ausgetauscht werden. Zur Weiterverarbeitung der Daten wird einzig der Massenspeicher MM40 ins Büro transportiert. Die Übertragung der Daten vom Massenspeicher zum Bürorechner erfolgt über eine SCSI Schnittstelle, gesteuert durch ein entsprechendes Programm von LH Systems. Die Daten werden dabei dekomprimiert und separiert als Bilder (normalerweise im TIFF Format), Meta-Daten und POS-Daten abgelegt. Mit den POS-Daten können die während des Fluges eingenommene Position und Fluglage jeder Zeile im Bildstreifen rekonstruiert werden. Die Kombination von Positionsmessungen (GPS) mit Lagemessungen (Inertialsystem IMU) erlaubt es, die genaue Flugbahn zu errechnen. Die Messfrequenz ist 200 Hz. Diese hohe Rate ist notwendig, da der ADS40 Sensor die Bilddaten mit bis zu 800 Hz (1.25 ms) aufzeichnet. Im ersten Datenverarbeitungsschritt wird die Flugbahn mit Hilfe des Programms POSpac von Applanix berechnet. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Flugbahnberechnung sehr sorgfältig durchgeführt werden muss. Dies gilt sowohl für den Fall der klassischen Photogrammetrie mit GPS (kinematisch-differenziell), wie auch für die kombinierte Berechnung von GPS und IMU. Als Nächstes werden die Bilder mittels Synchronisationsdaten mit der Flugbahn verknüpft.

Wird die x und y Koordinate jedes auf der Fokalebene kalibrierten Pixels in die Berechnung einbezogen, ist die Georeferenzierung jedes Pixels gegeben. Im Weiteren werden die Rohbilder entzerrt, indem jedem Pixel seine relative Lage zugeordnet wird. Dazu können die Pixel auf eine Ebene mittlerer Höhe (Vereinfachung) oder auf ein digitales Geländemodell projiziert werden. Betrachtet man ein entzerrtes Bild in Socet Set[®] unterscheidet es sich nicht von herkömmlichen, gescannten Bildern. Allerdings ist die Radiometrie besser: in der ADS40 werden die panchromatischen Zeilen mit 16 Bit Dynamik aufgezeichnet, wodurch sich ein wirklicher dynamischer Bereich zwischen 11 und 13 Bit ergibt. Während der Entzerrung kann dieser Bereich auf 8 Bit reduziert werden. Die RGB und NIR Zeilen werden immer auf 8 Bit reduziert und zu 24 Bit Drei-Farben-Kompositen zusammengefügt.

Ein weiterer, wesentlicher Unterschied zwischen ADS und herkömmlichen Luftbildern besteht in der Ausdehnung der Bilder. Im hochauflösenden panchromatischen „Schwad“ sind 24000 Pixel vorhanden und im multispektralen (RGB und NIR) sind es 12000 Pixel. Um eine ähnliche Leistung mit einer Reihenbildkamera zu erreichen, müsste das Gebiet in einem Bildmasstab von 1:10000 geflogen und die Bilder anschließend mit 12.5 µm gescannt werden. Zur Aufnahme wäre mit einem 15 cm Objektiv eine Flughöhe von 1500 m über Grund notwendig und ein Bild würde im Gelände 2.3 km × 2.3 km erfassen. Bei gleicher Schwadbreite für Reihenbildkamera und ADS40 ist die Bildlänge jedoch völlig unterschiedlich. Für den Luftbildsensor ADS40 ist sie so lange wie die Fluglinie oder theoretisch unendlich lange! Während unserer Testflüge im Frühjahr 2001 war die längste Fluglinie 132000 Pixel. Bei einer GSD von 15 cm ergab sich ein Bildstreifen von 19.8 km Länge. Die Flugzeit war 5'30" bei einer Fluggeschwindigkeit von 115 Knoten.

Drei panchromatische Bildstreifen aus drei Sichtwinkeln wurden gleichzeitig aufgezeichnet und anschließend individuell georeferenziert (Abb. 2).

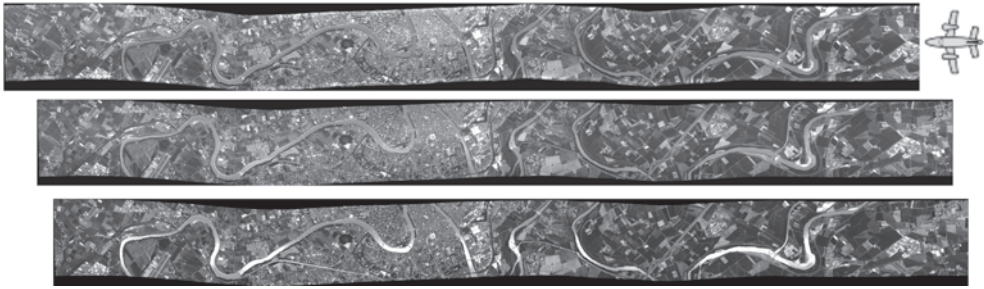


Abb. 2: Verona, Italien. Panchromatische Vorwärts-, Nadir- und Rückwärts-Sicht. Flughöhe über Grund = 1500 m, Bodenpixel (GSD) = 15 cm, 12K × 132K, 35.6 km².

Diese Bildstreifen können stereoskopisch betrachtet werden. Die Qualität in der Stereobetrachtung ist ausreichend für Anwendungen, welche in Socet Set[®] mit einer Minifizierung von 4:1 möglich sind. Bei größerem Betrachtungsmaßstab werden störende Restparallaxen sichtbar. Deshalb ist für Anwendungen höchster Genauigkeit (ca. $0.7 \times \text{GSD}$) die Aerotriangulation unabhängigbar.

Prinzip der Aerotriangulation

Die Hauptziele der Aerotriangulation (siehe auch HINSKEN et al. 2001 und GREENING et al. 2001) sind:

- Feinbestimmung der Achsen
 - Bestimmung der Ausrichtung zwischen Sensor-Achse und IMU-Achsen
 - Bestimmung des Hauptpunktes
- Überprüfung der Sensorkalibrierung
 - Blickwinkel jedes Pixels
 - ◇ Kammerkonstante
 - ◇ Verzeichnung
 - ◇ Lage der CCD Zeilen
- Zuverlässigkeit
 - Zusätzliche Redundanz dank der Verknüpfungspunkte
 - Unabhängige Kontrolle der GPS- und IMU-Daten
 - Beste Geländeanpassung dank der Passpunkte
 - Einführung von Parametern um Datumsdifferenzen zwischen GPS Daten des Fluges und der Boden-Passpunkte zu kompensieren

- Kostenreduktion der ADS40
 - Einsatz einer günstigeren, weniger genauen IMU.

Die anerkannte und erprobte Software ORIMA wurde um das ADS40-Sensormodell erweitert, um der spezifischen Geometrie der Bilder Rechnung zu tragen.

Die Vorbereitung eines ADS40-Blocks ist sehr ähnlich zu der eines herkömmlichen Blocks: Import der Unterstützungsdatei, Import der Passpunkte, Bestimmung der Verteilung der Verknüpfungspunkte, automatische Messung der Verknüpfungspunkte, halbautomatische Messung der Passpunkte, Bündelausgleichung mit zusätzlichen Parametern und Bildung von ausgeglichenen Unterstützungs- und Kalibrierungs-Dateien.

Was wird eigentlich ausgeglichen, da es kein Projektionszentrum und keine externe Orientierung mehr gibt?

Dank der Art wie die ADS40 die Bilder aufzeichnet, ist ein Bildstreifen ein sehr homogenes Gebilde, denn er wird von der ersten Zeile an kontinuierlich zusammengesetzt. Es gibt keine plötzliche Änderung oder Unstetigkeit. Betrachtet man jedoch die oben aufgeführte Aufzeichnungsdauer und die Länge der Fluglinien, sind geringe Änderungen wie Drift und sonstige systematische Abweichungen zu erwarten.

Es sei daran erinnert, dass die Bilder mit bis zu 800 Hz erfasst werden, dass die Inertialmessungen mit 200 Hz und dass die GPS-Messungen mit 2 Hz erfolgen. Deshalb

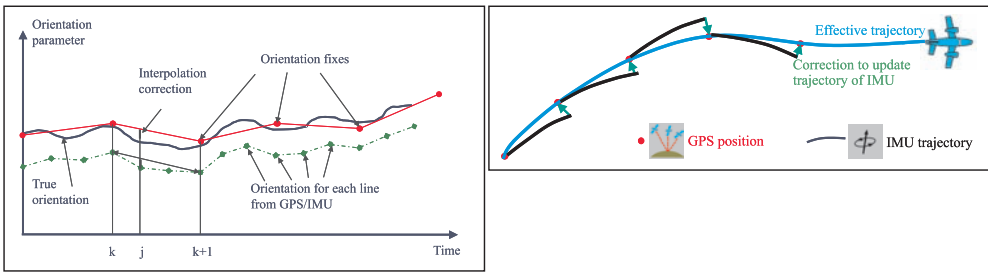


Abb. 3: Prinzip der Ausgleichung der Orientierungsparameter. Bild: 800 Hz, IMU: 200 Hz, GPS: 2 Hz, Triangulation: 0.2 Hz.

ist es wünschenswert, eine übergreifende, unabhängige Verknüpfung der Messungen zu haben (Abb. 3).

Diese übergreifende Verknüpfung wird idealerweise mit Aerotriangulation gemacht. Beim Import der Bildstreifen werden auf der Flugbahn in regelmäßigen Abständen Orientierungs-Fixpunkte (OF) bestimmt. Das Intervall hängt unter anderem ab von der IMU und der Distanz zwischen der Nadir- und Rückwärtszeile (2400 Pixel). Die Abhängigkeit von der IMU ist verständlich. Wie allgemein bekannt ist, driftet eine IMU über die Zeit. Die Abhängigkeit von der Distanz zwischen der Nadir- und der Rückwärtszeile ist spezifisch für Dreizeilen Scanner.

Wie oben erwähnt, wird mit der ADS40 das Gelände 3-fach durch panchromatische Zeilen aufgenommen. Im Unterschied zur Filmkamera sind die Blickwinkel in Flugrichtung durch Anordnung der Zeilen auf

der Fokalebene festgelegt, d.h. 0° für die Nadir-Szene, 14° für die Rückwärts-Szene und 28° für die Vorwärts-Szene. Die stereoskopische Betrachtung ist für jeden Punkt möglich unter einem Winkel von 14° (Nadir-Rückwärts), 28° (Vorwärts – Nadir) oder 42° (Vorwärts – Rückwärts) in Funktion der Textur und der Topographie. Der seitliche Einblickwinkel liegt zwischen 0° und 32° (Abb. 4).

Im Rahmen der Aerotriangulation wird jeder Verknüpfungspunkt entsprechend dieser drei Winkel gemessen. Der Ursprung der einfallenden Strahlenbündel ist nicht das Projektionszentrum x und $x + 1$ wie bei den klassischen Aufnahmen. Der Ursprung des Vorwärts-Strahlenbündels liegt zwischen den Orientierungs-Fixpunkten y und $y + 1$. Der Ursprung des Nadir-Strahlenbündels liegt idealerweise zwischen OF $y + 2$ und $y + 3$. Der Ursprung des Rückwärts-Strahlenbündels liegt zwischen OF $y + 3$ und



Abb. 4: Shinjuku, Tokyo, Japan. Panchromatische Bilder, Rückwärts, Nadir und Vorwärts. Flughöhe = 2000 m über Grund, GSD = 20 cm. Gesamtbild $12K \times 53K$, 25.4 km^2 ; gezeigte Ausschnitte 1120×1320 , 5.9 ha .

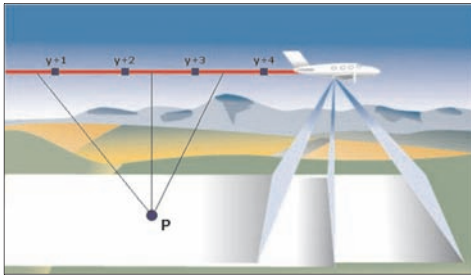


Abb. 5: Fünf Orientierungs-Fixpunkte tragen zur Bestimmung eines einzelnen Verknüpfungspunktes bei.

$y + 4$ (die Vorwärtsbasis ist zweimal länger als die Rückwärtsbasis). Somit werden für die Bestimmung eines einzigen Verknüpfungspunktes fünf OF berücksichtigt (Abb. 5).

Es bleibt nur noch, genügend Verknüpfungspunkte zu messen. Zu diesem Zweck wird eine Punktverteilung in Funktion des semi-variablen Bildformates erzeugt. Die Verteilung in y Richtung ist klar definiert (12000, beziehungsweise 24000 Pixel). Punkte werden oben, in der Mitte und unten im Bildstreifen bestimmt. Die Verteilung in x -Richtung ist veränderlich, die Verteilung wird so wiederholt, dass 2×3 Punkte zwischen zwei angrenzenden OF zu liegen kommen. Diese Punktverteilung hat eine gewisse Ähnlichkeit mit derjenigen von OTTO VON GRUBER. Es ist zusätzlich möglich, die Punktdichte durch Cluster, mehr Linien, usw. zu vergrößern.

Ergebnisse

Die Flugkampagne im Frühjahr 2001, durchgeführt in der Schweiz, in Japan und Italien hat gezeigt, dass die Genauigkeit nach der Ausgleichung zwischen $1/3$ und $2/3$ GSD (σ_0) liegt. Die Lagegenauigkeit entspricht den beobachteten Restfehlern auf den Passpunkten. Die Werte für die Höhengenaugkeit sind ungefähr zweimal größer. Dank der Georeferenzierung (bestimmt aus GPS & IMU Daten) sind Querstreifen im Block nicht notwendig, außer eine zuverlässige Selbstkalibrierung wird angestrebt. Erstaunlicherweise sind

keine Boden-Passpunkte notwendig wenn keine Datumsangleichung mit den im Flug bestimmten GPS Punkten gemacht werden soll. Grundsätzlich genügt die Verwendung von Verknüpfungspunkten um die Restparallaxe zu eliminieren. Trotzdem wird dieses Vorgehen aber nicht empfohlen. Eine minimale Anzahl Passpunkte sollte immer gemessen werden. Nur so kann die Qualität der GPS Georeferenz überprüft werden.

Die symmetrische Verteilung und das sich wiederholende Muster der Verknüpfungspunkte erlaubt es auf einfache Art, die Punkte zu isolieren und zu prüfen, welche in der Korrelation nicht zufrieden stellend waren. Die grafischen und numerischen Funktionen von ORIMA ermöglichen eine sehr rationelle Analyse des triangulierten Blocks. Die Handhabung von ORIMA erweitert für die Aerotriangulation von ADS40 Daten ist sehr ähnlich zu ORIMA für die klassische Aerotriangulation. Somit wird die Lernphase kurz.

Perspektiven

Panchromatische Bildstreifen mit ausgeglichener Geometrie ermöglichen eine Vielzahl von spektralen und geometrischen Kombinationen. Zum Beispiel können die hochauflösten panchromatischen Bilder mit den Daten standardmässig aufgelöster RGB Bilder „eingefärbt“ werden. Es sei daran erinnert, dass die RGB Bilder leicht kombinierbar sind, weil die einzelnen Spektralbänder aus demselben Strahlenbündel stammen. Die meisten Anwendungen verlangen eine genaue Entzerrung, deswegen ist ein digitales Höhenmodell notwendig. Dieses Höhenmodell kann leicht nach der ersten Georeferenzierung abgeleitet werden.

Das Kombinationspotenzial der ADS40 Bilddaten eröffnet neue Perspektiven, ist spannend und vielversprechend.

Literatur

GREENING, W.J.T. et al., 2001: The proper use of directly observed orientation data: aerial triangulation is not obsolete, ASPRS, St. Louis, USA, 2001

- HINSKEN, L. et al., 2001: Triangulation of LH Systems' ADS40 using ORIMA, ASPRS, St. Louis, USA, 2001
- SANDAU, R. et al., 2000: Design principles of the LH Systems ADS40 Airborne Digital Sensor. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B1, Amsterdam, Netherlands, pp. 258–265.
- TEMPELMANN, U. et al., 2000: Photogrammetric software for the LH Systems ADS40 Airborne Digital Sensor. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B2, Amsterdam, Netherlands, pp. 552–559.
- Anschrift des Verfassers:
Dipl.-Ing. FRANÇOIS GERVAIX,
LH Systems, Airborne Systems, Asia-Pacific
Region, GIS & Mapping Division
Leica Geosystems (S'pore) Pte Ltd
8 Pandan Crescent #02-04, UE Tech Park,
Singapore 128466
e-mail: gervais@lh-systems.com
- Manuskript eingegangen: Januar 2002
Angenommen: Januar 2002

Operational of Canny Algorithm on SAR data for modelling shoreline change

MAGED MARGHANY, Kuala Terengganu/Malaysia

Abstract: This study introduces a new approach for operational of SAR polarized data on coastal erosion studies. Polarized TOPSAR and ERS-1 data are used for this purpose. ERS-1 data was acquired on the 8th August 1993 and polarized TOPSAR data was acquired on the 6th December 1996. A quasi-linear model and a new model based on the Canny algorithm were used to model shoreline changes. Digitized vector layers of shoreline change were used to examine the accuracy of the model results. This study shows that the results of the Canny algorithm has a good correlation with the results from the quasi-linear model. The Canny algorithm can successfully be used for automatic detection of shoreline change. In conclusion, the integration between the quasi-linear model and the Canny algorithm model enables further operational of SAR data for coastal erosion studies.

Zusammenfassung: Zur Anwendung des Canny Algorithmus auf SAR-Daten für die Modellierung der Änderungen von Uferlinien. In dieser Studie wird eine neue Methode zur operationellen Anwendung von polarisierten SAR-Daten zur Erfassung von Küstenerosionen vorgestellt. Für diesen Zweck werden ERS-1- und multipolarisierte TOPSAR-Daten verwendet. Die ERS-1-Daten wurden am 8. August 1993 und die polarisierten TOPSAR-Daten am 6. Dezember 1996 gewonnen. Zur Modellierung der Veränderungen der Küstenlinie wurde ein quasi-lineares Modell verwendet und ein daraus abgeleitetes neues Modell, basierend auf dem Canny Algorithmus. Zur Überprüfung der Genauigkeit der Modellierungsergebnisse sind digitalisierte Vektordarstellungen der Veränderungen der Küstenlinien angefertigt worden. Die Studie ergab eine gute Korrelation der Ergebnisse des Canny-Algorithmus mit denen des quasi-linearen Modells. Der Canny Algorithmus kann erfolgreich zur automatischen Bestimmung von Veränderungen der Küstenlinie angewendet werden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Integration von quasi-linearen Modellen mit Canny-Algorithmus-Modellen die Möglichkeiten zur Anwendung von SAR-Daten für Studien zur Küstenerosion erweitert.

1 Introduction

Operational of synthetic Aperture Radar (SAR) on coastal erosion studies has not established yet. In the fact that scientists are focusing in SAR wave model evaluation. The operational of SAR data on coastal erosion should be considered. The operational of SAR data on coastal erosion is required standardized procedures. The procedures should be involved a number of models. These models will be able to operate the SAR data on coastal erosion studies. The operational model will induce high rates of

accuracy compared to classical methods. The classical methods of coastal erosion studies which restricted with digitizing and overlaying techniques provided high rate of errors. There are several problems derived from classical methods. These methods provide high rates of error and require a lot of time to process the data. In this process, the sum of thematic errors and digitizing errors account for low accuracy of the interpretation results. Furthermore these methods are not able to recognize the dynamics interaction of waves energy and sediment transport. These often results in adequate solu-

tions of the problems for coastal engineers and decision makers. For instance, RAJ (1982), MAZLAN et al. (1989), and FRIGHY et al. (1994) used different historical data of satellite imagery, aerial photography and topographic maps for coastal erosion studies. Most of these studies found an unrealistic high rate of erosion of more than 50 m/year. For instance, FRIGHY et al. (1995) found the rate of erosion in the Nile Delta to be -70.8 m/year. However, if this rate really had occurred, it would have caused the destruction of all the infrastructures, such as roads and bridges near the coastal waters. Furthermore, FRIGHY et al. (1995) stated that there is a significant relation between shoreline change, estimated from Landsat TM, aerial photography and ground surveys with a correlation coefficient (r) of 0.93. This can not be considered as a significant result, due to the fact that a significant statistical test such as ANOVA or the t-test have not been performed. In addition, the low resolution of the Landsat data (30 m) only justifies its use in coastal erosion studies with changes that are larger than this pixel size. As a matter of fact, the resolution of this sensor is unable to capture beach profiles at a width less than the pixel size (< 30 m). The high resolution of SPOT PAN (10 m) and radar data such as from ERS-1 (12.5 m), RADARSAT (12.5 m) and AIRSAR/TOPSAR (ca. 10 m) enables us to solve this type of problem.

The obvious critical problem was in coastal erosion studies from space is misunderstanding of the nature of sediment transport. It was reasonable in the study of EL-RAEY et al. (1995). They reported that the sea level rise along the Rossate (branch of the Nile river delta, Egypt) is main factor in causing coastal erosion. However, FRIGHY et al. (1995) have concluded that the erosion along Rossate is due to the effect of Aswan High Dam. The contrast between studies is indicating misunderstanding to the nature of the problem. The energy of the river flood was acting as nature coastal defence. The high energy of river flood just reduced the wave energy input in nearshore. After the High Dam built, this phenomena

has not been occurred. Then, the wave energy can easily induced high rate of erosion.

Recently, MAGED (1999) introduced a new approach for coastal erosion studies. A radon transformation was used to detect shoreline changes. MAGED compared the results of radon transformation with the results of classical methods of shoreline identification by the digitizing and overlaying method. He found that the error is significantly lower while using the radon transformation. However, radon transformation can not be applied to concave shorelines since it can only deal with linear features in the images. MAGED's study (1999) could not fully explain this type of shoreline change as it appeared to be concave in some places. So the conclusion might be that radon transformation is not suitable to apply to these non-linear features but only to straight shorelines.

The operational models could be new method for coastal erosion detection. This method will be useful for rapid detection and illustrative for educational purposes. In order to make the coastal erosion model operational, the integration between wave spectra effects and automatic detection of shoreline (over time and space) should be recognized. The aim of this study is to introduce a new approach for operational use of polarized SAR data in coastal erosion studies.

2 Methodology

2.1 Study Area

The study area is located in the South China Sea between $5^{\circ} 21' N$ to $5^{\circ} 27' N$ and $103^{\circ} 10' E$ to $103^{\circ} 15' E$. This area lies in the equatorial region and is dominated by two monsoon seasons (MAGED 1994). The southwest monsoon lasts from May to September while the northeast monsoon lasts from October to March. The monsoon winds effect the direction and magnitude of waves. Strong waves with maximum height of 4 m are prevalent during the northeast monsoon when prevailing wave direction is from the north (December to February), while during

the southwest monsoon (May to September), the wave direction is from the south (MAGED 1999) with wave height less than 1 m.

2.2 Data Acquired

SAR data used in this study included ERS-1 and AIRSAR/TOPSAR data. ERS-1 data in the Cvv band (12.5 m) was acquired on 8th August 1993. AIRSAR/TOPSAR data with composite polarization in the L band (HH and VV polarization) with 10 m pixel resolution was acquired on 6th December 1996.

2.3 Shoreline Change Model

The shoreline change model utilizes shoreline definition, speckles reduce, canny algorithm, wave spectra detection and final shoreline change model based on the rate change of volume of sediment transport (Fig. 1).

In ease of shoreline detection, the shoreline of the East Coast of the Peninsula of Malaysia is defined by the boundary between the vegetation and the bare sandy area (beach) (MAGED 2000). This definition will be more useful in determining the shoreline from polarized SAR data. It is well known that SAR data contain speckled noise which induces limitation on the visual interpretation of SAR images. Linear filters, such as Gaussian filtering and Lee filtering could be applied to enhance the image for visual interpretation. The Canny algorithm has been implemented for shoreline detection. It provides a way of edge detection of the shoreline, as close as possible to the true edges. This has been examined by manual digitizing and overlaying of shoreline maps derived from the radar imagery. The Canny filtering algorithm was applied as follows:

The input of the image intensity is I , which is corrupted by noise. Let G be a Gaussian with zero mean and standard deviation σ . The value of σ to be used depends on the

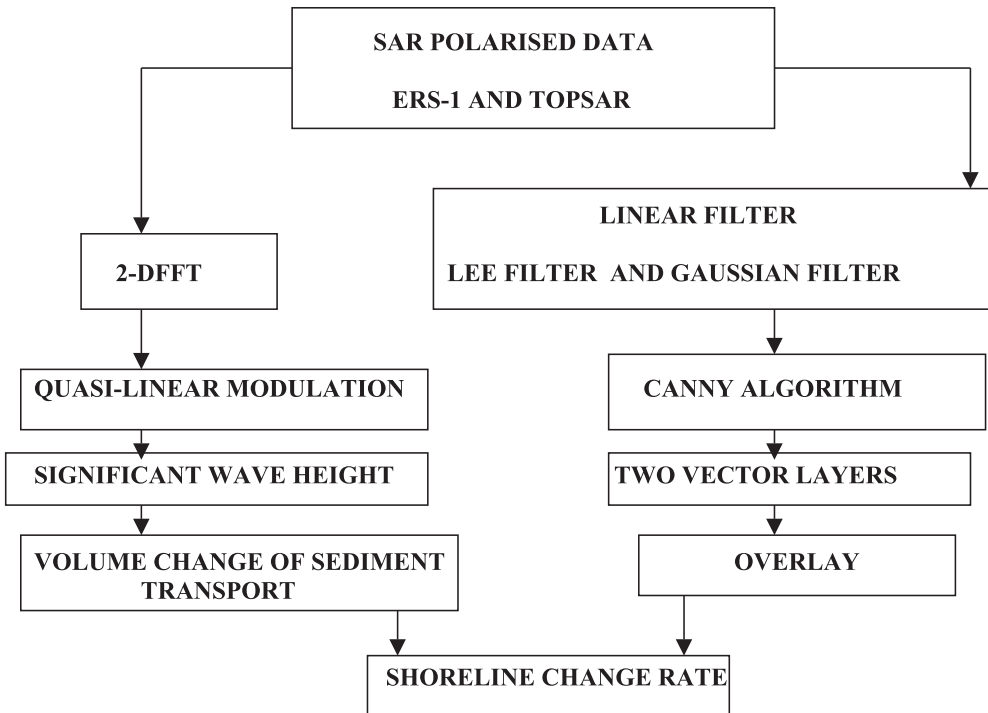


Fig. 1: Operational Model of Shoreline Change.

length of interesting connected contours, the noise level, and the localization-detection trade off. The Gaussian filtering was applied and smoothens the image intensity to image J i.e., $J = I * G$. For each pixel (j, j) : (a) compute the gradient components, J_x and J_y , (b) estimate the edge strength as given by

$$e_s(i, j) = \sqrt{j_x^2(i, j) + j_y^2(i, j)} \quad (1)$$

and (c) estimates the orientation of the edge normal as given by

$$e_o(i, j) = \arctan \frac{j_y}{j_x} \quad (2)$$

The output is a strength image, E_s , formed by the values $e_s(i, j)$ and an orientation image, E_o formed by the values $e_o(i, j)$. The shoreline edge pixels will be vectorized automatically after Canny algorithm has been performed. Canny algorithm was performed to two SAR polarized images in order to identify the rate of shoreline change.

2.4 Wave Spectra effects and Shoreline Changes

Wave spectra are derived from polarized SAR data by applying quasi-linear modulation transfer function (MTF). According to VACHON et al. (1994). The quasi-linear modulation transfer function (MTF) is adequate to describe the relationship between observed SAR image spectrum $S(k)$ and the directional heave spectrum $\psi(k)$. The ground wave condition are collected from the Petronas oil platform at $5^\circ 02' N$ and $105^\circ 23' E$. The wave spectra derived from polarized SAR data were mapped into the real wave spectra by using a forward quasi-linear model. This model was simplified by VACHON et al. (1994) as follows

$$S_q(k) = H(k_x; K_c) \left\{ |T_{lin}(k)|^2 \frac{\psi(k)}{2} + |T_{lin}(-k)|^2 \frac{\psi(-k)}{2} \right\} \quad (3)$$

where k_x is the azimuth wave-number component, and $T_{lin}(k)$ is the linear MTF. The

azimuth cut-off function depends upon the cut-off azimuth wave-number by

$$H(k_x) = e^{\left(-\pi \frac{k_x^2}{k_c^2}\right)} \quad (4)$$

According to BEAL et al. (1983) an azimuthal cut-off wavelength λ_c in SAR image spectra of ocean waves that depends on significant wave height H_s and $\frac{R}{V}$ through

$$\lambda_c \propto \left(\frac{R}{V}\right) \sqrt{H_s} \quad (5)$$

For fully developed wind seas with $H_s < 1$ m which corresponds to wind speed less than 7 m/s. This dependence can be explained by low-pass azimuthal filter whose width is determined by the scene coherence time.

2.4.1 Significant Wave Height Model from SAR Data

In order to estimate the significant wave height from the quasi-linear transform VACHON et al. (1994) introduced the following formula:

$$L_c = (R/V) \sqrt{4.4 H_s + 0.13 U^2} \quad (6)$$

H_s and U^2 are the ground truth data of significant wave height and wind speed along the coastal waters of Malaysia. The measured wind speed was estimated for 10 m height above the sea surface. A least squares fit was used to find degree of correlation between cut-off wavelength, from equation (5), and the one calculated directly from the TOPSAR image. Then, the following equation was used to estimate H_s from the SAR image

$$L_c = 2.8 \left(\frac{R}{V}\right) \sqrt{H_s} \quad (7)$$

(VACHON et al. 1994), where R/V is the scene range-to-platform velocity ratio. For the TOPSAR R/V is approximately 32s.

2.5 Wave Refraction Plot

The wave refraction has been done by applying the Huygens' method. The Huygens' method was used to draw the refraction pattern rays as described in MAGED (2000). Huygens' method states that all points on the wave front can be considered as point sources for the production of spherical secondary wavelets. The new wave front is the envelope of all small wavelets.

Consider a fix point for wave propagation what are often termed spherical „Huygens' wavelets“ where the emergent wavelength is $\xi(x, y) ds$ (Fig. 2). We let these spherical Huygens' wavelets emanating from all ds of the entire aperture propagate out to the point $P(x, y)$ where the net effect is obtained by principle of superposition, i.e., by summing the reshaping of wave as it passes through different bottom topography. The amplitude of spherical Huygens' wavelets must decrease with distance $1/r$. From each point ds of the wave propagation there will be received at point $P(x, y)$ a wave contribution which we shall call the differential dE :

$$dE = \frac{\xi(x, y) ds}{r} \cos(\omega t - kr) \quad (8)$$

2.6 Shoreline Change Model

The shoreline change model is based on the volumetric change of sediment transport. This mathematical model depends on the available input of breaker wave height and

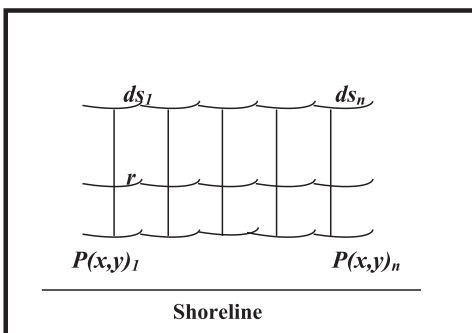


Fig. 2: Sketch of Huygens' Wavelets Concept.

direction of deepwater wave height. The longshore transport rate, Q , is the volumetric rate of the movement of the sand parallel to the shoreline. Q is expressed in the terms of sediment transport per unit volume (such as cubic meters per month). The method used to calculate the longshore transport is based on the assumption that longshore transport rate, Q , only dependent upon the longshore component of wave energy flux entering the surf zone.

The significant wave height determined by using quasi-linear and velocity bunching model is used to determine the depth of wave breaking. This can be given by

$$H_{sb} = 0.39 g^{1/5} (TH_s^2)^{2/5} \quad (9)$$

(KOMAR 1976).

This equation used to determine the depth of the breaking wave h as

$$\gamma_b = \frac{H_b}{h} \quad (10)$$

According to KOMAR (1976) the longshore sediment transport volume rate, Q , is calculated as

$$Q = 1.1 \rho g^{3/2} H_{bs}^{5/2} \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (11)$$

where $\rho = 1020 \text{ kg/m}^3$ for the sea water, g is 9.8 m/s^2 and α_b is the breaking wave angle.

In many cases, where the short-term shoreline change caused by cross-shore transport are small compared to the long-term changes, the one-line model is believed to identify the shoreline evolution. Following the assumption that the bottom profile moves in parallel to itself out of the depth of closure. The mass conservation of sand along an infinitely small length, dx , of the shoreline can be formulated as

$$\frac{\partial y}{\partial t} + D^{-1} \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (12)$$

where y is the shoreline position (m), x is the longshore coordinate (m), t is the period (month), D is the depth of closure (m), and Q is the longshore sand transport rate. In order to solve equation (12) the expressions

for the one quantity D must be formulated. HANSON (1989) introduced the following formula which given the annual depth of closure as slightly more than twice the maximum annual significant wave height (H_{mas}). This can given as

$$D = 2 H_{mas} \tag{13}$$

This model was working with spatial resolution of 2 km over the shoreline of Kuala Terengganu. The window size of applying two dimension Fourier Transform was 512×512 pixels. Each pixel represents a $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ area for TOPSAR and $12.5\text{ m} \times 12.5\text{ m}$ for ERS-1. The entire image frame of TOPSAR and ERS-1 correspond to a $5.12\text{ km} \times 5.12\text{ km}$ and a $6.4\text{ km} \times 6.4\text{ km}$ patch on the ocean surface. This means that the wave spectra pattern extracted from $6.4\text{ km} \times 6.4\text{ km}$ will show effect on sediment transport on equal area with 2 km along over the shoreline.

3 Results and Discussion

Canny algorithm can provide an automatic digitizing for shoreline (Fig. 3). The vector layers extracted by the implementation of Canny algorithm are observed in polarised SAR images. The coincided vector layers of ERS-1 and TOPSAR data shown a pronouce change (Fig. 4). It is obvious that the vector layers are digitized manually coincide with the vector layers extracted by the use of Canny algorithms (Fig. 5). This explains that the Canny algorithm provides edge detection for shorelines as possible as close to the true. It is obvious that the Canny algorithm can detect the concave shoreline. This is clearly demonstrated along the coastline of Sultan Mohamed Airport, as this area tends to be concave. This is because of the fact that the Canny algorithm produces pixel wide skeleton curves. Then a sequence of pixels along the curve was extracted from the two images. In addition, the sequence of pixels for each curve is converted to a vector pattern by fitting piecewise line segments to it. This induced polyline was an approximation to the original pixel curve.

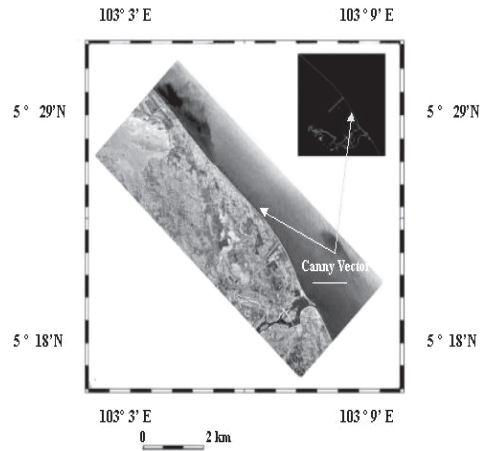


Fig. 3: Result of Canny Algorithm.

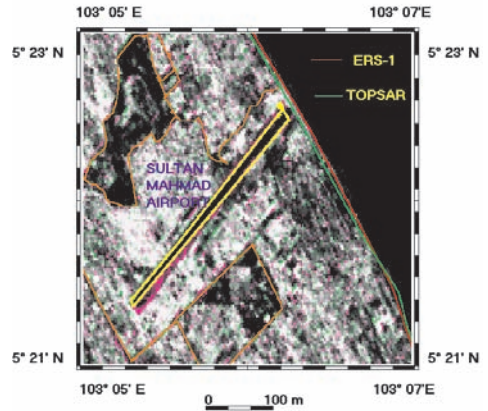


Fig. 4: Vector Layers Extracted by Canny Algorithm.

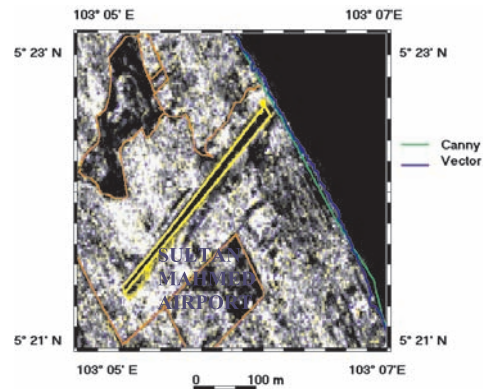


Fig. 5: Vector Layers of Canny Algorithm and Digitizing.

This could be attributed to the fact that the Canny algorithm links pairs of polylines. Therefore it would be easier to detect the concave shoreline feature (Fig 5). The rate of shoreline change is finally determined by overlaying the two vector layers from different periods that were extracted by using the Canny algorithm. It is also obvious that either *L* band or *C* band show good potential for shoreline detection.

The wave spectra among December 1996 and August 1993 show pronounce variation. It is obvious that the wavelength spectra are variable between August 1993 and December 1996 (Tab. 1).

Tab. 1: Ocean Wavelength Extracted from SAR Polarized data.

| Sensor Type | Ocean Wavelength |
|---------------------------|------------------|
| ERS-1 (August 1993) | 25 m–100 m |
| TOPSAR (December 1996) | 20 m–170 m |

It is obvious that the wave spectra propagated from northeast direction during December with wave length ranged between 20 to 170 m. In August, the wave spectra propagated from southeast direction with wavelength ranged between 25–100 m. It is obvious that the spectra peaks are shifted to the azimuth direction (Fig. 6). This could be attributed to the velocity bunching effects on SAR images. Fig. 7 shows the energy spectra derived by quasi-linear transform. The spectra peak of TOPSAR data is sharper with narrow band compared to ERS-1 data. This explained that wave spectra during December are more propagated in azimuth direction. As the waves are induced by the northeast monsoon seasons. This could be attributed to that azimuth cut-off is proportional directly with the significant wave height and wind speed. The significant wave height is proportional with the square root of wave energy. The largest wave spectra energy will be more concerted on azimuth direction (Fig. 7a). The lowest wave spectra energy are more symmetry along range and azimuth directions (Fig. 7b). This

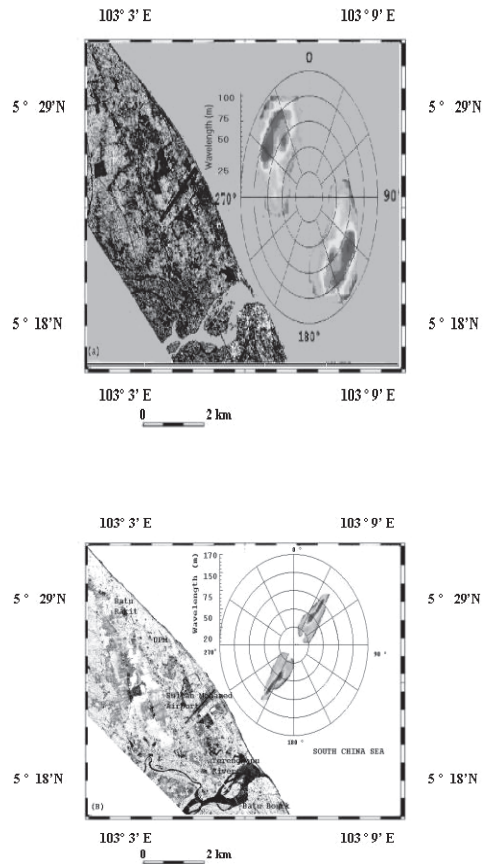


Fig. 6: Wave Spectra Derived from (a) ERS-1 and (b) TOPSAR Data, Respectively.

is obvious in August. August is the end of southwest monsoon season, the winds are started to change their directions from southeast to northeast directions. In this case wave spectra energy shown with lowest value with wide band. This could be caused the wave spectra peaks to be shifted between range and azimuth directions.

Fig. 8 shows the wave refraction pattern derived from ERS-1 and TOPSAR data. It is obvious that the wave rays during August 1993 and December 1996 converged on the shoreline of Sultan Mahmad Airport. This means that either the south or north wave propagations always converge on the shoreline of Sultan Mohmad Airport. It may be because the concave shape of the shoreline.

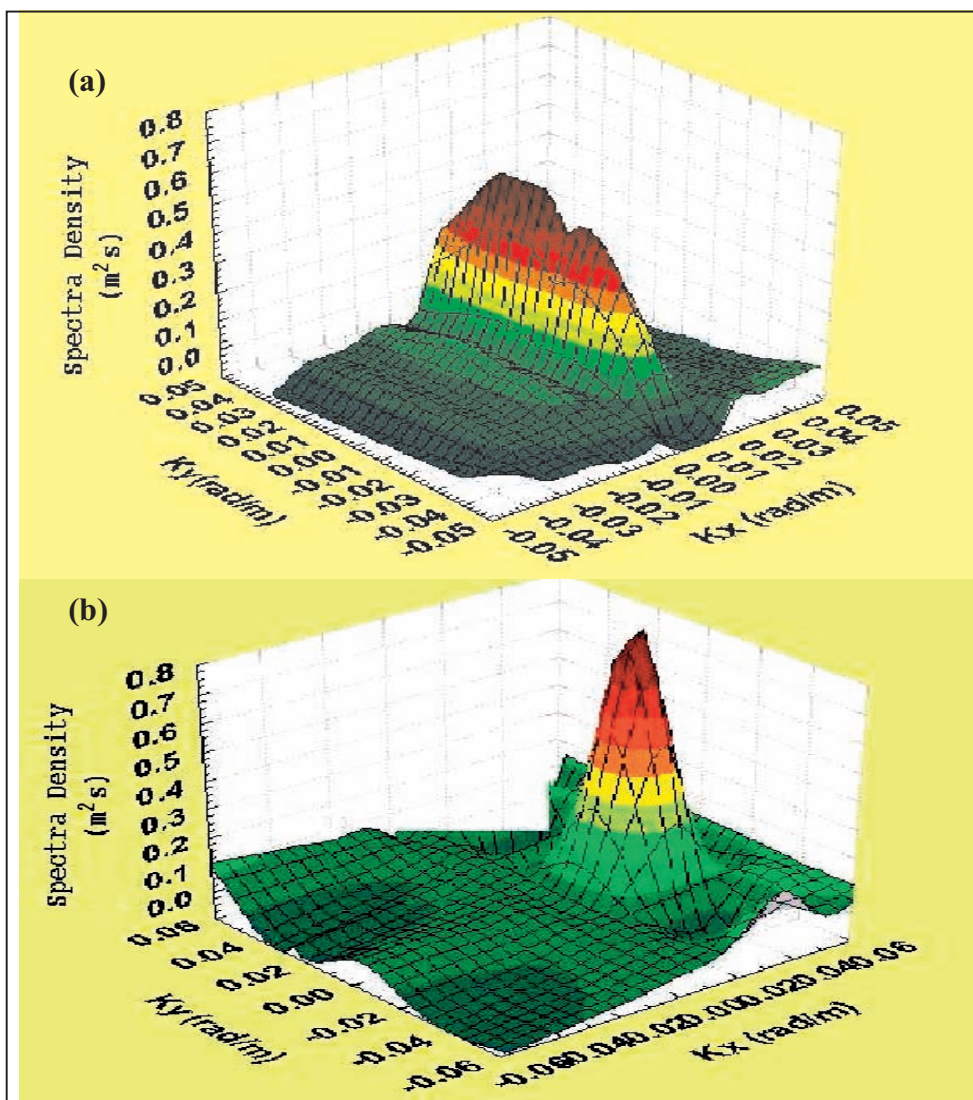


Fig. 7: Spectral Energy of (a) ERS-1 and (b) TOPSAR Data Derived from Quasi-linear Model.

The significant wave height was then used to model the change in sediment volume transport, in order to detect shoreline change. Fig. 9 shows that the rate of shoreline change peaks that have been modeled with the Canny algorithm coincide with the results from the quasi-linear model and the vector data (August 1993 and December 1996). It is obvious that there is a significant relation between the rate of shoreline change

that was modeled with the Canny algorithm and the volume of change of the sediment transport (Fig. 9).

The statistical significant t-test shows that a rate of significant difference is noticed between volume change of sediment transport and vector data obtained by manual digitizing. The rate of significant difference decreased with the ones that were automatically extracted by using the Canny algorithm

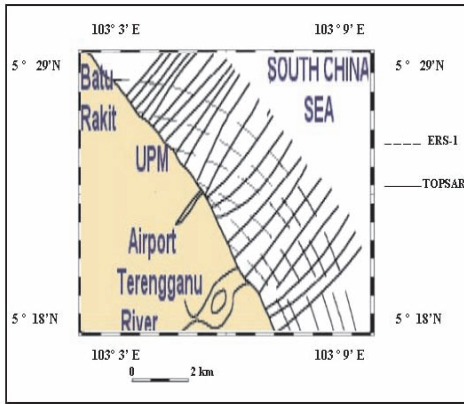


Fig. 8: Wave Refraction Derived by Huygen's Principle from ERS-1 and TOPSAR data.

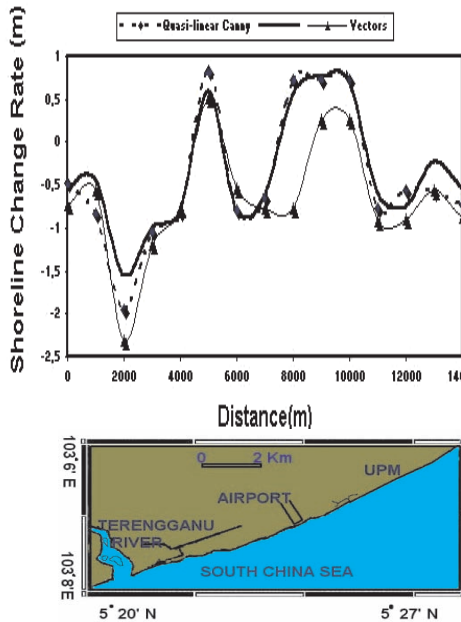


Fig. 9: Rate of Shoreline Change Derived from Canny, Quasi-linear Model and Digitizing Method.

and volume change of the sediment transport model. This could be attributed to some of the errors introduced by manual digitizing. This error could be the reason for the low accuracy rate. However, all the methods agreed on a high rate of erosion along the Sultan Mahmad Airport coastline of less than 1 m/year. This result is similar to the result of MAGED (1999) and MAGED (2000). However, this study does not agree with the study of MAZLAN et al. (1989). This is because of the fact that MAZLAN et al. (1989) defined the shoreline as the zone of high tide. This definition is not valid because of the fact that the tidal zone is a dynamic area in which the tide change its cycle between low and high tide. This could not be used as a basic reference for the shoreline.

4 Conclusions

The Canny algorithm can be used for automatic detection of shoreline change from remotely sensed data. Operational use of remote sensing for an assessment of coastal erosion could be done by the application of wave spectra effects on volume change of sediment transport directly from radar data. This method should be integrated with automatic detection of shoreline change by using the Canny algorithm. The dominant erosion event along the shoreline of Sultan Mahmad Airport due to the concave shape of the shoreline. This induces a dominant wave convergence during the northeast monsoon and southeast monsoon seasons. It can be said that the SAR data good be used as tool for modeling shoreline change. This is because of the fact that SAR data able to model the roughness of sea surface compared to other optical and it be possible to model the shoreline change.

Tab. 2: Significan Differences T-test of Canny Algorithm with Quasi-linear and Vectors Layers.

| Model Type | DF | Ts | T | Differences | p | Significant |
|---------------|----|------|-----|-------------|--------|-------------|
| Quasi-linear | 20 | 1.45 | 1.2 | 0.2 | 0.13 | non-sig. |
| Vector layers | 20 | 2.32 | 3.2 | 0.0003 | 0.0002 | Sig. |

References

- BAUER, E., HASSELMANN, K., YOUNG, I.R. & HASSELMANN, S., 1996: Assimilation of Wave Data into Wave Model AM Using an Impulse Response Function Method. – *J. Geophys. Res.* **101**: 3801–3816.
- EL-RAEY, M., NASR, S.M. & EL-HATTAB, M.M., 1995: Change Detection of Rosetta promontory over the Last Forty Years. – *Int. J. Remote Sensing* **16** (5): 825–834.
- FRIGHY, O.E., NASR, S.M., EL HATAB, M.M. & EL RAEY, M., 1995: Remote sensing of Beach Erosion Along the Rosetta Promontory, Northwestern Nile Delta, Egypt. – *Int. J. Remote Sensing* **15** (8): 1649–1660.
- HANSON, H., 1989: Genesis – A Generalised Shoreline Change Numerical Model. – *Journal of Coastal Research* **5**: 1 – 27.
- KOMAR, P.D., 1976: Beach Processes and Sedimentation. – Prentice-Hall, New Jersey.
- LUKMAN, M.H., ROSNAN, Y. & SAAD, S., 1995: Beach Erosion Variability during a North-east Monsoon: The Kuala Setiu Coastline, Terengganu, Malaysia. – *J. Pertanika* **3** (2): 337–348.
- MAGED, M.M., 1994: Coastal Water Circulation of Kuala Terengganu. – M.Sc. Thesis, Universiti Pertanian Malaysia.
- MAGED, M.M., 1999: Predication of Coastal Erosion by Using Radar Data. – Proceedings of IGARSS' 99. Hamburg, Germany.
- MAGED, M.M., 2000: Wave Spectra Studies and Shoreline Change by Remote Sensing. – Ph. D. Thesis, Universiti Putra Malaysia.
- MAZLAN, H., AZIZ, I. & ABDULLAH, A., 1989: Preliminary Evaluation of Photogrammetric-Remote sensing Approach in Monitoring Shoreline Erosion. – Proceeding of the Tenth Asian Conference on Remote Sensing. November 23–29, 1989. Kuala Lumpur, Malaysia, pp: F-5-1 – F-5-10.
- RAJ, J.K., 1982: Net Directions and Rates of Present-day Beach Sediment Transport by Littoral Drift along the East Coast of Peninsular Malaysia. – *Geol. Soc., Malaysia Bull.* **15**: 57–82.
- VACHON, P.W., HAROLD, K.E. & SCOTT, J., 1994: Airborne and Spaceborne Synthetic Aperture Radar Observations of Ocean Waves. – *J. Atmo.-Ocean* **32** (10): 83–112.

Address of the author:
 Dr. MAGED MARGHANY
 Faculty of Science and Technology
 Department of Marine Science
 College University Science and Technology
 21030 Kuala Terengganu, Malaysia
 e-mail: magedupm@hotmail.com

Manuskript eingegangen: März 2001
 Angenommen: Mai 2001

Gemeinsame Ausgleichung von Laserscannerdaten und digitalen photogrammetrischen Bildern

AXEL WENDT, Oldenburg

Zusammenfassung: Dieser Aufsatz beschreibt eine Methode mehrere Datenarten in einer gemeinsamen Ausgleichung zur Schätzung der Objektoberfläche heranzuziehen. Im Gegensatz zu den in der Praxis angewandten Methoden aus einem Aufnahmeverfahren eine Oberfläche zu rekonstruieren, wird in diesem Aufsatz die Kombination zweier Verfahren aufgezeigt: digitale photogrammetrische Bilder und Laserscanningdaten. Das Facetten-Stereosehen, ein allgemeiner photogrammetrischer Matchingansatz, der digitale Bilder im Objektraum zuordnet, wird zur mathematischen Beschreibung zwischen Sensor und Objekt herangezogen. Dieser Matchingansatz schätzt zum einen das radiometrische und zum anderen das geometrische Oberflächenmodell. Durch Integration der Laserscannerdaten in das Ausgleichungsmodell der Oberflächenrekonstruktion – das Facetten Stereosehen – wird durch diese zusätzlichen geometrischen Beobachtungen ein schnelleres Konvergenzverhalten in der Ausgleichung festgestellt. Die unabhängigen Datenarten lassen eine automatische punkt- oder pixelweise (pixel = picture element) bzw. surfelweise (surfel = surface element) Kontrolle des rekonstruierten Objektes zu.

Summary: *Combined Adjustment of Laser Scanning Data and Digital Photogrammetric Images.* This paper discusses a method for surface reconstruction by a combined adjustment of multiple data types. Contrary to the practical methods of reconstruction of an unknown surface with only one data type, this paper describes a way of joining two data types: digital photogrammetric images and 3-D laser scanning data. The Facet Stereo Vision method, a general photogrammetric matching algorithm for digital images, is used to form the mathematical relationship between sensor and object. On the one hand, the result of this general matching algorithm is, the radiometric model – the ortho image. On the other hand, the geometric model – the digital terrain model, is determined simultaneously. For laser scanning data integrated as additional observations in the Facet Stereo Vision surface reconstruction adjustment a faster convergence is noticed. These two independent data types provide an automatic point- or pixelwise (pixel = picture element) respectively surfelwise (surfel = surface element) control of the reconstructed object.

1 Einleitung

Auf Grund der enormen Nachfrage von Geodaten stellt die Erfassung, Rekonstruktion und Simulation realer Objekte eine bedeutende Schlüsselposition in der Wirtschaft dar. Doch alleinige Quantität von Geodaten reicht zur Befriedigung des Marktes nicht aus. Schnell erfasste, preiswerte und real texturierte Modelle werden von der Wirtschaft gefordert. Eine detailgetreue Rekonstruktion der wahren Welt (virtual reality) ermöglicht z.B. Unternehmen überzeugend Simulationen Kunden u.a. vorzustel-

len, siehe auch (GRÜN et al. 2000). Die Erfassung, Rekonstruktion und Simulation realer Objekte, etabliert sich mehr und mehr in die Praxis und stößt dabei auf hohe Resonanz. Auf Grund dieses Verlangens nach Geodaten konkurrieren bei der Erfassung realer Objekte verschiedene Aufnahmeverfahren um Wirtschaftlichkeit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit. In dieser Studie hat sich der Verfasser mit dem Laserscanningverfahren und der Luftbildphotogrammetrie beschäftigt; zwei Aufnahmesensoren, die um die Erfassung der Erdoberfläche konkurrieren, siehe z. B. (BALTSAVIAS 1999).

In diesem Aufsatz wird die Rekonstruktion wahrer Objekte in Kombination der genannten Datenarten exemplarisch durchgeführt. Die primären Ziele sind: ein hochgenaues digitales Oberflächenmodell (DOM) zu erstellen, die Vorteile aus der Kombination dieser beiden Datenarten auszunutzen, sowie den gesamten Informationsgehalt auszuschöpfen. Dabei wird untersucht, inwieweit sich der Nachbearbeitungsprozess verringert, sich das Konvergenzverhalten der iterativen Ausgleichung verhält, eine unabhängige Kontrolle bei der Rekonstruktion auftritt und ob die Bereiche auftretender Diskrepanzen automatisch lokalisiert werden können. Als Nebenprodukt wird zudem ein Orthophoto erzeugt, ein radiometrisches Modell, welches die „wahre“ Textur approximiert.

Zur Realisierung der Zielsetzung, wird der allgemeine photogrammetrische Auswertansatz des Facetten-Stereosehens aufgegriffen. Das Facetten-Stereosehen, welches erstmals von (WROBEL 1987) veröffentlicht und von (WEISENSEE 1992, TSAY 1996, SCHLÜTER 2000, WEISENSEE 2000) u.a. untersucht und weiterentwickelt wurde, ordnet digitale Bilder direkt im Objektraum zu.

Hinsichtlich der geometrischen Beobachtungen – den Laserscannerdaten – wird das Ausgleichungsmodell der objektraum-orientierten Bildzuordnung erweitert, damit diese Beobachtungen am Schätzungsprozess zur Rekonstruktion des Objektes ihrer Güte nach teilhaben.

Im Folgenden wird das Facetten-Stereosehen mit der integrierten geometrischen Beziehung zu der verwendeten Punktwolke aus Laserscannerdaten aufgezeigt. Weiter werden erste Ergebnisse, die im Rahmen der Untersuchungen erzeugt wurden, vorgestellt und hinsichtlich der angesprochenen Zielsetzung untersucht. Zur Bewertung werden die Ergebnisse in Form von Bildern, Bildsequenzen und virtuellen Modellen visualisiert. Als statistische Momente werden insbesondere die Residuen – getrennt in geometrische und radiometrische – betrachtet, aus denen primär die Bewertung der Ausgleichung abgeleitet wird.

Diese Art der Datenerfassung bzw. Auswertung stellt einen neuen Ansatz zur präzisen Rekonstruktion und digitalen Simulation von Freiformoberflächen dar.

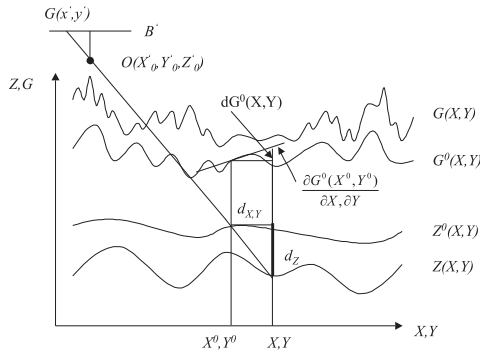
2 Das Facetten-Stereosehen

Der mathematische Ansatz des Facetten-Stereosehens zeichnet sich durch seine Offenheit aus, jegliche objektbezogene Informationen zur Objektrekonstruktion mit heranzuziehen. Hierbei wird die Korrespondenz zwischen Pixel und Surfel im Objektraum über die i.d.R. zentralperspektive Abbildungsgeometrie geschaffen. Sind die Orientierungsdaten, die zur Vereinfachung konstant in die Ausgleichung eingehen, der einzelnen Bilder bekannt, so steht jedes Bild mit Hilfe der Abbildungsgeometrie in direktem Bezug zu dem zu rekonstruierenden Objekt. Durch die inverse Formulierung der Bildentstehung, dem Prinzip des Facetten-Stereosehens, findet die Bildzuordnung im Objektraum unter Hinzunahme eines geometrischen und radiometrischen Näherungsmodells nach der Methode der kleinsten Quadrate (Gauß-Markov-Modell) statt. Dabei werden die Grauwerte der einzelnen Pixel in den Objektraum projiziert und mit der Objektgeometrie zum Schnitt gebracht (s. Abb.1).

Allgemein lässt sich der in Abb.1 beschriebene Zusammenhang auch für n Bilder ausdrücken, siehe (1), wobei T die jeweilige Transferfunktion darstellt, welche die Beziehung des Intensitätswertes, zwischen dem Objekt und dem Bild herstellt.

$$\begin{aligned} G(X, Y) &= T'[G'(x', y')] \\ &= T''[G''(x'', y'')] = \dots \end{aligned} \quad (1)$$

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, ergibt sich für die Stelle X^0, Y^0 mit dem Grauwert $G'(x', y')$ im Bild B' durch die lineare Transformation T des Bildsignalwertes vom Bildraum zum Objektraum und die anschließende Entwicklung der Objektgrauwertfunktion in eine Taylor-Reihe unter Vernachlässigung der Restglieder folgende Gleichung:



- Z (X, Y) Oberflächenfunktion des geometrischen Objektraummodells
- Z⁰(X, Y) Näherungsfunktion des geometrischen Objektraummodells
- G (X, Y) Oberflächenfunktion des radiometrischen Objektraummodells
- G⁰(X, Y) Näherungsfunktion des radiometrischen Objektraummodells

Abb. 1: Grundbegriffe der Bildinversion: Der Verlauf eines Bildsignals nach TSAY 1996.

$$\begin{aligned}
 G(X, Y) &= G^0(X^0 + dX, Y^0 + dY) \\
 &+ dG^0(X, Y) \\
 &\approx G^0(X^0, Y^0) + \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta X} \cdot dX \\
 &+ \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta Y} \cdot dY + dG^0(X, Y)
 \end{aligned} \tag{2}$$

wobei

$$\frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta Y} \text{ und } \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta X}$$

den in X und Y aufgespalteten Grauwertgradienten entspricht. Die Differenziale dX, dY an den Stellen X^0, Y^0 sind abhängig von den zu erwartenden Höhenänderungen dZ in Z^0 . Dies lässt sich mit Hilfe des Abbildungsstrahles ausdrücken, der sich in den Kollinearitätsgleichungen, den Grundgleichungen der Photogrammetrie, wiederfinden lässt. Das Projektionszentrum O des heranzuziehenden perspektiven Bildes wird durch X'_0, Y'_0, Z'_0 ausgedrückt und wie schon erwähnt als fester Parameter eingeführt.

Dadurch, dass die Orientierungsparameter bekannt sind, ist der Abbildungsstrahl der Bildinversion fest definiert. Der Grauwert eines Pixels darf sich bei der Projektion in den Objektraum nur auf diesem Strahl bewegen, der sich wie folgt aus der zentral-

perspektiven Abbildungsgeometrie beschreiben lässt:

$$\begin{aligned}
 dX &= \frac{\delta X}{\delta Z} \cdot dZ = \frac{X^0 - X'_0}{Z^0 - Z'_0} \cdot dZ \\
 &= X'_Z \cdot dZ \\
 dY &= \frac{\delta Y}{\delta Z} \cdot dZ = \frac{Y^0 - Y'_0}{Z^0 - Z'_0} \cdot dZ \\
 &= Y'_Z \cdot dZ
 \end{aligned} \tag{3}$$

durch Einsetzen von (2) und (3) in (1) folgt:

$$\begin{aligned}
 G'(x', y') &= T'^{-1} \left(\begin{aligned} &G^0(X^0, Y^0) + dG^0(X, Y) \\ &+ \left(\frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta X} \cdot X'_Z + \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta Y} \cdot Y'_Z \right) \cdot dZ \end{aligned} \right) \tag{4}
 \end{aligned}$$

was der Grundgleichung des Facetten-Stereosehens entspricht, siehe (WROBEL 1987, WEISENSEE 1992). In (4) wird der funktionale Zusammenhang zwischen den Bildgrauwerten $G'(x', y')$ mit dem radiometrischen Objektraummodell $G(X, Y)$ und geometrischen Objektraummodell $Z(X, Y)$ beschrieben. Dabei wird das geometrische Modell durch

dZ vertreten, was einer Korrekturfunktion entspricht, die mit der vorgegebenen Funktion $Z^0(X^0, Y^0)$ – dem als Vorwissen eingebrachten Näherungsmodell – addiert, das Objektraummodell bildet. Der funktionale Zusammenhang ist in (5) dargestellt:

$$Z(X, Y) = Z^0(X^0, Y^0) + dZ(X^0, Y^0) \quad (5)$$

Im nächsten Schritt sind die Funktionen der Objektgeometrie $Z(X, Y)$ und des radiometrischen Modells $G(X, Y)$ einzusetzen. Um aber eine generell gültige Gleichung zu erhalten, wird hier die allgemeine Ausdrucksform gewählt.

Für die Geometriebeschreibung im Objektraum gilt:

$$\begin{aligned} Z(X, Y) &\approx Z(X, Y) \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X, Y) \cdot Z_{ij}^0 \end{aligned} \quad (6)$$

bzw. aufgespaltert nach Gleichung (5) in

$$\begin{aligned} Z^0(X^0, Y^0) \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X^0, Y^0) \cdot Z_{ij}^0 \end{aligned} \quad (7)$$

und

$$\begin{aligned} dZ(X^0, Y^0) \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X^0, Y^0) \cdot dZ_{ij} \end{aligned} \quad (8)$$

Für die Grauwertfunktion gilt analog:

$$\begin{aligned} G(X, Y) &\approx G(X, Y) \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X, Y) \cdot G_{ij} \end{aligned} \quad (9)$$

wiederum aufgespaltert in

$$\begin{aligned} G^0(X^0, Y^0) \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X^0, Y^0) \cdot G_{ij}^0 \end{aligned} \quad (10)$$

und

$$\begin{aligned} dG^0(X^0, Y^0) \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X^0, Y^0) \cdot dG_{ij} \end{aligned} \quad (11)$$

Des Weiteren werden die bei der Linearisierung nach Taylor hergeleiteten Grau-

wertgradienten mit eingesetzter Grauwertfunktion benötigt. Die in X und Y aufgespaltenen Grauwertgradienten erhält man durch die partiellen Ableitungen der Grauwertfunktion nach ihren Gewichtskoeffizienten und ihren beiden Lagekoordinaten, die dann heißen:

$$\begin{aligned} \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta X} \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta \alpha_{ij}(X^0, Y^0)} \cdot \frac{\delta \alpha_{ij}(X^0, Y^0)}{\delta X} \end{aligned} \quad (12)$$

und

$$\begin{aligned} \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta Y} \\ &= \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta \alpha_{ij}(X^0, Y^0)} \cdot \frac{\delta \alpha_{ij}(X^0, Y^0)}{\delta Y} \end{aligned} \quad (13)$$

Setzt man nun die funktional beschriebenen Objektraummodelle in die Grundgleichung des Facetten-Stereosehens (4) ein, so erhält man:

$$\begin{aligned} G(x', y') \\ &= T'^{-1} \left(\begin{aligned} &\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X^0, Y^0) \cdot G_{ij}^0 \\ &+ \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X^0, Y^0) \cdot dG_{ij}^0 \\ &\quad \frac{\delta G^0(X^0, Y^0)}{\delta \alpha_{ij}(X^0, Y^0)} \\ &+ \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \left(\frac{\delta \alpha_{ij}(X^0, Y^0)}{\delta X} \cdot X'_z \right. \\ &\quad \left. + \frac{\delta \alpha_{ij}(X^0, Y^0)}{\delta Y} \cdot Y'_z \right) \\ &\cdot \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij}(X^0, Y^0) \cdot dZ_{ij} \end{aligned} \right) \end{aligned} \quad (14)$$

Die Gleichung (14) enthält eine allgemeine Beschreibung der Objektraummodelle, die noch durch geeignete Interpolationsfunktionen spezifiziert werden müssen. Aus (14) lässt sich irrtümlicherweise interpretieren, dass – durch die analoge Ausdrucksweise $m, -n$ – die Funktion der Grauwertbeschreibung gleich der Funktion der Geometriebeschreibung sein soll, was aber keinesfalls Bedingung ist.

3 Die Verbesserungsgleichungen der gemeinsamen Ausgleichung

Greift man wieder den funktionalen Zusammenhang zwischen dem Objektgrauwert $G(X, Y)$ eines Surfels und seinen korrespondierenden Bildgrauwert $G'(x', y')$ auf, so lässt sich aus (1) folgende Verbesserungsgleichung aufstellen:

$$T'[G'(x', y')] + v_{G'(x', y')} = G(X, Y) \quad (15)$$

nach $v_{G'(x', y')}$ umgestellt ergibt:

$$v_{G'(x', y')} = G(X, Y) - T'[G'(x', y')] \quad (16)$$

In dem Ansatz des Facetten-Stereosehens wird davon ausgegangen, dass das radiometrische Modell als Sollmodell vorliegt. Durch die Mehrbildzuordnung im Objektraum wird jeweils nach erfolgter Projektion aller Bildgrauwerte in dem Objektraum ein Soll-Grauwertmodell gebildet, zu dem dann die Verbesserungen ermittelt werden. Durch diesen angesprochenen Lösungsweg wird deutlich, dass dafür mehrere Iterationen notwendig sein werden.

Die Verbesserungsgleichungen für die Koordinatentripel der Laserscannerdaten ergeben sich aus:

$$v_{Z_p} = \sum_{i=0}^l \sum_{j=0}^l a_{ij}(X_p, Y_p) \cdot \hat{Z}_{ij} - Z_p \quad (17)$$

mit

$$\hat{Z}_{ij} = Z_{ij}^0 + dZ_{ij} \quad (18)$$

bezogen auf die Unbekanntenzuschläge zu:

$$v_{Z_p} = \sum_{i=0}^l \sum_{j=0}^l a_{ij}(X_p, Y_p) \cdot dZ_{ij} - \left[Z_p - \sum_{j=0}^l \sum_{i=0}^l a_{ij}(X_p, Y_p) \cdot Z_{ij}^0 \right] \quad (19)$$

Die Forderung der gemeinsamen Ausgleichung lautet:

$$(\mathbf{A}_1 \mathbf{P}_1 \hat{\mathbf{x}} - \mathbf{l}_1)^2 + (\mathbf{A}_2 \mathbf{P}_2 \hat{\mathbf{x}} - \mathbf{l}_2)^2 \rightarrow \min., \quad (20)$$

wobei diese durch stabilisierende Bedingungen erweitert werden kann.

4 Auswertung eines Beispieldatensatzes

Zur Beurteilung der gemeinsamen Ausgleichung soll im Folgenden ein Beispiel genauer betrachtet werden, welches in Anbetracht der digitalen Bildzuordnung eine Herausforderung darstellt. Das erwartete geometrische wie auch radiometrische Objektraummodell beinhaltet mehrere Unstetigkeitsstellen. Das Beispiel weist unter anderem eine Häuserschlucht zwischen zwei großen Gebäuden auf und enthält damit auf kleinem Raum einen Höhenunterschied von ca. 10 m. Zudem liegen homogene Textur und Schattenbereiche vor. All diese erwähnten Einschränkungen werden von den Laserscannerdaten ignoriert. Im Rahmen der Studie wird analysiert inwieweit die Laserscannerdaten, die in diesem Bereich liegen, die erhofften Erwartungen erfüllen, dennoch ein qualitativ hochwertiges geometrisches sowie radiometrisches Objektraummodell zu erzeugen.

Vorerst werden die Datenarten grafisch getrennt betrachtet. Abb. 2 zeigt das geometrische Objektraummodell in einer Auflösung von 2 m, welches ausschließlich aus Laserscannerdaten entstanden ist. Die Struktur der Gebäude (s. auch Abb. 3 u. 4) ist deutlich zu erkennen. Auf Grund der Peaks auf dem Gebäudedach werden Ausreißer im Datensatz vermutet, die z.B. durch Mehrfachreflexion, Vegetation bzw. der Geländerauheit herrühren.

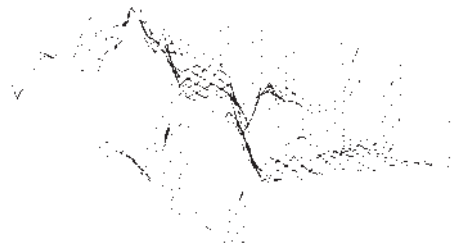


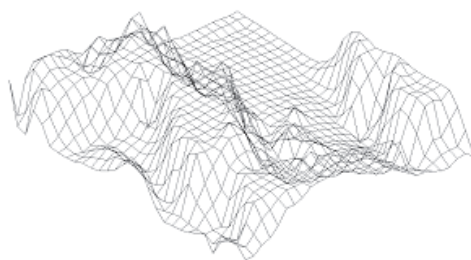
Abb. 2: Geometrisches Objektraummodell aus Laserscannerdaten.

Diese Ausreißer können nicht ohne weiteres lokalisiert werden, da die Laserscannerdaten zum einen „blinden“ Daten entsprechen und zum anderen keiner unabhängigen Kontrolle unterliegen. Hierbei soll insbesondere Letzteres als Begründung gelten, da das erste Argument der blinden Daten nur teilweises gilt. Durch das Registrieren der Intensitäten während der Laserscannerbefliegung lässt sich direkt auf ein orthophotoähnliches Bild rückschließen, welches aber eher etwas über die Reflexionseigenschaft des Objektes aussagt. Grundsätzlich lässt sich daher festhalten, dass eine unabhängige Kontrolle geschaffen werden muss, durch die dann die Ausreißer entlarvt werden.

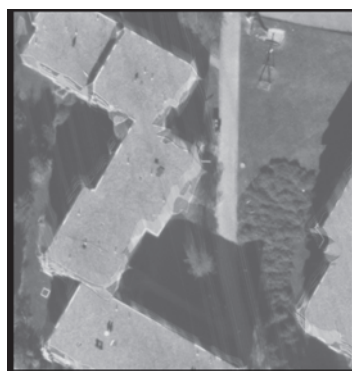
Betrachtet man analog zu diesem Modell das Höhenmodell, welches ausschließlich aus Bilddaten generiert wurde, so stellt man fest, dass dies im Gegensatz zu den Laserscannerdaten die Gebäudestruktur schwächer widerspiegelt. In den texturarmen Bereichen sind mehrdeutige Lösungen möglich, wodurch eine ersichtliche Fehlzuordnung statistisch richtig erscheint. Es wird deutlich, dass auch hier eine unabhängige Kontrolle erforderlich ist. In den Bereichen ausreichender Textur konnte das Objektmodell zuverlässig generiert werden. Im Gegensatz zu den Laserscannerdaten liegen bei der Verwendung der Bilddaten wesentlich mehr Beobachtungen vor, was zu einer höheren Redundanz bzw. Genauigkeit und Zuverlässigkeit führt.

Wir stellen fest, dass sich durch eine Kombination der beiden Datenarten eine unabhängige Kontrolle ergibt. Durch eine Kombination werden sich die beiden Datenarten ebenfalls ergänzen. Zudem lassen sich Ausreißer in den Datensätzen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit lokalisieren.

Exemplarisch für die in der Studie empirisch verwendeten stochastischen Modelle wird ein Beispiel vorgestellt, in dem die Beobachtungen gleichberechtigt eingeführt werden. Die Summe aller Gewichte der geometrischen Beobachtungen ist gleich der Summe aller Gewichte der radiometrischen Beobachtungen. Die Ergebnisse sind in Abb. 3 dargestellt.



(a) geometrisches Modell



(b) radiometrisches Modell

Abb. 3 Gemeinsame Ausgleichung von Laserscanner- und Luftbilddaten

Die Verschmierungen an den Gebäudekanten im radiometrischen Modell in Abb. 3 werden im geometrischen Modell bestätigt. Die fehlerbehaftete Objektgenerierung lässt sich auf die Unstetigkeiten der Radiometrie und Geometrie an den Gebäudekanten zurückführen. In den Bereichen, in denen das Objekt sichtlich vertrauenswürdig rekonstruiert wurde, bestärkt die unabhängige Kontrolle erheblich die Zuverlässigkeit des Ergebnisses. Die zuvor angesprochenen Diskrepanzen an den Gebäudekanten werden ebenfalls lokalisiert. Durch eine individuelle adäquate Wahl des stochastischen Modells muss in diesen Fällen die vertrauenswürdigere erscheinende Datenart höher gewichtet werden. Dieser Prozess sollte implizit in der Ausgleichung iterativ geschehen, wobei der Einfluss der Ausreißer sukzessiv eliminiert wird. Man spricht dabei von sukzessiver Regewichtung, die für diese

Fälle prädestiniert ist. Jede Beobachtung hat eine Daseinsberechtigung und fließt mit in die Ausgleichung ein. Allein die Wahl des Gewichtes steuert ihren Einfluss bei der Schätzung der Unbekannten.

5 Wertung und Ausblick

Hinsichtlich der zu Anfang genannten Ziele ist es notwendig, die geometrischen und radiometrischen Beobachtungen miteinander zu verknüpfen. Jeder Laserpunkt wird einem Pixel zugeordnet, was in Abb. 4 (a) u. (b) zu sehen ist.

Durch diese Verknüpfung ist die Grundlage geschaffen, dass neben den etablierten, auf Hypothesen beruhenden Filtermethoden der Laserscannerdaten, hypothesenfreie Methoden bzw. Bedingungen auf Grund der Bilddaten bzw. der digitalen Bildzuordnung möglich werden.

Abb. 4 (c) zeigt die Objektraummodelle der gemeinsamen Ausgleichung. Das radiometrische Modell – die Textur – wird mit dem geometrischen Modell überlagert.

In dieser Studie werden, anstatt die differenzierenden Aufnahmesensoren kritisch gegenüber zu stellen, durch Kombination ihre Vorteile genutzt. Denkbar ist zudem eine kombinierte Aufnahmebefliegung, wodurch die Wirtschaftlichkeit gewährleistet wird. Die erhöhte Datenaufzeichnung und der Mehraufwand bei der Auswertung lässt sich durch die ständig fortschreitende Automation der Auswerteprozesse vertreten.

Zukünftig müssen hinsichtlich dieser Problemstellung weitere empirische Untersuchungen angestellt werden. Das stochastische Modell muss verfeinert werden, damit nicht nur eine unabhängige Kontrolle geschaffen wird und die auftretenden Diskrepanzen lokalisiert werden, sondern ebenfalls ein hochgenaues Objektraummodell generiert werden kann. Je vielseitiger und flexibler Bedingungen zur stochastischen Anpassung formuliert werden, desto mehr kann auf einen manuellen Eingriff verzichtet werden. Diese Vorgehensweise wird dadurch nicht nur wirtschaftlich vertretbar, sondern sogar kostengünstiger.

Danksagung

Durch das bereitwillige zur Verfügung stellen von Laserscanningdaten sowie Luftbilddaten von Seiten der TopScan GmbH wurde diese Arbeit erst praktisch durchführbar. Daher möchte sich der Verfasser bezüglich der Datensätze, sowie der freundlichen und hilfsbereiten Einweisung in die Laserscanneraltimetrie bei der TopScan GmbH herzlich bedanken.

Literatur

BALTSAVIAS, E.P., 1999: A comparison between photogrammetry and laser scanning. – International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, J. Photogramm. Remote Sensing **54** (2/3): 83–94, Zürich.

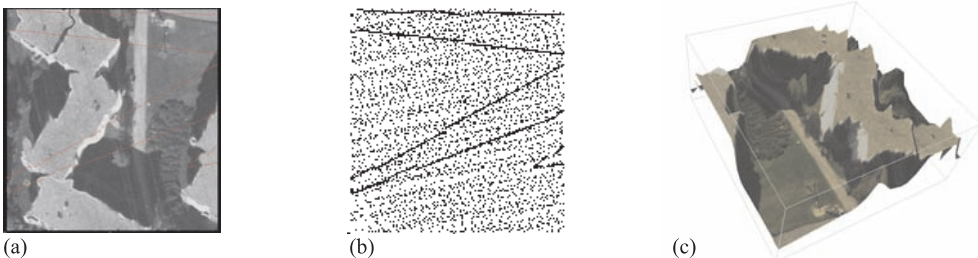


Abb. 4: (a) Verknüpfung der geometrischen und radiometrischen Beobachtungen, (b) Verdeutlichung der Laserscannerdaten, (c) Visualisierung via VRML (Virtual Reality Modeling Language).

- GRÜN, A., STEIDLER, F. & WANG, X., 2000: CyberCity Modeler – ein System zur halbautomatischen Generierung von 3-D-Stadtmodellen. – *Der Vermessungsingenieur* 2000: 201–205.
- SCHLÜTER, M., 1999: Von der 2½D- zur 3D-Flächenmodellierung für die photogrammetrische Rekonstruktion im Objektraum. – Dissertation, Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Heft Nr. 506, München.
- TSAY, J.-R., 1996: Wavelets für das Facetten-Stereosehen. – Dissertation, Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Heft Nr. 454, München.
- WEISENSEE, M., 1992: Modelle und Algorithmen für das Facetten-Stereosehen. – Dissertation, Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Heft Nr. 374, München.
- WEISENSEE, M., 2000: Combined Adjustment of Laser Scanning Data and Digital Photogrammetric Images. – *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Amsterdam.
- WROBEL, B. & SCHLÜTER, M., 1998: Das Dezimeter-DGM durch photogrammetrische Oberflächenrekonstruktion mit dem Facetten-Stereosehen. – *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, **105**(8/9): 295–303.
- WROBEL, B., 1987: Digitale Bildzuordnung durch Facetten mit Hilfe von Objektraummodellen. – *Bildmessung und Luftbildwesen*, **55**: 93–101.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. (FH) AXEL WENDT

Fachhochschule Oldenburg/Ostfriesland/ Wilhelmshaven

Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik

Ofener Str. 16–19

D-26121 Oldenburg, Tel.: 0441-7708 3365,

Fax: 0441-7708 3170

e-mail: a.wendt@fh-oldenburg.de

Manuskript eingereicht: August 2001

Angenommen: August 2001

Feuerwehr und Rettungsdienst in Hamburg – Eine Untersuchung mit GIS

KARL-PETER TRAUB, Hamburg

Zusammenfassung: Die Qualität der Notfallversorgung in einer Großstadt durch Feuerwehren und Rettungsdienste ist im Wesentlichen abhängig von der raschen Erreichbarkeit durch die Rettungskräfte in einem Notfall. In dieser GIS-gestützten Untersuchung wird die räumliche Verteilung und – daraus abgeleitet – die flächenmäßige Versorgung durch die Berufsfeuerwehr sowie deren Rettungs- und Notarztwagen in der Stadt Hamburg analysiert. Es wird deutlich, dass nicht alle Stadtteile gleichermaßen erreichbar und damit unterschiedlich versorgt sind.

Summary: *Fire fighters and Rescue Services in Hamburg. An analysis with GIS.* The quality of emergency services of a large city, particularly fire fighters and ambulances, largely depend on the rapid accessibility in case of an emergency. This GIS-based study analyses the spatial distribution and area coverage of fire engines and ambulances in the city of Hamburg. It becomes obvious that not all parts of the city can be reached equally.

Einleitung

Im Rahmen eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes am Fachbereich Geomatik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg wurde die räumliche Verbreitung der Gesundheitseinrichtungen in der Hansestadt untersucht (TRAUB 2001). Die Untersuchung betrachtet auch die Verteilung der Feuerwehren und Rettungsdienste in der Stadt. Dadurch sollen neue Erkenntnisse gewonnen werden, die von den zuständigen Gesundheitsplanern und anderen Zielgruppen in Hamburg als Entscheidungsgrundlage verwendet werden können.

Aus der Analyse der gegenwärtigen Situation lassen sich räumliche Optimierungsmöglichkeiten für die ambulante ärztliche Versorgung bzw. der Rettungsdienste ableiten. Die Ergebnisse der noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen werden in Form eines Gesundheitsatlases zusammengefasst und liegen in digitaler Form als Informationssystem auf ArcView-Basis vor.

Feuerwehr und Rettungsdienst

Ein wichtiger Aspekt zur Gesundheitsversorgung der Hamburger Bürger ist die Sicherstellung möglichst rascher Erreichbarkeiten aller Teilgebiete des Stadtgebietes durch Feuerwehren und Rettungsdienste in einem Notfall. Anders als in anderen deutschen Städten wird in Hamburg der Rettungsdienst von der Berufsfeuerwehr organisiert und realisiert.

In Hamburg standen im Jahre 2000 für 1,7 Millionen Einwohner auf einer Fläche von 750 km² zur Feuerbekämpfung 17 Feuerwachen der Berufsfeuerwehr und 87 Feuerwachen der Freiwilligen Wehren zur Verfügung (Karte 1). Hinzu kommen 9 Werks-/Betriebsfeuerwehren, die z.B. für den Airport Hamburg oder den Elbtunnel zuständig sind.

Für die Unfallrettung sind 28 Rettungs- und 10 Notarztwagen der Hamburger Berufsfeuerwehr sowie 2 Rettungshubschrauber im Einsatz (Karte 4).

Die Feuerwehr in Hamburg

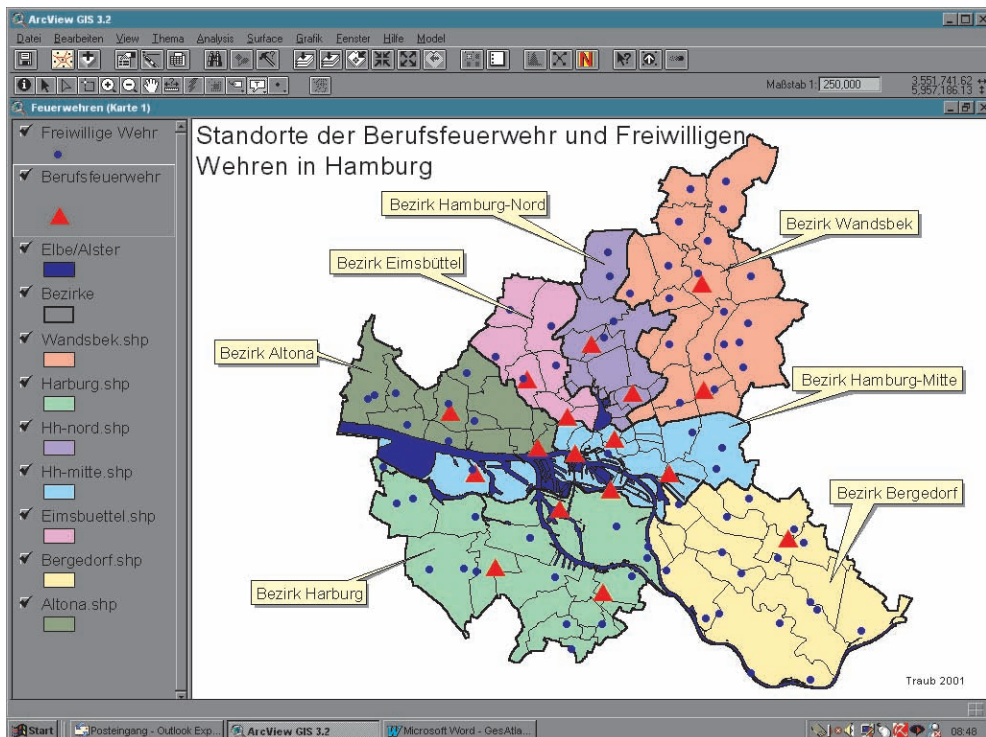
Das Bundesland Hamburg ist in verschiedene Zeitzonen eingeteilt, basierend auf dem sog. brandtechnischen Risiko. Diese Einteilungen werden als Risikoklassen bezeichnet und setzen die erlaubte Zeitspanne von der Alarmierung bis zum Eintreffen am Einsatzort fest. So ist beispielsweise eine Erreichbarkeit innerhalb von 5 Minuten für den Verkehrsflughafen und 15 Minuten für landwirtschaftlich genutzte Flächen festgeschrieben.

Insgesamt sind 5 verschiedene Risikoklassen definiert, wobei Risikoklasse I ein Gebiet mit dem höchsten und die Risikoklasse V ein Gebiet mit dem geringsten Brandrisiko darstellt (Karte 2). Gebiete der Risikoklasse I sind mit einer Werkfeuerwehr oder einer ähnlichen Einrichtung, z.B. der Tun-

nel-Betriebsfeuerwehr für den Elbtunnel, ausgestattet. Gebiete der Risikoklasse II und höher werden von der Hamburger Berufsfeuerwehr versorgt. Die Standorte der Feuerwachen sowie die Zuständigkeitsbereiche (Versorgungsgebiete) müssen so gewählt sein, dass die Vorgaben dementsprechend erfüllt werden können.

Im Rahmen einer speziellen Untersuchung (ALBERS 2000) wurden am Beispiel der Hamburger Berufs- und Freiwilligen Feuerwehren Erreichbarkeitsanalysen mit GIS (IDRISI und ArcView) durchgeführt. Beispielhaft wurde die tatsächliche Erreichbarkeit der Gebiete der Risikoklasse II (Zielvorgabe: 5 Minuten) betrachtet.

Basierend auf den langjährigen Erfahrungswerten der Hamburger Berufsfeuerwehr wurde für die Modellierung eine durchschnittliche und tageszeitunabhängige



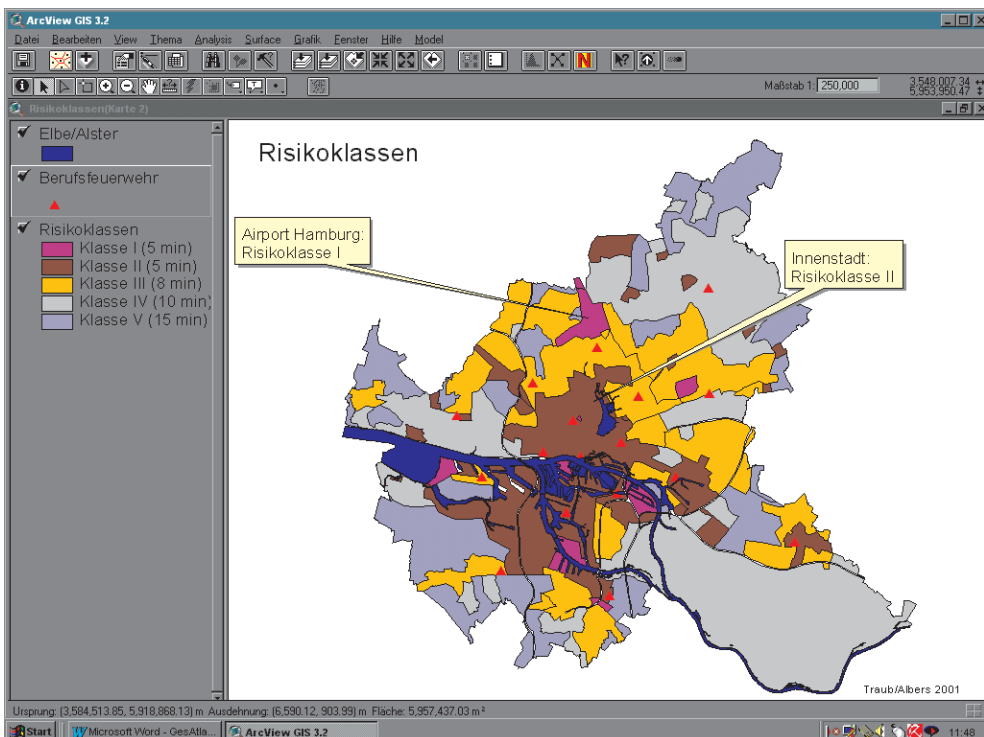
Karte 1: Dargestellt wird das Stadtgebiet von Hamburg mit administrativen Grenzen. Farbcodiert sind die 7 Bezirke Hamburgs, die wiederum unterteilt sind in 103 Stadtteile. Die Hamburger Gewässerlandschaft ist reduziert auf Elbe und Alster. Die 17 Feuerwachen der Berufsfeuerwehr sind mit roten Dreiecken dargestellt, die 87 Feuerwehnhäuser der Freiwilligen Wehren sind durch blaue Punkte repräsentiert.

Geschwindigkeit von 34 km/h für die Löschfahrzeuge angenommen und für jeden Punkt im Hamburger Straßennetz die distanzbasierte Fahrzeit berechnet. Dies bedeutet, dass bei 34 km/h in 5 Minuten maximal 2833 m Entfernung zurück gelegt werden kann. Die Berechnung erfolgte unter Berücksichtigung der Gewässer Elbe und Alster als Barriere, die für Kraftfahrzeuge nicht überwindbar sind. Für Einbahnstraßen wurde vereinfachend angenommen, dass sie für Einsatzfahrzeuge mit Sondersignal in beide Fahrtrichtungen mit gleicher Geschwindigkeit (!) passierbar seien.

Dieses Zwischenergebnis wurde mit den digitalisierten Risikoklassen (Karte 2) überlagert. Aus dieser modellhaften Betrachtung ergab sich das interessante Ergebnis, dass die Berufsfeuerwehr bei einer Geschwindigkeit von 34 km/h lediglich 56 % der Flächen

der Risikoklasse II rechtzeitig erreichen kann (s. Karte 3). Wenn allerdings die Freiwilligen Feuerwehren mit berücksichtigt werden, können theoretisch 82 % der Fläche innerhalb des vorgesehenen Zeitrahmens erreicht werden.

Als kritisch zu bewerten sind die 18 % der nicht erreichbaren Gebiete, für die entweder zusätzliche Feuerwachen benötigt werden oder die durch eine räumliche Verlegung einzelner Wachen zu einer kürzeren Einsatzzeit verholfen werden könnte. Allerdings müsste zunächst geklärt werden, ob das verwendete Modell ausreichend realitätsnah abbildet. Bei der Berechnung der Erreichbarkeit von einzelnen Straßenabschnitten wurden z.B. Brücken als „normale Straßenkreuzungen“ betrachtet, bei denen in jede Richtung abgebogen werden kann. Wie jeder weiß, ist dies in den meisten Fällen aber nicht der



Karte 2: Ganz Hamburg ist in 5 Risikoklassen eingeteilt: Die Klasse I stellt die höchste Gefährdungsstufe dar (violett), die Klasse V (mittleres blau) die geringste. Die Gebiete der Risikoklassen I und II müssen innerhalb von 5 min erreichbar sein.

Fall, so dass in der Realität häufig eine andere Route mit einer längeren Fahrzeit gewählt werden muss. Ebenso sind Einbahnstraßen in der Regel nicht mit gleicher Geschwindigkeit in beide Richtungen passierbar – zumindest nicht am Tage bei normaler Verkehrsbelastung.

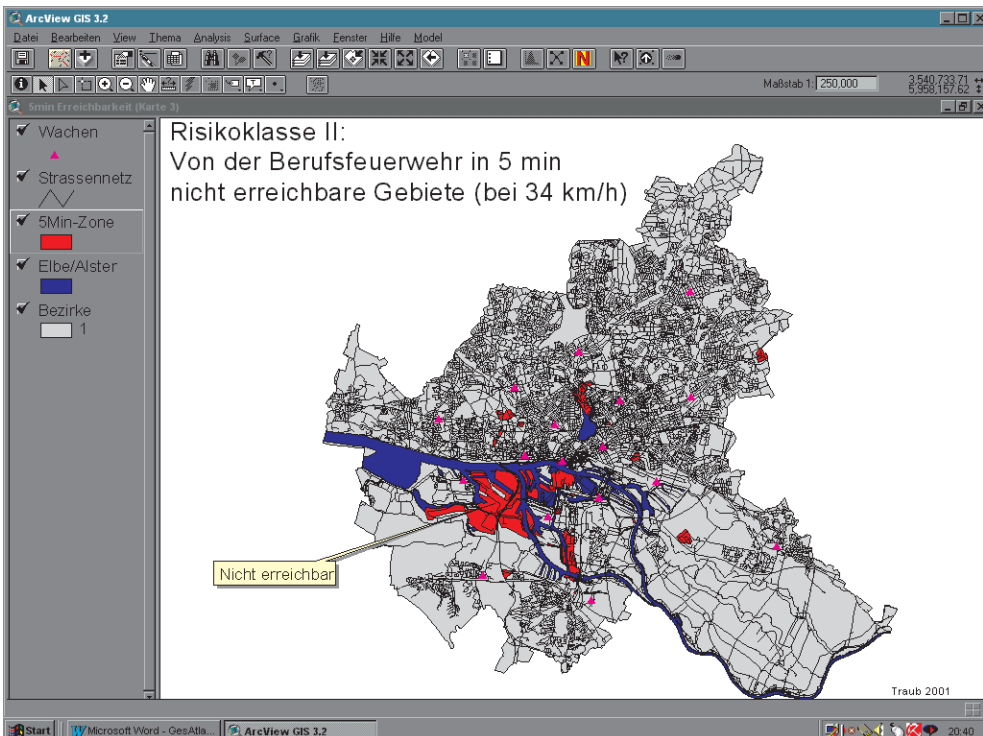
In einer Nachfolgeuntersuchung sollen nun tageszeitenabhängige Modelle entwickelt werden, bei denen unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten (z.B. Stoßzeiten vs. Nachtzeiten) aber auch Brücken und Einbahnstraßen berücksichtigt werden.

Die Notfallversorgung durch den Rettungsdienst in Hamburg

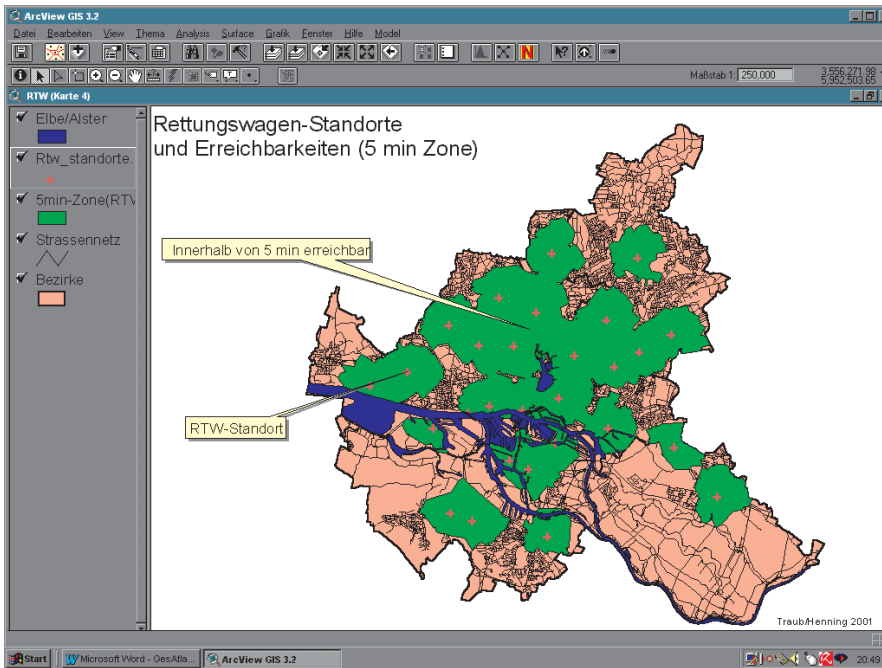
Außer der Untersuchung der Feuerwehren in Hamburg wurden im Rahmen des Gesundheitsatlases auch Erreichbarkeiten der Rettungsdienste in Augenschein genom-

men. Hierzu wurden etwa 130 000 Einsatzdaten, z. B. Ausrück- und Ankunftszeiten, Fahrgeschwindigkeiten usw. analysiert (HENNING 2001). Auch hier haben sich neue Erkenntnisse ergeben, die ohne den Einsatz von GIS in dieser Form nicht erkennbar geworden wären.

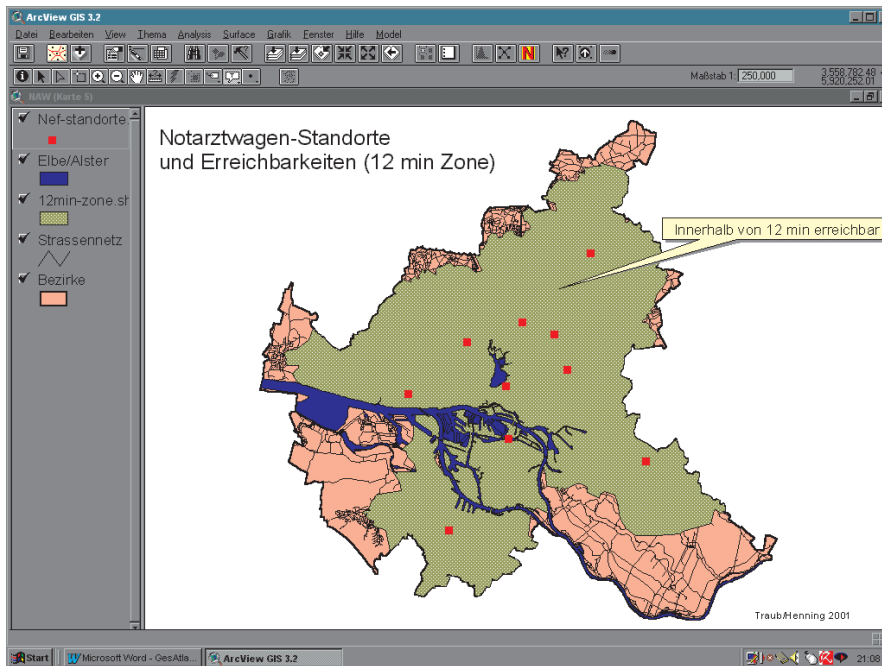
An 28 Standorten in Hamburg – zumeist Feuerwachen – sind Rettungswagen (RTW) stationiert. Die Hamburger Feuerwehr hat sich zum Ziel gesetzt, dass ein RTW innerhalb von 5 min am Einsatzort sein soll, um lebensrettende Sofortmaßnahmen am Unfallort einleiten zu können. Nach Berechnungen von HENNING (2001) sind nur 53,6% des Hamburger Stadtgebietes tatsächlich in 5 min von einem RTW der Feuerwehr erreichbar, sofern er von seinem Stützpunkt ausrückt. Diese – zunächst dramatisch erscheinende – Tatsache wird allerdings durch Folgendes relativiert: Innerhalb



Karte 3: Gebiete der Risikoklasse II, die nicht innerhalb von 5 min von der Berufsfeuerwehr erreicht werden können.



Karte 4: Grün sind die Flächen, die innerhalb von 5 min von einem Rettungswagen der Feuerwehr erreicht werden können.



Karte 5: 70 % der Fläche Hamburgs können von einem NAW bzw. NEF innerhalb von 12 Minuten erreicht werden.

dieser 53,6% der Fläche Hamburgs fanden im Jahr 1999 78,3% aller gefahrenen Einsätze statt!

Die durchschnittliche Eintreffzeit bei den ausgewerteten 130000 Einsätzen des Jahres 1999 betrug 5,46 min (also etwa 1/2 Minute länger als vorgesehen), wobei die RTW mit durchschnittlich 35 km/h nur wenig schneller sind als die Löschfahrzeuge der Feuerwehr (Karte 4).

Etwas anders sieht es mit den Hamburger Notarztwagen (NAW bzw. seit kurzem werden nur noch sog. Notarzteinsatzfahrzeuge – NEF – eingesetzt) aus: Sie erreichen innerhalb der vorgesehenen 12 min immerhin 70% der Hamburger Stadtfläche, bei einer errechneten Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 km/h (Karte 5). Die restlichen 30% der Fläche können nicht in 12 Minuten erreicht werden, dort wurden 1999 allerdings auch nur 4,5% aller Notfalleinsätze gefahren.

Ausblick

Die mithilfe von GIS neu gewonnenen und hier skizzierten Informationen war der Hamburger Berufsfeuerwehr in dieser Form bislang nicht bekannt. Es ergeben sich neue Ansätze zur Standortoptimierung der existierenden Feuer- und Rettungswachen. Weitere Untersuchungen werden nötig sein, um z.B. anhand subtilerer Modelle – unter Berücksichtigung unterschiedlicher Tageszei-

ten, Brücken, Einbahnstraßen, etc. – genauere Erkenntnisse zu erlangen. In beiden Fällen hat die Hamburger Berufsfeuerwehr Interesse an den Untersuchungsergebnissen gezeigt.

Literatur

- ALBERS, M. (2001): GIS-gestützte Untersuchung zur distanzabhängigen Optimierung der Einsatzgebiete der Hamburger Feuerwehr. – Unveröff. Diplomarbeit, Hamburg.
- Bundesministerium für Gesundheit, (Hrsg.) (1999): Daten des Gesundheitswesens. – Schriftenreihe, Band 122, Berlin.
- HENNING, M. (2001): Räumliche Analyse der Rettungswachen der Berufsfeuerwehr Hamburg mit Hilfe eines Geoinformationssystems. – Unveröff. Diplomarbeit, Hamburg.
- TRAUB, K.-P. (2000): Entwicklung eines Gesundheitsatlases. – Vortrag gehalten am 15. 6. 2000; 1. Hamburger Forum für Geomatik, Hamburg.
- TRAUB, K.-P. (2001): Wie schnell ist die Feuerwehr? – In: Fachhochschule. Die Zeitung der Fachhochschule Hamburg Nr. 92/Juli 2001, Hamburg.

Anschrift des Autors:

Prof. Dr. KARL-PETER TRAUB, Planungswesen und Informationssysteme, FB Geomatik, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hebebrandstr. 1, D-22297 Hamburg.
e-mail: k.traub@rzcn.fh-hamburg.de

Manuskript eingereicht: Oktober 2001
Angenommen: Oktober 2001

Abnahme und Überwachung photogrammetrischer Messsysteme nach VDI 2634, Blatt 1

ULRICH RAUTENBERG, Wolfsburg & MANFRED WIGGENHAGEN, Hannover

Zusammenfassung: Im Zuge der gestiegenen Leistungsfähigkeit und eines hohen Automatisierungsgrades ist auch die Anzahl der industriellen Anwendungen für optische 3D-Messsysteme gestiegen. Unabdingbar für einen praxisgerechten Gebrauch dieser Systeme sind Abnahme- und Überwachungsvorschriften, wie sie mit der VDI-Richtlinie 2634 seit kurzer Zeit bestehen. Bisher waren jedoch noch wenige Erfahrungen bei der Umsetzung veröffentlicht, teilweise auch auf Grund eines Mangels an geeigneten Referenzkörpern. In diesem Beitrag sollen die Vorgehensweise und Erfahrungen bei der Umsetzung des Blattes 1 dieser Richtlinie bei der Volkswagen AG dargestellt werden. Dies erstreckt sich von der Einführung in den Sachverhalt, über die Konzeptentwicklung und deren Prüfung in Simulationsrechnungen bis zur praktischen Anwendung des Prüfkörpers in einem gemeinsamen Projekt mit der PTB in Braunschweig.

Möglich wurde eine Anwendung erst mit dem Abschluss der Entwicklung neuartiger Maßverkörperungen für optische Messsysteme bei Volkswagen, die bei geeigneter Länge ein sehr hohes Genauigkeitspotenzial aufweisen.

Summary: *Acceptance test and verification test for photogrammetric measuring systems based on VDI guideline 2634, page 1.* The increasing efficiency and the high grade of automation lead to the fact that the number of industrial applications based on optical 3D-measuring systems has been increased. Important for the practical use are acceptance and verification instructions which recently exist in the VDI guideline 2634. Partly caused by a lack of qualified reference objects only a few results about the realisation have been published in the past. In this paper the proceedings and experiences after the realisation of guideline 2634, page 1 at the Volkswagen AG are presented. An introduction to the main topic, the development of concepts, the verification with simulation calculations and the practical application of the test object in a common project with the PTB Braunschweig, are described.

The application could be carried out just after the development of new test objects for optical measuring systems at Volkswagen AG, which offer a very high accuracy using suitable lengths of the scale bars.

1 Einleitung

Der Einsatz digitaler photogrammetrischer Messsysteme gewinnt in der industriellen Anwendung zunehmend an Bedeutung. Wesentliche Gründe dieser Entwicklung liegen in der Fähigkeit der berührungslosen Messung und der Möglichkeit, große und komplexe Objekte in relativ kurzer Zeit zu erfassen. Kennzeichnend für einige dieser Systeme ist eine hohe Flexibilität in der Anwendung. Sie werden unter anderem in der Produktion als Prüfmittel für Form und Maß oder zum Digitalisieren von Modellen in der Entwicklung eingesetzt.

So werden optische 3-D-Industriemesssysteme zunehmend auch in Bereichen der Qualitätssicherung eingesetzt, in denen bisher taktile antastende Geräte, wie zum Beispiel Koordinatenmessmaschinen, verwendet wurden. Hier herrscht im Gegensatz zu den taktilen Koordinatenmessgeräten noch ein Mangel an anwendbaren Prüfstandards für Sensoren und Systeme, die optisch im dreidimensionalen Raum messen. Dies ist jedoch für die Akzeptanz und Anwendung der Systeme von großer Bedeutung. Gerade auch mit dem Blick auf die ISO 9000ff und deren Bedeutung für die eingesetzten Prüf-

und Messmittel steigt die Relevanz eines geeigneten Nachweisverfahrens.

Dies sollte ein Verfahren sein, mit dem sowohl Hersteller als auch Anwender auf eine einfache und klare Weise die Messgenauigkeit des jeweiligen Systems überprüfen und nachweisen können. Als Ergebnis soll eine eindeutige Entscheidung stehen, ob die Prüfung bestanden wurde oder nicht. Die Ermittlung der Kenngröße muss einsichtig und reproduzierbar sein.

Um diese Lücke auf dem Feld der optischen 3D-Messsysteme zu füllen, steht seit kurzem die Richtlinie VDI/VDE 2634, Blatt 1 und 2 zur Verfügung. Erfahrungen in der praktischen Anwendung dieser Richtlinie fehlen bisher noch. Ein weiteres Problem besteht darin, dass für die Verkörperung von Messvolumen, wie sie in der industriellen Anwendung (Seitenlängen von 2–3 m) häufig vorkommen, bis vor kurzem keine geeigneten Referenzkörper zur Verfügung standen. Zu diesem Zweck wurden bei der Volkswagen AG Maßstäbe entwickelt, die sowohl zur Überwachung der Messsysteme als auch als Systemmaßstab im Gebrauch dienen sollen.

2 Prüfung optischer Systeme

Als Anforderungen für ein Verfahren zur Abnahme und Überwachung lassen sich folgende Punkte anführen:

- Erfassung möglichst aller gerätespezifischer Fehlereinflüsse
- Ausgabe von möglichst einheitlichen und einfach zu interpretierenden Kennzahlen als Gütekriterien. Im Gegensatz zu statistischen Kenngrößen, wie etwa die Standardabweichung, sind Längenabweichungen bezogen auf Referenzlängen einfach zu interpretieren. Zusätzlich halten Längenabweichungen als Qualitätsparameter zunehmend Einzug in Richtlinien.
- Geringer Aufwand an Zeit, Kosten und Personal
- Das Verfahren soll weitgehend mit vorhandenen Richtlinien und Normen übereinstimmen.
- Rückführbarkeit auf nationale Normale

- Vergleichbarkeit verschiedener Messsysteme. Zu diesem Punkt ist es sinnvoll, Konfiguration von Prüfkörper und Sensoren sowie die Strategie der Messung einheitlich vorzugeben.

Für mechanische Koordinatenmessmaschinen (KMG) existieren schon seit längerem Standards und Prüfverfahren zur Kontrolle und Beurteilung der messtechnischen Leistungsfähigkeit. Hier seien vor allem die VDI/VDE 2617 „Genauigkeit von Koordinatenmessmaschinen“, die DIN ISO 10 360 Teil 2 „Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Koordinatenmessmaschinen“ und ISO „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)“ genannt. Sie stellen allgemein anerkannte Standards, Definitionen sowie Abnahme- und Überwachungsverfahren mit den entsprechenden Berechnungsgrundlagen bereit.

Nun unterscheiden sich aber photogrammetrische Industriemesssysteme in wesentlichen Punkten von den herkömmlichen Koordinatenmessmaschinen.

So sind optische 3-D-Messsysteme in der Lage, mehrere Messpunkte gleichzeitig zu erfassen. KMGs hingegen führen die Aufnahme der Punkte einzeln hintereinander durch. Die Leistungsfähigkeit von Photogrammetriesystemen wird stark von der Konfiguration der Messung beeinflusst, da sie nach dem Triangulationsprinzip arbeiten und somit sehr flexibel in der Anordnung der Aufnahmestandpunkte und des erfassten Messvolumens sind. Denn in einem spezifizierten Messvolumen sind durch maßstabs- und konfigurationsbedingte Faktoren keine homogenen Genauigkeitsverhältnisse zu erwarten (LUHMANN 2000). Aus der genannten Funktionsweise ergibt sich außerdem die Möglichkeit der freien Wahl der Anzahl von Bildern und Messpunkten sowie der Sensoren, Objektive und Punkt-signalisierung.

Aus dem theoretisch frei skalierbaren Messvolumen ergibt sich das Problem der Maßstabsverkörperung, sowohl für die Anwendung als auch zum Zwecke der Prüfung. Auch standen bis vor kurzem kaum geeignete Referenzen zur Verfügung, um größere Messvolumen zu verkörpern.

Aus diesen Gründen erscheint es nicht sinnvoll, die bisherigen Verfahren basierend auf DIN ISO 10 360-2 und VDI/VDE 2617 ohne weiteres auch auf optische Industriemesssysteme zu übertragen. Angemerkt sei hierzu jedoch noch einmal, dass die Beibehaltung von bestehenden Definitionen und Strategien bei Weiterentwicklung der Richtlinien durchaus zur Akzeptanz und Konsistenz der Normenreihe beiträgt, da sich der Personenkreis der Anwender im industriellen Bereich kaum ändert.

3 Richtlinie VDI 2634, Blatt 1

Um dem Mangel an geeigneten Richtlinien zu begegnen, wurde im Fachausschuss „Optische 3D-Messtechnik“ der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) und im Arbeitskreis „Nahbereichsphotogrammetrie“ der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (DGPF) die Richtlinie VDI/VDE 2634 „*Optische 3D-Messsysteme*“ in Blatt 1 und 2 erarbeitet. Sie steht als Entwurf seit Ende 1999 zur Verfügung.

Blatt 1 enthält praxisnahe Abnahme- und Überwachungsverfahren zur Beurteilung von bildgebenden optischen 3D-Messsystemen mit punktförmiger Antastung hinsichtlich ihrer Genauigkeit. Dies sind mobile, flexible optische Systeme mit einem oder mehreren bildgebenden Messköpfen. Die Antastung des Objektes geschieht dabei optisch oder taktil.

In Blatt 2 dieser Richtlinie werden optische Messsysteme mit flächenhafter Antastung behandelt.

Der Schwerpunkt dieses Beitrages bezieht sich auf die Empfehlungen des Blattes 1 und beschränkt sich auf optisch antastende Systeme.

3.1 Prinzip

Eine Abnahme und Überwachung nach VDI/VDE 2634, Blatt 1, wird durch Messung kalibrierter eindimensionaler Prüfkörper, die im Messvolumen angeordnet werden, durchgeführt. Das Verfahren gestaltet sich hier einstufig mit der Ermittlung der Längenmessabweichung, da bei punktmess-

senden Systemen die Antastabweichung bereits in der Kenngröße Längenmessabweichung enthalten ist. Die Prüfkörper sollen dabei so angetastet werden, wie es im normalen Gebrauch des Systems geschieht. Eine Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse soll durch die Festlegung von Betriebsarten und Betriebsbedingungen gewährleistet werden.

Unter den genauer zu spezifizierenden Betriebsarten werden in diesem Zusammenhang folgende Parameter verstanden:

- Beleuchtungsart und -intensität
- Messvolumen
- Art, Anzahl und Anordnung der verwendeten Messköpfe
- Art und Dauer der Bildaufnahme sowie der Auswertung
- Art, Anzahl und Form der zu analysierenden Merkmale

Die Betriebsbedingungen umfassen die äußeren Einflüsse, die auf das Messsystem wirken:

- Temperatur und Feuchtegradient
- Feuchte
- Mechanische Schwingungen
- Elektromagnetische Störeinflüsse
- Umgebungsbeleuchtung
- Staub

3.2 Referenz

Als Prüfkörper sollen eindimensionale kalibrierte Referenzen verwendet werden, deren Genauigkeit mit einer Unsicherheit von weniger als 1/5 der vom Hersteller angegebenen maximalen Längenmessabweichung bekannt sein soll. Sie sollen als Messlinie im Messvolumen die Möglichkeit bieten, mindestens 5 Teillängen auszuwerten zu können. Weicht die mittlere Temperatur der Prüfkörper signifikant von der Bezugstemperatur ab, so sind entsprechende Korrekturen vorzunehmen.

Als Empfehlung für das Messvolumen wird eine Ausdehnung von 2000 mm × 2000 mm × 1500 mm gegeben. Die Testlängen können wie in Abb. 1 gezeigt angeordnet werden. Hier soll als längste Testlänge mindestens die Länge der kürzesten Seitenlänge gewählt werden und die größte Länge sollte

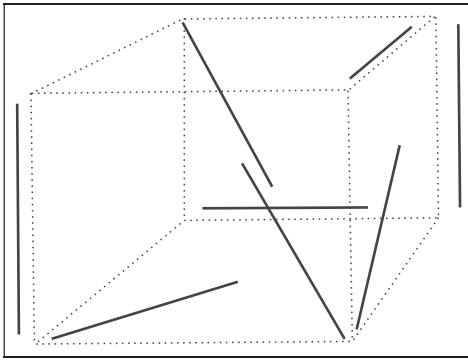


Abb. 1: Anordnung der Messlinien.

mindestens 2/3 der Raumdiagonalen betragen. In jeder Ecke des Messvolumen soll sich ein Endpunkt der längsten Testlängen befinden.

3.3 Kenngröße

Die dreidimensionale Längenmessabweichung Δl wird als Differenz zwischen dem gemessenen Abstand l_m und kalibrierten Abstand l_k zweier Punkte definiert:

$$\Delta l = l_m - l_k \quad (1)$$

Ihr Grenzwert E bezeichnet die maximal zulässige Längenmessabweichung und wird hier als längenabhängige Größe angegeben. Sie stellt hier die Kenngröße in Anlehnung an DIN ISO 10 360-2 dar:

$$E = A + K \cdot L \leq B \quad (2)$$

mit

- E Kenngröße Längenmessabweichung
- A Konstanter Anteil der Kenngröße
- K Konstante
- L Messlänge
- B maximaler Wert der Kenngröße

4 Prüfkörper

Bei der Durchführung der Untersuchung kamen bei der Volkswagen AG entwickelte neuartige Maßstäbe zum Einsatz. Der Träger besteht aus CFK-Rohren mit einem Durchmesser von 43 mm. Zur Aufnahme

der Messmarken sind diese Rohre durch Vollmaterialstäbe unterbrochen. CFK bietet im Vergleich zu Metalllegierungen einen geringeren Ausdehnungskoeffizienten von $0-0,5 (10^{-6}) K^{-1}$ sowie Vorteile bei Gewicht und Durchbiegung (E-Modul). Des Weiteren ist der Maßstab zum Transport oder nach Anforderung in der Mitte teilbar. Diese Eigenschaften kommen den Werkstoffanforderungen an ein hochpräzises Längenmesswerkzeug nach, welche definiert werden durch:

- hohe Maßhaltigkeit auch unter extremen Temperatur- und Feuchteeinwirkungen
- linearer Wärmeausdehnungskoeffizient α_t gleich oder nahe Null über einen weiten Bereich der Einsatztemperatur
- geringes Einsatzgewicht
- hohe Formstabilität
- Korrosionsbeständigkeit
- geringe Auswirkung wechselnder Umgebungsfeuchte

Der Maßstab verkörpert durch sechs Messmarken 15 verschiedene Längen zwischen 2626 mm und 326 mm (Abb. 2).

Die Kalibrierung der Maßstäbe erfolgt mit Hilfe eines optisch antastenden Koordinatenmessgerätes in Verbindung mit zwei Laserinterferometern und erzeugt eine Gesamtunsicherheit von weniger als $5 \mu m$. Die Messmarke ist mehrschichtig aufgebaut und in die neutrale Faser des Maßstabträgers eingebracht (Abb. 3). Das reflektierende Retro material befindet sich in einem Abstand von 1 bis 2 mm auf einem austauschbaren Stempel unter der chrombeschichteten Glasmarke. Die Einbringung in die neutrale Faser bewirkt, dass sich Verbiegungen des Trägers nur noch als Fehler 2. Ordnung auf die Abstände zwischen den Messmarken auswirken.

Die Glasmarke ist kameraseitig teilspeigelt, um einfallendes Licht möglichst wenig zu reflektieren. Auf dieser Seite ist auf das Glasplättchen eine dünne, lichtundurchlässige Chromschicht (Dicke $< 5 \mu m$) mit einer kreisförmigen Blende mittels *Diadur IV-Verfahrens* aufgebracht. Die Blende besitzt so eine Abweichung von der Rundheit, die weniger als $1 \mu m$ beträgt und einen Durchmesser von 10 mm. In der Mitte der

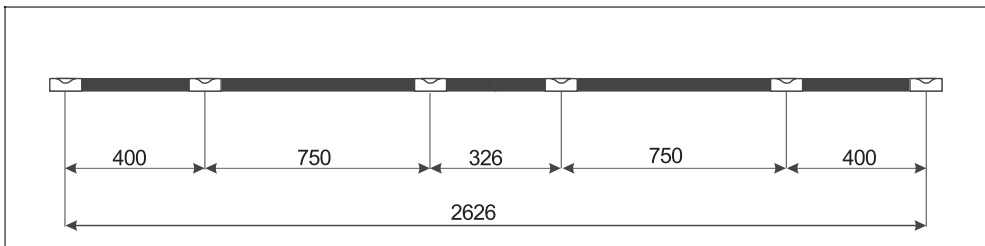


Abb. 2: Maßstab mit 6 Messmarken.

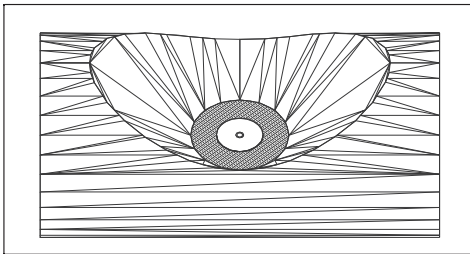


Abb. 3: Vollmaterialstück mit Messmarke.

Marke ist noch eine weitere kreisrunde Markierung mit 1,75 mm Durchmesser aufgebracht, um ebenfalls eine Anzielung durch Theodolitsysteme zu ermöglichen.

Dieser Messmarkentyp hat folgende Vorteile:

- hohe Kantenschärfe der aufgetragenen Markierung
- hohe Durchmesser Genauigkeit ($< 1 \mu\text{m}$)
- hohe Zentrität der beiden aufgetragenen Kreise

Durch die Austauschbarkeit der Markenhintergründe lassen sich verschiedene aktive oder passive Kulissen wie Retrofolie, Papier oder LED-Beleuchtung realisieren.

5 Vorgeschlagene Konzeptionen und Simulation

5.1 Anordnung des Messaufbaus

In Anlehnung an die VDI/VDE-Richtlinie 2634 wird eine entsprechende Anordnung der Maßstäbe im Messvolumen gewählt. Diese Anordnung trägt der Tatsache Rechnung, dass bei symmetrischen Aufnahme-standpunkten Objektpunkte, die am Rande des Messvolumens liegen, auch am Mess-

bildrand abgebildet werden. Hier ist im Allgemeinen durch Verzeichnungseinflüsse und ungünstigere Schnittbedingungen auch mit schlechteren Genauigkeiten zu rechnen, als im Zentrum des Objekts (DOLD 1997). Um eine größere Flexibilität in der Anwendung zu ermöglichen, werden zwei Maßstäbe drehbar angeordnet. Im Abb. 4 sind dies die Maßstäbe waagrecht und senkrecht an der rechten Seite.

Zusätzlich wird ein weiterer Maßstab waagrecht an einer der oberen Seiten eingeführt, der als ergänzende Testlänge oder als Systemmaßstab benutzt werden kann. Zur Unterstützung der Verknüpfung der einzelnen Aufnahmen wurden an den Streben des Gestells zusätzliche Verknüpfungspunkte sowie Halterungen für verschiedenartige kodierte Messmarken angebracht, so dass insgesamt 155 zusätzliche Punkte definiert wurden. Versuchsweise wurde ihre Anzahl auf 123 und 90 reduziert.

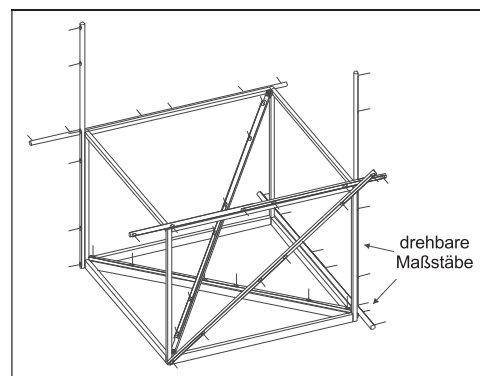


Abb. 4: Anordnung der Maßstäbe.

5.2 Aufnahmekonfiguration

Es wurden zwei grundsätzlich verschiedene Arten der Anordnung der Aufnahmen gewählt. Der volle Rundumverband stellt als ideale Konfiguration die Methode dar, so wie sie unter günstigen Bedingungen auch bei industriellen Messungen oder im sonstigen Gebrauch des Systems Anwendung fände. Hier wird ein geschlossener Verband halbkugelförmig um den gesamten Prüfkörper aufgenommen. Er bietet in jedem Punkt des Volumens günstige Strahlenschnittbedingungen, homogene Genauigkeitsverhältnisse in allen Koordinatenrichtungen und in Abhängigkeit der Anzahl der Bilder eine hohe Redundanz.

Als zweite Variante ist ein halber Rundumverband gewählt, der das Messvolumen nur von einer zugänglichen Seite aus aufnimmt. Hier ist im Gegensatz zum Vollverband mit schlechteren Schnittbedingungen im hinteren Teil des Messvolumens und inhomogeneren Genauigkeitsverhältnissen zu rechnen. Dieser Verband stellt eine ungünstigere Aufnahmesituation dar, wie sie in der Praxis durch Sichtbehinderungen und Unbegehrlichkeiten vorkommen kann.

Allgemein sind die untersuchten Verbände in vier einzelne Lagen in unterschiedlicher Höhe unterteilt. So befindet sich die

erste Lage ungefähr in einer Höhe von 30 cm über dem Boden, die zweite ca. 180 cm und die dritte 280 cm. Die vierte dient zur Kalibrierung des Aufnahmesystems und enthält jeweils die vier Kantungen der Kamera. Die Aufnahmeentfernungen sind so gestaltet, dass das Objekt ganz im Bildformat abgebildet wird. Die Konfigurationen wurden systematisch reduziert, wobei in der Bezeichnung jeweils die Anzahl der Bilder in der jeweiligen Lage verwendet wird.

In der folgenden Abb. 5 werden die beiden Konfigurationsversionen dargestellt, die jeweils in Simulationsrechnungen bezüglich ihres Genauigkeitspotenzials untersucht wurden.

6 Simulationen

Um einen Eindruck über den Einfluss von veränderten oder reduzierten Aufnahme-standpunkten sowie von der Änderung der Anzahl von Verknüpfungspunkten zu gewinnen, wurde eine Simulationssoftware erstellt. Sie erlaubt es, aus künstlich erzeugten Bildkoordinaten mittels eines Bündelausgleichungsprogramms Objektkoordinaten und die jeweiligen stochastischen Maße zu ermitteln. Bei gleichbleibender Bildmessgenauigkeit sind Veränderungen in den Standardabweichungen der ausgeglichenen Ko-

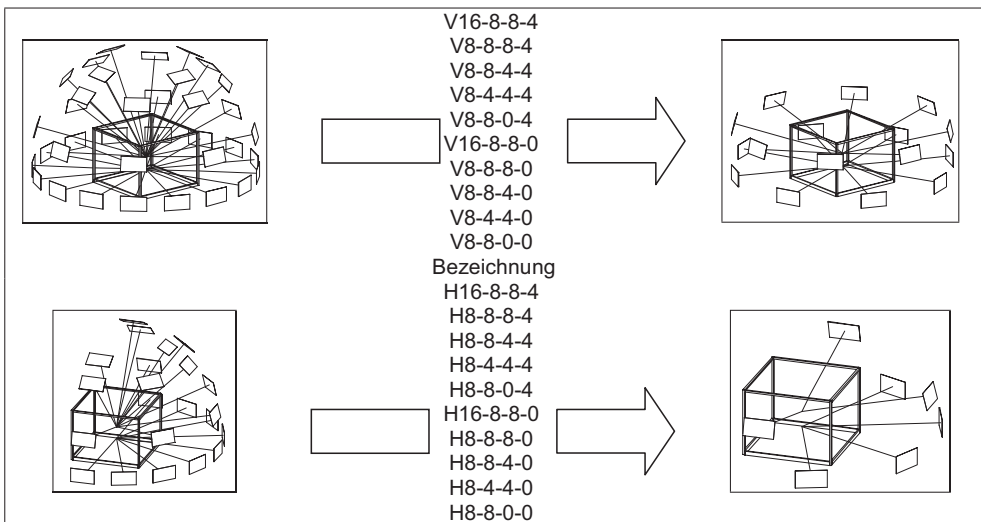


Abb. 5: Reduzierung der Aufnahmeverbände.

ordinaten auf Verbesserungen oder Verschlechterungen von konfigurationsbedingten Parametern wie Stabilität des photogrammetrischen Netzes, Schnittbedingungen an den Objektpunkten oder Überbestimmung des Gleichungssystems zurückzuführen. Es sollen so in Bezug auf Komplexität und Aufwand des Prüfverfahrens Aussagen über den minimalen oder maximalen Verband getroffen werden.

Als Beispiel seien hier die Ergebnisse der vollständigen und halben Rundumverbände mit jeweils maximalen Verknüpfungspunkten dargestellt, die zu der Entscheidung führten, jeweils die Maximalkonfigurationen in einem Praxistest zu verwenden. In Abb. 6 sind die Ergebnisse des vollständigen Rundumverbandes, in Abb. 7 die des halben Rundumverbandes dargestellt.

Zur Verifizierung der Simulationsergebnisse wurden die einzelnen Verbände am realen Prüfkörper gemessen und die ermittelten Längenmessabweichungen den RMS gegenüber gestellt (Abb. 8). Es lässt sich eine starke Korrelation beider Genauigkeitsmaße feststellen.

7 Anwendung in der Praxis

Die praktische Anwendung wurde in Zusammenarbeit mit der PTP in Braunschweig durchgeführt. In diesem Projekt wurden insgesamt vier verschiedene photogrammetri-

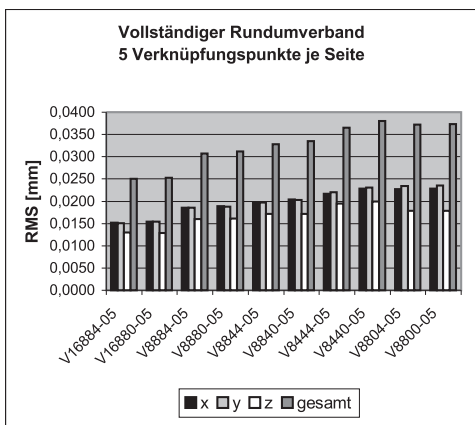


Abb. 6: Simulationsergebnisse Vollverband.

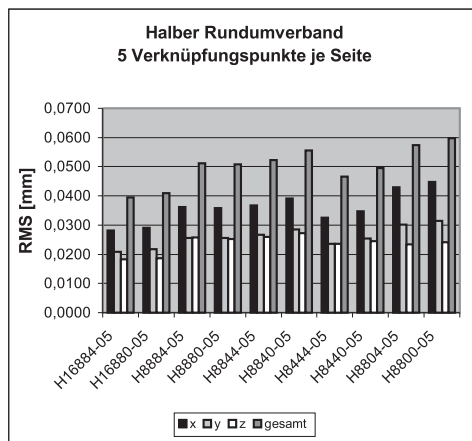


Abb. 7: Simulationsergebnisse Halbverband.

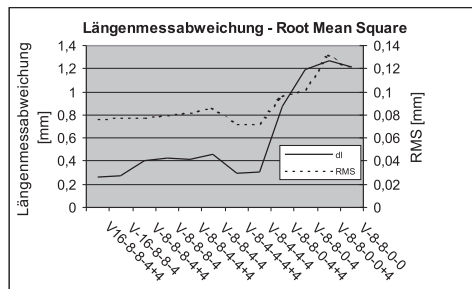


Abb. 8: Abweichungen und RMS der Vollverbände.

sche Messsysteme eingesetzt. Die Gemeinsamkeit der teilnehmenden Systeme liegt darin, dass sowohl die Chipgröße als auch die Anzahl der Pixel (2000 × 3000) vergleichbar sind. Zu unterscheiden sind die Systeme, die im Folgenden mit A, B, C, D bezeichnet werden, durch unterschiedliche mechanische Stabilität der Verbindung von Sensorchip, Gehäuse und Objektiv. Verwendet wurden 24 und 17 mm Objektive.

Die Durchführung fand nach dem vorgeschlagenen Konzept statt. Um zu überprüfen, ob die Konzepte hinsichtlich ihres Genauigkeitspotentials ausreichend sind, wurde den Teilnehmern zusätzlich zu den standardisierten vollen und halben Rundumverbänden die Möglichkeit gegeben, die Messaufgabe nach ihren eigenen Vorstellungen zu lösen. Bei diesen freien Verbänden wur-

den keine Beschränkungen in der Anzahl und Anordnung der Aufnahmen gesetzt. In der Bezeichnung wird dann zwischen „Standard“ und „Frei“ unterschieden. Die Ergebnisse der Vergleichsmessung sind in Tab. 1 dargestellt.

Zu erläutern ist hierbei, dass mit der teilweise erheblichen Erhöhung der Bilderanzahl eine nur geringe Steigerung der Genauigkeit einhergeht. Jedoch steigt die Zuverlässigkeit der Punktbestimmung und damit auch die der Bündelblockausgleichung. Exemplarisch ist in Abb. 9 das Abweichungsdiagramm von System B im freien Vollverband dargestellt.

8 Fazit

Mit der VDI 2634, 1 steht den Herstellern und Anwendern nun ein einheitliches und vergleichbares Prüfverfahren für photogrammetrische Messsysteme zur Verfügung. Ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens liegt in der unabhängigen Ermittlung der Kenngröße, ohne auf systeminterne Genauigkeitsangaben zurück zu greifen. Zur Vergleichbarkeit der Zuverlässigkeit der Punktbestimmung ist es sinnvoll, ebenfalls die Konfiguration der Aufnahmen einheitlich zu halten. Hierzu sind zwei von der Aufnah-

Tab. 1: Ergebnisse der Vergleichsmessung.

| | Verband | dI [mm] | Bilder | RMS [mm] (Verband) |
|---|------------|---------|--------|-----------------------|
| A | V-Standard | 0,260 | 48 | 0,042 |
| | V-Frei | 0,250 | 103 | 0,029 |
| | H-Standard | 0,292 | 33 | 0,044 |
| | H-Frei | 0,255 | 91 | 0,033 |
| B | V-Standard | 0,145 | 48 | 0,045 |
| | V-Frei | 0,116 | 105 | 0,044 |
| | H-Standard | 0,152 | 34 | 0,044 |
| | H-Frei | 0,169 | 65 | 0,044 |
| C | V-Standard | 0,151 | 40 | 0,025 |
| | V-Frei | 0,213 | 165 | 0,013 |
| | H-Standard | 0,260 | 30 | 0,032 |
| | H-Frei | 0,219 | 120 | 0,018 |
| D | V-Standard | 0,157 | 46 | 0,040 |
| | V-Frei | 0,138 | 127 | 0,032 |
| | H-Standard | 0,145 | 33 | 0,051 |
| | H-Frei | 0,225 | 98 | 0,043 |

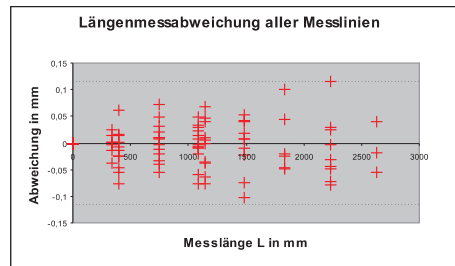


Abb. 9: Längenmessabweichungen.

megeometrie ausreichende Konfigurationen entwickelt worden. Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen lagen bei einer Messlänge von 2,7 m zwischen 0,1 und 0,3 mm.

8 Literaturverzeichnis

- DOLD, J., 1997: Ein hybrides photogrammetrisches Industriemesssystem höchster Genauigkeit und seine Überprüfung. – Dissertation, Heft 54, Schriftenreihe Studiengang Vermessungswesen, Universität der Bundeswehr, München.
- LUHMANN, TH., 2000: Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen. – H. Wichmann., Heidelberg.
- NACK, A., 1999: Aufbau und Implementierung einer Prozesskette zur Kalibrierung von Maßstäben für optische Messsysteme. – Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft, Dresden.
- RAUTENBERG, U., 2000: Untersuchungen zur Zertifizierung photogrammetrischer Messsysteme nach VDI 2634, Blatt 1 mittels Einsatz von Längennormalen. – Diplomarbeit, Universität Hannover.
- SCHWENKE, H. et al., 1997: Abnahme, Überwachung und Kalibrierung von flexiblen Industriemesssystemen. – Bundesforschungsprojekt, Braunschweig

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. ULRICH RAUTENBERG, Volkswagen AG, Brieffach 1440/0, D-38436 Wolfsburg, e-mail: ulrich2.rautenberg@volkswagen.de
 Dr.-Ing. MANFRED WIGGENHAGEN, Institut für Photogrammetrie und Geoinformation, Universität Hannover, Nienburger Str.1, D-30167 Hannover, e-mail: wigge@ipi.uni-hannover.de

Manuskript eingereicht: Oktober 2001
 Angenommen: November 2001

Dr. MAX GASSERs Beitrag zur analogen Photogrammetrie unter Berücksichtigung seiner Patente und deren Bewertung

HANS-KARSTEN MEIER, Königsbronn

Zusammenfassung: Mit seinem Doppelprojektor, dem ersten Stereo-Auswertegerät für Luftaufnahmen und deren „rechenloser“ Orientierung bahnte Dr. MAX GASSER 1915 und 1923 in entscheidender Phase den Weg zur analogen Photogrammetrie. Gerätetyp und Orientierungsverfahren fanden weltweite Verbreitung. Trotzdem blieben Persönlichkeit und Verdienste des Erfinders in der Fachliteratur spürbar unterschiedlich kommentiert. Der nachfolgende, recht konzentrierte fachhistorische Beitrag reflektiert den umfangreichen Versuch, aus den patent- und zivilrechtlichen Dokumenten jener Zeit ein unbefangenes objektives Urteil über GASSERS schöpferische Beiträge zur Photogrammetrie zusammenzufügen.

Summary: Dr. MAX GASSER's Contribution to Analog Photogrammetry in Consideration of his Patents and their Valuation. Inventing his double projector being the first stereoplotter for aerial photographs and their „non-computational“ orientation in 1915 and 1923 Dr. MAX GASSER paved the way to analog photogrammetry. In later years this type of instrument and the procedure of orientation enjoyed worldwide application. Nevertheless recognition the inventor found in photogrammetric literature remained divers. The following fairly concentrated paper is the result from intensive studies based on historical documents. It tries to compile an unbiased and objective judgement on this meritorious pioneer's contribution to photogrammetry.

1 Einleitung

Mit dem Übergang von der analytischen in die digitale Photogrammetrie gehört das Zeitalter der Analoggeräte, ihrer Erfinder und Anwender endgültig der Vergangenheit an. In Bewertung der Beiträge damals agierender Persönlichkeiten findet sich in der Literatur bezüglich des Gründungsvorsitzenden der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Dr. MAX GASSER (1872–1954), ein ungewöhnlich breites Spektrum unterschiedlicher Meinungen.

So heißt es bei K. SCHWIDEFSKY: „Das Prinzip der Doppelprojektion wurde von SCHEIMPFLUG in die Photogrammetrie eingeführt. GASSER hat es konstruktiv weiter entwickelt und den ersten praktisch brauchbaren Doppelprojektor gebaut.“ sowie: „Die Grundgedanken (zur Doppelpunkteinschaltung im Raum) verdanken wir S. FINSTERWALDER sowie K. FUCHS, die Ausarbeitung

in der heute angewandten systematischen Form O. VON GRUBER (1923). GASSER legte gleichzeitig ähnliche Gedanken in einer Patentschrift nieder.“ Und in der 7. Auflage: „Sein Gerät, der Prototyp aller seitdem gebauten Doppelprojektoren, wurde im Deutschen Museum in München bei einem Luftangriff während des 2. Weltkrieges zerstört¹.“ F. R. JUNG stellt in seiner „Entwicklungsgeschichte der Photogrammetrie in Deutschland“ in Bezug auf „das Erfinderschicksal M. GASSERS²“ und seine beiden 1915 in Patentschriften angegebenen Auswerteverfahren etwas ausführlicher fest: „Das eine oder das andere Prinzip ist später in fast allen Auswertegeräten verwandt worden.“ Und dann: „Wir können im Hinblick auf die Entwicklung des in- und ausländischen photogrammetrischen Instrumentenbaus nach dem ersten Weltkrieg nur feststellen, dass GASSER mit seinen 1915 niedergelegten Gedanken grundsätzlich den kommenden Fortschritt recht gut gekennzeichnet hat.“

Wesentlich weiter greift schließlich schon 1936 die Wertung der Deutschen Gesellschaft für Stereoskopie e. V. mit der Ehrenmitgliedschaft für Dr. MAX GASSER, dem „Pionier der stereoskopischen Luftbildmessung, der schon vor dem Weltkrieg 1914/18 die wirtschaftliche und kulturelle Bedeutung der Landesvermessung von Luftfahrzeugen klar erkannte – der 1915 mit seinem Doppelprojektor das erste stereoskopische Luftbildauswertegerät ersonnen und damit die Grundlage für den heutigen Gerätebau geschaffen hat – der die Herstellung ausmessbarer Raummodelle aus Luftbildern nach dem seinen Namen tragenden GASSER-Prinzip und die optisch mechanische Orientierung derselben zum ersten Male verwirklicht hat.“

Wie weit die Ansichten auseinanderklaffen, wird deutlich durch einen Vergleich: Dem Sachgutachten Professor Dr. EGGERTS vom 3. Juni 1926 für das Reichsgericht im Nichtigkeitsstreit Fa. Heyde bezüglich DRP 306 384 folgend, war die GASSER'sche Lösung von 1915 bereits vollständig in der von

SCHEIMPFLUG 1898 angegebenen enthalten. Für ihn folgte daraus, „*dass eine leistungsfähige optische Werkstatt, die den Auftrag erhalten hätte, die Apparatur zur Verwirklichung der SCHEIMPFLUG'schen Gedanken herzustellen, sich dieser Aufgabe einwandfrei entledigt hätte.*“ GASSER habe „*das SCHEIMPFLUG'sche Verfahren lediglich ausgeübt*“.

GASSER hingegen sah in dem von ihm erstmals realisierten Verfahren die Lösung des Luftbildkartenproblems schlechthin. Nicht nur die instrumentelle Kombination von orientierbaren Vorrichtungen zur Doppelprojektion und deren rechenlose Orientierung mit nachfolgender stereoskopischer Betrachtung und Ausmessung des maßstäblich verkleinerten Raummodells, sondern auch die daraus gewonnenen Raumkoordinatenkarten waren ihm vollständige Neuheiten. Er beanspruchte deshalb Patentschutz nicht nur für seine „... *geodätisch orientierten Doppelprojektionsvorrichtungen* ..“, sondern – unter Hinweis auf die Wirkung von Verfahrenspatenten – auch für die mit solchen Vorrichtungen hergestellten „*luft-topographischen Karten*“. Patentrechtlich bestand die Wirkung darin, dass ausschließlich der Patentinhaber befugt war, die durch das Verfahren (d.h. die Doppelprojektion) gewonnenen Erzeugnisse (d.h. die Karten) herzustellen, in Verkehr zu bringen, feil zu halten oder zu gebrauchen. Beinharte Auseinandersetzungen mit Konkurrenten und Nutzern waren damit unausweichlich, insbesondere, da die Kriegspatente erst im Juli 1921 ausgegeben und bekannt wurden.

GASSERS schöpferische Beiträge sind nach Studium, Promotion und Habilitation auf die Zeit von 1909 bis 1923 zu datieren. Aus dieser Phase stammen seine wichtigen in Patentschriften konkretisierten Fachbeiträge. Resultierende gerichtliche Auseinandersetzungen beschäftigten ihn von 1920 bis 1935. Seine unternehmerischen Bemühungen in der Zeit von 1919 bis 1930 blieben, aus welchen Gründen auch immer, ziemlich erfolglos³. Der Versuch einer objektiven Beurteilung seines Beitrages zur analogen Photogrammetrie kann sich damit auf seine Patente und die relevanten Gerichtsurteile konzentrieren.

¹ Auf Anfrage übermittelte das Deutsche Museum mit dem 23.10.2000 folgende Richtigstellung: „Am 26. 09. 1939 wurde dem Deutschen Museum von Carl Zeiss, Jena (Lufthansa GmbH, Berlin) ein Doppelprojektor *nach* GASSER gestiftet und erhielt die Inv.Nr. 69821. Am 7. 5. 1943 wurde dieses Gerät an das Oberkommando der Wehrmacht abgegeben und ist seither verschollen.“

Offensichtlich war dies nicht der originale Prototyp, dessen Spur sich schon nach 1919 verliert, sondern ein Gerät aus Nachkriegsfertigung. In Aufstellung und Präsentation im Deutschen Museum war dann auch GASSER, wie aus einem seiner Briefe ersichtlich, mit einbezogen. Zu diesem Zeitpunkt gab es noch ein zweites Gerät, und zwar in Berlin bei der Hansa Luftbild, die es, wie bei BURKHART erwähnt, 1928 von GASSER erworben hatte.

² H. SCHÖLER verdanke ich den Hinweis auf den Roman „Erfolg“ im Zyklus „Der Wartesaal“, in welchem 1929 dem Schriftsteller LION FEUCHTWANGER im Abschnitt „Die Bilder des Erfinders BRENDDEL-LANDHOLZER“ das Schicksal GASSERS, weitgehend in dessen Version, zur Vorlage gedient hat.

2 Damaliger Stand der Technik

Zu Beginn des 1. Weltkrieges war die Photogrammetrie als Verfahren zur topographischen Geländeaufnahme von erdfesten Standpunkten theoretisch und praktisch weitgehend ausgereift. Mit diversen Phototheodoliten, dem PULFRICH'schen Komparator zur stereoskopischen Bildbetrachtung und dessen Erweiterung für kontinuierliches Auftragen zum Stereoautographen durch v. OREL stand der Praxis das erforderliche Instrumentarium zur Verfügung.

Ganz anders jedoch die Situation für Luftaufnahmen. Hier gab es Visionen von SCHEIMPFLUG und mit der Theorie der geometrischen Beziehungen von S. FINSTERWALDER auch die Formulierung der Hauptaufgabe und deren schrittweiser Lösung mittels gegenseitiger und absoluter Orientierung. Und es gab erste Versuche von Anwendungen auf Ballonaufnahmen. Instrumentell standen einzelne Kameras für die Aufnahme und Geräte zur Entzerrung von Einzelbildern zur Verfügung. Wie demgegenüber die Auswertung von Bildpaaren, insbesondere aber ihre Orientierung bewältigt werden könnte, war jedoch noch völlig unklar. Für eine numerische Lösung des räumlichen Rückwärtseinschnitts fehlten jedenfalls praktikable Rechenhilfsmittel. Auswertungen erfolgten deshalb ohne stereoskopische Betrachtung mittels grafischer Methoden. Denkansätze zu geeigneten In-

strumenten waren so nachhaltig vom mathematischen Problem, der von PULFRICH eingeführten stereoskopischen Betrachtung der Bilder und nachfolgender Auftragung mittels analogrechner Vorrichtungen geprägt, dass – auch noch nach Kriegsende – die Lösung immer wieder im Sinne einer Erweiterung des v. OREL'schen Stereoautographen gesucht wurde.

3 GASSERS Problemlösung

GASSER war Geodät und darüber hinaus, wie aus seiner Publikation von 1912 ersichtlich, auch ein profunder Kenner des geschilderten Standes der Technik⁴. Zahlreiche Testfahrten mit dem Zeppelin hatten ihn mit Luftaufnahmen und ihren Aufnahmebedingungen Erfahrungen sammeln lassen. Auch er suchte zunächst (zusammen mit dem Wiener Bergingenieur TRUG) nach einem analogrechnenden Auftrageapparat und deshalb für die Aufnahme erforderlichen Mitteln zur Einschränkung auf den Normalfall. Seiner Grundüberzeugung, nach der das Instrumentarium preisgünstig, vor allem aber von Hilfskräften in einfacher Weise und ohne jegliche numerische Rechnungen bedienbar sein sollte, entsprachen diese Ergebnisse jedoch nicht.

Er verwarf deshalb die Einschränkungen auf den Normalfall, was die Aufnahme auf den einfachen fotografischen Vorgang redu-

³ Die 1919 gemeinsam mit dem Ing. F. RUSTENBACH begründete Aerogeodätische Gesellschaft Dr. GASSER mbH (Agga) führte er nach Streitigkeiten mit diesem ab 1923 bis zur Auflösung 1936 allein. Der Versuch, seine Patente ab 1921 durch Übertragung auf die finanzstärkere Inag (Internationale Aerogeodätische Gesellschaft mbH) auszuwerten, hatte nicht den erhofften Erfolg. Die Inag firmierte ab 1922 als Deutsche Karte GmbH, ab September 1925 als Aerotopo GmbH und ab November 1925 als Photogeodätik GmbH. Sie blieb zuletzt GASSER zustehende Zahlungen weitgehend schuldig. Dieser erhielt deshalb mit Urteil des Landgericht III vom 19.12.1927 seine Patente wieder zurück.

⁴ GASSER promovierte 1903 an der TH München mit einer „Studie zu Apians Landesaufnahme von Bayern“ und maß danach die Basis der Bayerischen Landesaufnahme in Feldmoching mittels der damals noch gänzlich neuen Invardrähte. Nach seiner Habilitation für Geodäsie und Astronomische Ortsbestimmung an der TH Darmstadt 1907 war er dort als Privatdozent und vom 1.2.1909 bis zum 30.9.1910 als Wissenschaftlicher Leiter bei der Fa. Hahn in Kassel mit der Verbesserung eines militärischen Entfernungsmessers beschäftigt. Die Übernahme der Fa. Hahn durch Carl Zeiss führte ihn 1911 dann für etwa 1 Jahr nach Jena, wo er jedoch, eigenen Angaben zufolge, „den ganzen Sommer über an den Folgen einer schweren Blinddarmoperation in der Klinik“ lag.

zierte und suchte nach Mitteln, diesen im verkleinerten Maßstab für die Auswertung optisch ebenso einfach zu rekonstruieren. Stereoskopisch betrachtet wurden nicht mehr die Bilder, sondern das Raummodell. Aus den Denkansätzen SCHEIMPFLUGS, den Theorien SEBASTIAN FINSTERWALDERS und dem Anaglyphenverfahren von ROLLMANN-D'ALMEIDA entstand so der Prototyp seines Doppelprojektors. Dessen konzeptionellen Nachkommen vom Typ Multiplex und Kelshplotter wurden später einer ganzen Generation von Photogrammetern zum Werkzeug täglicher Arbeit.

Das führt zurück auf die gestellte Frage: Welche Erfindungshöhe ist billigerweise diesem schöpferischen Akt des Zusammenführens vermuteter und/oder bekannter Teillösungen zu einem höchst erfolgreichen Gesamtkonzept zuzuerkennen?

4 Die GASSER'schen Patente

Von den zahlreichen GASSER'schen Patenten sind für die Beurteilung seines Beitrages zur Photogrammetrie nur die beiden „Kriegspatente“ Nr. 306384 und Nr. 306385 von 1915 sowie insbesondere das Reichspatent Nr. 520782 von 1923 relevant. Wichtig ist, dass es sich in allen drei Fällen um Verfahrenspatente mit den daraus resultierenden Wirkungen und Folgen handelte.

Mit dem „Kriegspatent“ Nr. 306384 war im Wesentlichen ein *Verfahren zur Herstellung aerotopographischer Karten* beansprucht, bei welchem *zwei Platten in Doppelprojektionsvorrichtungen derart eingelegt werden, dass sie dieselbe Stellung wie bei der Aufnahme in der Natur einnehmen und dadurch ein maßstäbliches Relief erzeugen*. Die hierzu erforderlichen Orientierungselemente wurden hier noch mittels entsprechender mechanischer Vorrichtungen aus dem Anschluss an drei geodätisch bestimmte Punkte, d.h. durch einfachen räumlichen Rückwärtseinschnitt, für jede der beiden Aufnahmen getrennt ermittelt. Das „Kriegspatent“ Nr. 306385 war als Zusatzpatent zu Nr. 306384 angelegt. Die Ansprüche finden sich auf terrestrische Aufnahmen und die Kartennachführung ausgedehnt, die Anord-

nung der Projektoren und die Art der Betrachtung (Wechselblenden, Anaglyphen, windschiefe Stereokomparator-Optik) sind differenziert, eine verstellbare Projektionsfläche zum Zeichnen von Höhenlinien ist eingeführt.

Mit dem Reichspatent Nr. 520782 wurde dann 1923 ein *Verfahren zum optisch-mechanischen Einstellen mehrerer Projektionsapparate beansprucht, bei welchem ohne jede Messung⁵ ein Plattenpaar gemeinsam gegeneinander orientiert wird, bis von identen Bildpunkten ausgehende Strahlen zum Schnitt gebracht sind und erst danach die Platten gegen eine Bezugsebene (z. B. den Horizont) orientiert werden*. Außerdem findet sich die verstellbare Projektionsfläche mit einer Leuchtmärke ausgestattet. In unserem heutigen Verständnis handelt es sich hier um das klassische Verfahren der Doppelpunkteinschaltung im Raume mittels gegenseitiger und absoluter Orientierung.

5 Patentrechtliche Auseinandersetzungen

Wer sich selbst nach erfolgreichem intensiven Bemühen um Problemlösung später einmal mit den Bemerkungen konfrontiert sah, die Idee habe es doch schon gegeben und die Lösung deshalb auf der Hand gelegen, wird den sehr polemischen Reaktionen GASSERS jedenfalls nicht völlig verständnislos ge-

⁵ In allen Publikationen bringt GASSER – immer wieder und sehr akzentuiert – seine Grundüberzeugung zum Ausdruck, dass der Luftbildauswertung zur Herstellung topographischer Karten nur unter Vermeidung jeglicher numerischer Berechnungen zur praktischen Anwendung verholfen werden könne. Diese Überzeugung spricht auch aus den für OTTO VON GRUBER überlieferten Äußerungen: „Photogrammetrie ist die Kunst, Rechnungen zu vermeiden!“ oder „Wer viel rechnet, hat zu wenig gedacht!“ Diese sehr realistische Einschätzung des Schwierigkeitsgrades der mathematischen Problemstellung im Vergleich zur Leistungsfähigkeit damaliger Rechenhilfsmittel hat die Erfolge der Photogrammetrie bis weit in die 50er Jahre hinein, in denen dann mit digitalen Computern adäquate Werkzeuge verfügbar wurden, begründet.

genüberstehen. In Bezug auf Patente sind derartige Einwände jedoch schon wegen ihrer wirtschaftlichen Folgen in verstärktem Maße zu erwarten. Das deutsche Patentrecht trägt dem mit einem ausgeklügelten Prozedere durch patentamtsinterne Prüfung und Veröffentlichung durch Offenlegung mit anschließender Bewertung und Berücksichtigung von Einsprüchen Dritter Rechnung, bevor eine Patentschrift ausgelegt und erteilt werden kann. Man darf also in aller Regel davon ausgehen, dass patentierte Ansprüche sorgfältiger fachkundiger Prüfungsstandgehalten haben und damit den patentrechtlichen Anforderungen bezüglich Neuheit und Erfindungshöhe in jeder Hinsicht genügen.

Unter diesem Gesichtswinkel ist es hier nicht mehr erforderlich, den damals erhobenen Einwendungen im Einzelnen erneut nachzugehen. Es genügt festzustellen, ob die GASSER'schen Patente seinerzeit fachkundigen patentrechtlichen Prüfungen ausgesetzt waren und ob sie ihnen standhielten.

Von dieser Frage deutlich zu unterscheiden und für ihre Beantwortung zunächst unerheblich sind Klagen vor Zivilkammern auf Verletzung von GASSER-Patenten und deren Ausgang. Wegen der engen Verflechtung in Abfolge und Auswirkungen müssen jedoch auch diese hier mit einbezogen werden.

5.1 Streitpunkt: Die „Kriegspatente“

Die Reichspatente Nr. 306384 und 306385 tragen den Vermerk: „Kriegspatent ohne Auslegung erteilt“. „Ausgegeben am 20. Juli 1921“. Sie waren nach Anmeldung zum 20. 04. bzw. 26. 09. 1915 der üblichen patentamtsinternen Prüfung durch Vorprüfer und Prüfungsstelle unterzogen, wegen ihrer militärischen Relevanz jedoch nicht offengelegt worden. Mithin waren Einsprüche Dritter sowie deren Bewertung und Berücksichtigung vor der Erteilung nicht möglich, denn ihre Veröffentlichung erfolgte ja erst durch Auslegung am 20. 07. 1921. Die Sachverständigengutachten zu den dann unvermeidlich folgenden Auseinandersetzungen offenbaren die volle Bandbreite der einleitend zitierten Ansichten.

Als Inhaberin der GASSER-Patente klagte zunächst die Inag³, Berlin, kontra Optikon⁶, Dresden, vor dem Landgericht 1 in Berlin auf Patentverletzung durch den Autokartographen VON HUGERSHOFF. Das dem Gericht von ALBERT EINSTEIN⁷ mit dem 04. 04. 1923 vorgelegte Gutachten hatte folgenden Wortlaut¹⁹:

„So kompliziert die Apparate sind, auf welche sich der vorliegende Rechtsstreit bezieht, so einfach scheint mir die für die Juristen in Betracht kommende Sachlage zu sein, welche nach den materiell übereinstimmenden Angaben beider Parteien wie folgt gekennzeichnet werden kann: Vorbekannt war

1.) Die Methode, um aus einer photographischen Geländeaufnahme Ort und Orientierung des aufnehmenden Apparates zu finden, wenn die wahren Orte dreier Punkte des fotografierten Geländes bekannt waren.

2.) Methoden und Mittel zur Rekonstruktion der Formen des Objektes durch zentrales Projizieren der einzelnen Punkte zweier fotografischer Aufnahmen, wobei die Platten abgesehen von ihrer Entfernung in diejenige relative Lage gebracht werden, welche sie bei den Aufnahmen hatten.

GASSER hat mit seinem Patent als Erster eine Apparatur geschaffen, welche durch Kombination beider Methoden ermöglicht und bezweckt, Gelände-Relief-Karten aus zwei vom Flugzeug aufgenommenen Fotografien herzustellen. Er hat ferner als Erster die erstmalig kombinierte Methode praktisch brauchbar gestaltet und hat (mit seinem Zu-

⁶ Ein Zusammenschluss von MESSTER (O. und E.O.), HUGERSHOFF und Fa. Heyde, Dresden; ein Vorgänger der 1926 aus ihr hervorgehenden Aerotopograph.

⁷ EINSTEIN war von 1902 bis 1911 Technischer Experte am Eidgenössischen Amt für geistiges Eigentum in Bern gewesen und deshalb mit der Bewertung von Erfindungen und Patenten wohlvertraut. Auch nach dieser Zeit haben ihn noch eigene Erfindungen und deren Patentierung sowie Patentgutachten beschäftigt. Ob GASSER dem Gericht den damals (1923!) schon sehr bekannten ALBERT EINSTEIN, mit dem er vom gemeinsamen Schulweg zum Luitpold-Gymnasium in München bekannt war, als Gutachter vorgeschlagen hat, bleibt Spekulation.

satzpatent) als erster die Methoden durch optische Einrichtungen verbessert, welche das gleichzeitig optische Anvisieren der Bilder entsprechender Geländepunkte durch eine Person ermöglicht.

In diesem Sinne ist das GASSER'sche Patent ein Pionierpatent und es unterliegt nach meiner Ansicht keinem Zweifel, dass die von der Beklagten hergestellten Apparate in den Schutzbereich des klägerischen Patentes fallen. Bei dieser Sachlage erscheint ein Eingehen auf Details überflüssig. gez. A. EINSTEIN“

Wegen eines juristischen Formfehlers wurde dieses Gutachten jedoch abgelehnt. Der Anwalt der Inag legte daraufhin Widerspruch gegen die Bezahlung ein und verweigerte EINSTEIN mit Erklärung vom 19.11.1923 das Honorar von 100 Goldmark.

Nahezu zeitgleich hatte im Gegenzug die Firma Heyde, Dresden, auf Nichtigkeit der Ansprüche 1 und 8 des DRP 306384 vor dem Reichspatentamt geklagt. Dessen Beschwerdeabteilung entschied mit dem 01.11.1923 auf Streichung des Anspruch 1 und Abweisung der Restklage. Damit war jedoch Patentschutz für den Kern der Erfindung, die Doppelprojektion als Verfahren zur Herstellung aerotopographischer Karten, in Frage gestellt. Im in der Berufung dem Reichsgericht am 03.06.1926 von Professor EGGERT vorgelegten Gutachten findet sich dann – in krassem Gegensatz zu ALBERT EINSTEIN – die bereits eingangs zitierte Bewertung wie nachstehend begründet:

„Bekannt war das Verfahren der Doppelprojektion zweier ... Aufnahmen, die in der Aufnahmestellung in zwei Projektionsapparate eingelegt sind, so dass sie ein räumliches Lichtbild des Objektes geben. Bekannt waren praktisch brauchbare Methoden zur Bestimmung der Lage des Aufnahmepunktes und der äußeren Orientierung. Bekannt war endlich auch die optische Prüfung der richtigen Lage der Platten mittels räumlich dargestellter Punkte des Objektes.“

Die Berufung endete mit einem Vergleich: Die Klage wurde zurückgezogen. DRP 306384 blieb damit zwar in vollem Umfang bestehen, vermutlich musste der Fa. Heyde aber als Gegenleistung für die dort gefertig-

ten HUGERSHOFF'schen Geräte ein Mitbenutzungsrecht eingeräumt werden.

Inzwischen hatte auch der Zivilprozess Inag contra Optikon mit einem Sachverständigen-Gutachten von Prof. VON SANDEN, Hannover, vom 10.10.1925 seinen Fortgang genommen. In detaillierter Bewertung der jeweiligen konstruktiven Lösungen wird darin festgestellt: *Der GASSER'sche Grundgedanke – das optische Modell – ist bei HUGERSHOFF nicht verwirklicht. Und schließlich: Die Tatsache, dass beide Konstruktionen auf durchaus verschiedenen Prinzipien aufbauen, erscheint bereits hinreichend, die Klage abzuweisen, ist doch der Klägerin ausdrücklich das Prinzip des optischen Modells geschützt, nicht aber jede beliebige Methode⁸, aus Flugbildern eine Karte herzustellen.*

Über den formalen Ausgang dieses Rechtsstreits konnte trotz intensiver Recherchen Weiteres nicht in Erfahrung gebracht werden. Vermutlich zog die Inag ihre Klage unter dem Eindruck der Nichtigkeitsentscheidung des Reichsgericht und dem nachfolgenden Vergleich⁹ zurück.

5.2 Streitpunkt: Orientierungspatent

Eindeutiger und folgenreich war demgegenüber der Ausgang des Einspruchsverfahrens der Firma Zeiss gegen DRP 520782. Dessen Lektüre zeigt, dass es von GASSER mit großer Sorgfalt auf das patentrechtlich Wesentliche, das Verfahren der gegenseitigen und absoluten Orientierung, konzentriert war. Über Theorie wie praktische Durchführung

⁸ Diese Feststellung erscheint wichtig auch im Hinblick auf Stereoplanigraph (ZEISS-BAUERSFELD) und Aerokartograph (HEYDE-HUGERSHOFF), die den GASSER'schen Grundgedanken – das optische Modell – ebenfalls nicht verwirklichten. Erst 1933, d.h. nach dem Übereinkommen mit GASSER, brachte dann ZEISS einen Doppelprojektor in Gestalt des sehr erfolgreichen Aeroprojektor Multiplex auf den Markt.

⁹ Jedenfalls kam es zu einem Übereinkommen, das GASSER in seiner „Petition an den Reichstag“ vom 21.01.1927 heftig beklagte.

enthält es keinerlei Aussagen¹⁰. Patentiert vom 17. Mai 1923 durchlief es zunächst die patentamtsinterne Prüfung und nach der Offenlegung zum 24.08.1926 ein umfangreiches Einspruchsverfahren. Nach eingehender Prüfung wies die Beschwerdeabteilung schließlich alle anhängigen Einsprüche ab und machte die Erteilung am 26. Februar 1931 bekannt. Die Ausgabe datiert vom 14. März 1931. Diese Entscheidung hatte tiefgreifende Folgen, denn auf das Verfahren der gegenseitigen und absoluten Orientierung waren nicht nur Doppelprojektoren nach dem Prinzip GASSER, sondern fast ausnahmslos die Geräte aller Hersteller ausgelegt und angewiesen.

Zunächst einigte sich ZEISS am 25. April 1931 mit GASSER auf die Nutzung seiner Patente. Kurz danach kam es dann am 10. Juni 1931 zur Gründung der ZEISS-Aerotopograph¹¹, in der die damaligen Konkurrenten, die Bildmessabteilung von CARL ZEISS und die Firma Aerotopograph⁶ (vormals Optikon), ihre photogrammetrischen Aktivitäten zusammenführten.

6 Finale Wertung des Kammergerichts

GASSER sah sich nunmehr finanziell in die Lage versetzt, seine Patente in zwei weiteren Zivilprozessen gegen General v. BERTRAB¹²,

¹⁰ Es ist das Verdienst OTTO VON GRUBERS, das Verfahren 1924 mit seiner „Einfachen und Doppelpunkteinschaltung im Raume“ auf solides mathematisches Fundament gestellt und durch Schematisierung mittels der sog. „GRUBER-Punkte“ vereinfacht und praktikabel gestaltet zu haben. Für die zugrunde liegende instrumentelle und verfahrensmäßige Lösung des Orientierungsproblems gebührt jedoch GASSER mit seiner Patentanmeldung vom 17.05.1923 eindeutig die Priorität.

¹¹ Die zunächst auf 30 Jahre vereinbarte Zusammenarbeit in der Zeiss-Aerotopograph endete am 01.04.1965 mit der vollständigen Übernahme durch Carl Zeiss, Oberkochen.

¹² Excellenz HERMANN VON BERTRAB, vormaliger Chef der Preußischen Landesaufnahme, war von 1922–1924 Geschäftsführer der GASSERS Patente haltenden „Deutschen Karte GmbH“ und betrieb anschließend bis 1929, ebenfalls als Geschäftsführer, mit der „Land- und Luftvermessungsgesell-

zunächst vor der 18. Zivilkammer des Landgericht Berlin mit Urteil vom 21.12.1934 und dann in der Berufung vor dem 10. Zivilsenat des Kammergericht Berlin mit Urteil vom 30.11.1935, einer letzten, durchgreifenden Prüfung auszusetzen. Vordergründig ging es dabei zwar um Patentverletzung, das Gericht griff jedoch auf die Entscheidungen des Reichsgerichts in der Nichtigkeitsklage der Fa. Heyde bezüglich DRP 306384 zurück und revidierte sie gründlich. Das Gutachten vom 09.07.1932 stammt von Prof. Dr. L. FRITZ, Stuttgart. In einer 80-seitigen Urteilsbegründung¹³ fanden Argumente und Entscheidungen aller vorlaufenden Verhandlungen nochmalig gründliche Berücksichtigung. In Bewertung der Fachbeiträge von SCHEIMPFLUG, DOLEZAL, KOPPE, D'ALMEIDE, PULFRICH, S. FINSTERWALDER, FÖRG und FUCHS wurde jedoch insbesondere den Folgerungen aus dem auch in diesem Prozess beigezogenen EGGERT'schen Gutachten ausdrücklich und in allen Punkten widersprochen. So habe SCHEIMPFLUG zwar den Grundgedanken zur Kartenherstellung mittels Doppelprojektion schon geäußert und dessen Richtigkeit in einem Laborversuch nachgewiesen, „*aber das für die technisch-praktische Durchführung der Aufgabe notwendige Rüstzeug damit keineswegs geliefert.*“ Insbesondere fänden sich bei ihm keinerlei Hinweise, wie zur Wiederauffindung und Herstellung der Orientierungselemente verfahren werden sollte. Be-

schaft mbH“ Herstellung und Anwendung des sog. Stereorefektors, eines Doppelprojektors ganz ähnlich dem GASSER'schen. Die Bildebenen lagen hier jedoch horizontal, der Strahlengang wurde über einen ersten Spiegel nach vorn durch das Objektiv und dann von einem zweiten nach unten auf den Projektionstisch gelenkt. Die Betrachtung erfolgte durch Blinken oder mittels Anaglyphen.

¹³ Herrn Prof. Dr.-Ing JÖRG ALBERTZ verdanke ich die Möglichkeit zur Durcharbeitung einer aufschlussreichen Dokumentensammlung, die vermutlich aus dem Nachlass HANS RICHTER in die Institutsbibliothek der TU Berlin überkommen ist und in der neben umfangreicher Korrespondenz auch die zitierten Gerichtsurteile und Gutachten erhalten sind.

züglich dieser Aufgabe hätten sodann S. FINSTERWALDER u. a. mit ihren grundlegenden Theorien „*nur rechnerische Verfahren behandelt, die zu dem ... optisch-mechanischen Verfahren keinerlei Beziehung haben.*“ Eine instrumentelle Lösung hätten sie jedenfalls nicht vorgelegt.

Der Senat kam deshalb zu dem Schluss, dass die GASSER'schen Gedanken, mit denen er „*der Technik zum ersten Male den Weg gewiesen*“ habe, einen des Patentschutzes¹⁴ würdigen „*erheblichen technischen Fortschritt von erfinderischer Bedeutung*“ darstellten¹⁵.

7 Folgen und Folgerungen

Nach Vorstehendem sollte es nicht schwer fallen, GASSER's schöpferische Leistung, mit welcher der Photogrammetrie in entscheidender Phase der Weg zu einem praktikablen und leistungsfähigen geodätischen Messverfahren gewiesen wurde, im Sinne der geschilderten Urteilsbegründung uneingeschränkt anzuerkennen. Bis 1915 gab es alles Mögliche, jedoch kein Instrument zur dreidimensionalen Auswertung von Luftaufnahmen. GASSER's Doppelprojektor leistete dann genau dies, erstmals und auf bemerkenswert einfache Weise. Wie jedoch häufig, so gewann auch seine Idee erst im Abstand offensichtliche Konturen. Zum einen wurde sie kriegsbedingt erst 1921 öffentlich. Zum anderen hatten Zeitgenossen es schwer, ihre Bedeutung – von den politischen und wirtschaftlichen Wirren ganz abzusehen – im umfang- und variantenreichen, sehr formalen Gemenge seiner Patente auszumachen¹⁶. Und schließlich wick selbst

GASSER mit seinen Bemühungen um den „windschiefen Stereokomparator“ wieder vom mit dem Doppelprojektor vorgezeichneten, doch so geradlinigen Lösungsweg ab. Außerdem darf auch nicht übersehen werden, dass dieses Gerät instrumentell noch keineswegs ausgereift¹⁷ war. So wurden noch erhebliche Anstrengungen zur Vervollkommnung und Durchsetzung erforderlich, an denen Gasser jedoch keinerlei Anteil mehr genommen hat. Offenbar konnte er nicht einsehen, dass mit Erfindung und Prototyp erst der kleinere Teil eines Weges zurückgelegt ist, auf dem es bis zur Serienreife, dem Produktionsbeginn und der Markteinführung noch größter Anstrengungen bedarf, weshalb neben den erforderlichen finanziellen Mitteln erst die Zusammenarbeit vieler am Werk Beteiligter einer schöpferischen Idee zum wirtschaftlichen Erfolg zu verhelfen vermag. Der verbitterte¹⁸ GASSER hatte sich 1948, nochmals um Unterstützung nachsuchend, an ALBERT EINSTEIN ge-

achtung des GASSER-Projektors eingesetzte Kommission, der auch HUGERSHOFF angehörte, hatten naturgemäß schon im Krieg detaillierten Einblick genommen. Nach Kriegsende war dann 1922 ein GASSER-Doppelprojektor mit Zustimmung von Rektor und Senat in den Räumen der Techn. Hochschule in Berlin-Charlottenburg für Demonstrationen ausgestellt. Bei der „Deutschen Karte“ ist das Gerät (vermutlich Ende 1923) u. a. auch v. GRUBER und BAUERSFELD vorgeführt worden.

¹⁷ Man bedenke, dass damals Lichtquellen hoher Leuchtdichte noch nicht verfügbar waren, die Helligkeit des projizierten Raumbildes mithin sehr zu wünschen übrig ließ. Außerdem befriedigte diese Lösung nicht die damals insbesondere militärisch wichtige Forderung, auch Schrägaufnahmen auswerten zu können.

¹⁸ Wohlgemeinte, versöhnliche Gesten der Anerkennung späterer Jahre fanden bei ihm kaum Resonanz. So scheiterte auch 1951 eine Initiative zur Ehrenmitgliedschaft der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie an seiner Forderung nach vorlaufender Ergänzung insbesondere der Lehrbücher bezüglich seiner bisher „*geflossentlich unterdrückten Prioritäten*“.

¹⁴ Die DRP 306384 und 306385 erloschen durch Zeitablauf zum 27. 04. 1937 und DRP 520782 wegen Nichtbezahlung der Gebühr für das 17. Jahr am 15. 12. 1939.

¹⁵ Dem Beklagten (v. BERTRAB) wurde untersagt, seinen Stereoreflektor „... *gewerbsmäßig herzustellen, in Verkehr zu bringen, feilzuhalten oder zu gebrauchen* ...“ und ihm die Berufungskosten in Höhe von 30000 RM auferlegt.

¹⁶ Mit Luftbildauswertung befasste Militärdienststellen, insbesondere eine 1916 zur Begut-

wandt. Dessen Antwort¹⁹ möge die vorliegende Betrachtung beschließen:

„... Sie müssen sich trösten mit SCHILLERS Worten: Und die Gerechtigkeit ist nur auf der Bühne. Jedenfalls ist sie nirgends, wo Politiker und Juristen den Gang der Dinge verfolgen. An den Illusionen, die Sie über die geschäftliche Moral des Auslandes haben, sehe ich, dass Sie nicht viel herumgekommen sind. Wenn das Geld in Frage kommt, ist die Bestie überall gegenwärtig. Bei meiner völligen Zurückgezogenheit fehlt es mir an Möglichkeiten, auf Ihre Priorität in der Sache aufmerksam zu machen. Es würde wohl auch wenig helfen, denn jeder ist hinter seinem Spatzen her“.

Mit vorzüglicher Hochachtung
gez. ALBERT EINSTEIN.

Nachtrag:

Dr. Max Gasser, zuletzt wohnhaft in Pasing, Michael-Beer-Strasse 7, ist am 28.03.1954 verstorben und auf dem Friedhof in München-Pasing bestattet. Laut Auskunft der Friedhofsverwaltung ist seine Grabstätte 17-A-12 dort noch erhalten.

Literatur

- BARING, R.M., 1963: E.O. MESSTER siebzig Jahre. – Bildmessung und Luftbildwesen, Sonderheft. S. 123–138
- BURKHARDT, R., 1972: MAX GASSER – ein Erfinderberleben. – Bildmessung und Luftbildwesen. S. 73–77
- Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, 1937: SEBASTIAN FINSTERWALDER zum 75. Geburtstag. – Verlag Wichmann.
- EGGERT, 1926: Gutachten Heyde/Inag. – Berlin 3.6.1926
- EGGERT, 1928: Die Entwicklung der Auswertegeräte. – Zeitschrift für Vermessungswesen, S. 606 u. f.
- FINSTERWALDER, R., 1968: 50 Jahre Doppelprojektor nach MAX GASSER. – Bildmessung und Luftbildwesen, S. 48–50
- FRITZ, L., 1932: Gutachten in Sachen Dr. GASSER. – Land- und Luftvermessungsgesellschaft mbH. Stuttgart 9.7.1932
- GASSER, M., 1912: Die photogrammetrische Messkunst in der Aeronautik. – Deutsche Luftfahrer-Zeitschrift 16–19.
- GASSER, M., 1915: Verfahren, mittels dreier gegebener Punkte durch mechanische Ausmessvorrichtungen mechanische Berechnungsapparate und durch geodätisch orientierte Doppelprojektionsapparate lufttopographische Karten für eine photogeodätische Landesvermessung herzustellen. – Reichspatentamt Patentschrift Nr. 306384 vom 20. April 1915.
- GASSER, M., 1915: Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Landkarten aus übergreifenden schiefen Aufnahmen. – Reichspatentamt Patentschrift Nr.306385 vom 26. September 1915.
- GASSER, M., 1923: Verfahren zum mechanischen Einstellen mehrerer Projektionsapparate, die zum Ausmessen von sich überdeckenden Luftaufnahmen dienen. – Reichspatentamt Patentschrift Nr.520782 vom 17. Mai 1923, offengelegt am 24.08.1926; erteilt am 04.05.1927; nach Zurückweisung aller Einsprüche endgültig erteilt am 26.02.1931; ausgegeben am 14.03.1931.
- GASSER, M., 1926: Die Aerokarte von Kalkberge. – Selbstverlag, Kalkberge-Berlin
- GASSER, M., 1927: Die gegenseitige Orientierung zweier Flug-Messbilder als Lösung des Luftkartenproblems. – Selbstverlag, Kalkberge.
- GASSER, M., 1927/1929: Winke für die kommende Patentnovelle. – Techn. Rundschau, Berlin 35/316; 5/44; 6/51.
- GASSER, M., 1953: Die Eroberung des Luftraumes für die Kartographie durch die Aerophotogrammetrie. – Selbstverlag, Günzburg.
- GOTTSCHO, 1927: Erfindernöte. – Techn. Rundschau Berlin Nr. 49, S. 358.
- GRUBER, O.v., 1924: Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raume. – Fischer-Verlag, Jena.
- GRUNER, H. & GRUBER, O.v., 1941: REINHARD HUGERSHOFF zum Gedächtnis. – Verlag Wichmann, Berlin.
- JUNG, F.R., 1960: Zur Entwicklungsgeschichte der Photogrammetrie in Deutschland unter Berücksichtigung des internationalen Fortschritts. – Bildmessung und Luftbildwesen 1: 23–41.
- Kammergericht, 1935: Urteil 10. Zivilsenat des Kammergerichts Berlin vom 13.11.1935.

¹⁹ Einsicht in diese Dokumente verdanke ich Herrn Dipl.-Ing. KARL W. GRAFF, Ludwigsburg, der Kopien unter Doc.-No. 35256 und 35365 vom Albert-Einstein-Archiv der Hebrew University of Jerusalem, der EINSTEIN 1950 testamentarisch sein ganzes Schriftgut vermachte, erworben hat.

- Österr. Verein für Vermessungswesen, 1956: Festschrift THEODOR SCHEIMPFLUG. – Sonderveröffentlichung Wien
- Reichsminister der Justiz, 1923: Patentgesetz Reichsgesetzblatt Teil II, Nr. 48, Berlin 12. 12. 1923.
- SANDEN, H.V., 1925: Sachverständigen-Gutachten Deutsche Karte (Inag) gegen Optikon. – Hannover 10. 10. 1925.
- SANDER, W., 1930: Über die Entwicklung der Photogrammetrie an Hand der Erfindungen unter besonderer Berücksichtigung der Doppelbildauswertegeräte. – In: Ferienkurs in Photogrammetrie, Stuttgart.
- SCHÖLER, H., 1972: Zur Erinnerung an MAX GASER. – Jenaer Kompendium Photogrammetrie Band X, S. 9–22. Akad. Verlagsgesellschaft Geest & Portig, Leipzig. Gekürzte Fassung in: Vermessungstechnik 20 (1972): 112–115.
- SCHWIDEFSKY, K., 1950: Grundriss der Photogrammetrie. – 4. Aufl., Verlag für Wissenschaft und Fachbuch, Bielefeld
- Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr.-Ing. HANS-KARSTEN MEIER, Breslauerstrasse 2, D-89551 Königsbrunn. Tel./Fax: 07328-64 89
- Manuskript eingereicht: Oktober 2001
Angenommen: Oktober 2001

Berichte

ISPRS-Workshop „Land Surface Mapping and Characterization using Laser Altimetry“

vom 22. bis 24.10. in Annapolis, USA

Laserscannermessungen und die Darstellung der Erdoberfläche mit Hilfe dieser Daten waren das Thema eines Workshops im historischen Annapolis, der Hauptstadt des US-Bundesstaates Maryland. Für die Organisation des Treffens zeichneten die Universität von Maryland, die Ohio State University, das NASA Goddard Space Flight Center, die ISPRS Working Group der Commission III/3, „3D Reconstruction from Airborne Laser Scanner and in SAR Data“ und die ISPRS Working Group WG III/6: „Multi Source Vision“ verantwortlich.

Teilnehmer des interdisziplinär und international zusammengesetzten Workshops waren Universitätsangehörige, Hardwarehersteller, Behörden, Institutionen und kommerzielle Firmen, die Lidar selbst betreiben oder Befliegungen beauftragen, Forschungszentren etc. Dem Treffen kommt das Verdienst zu, ein lebendiges Kommunikationsforum zwischen Systembauern, Systemnutzern und der Wissenschaft geschaffen zu haben. Die Mehrzahl des Auditoriums kam aus den USA und Kanada; aus Europa stellten die niederländischen Teilnehmer die größte Gruppe. Dabei waren auch Besucher aus Österreich, Deutschland, Italien, Dänemark, Schweden und Japan. Der Workshop fand überaus positive Resonanz, das breit gefächerte Programm, gute Präsentationen und die angestrebte Themenvielfalt sorgten für sehr interessante drei Tage in Annapolis.

Der Workshop deckte eine bemerkenswerte Themenbreite ab. Die Themen der acht verschiedenen Sessions des Workshops reichten von einem Überblick über existierende Aufnahmesysteme (kommerzieller Sektor, Forschungsentwicklungen, flugzeug- und satellitengetragene Systeme), über die Probleme der Filterung und der Al-

gorithmenentwicklung zur Klassifizierung. Die Sessions waren überschrieben mit „System Overviews“, „Surface Reconstruction“, „Data Geolocation“, „Data Fusion“, „Data Modeling“, „Forestry Applications“ und „Mapping Geosurficial Processes“. In knapp 50 Vorträgen wurde ein breiter Überblick über das Thema Lasertechnologie und Datenprozessierung gegeben, eine ausführliche und engagierte Schlussdiskussion rundete das Programm ab und gab neue Impulse für die zukünftige Entwicklung.

Die bestimmenden Themen bei der Prozessierung der Daten können mit den Stichwörtern verbesserte Angleichung der Flugstreifen (Strip adjustment), Weiterentwicklung von Filtertechniken, Klassifizierungen und weitere Extrahierung von Information umschrieben werden.

Sehr optimistisch wurde die Geschwindigkeit bei der Entwicklung von neuer Hard- und Software eingeschätzt. Hier sorgte auch die während des Workshops bekannt gewordene strategische Partnerschaft zwischen Optech, dem größten Hardwareanbieter und Z/I Imaging für Diskussionsstoff. Insbesondere in der weiteren Softwareentwicklung werden hier Impulse erwartet. Die Situation ist bisher bestimmt durch „kleine“ Lösungen, jede Firma, die Daten prozessiert, hat ihre wohlgehüteten Lösungswege bis zum Daten-output. Dies macht den Prozess für die Endnutzer der Daten nicht immer nachvollziehbar.

Und so kam auch wiederholt – neben der massiven Forderung nach Öffnung der Formate und freier Software zum download – der Wunsch der Datennutzer, alle Daten vom Rohzustand bis zum Produkt geliefert zu bekommen, verbunden mit der Hoffnung, somit den Prozess durchschaubarer und nachvollziehbarer zu machen.

Besondere Aufmerksamkeit galt ferner neuen Forschungsrichtungen wie der Auswertung der ‚waveform‘ (A/D-gewandeltes Pulsecho) und der Interpretation des Inten-

sitätssignals. Diese recht jungen Forschungsbemühungen bergen das Potenzial zu einer detaillierteren und thematisch vielfältigeren Auswertung der Daten.

Deutlich wurde der große Bedarf an weiteren Entwicklungen in allen Bereichen. Oder wie ein Vortragender anmerkte: „The surface of Lidar has just been scratched.“

Als vorbildlich sei angemerkt, dass die proceedings bereits online im Netz abrufbar sind (http://lvis.gsfc.nasa.gov/proceedings/isprs_la_workshop.pdf).

ANDREA HOFFMANN, Berlin

ISPRS-Workshop „Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization“

Athens, GA (USA), 29.–31. Oktober 2001

„Klein, aber fein“ – unter diesem Motto lässt sich der Verlauf des ISPRS-Workshop „Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization“ zusammenfassen, der Ende Oktober 2001 unter Leitung der Arbeitsgruppe IV/6 (Landscape Modelling and Visualization) in Athens (USA) durchgeführt wurde. Als Folge der terroristischen Anschläge des 11. September 2001 war die Teilnehmeranzahl geringer als erhofft, doch aus der Not wurde eine Tugend gemacht und ein flexibles Programm mit viel Zeit zur intensiven Diskussion gestaltet.

Die drei Keynote-Speaker führten in die breite Themenvielfalt des Workshops ein, indem sie über Projekte zum „Aufbau bzw. der Aktualisierung topographischer Datenbanken“ mit verschiedenen Automatisierungsgraden berichteten. Der Präsident der ISPRS Commission IV, COSTAS ARMENAKIS (Kanada), referierte über die Aktivitäten von Geomatics Canada zur Fortführung topographischer Karten durch den Vergleich gescannter Karten und verschiedener Satellitensensordaten mittels verschiedener semi-automatischer Methoden. ROY WELCH (USA) beschrieb die Konzeption zum Aufbau einer kartographischen Datenbank zur Abbildung von Küstenzonen auf Basis visu-

eller Interpretationen. Vertieft wurde diese Thematik später durch MARGUERITE MADDEN und THOMAS JORDAN (USA), die diverse Kartierungs-Projekte von außerordentlich großem Umfang vorstellten. Schließlich diskutierte MANFRED EHLERS (Vechta) erfolgreiche automatisierte Auswertemethoden für digitale Luftbilder „ultrahoher“ geometrischer Auflösung (15 cm Bodenpixel) unter Einbeziehung vorhandener GIS-Daten für ein Biotoptypen-Monitoring.

In einem thematischem Block zu „Interpretations-Methoden“ beschrieb SYLVIE JOUDOIN (Kanada) eine Fortführungsmethode auf Basis von Landsat 7-Daten mit Hilfe aktiver Konturen (Snakes). THOMAS BLASCHKE (Österreich) stellte die Notwendigkeit für die objekt-orientierte und multi-skalige Bildanalyse für hochauflösende Bilddaten heraus und adressierte das Problem der Wahl des passenden Generalisierungs- bzw. Skalierungsgrades. JOCHEN SCHIEWE (Vechta) beschrieb Anwendungen regionen-basierter Segmentierungsverfahren auf das Problem der Normalisierung von Digitalen Oberflächen-Modellen sowie auf die Objekterkennung. JOHANNES LEEB-MANN (für MANUEL WEINDORF, Karlsruhe) stellte Prinzipien und Ergebnisse einer wissensbasierten Interpretation von unstrukturierten Vektordaten aus gescannten Karten oder einem CAD-System vor.

Hinsichtlich des Designs und der Funktionalität von „GIS-Datenbanken“ beschrieb GIORGOS MOUNTRAKIS (USA) die Einführung von Korrelationsfunktionen zum Matching der Suchanfrage mit einem Datensatz aus einem multi-dimensionalen Datensatz. HARRY GEORGIADIS (USA) stellte Experimente mit kombinierten Ähnlichkeitsmaßen zur Identifizierung von kritischen Punkten in raumzeitlichen Phänomenen vor und JOHANNES LEEB-MANN (Karlsruhe) beschrieb Grundsätze zur Formalisierung und Bewertung des raum-zeitlichen Wissens für ein Erdbeben-Management. AKIRA HIRANO (USA) untersuchte die Genauigkeit von Digitalen Höhen-Modellen, die durch Stereokorrelation aus ASTER-Bilddaten abgeleitet wurden und vergleichbar zu SRTM-Daten erscheinen.

Im Rahmen des Themenkomplexes »Visualisierung« stellte GENNADY ANDRIENKO (Sankt Augustin) ein beeindruckendes Werkzeug zur interaktiven Visualisierung und Exploration von Vektor- und Rasterdaten vor. DESIREE HILBRING (Karlsruhe) präsentierte ein selbstentwickeltes 3D-GIS-Tool zur Visualisierung und Analyse von hydrogeologischen Phänomenen und SHUN-FU HU (USA) die Implementierung eines Multimedia-GIS, das auf den Produkten MapObjects und ArcView aufbaut.

Zusammenfassend konstatierten alle Teilnehmer einen sehr gelungenen Workshop unter der Leitung von MARGUERITE MADDEN mit einer selten erlebten kommunikativen und entspannten Atmosphäre – oder kam es in der ISPRS-Geschichte schon einmal vor, dass – wie durch THOMMY JORDAN – ein Vortrag mit Gesang und Gitarrenspiel beschlossen wurde?

Die Paper des Workshops sind in den International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (Band 34, Teil 4/W5) zusammengefasst, ein Ausschnitt wird im kommenden Jahr im ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing veröffentlicht werden.

JOCHEN SCHIEWE, Vechta

**Hansa Luftbild Symposium
„Hochgenaue Sensororientierung –
Auf dem Weg zur direkten
Geo-Referenzierung“**
am 15.11.2001 in Münster

Organisiert wurde das Symposium von der Fa. Hansa Luftbild AG, vertreten durch Prof. Dr. RALF SCHROTH. Prof. Dr. CHRISTIAN HEIPKE (Institut für Photogrammetrie und Geoinformation der Universität Hannover) leitete die Veranstaltung. Das Interesse an der behandelten, aktuellen Thematik war groß; so konnten mehr als 50 zum Teil internationale Gäste begrüßt werden.

Insgesamt wurde in fünf Vorträgen Stellung genommen zur Entwicklung und zum aktuellen Stand des Einsatzes von kombinierten „Inertial Measurement Units“

(IMU) und „Global Positioning Systems“ (GPS) im Bereich der Aerophotogrammetrie, sowohl bei analogen Reihenmesskameras als auch bei digitalen Flächen- und Zeilensensoren unterschiedlicher Art.

Im Eröffnungsvortrag „Direkte Georeferenzierung – Grundlagen und Anwendungspotenzial“ erläuterte CHRISTIAN HEIPKE den Begriff der direkten Sensororientierung und gab einen Überblick über die notwendigen Komponenten Kamera, INS/IMU und GPS, sowie deren systembezogene Koordinatensysteme (Bild-, IMU- und GPS-Koordinatensystem) und der mathematischen Verknüpfung untereinander durch Rotationsparameter („boresight alignment“ Kamera – IMU) und Translationsparameter (Kamera – GPS und Kamera – IMU), die durch Kalibrierung gewonnen werden. Angesprochen wurde die Verwendung von digitalen Geländemodellen und Passpunkten in Verbindung mit der um die Kalibrierparameter erweiterten Aerotriangulation zur Bestimmung der Systemkalibrierung.

Die Kombination von kurzzeitstabilen IMU-Translations- und Rotationsparametern und den langzeitstabilen Positionsparametern des GPS ermöglichen dann die exakte Bestimmung der äußeren Orientierung zum Zeitpunkt der Bildaufzeichnung.

Aufgezeigt wurden Anwendungsmöglichkeiten z.B. beim Einsatz zur photogrammetrischen Punktbestimmung, bei Orthophotogenerierung, Laserscanning usw., aber auch für den Einsatz bei der Flugnavigation. Es wurde herausgearbeitet, dass die Gewinnung von Objektinformationen aus direkt georeferenzierten Bildinhalten vom mathematischen/messtechnischen Standpunkt gesehen eine Extrapolation darstellt, da keine Informationen über das Objekt in diesen Prozess eingehen. Die sich daraus ergebende Notwendigkeit der exakten Systemkalibrierung wurde besonders hervorgehoben, ebenso die Kontrolle der zeitlichen Stabilität der Kalibrierparameter.

Prof. Dr. ALBRECHT GRIMM (IGI mbH, Kreuztal) stellte in seinem Vortrag „CCNS/AEROcontrol, ein integriertes System zur genauen Flugzeugführung und direkten Bestimmung der Elemente der äußeren Orientierung

beim Sensorflug“ die Entwicklungen der Firma IGI mbH vor. IGI hat sich in den vergangenen Jahren erfolgreich mit der Einführung von kombinierten GPS-IMU-Systemen in der Aerophotogrammetrie befasst.

Der Einsatz von GPS-IMU-Systemen zur exakten Navigation von Flugzeug und Steuerung der Kamera während des Bildfluges wurde anhand des Systems CCNS in Verbindung mit der Flugplanungssoftware WinMP dargestellt. Die Positionierung der Aufnahmeorte durch vordefinierte Blattsnitte wurde u. a. am Beispiel des NAPP (National Aerial Photograph Program, USA) verdeutlicht. Der Aufbau von Bildarchiven, auch über mehrere Aufnahmeepochen hinweg, wird erheblich erleichtert, da direkt über die Blattschnittkoordinaten auf die Bilder zugegriffen werden kann.

Der Aufbau des Systems CCNS/AERO control mit modernsten faseroptischen Kreiseln wurde in Kombination mit verschiedenen Kamerasystemen gezeigt. Die Notwendigkeit der Online-Korrektur des Exzentrizitätsvektors zwischen Projektionszentrum der Kamera und der GPS-Antenne bei der Verwendung von stabilisierten Kameraaufhängungen wurde aufgezeigt, wobei die Bewegungen der stabilisierten Aufhängung von der IMU aufgezeichnet werden. Des Weiteren wurde ein Überblick gegeben über erforderliche Genauigkeiten des GPS-Systems und des IMU-Systems zur direkten Georeferenzierung in Abhängigkeit von zu verwendenden Bild- und Kartenmaßstäben, ebenso wie etliche Projekte, in denen die direkte Georeferenzierung erfolgreich eingesetzt wurde (z.B. Maas bij Mook: Hansa Luftbild Nov. 1999, Befliegung Bodensee mit Daedalus-Scanner: DLR usw.). Im Ausblick wurde der Einsatz von noch präziseren IMU- und GPS- Systemen angedeutet, der einen weitestgehenden Verzicht auf Aerotriangulationen und Passpunktinformationen, auch für kleine Bildmaßstäbe, möglich erscheinen lässt.

Dr.-Ing. MICHAEL CRAMER (ipf, Universität Stuttgart) befasste sich in seinem Vortrag mit dem Thema „Empirische Genauigkeitsuntersuchungen zur direkten Georeferenzierung in kontrollierten Testflügen“. Er stellte

das vom ipf installierte Testfeld Vaihingen/Enz vor, anhand dessen Untersuchungen u.a. auch zum Genauigkeitspotenzial der integrierten GPS/INS Module zur direkten Georeferenzierung gemacht werden. So wurden z.B. die Ergebnisse der direkten Georeferenzierung mit denen aus der herkömmlichen Aerotriangulation verglichen. Die Systemkalibrierung erfolgte während der jeweiligen Befliegung an einem Kalibrierfeld des LVA Stuttgart in ca. 25 km Entfernung. Die untersuchten Weitwinkel-Kamerasysteme waren zum Einen mit dem GPS/inertial System Applanix POS/AV 510 DG und zum Anderen mit dem System IGI AEROcontrol II ausgerüstet. Es zeigte sich, dass die erzielten Ergebnisse mit beiden Systemen in etwa gleiche Genauigkeiten aufwiesen und mit denen der herkömmlichen Aerotriangulation übereinstimmten. Vorhandene systematische Differenzen waren im Wesentlichen auf Restfehler der inneren Orientierung der Kamera und Refraktion, die bei der Aerotriangulation ein Rolle spielen, sowie auf GPS-Höhenfehler zurückzuführen. Anschließend wurden die Abweichungen der aus überbestimmtem Vorwärtsschnitt ermittelten Koordinaten der Kontrollpunkte diskutiert. Auch hier lagen die Ergebnisse im Rahmen der Abweichungen, die bei herkömmlicher Aerotriangulation auftraten.

Ein ähnlicher Versuch wurde mit der digitalen Zeilenkamera HRSC-A (DLR-Berlin) mit GPS/inertial System Applanix POS/AV 510 DG mit ähnlichem Ergebnis durchgeführt. Als Ergebnis wurde herausgestellt, dass sich die direkte Sensororientierung für alle Sensortypen gleichermaßen eignet und i.d.R. keine Passpunkte im Befliegungsgebiet notwendig sind. Notwendig ist aber die Systemkalibrierung durch Aerotriangulation über einem Kalibrierfeld möglichst jeweils am Schluss einer Befliegung.

Ein Überblick über die Arbeiten und Projekte im Bereich der direkten Georeferenzierung bei Hansa Luftbild Sensorik und Photogrammetrie GmbH gab Dr. FRANK DREESSEN in seinem Vortrag „Erfahrungen mit der direkten Geo-Referenzierung in der Praxis“. Vorgestellt wurden die bei Befliegungen ein-

gesetzten Komponenten GPS/ DGPS(SAPOS), Navigationssystem CCNS 4 (IGI), das GPS/INS System (IGI) und das firmeneigene Kalibrierfeld in der Nähe von Münster für den Einsatz der Systemkalibrierung bei jeder Befliegung, sowie die verwendeten Sensoren.

Berichtet wurde über den Einsatz von Laser-Scannern in breit gefächerten Aufgabengebieten wie die Erstellung digitaler Stadtmodelle, Vegetationshöhenbestimmung, Erfassung von Erosionsflächen, Überwachung von Hochspannungsleitungen, Volumenkontrollen usw.

Bei Verwendung des Infrarot-Line-Scanner (Thermalscanner) wurde ebenfalls die direkte Georeferenzierung erfolgreich eingesetzt. Anwendungsbeispiele aus den Bereichen Umweltschmutzung, Überwachung von Kläranlagen (Temperaturverteilung), Klimastudien wurden gezeigt. Des Weiteren wurde über den Einsatz von Color-Line-Scanner (NIR-RGB-Zeilenkamera) und Digitalkameras berichtet.

Die Durchführung von Befliegungen mit analogen RMK in Kombination mit GPS/INS-Systemen wurde eindrucksvoll anhand einiger Beispiele belegt. So konnte eine Befliegung in Saudi-Arabien mit insgesamt mehr als 8000 Bildern binnen 3 Monaten durchgeführt werden, wobei jeweils durch zweifaches Überfliegen eines vorher geschaffenen Kalibrierfeldes die boresight-Parameter bestimmt und die äußeren Orientierungen der Bilder direkt ohne weitere Passpunkte und Aerotriangulation ermittelt wurden. Der Aufwand vor Ort minimierte sich erheblich, da ein Betreten des Projektgebietes zur Passpunktbestimmung nicht notwendig war. Dies scheint besonders bedeutungsvoll für Gebiete, die nicht betreten werden können, z.B. Überschwemmungsgebiete, Watt oder auch Krisengebiete.

Insbesondere wurde die Zuverlässigkeit des Systems, die Kostenersparnis und auch die schnelle Verfügbarkeit der Orientierungsdaten herausgestellt.

Im letzten Vortrag stellte Dr. FRANK BORCHERT (Alfred Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung) mit dem Thema „GPS/INS Einsatz zur Orientierung digita-

ler Zeilenkameras“ die Entwicklungsarbeiten am AWI in Zusammenarbeit mit Hansa Luftbild vor. Die Zeilenkameras (Color-Line Scanner und Infrarot-Line Scanner) wurden für die direkte Georeferenzierung mit GPS/INS-Systemen kombiniert. Der Einsatz der entwickelten Systeme zur Fernerkundung von Packeis wurde erläutert. Anschließend erfolgte dann die Anwendung auch in anderen Gebieten. Als Beispiel hierzu wurde die Aufnahme eines Weinanbaugebietes in Südaustralien mit berechnetem Vegetationsindex (NDVI) gezeigt.

Da es sich um Systeme mit nur einer Scannerzeile handelt, benötigt man in bewegten Gebieten DGM-Informationen zur Orthophotoherstellung. Im Weiteren wurden einzelne mathematische Grundlagen der entwickelten Softwarekomponenten vorgestellt, wobei auf Verarbeitung der Bilddaten in „real-time“ Wert gelegt wurde.

In seinem Resümee stellte CHRISTIAN HEIPKE noch einmal die wesentlichen Vorteile der direkten Sensororientierung dar: schnellste Verfügbarkeit der Orientierungsdaten von Bildern und kein Aufwand für die Bestimmung von Passpunkten im Projektgebiet. Die in den Vorträgen angeführten Beispiele und andere Publikationen zeigen, dass das Genauigkeitspotenzial z.Z. etwa mit dem der herkömmlichen Aerotriangulation übereinstimmt. Die Entwicklung neuer INS-Systeme sowie die in Zukunft noch präziser zu erwartende GPS-Positionierung (GPS III Galileo, SAPOS) sollten weitere Möglichkeiten eröffnen. Unterstrichen wurde aber die Notwendigkeit der jeweiligen Systemkalibrierung während jeder Mission mittels Aerotriangulation.

Anschließend dankte er unter dem Beifall der Anwesenden Herrn RALF SCHROTH und seinen Mitarbeitern für die hervorragende Organisation des Symposiums.

WERNER TECKLENBURG, Oldenburg

CD-ROM Kölner Stadtkarten und Luftbilder (2. Auflage)

1999 hat das Amt für Liegenschaften, Vermessung und Kataster der Stadt Köln erstmalig eine CD-ROM mit unterschiedlichen Kartenwerken und Softwarefunktionen vorgestellt. Angeregt durch das unerwartet große Interesse und verschiedene Kundenwünsche wird nun die CD-ROM Kölner Stadtkarten und Luftbilder (2. Auflage) herausgegeben.

Vertrieb:

- Amt für Liegenschaften, Vermessung und Kataster, 232/4 – Katasterservice, Stadthaus – Gebäude West, Raum 06 C 63, Willy-Brandt-Platz 2, 50679 Köln
- Tel.: 02 21-221-24 598,
- Fax: 02 21-221-22 209,
- e-mail: Kataster@stadt-koeln.de

Kaufpreis:

- Einzelplatzversion: DM 49/€25,05
- Netzwerkversion:
bis 5 Arbeitsplätze DM 150/€ 76,69
bis 20 Arbeitsplätze DM 300/€ 153,39
ab 21 Arbeitsplätze DM 1000/€ 511,29

Die CD-ROM Kölner Stadtkarten und Luftbilder bietet folgende Funktionen:

- Einfache Installation
- Darstellung von verschiedenen Kartenwerken (Übersichtskarten, Stadtplan, Deutsche Grundkarten) und Luftbildern (Abdeckung des Stadtgebietes ca. 80%) – *neu!*
- Zuschaltbar zu Stadtplan 1:15000: Netz des OPNV, Stadtteil- und Stadtbezirksgrenzen
- Suche nach Adressen (*neu!*), Straßen-, Ortsteil- und Ortsnamen
- Anzeige von Koordinaten in 3 verschiedenen Koordinatensystemen
- Messen von Entfernungen und Berechnung von Flächen
- Verbesserte Zeichenfunktionen (Symbole, Linien und Flächen; Setzen von Text; speicherbar in verschiedenen Ebenen)
- Import von Fotos/Grafiken (z. B. Logos) – *neu!*
- Drucken von Kartenausschnitten bis DIN A 3 in festen Maßstäben – *neu!*
- umfangreiche Online-Hilfe

Technische Voraussetzungen:

IBM-kompatibler PC ab 486 mit 66 MHz, 32 MB RAM, Windows 95, 98, 2000 oder NT 4.0, leistungsfähige Grafikkarte

GEOSYSTEMS und Definiens Imaging unterzeichnen Reseller Vertrag

GEOSYSTEMS, der autorisierte ERDAS Distributor für Deutschland, Österreich und die Schweiz mit Sitz in Germering nahe München hat eine nicht-exklusive Vereinbarung für den Vertrieb von **eCognition** unterzeichnet. eCognition ist eine innovative Software-Lösung zur objektorientierten Klassifizierung von Fernerkundungsdaten und zur Extraktion von Bildobjekten. eCognition wurde von Definiens Imaging in München entwickelt.

Mit der neuen, gerade ausgelieferten, Version 2.0 ist eCognition vollständig kompatibel zu ERDAS IMAGINE. Es ist ein direkter Datenaustausch mit ERDAS IMAGINE, Version 8.5, implementiert und eCognition verwendet Original-IMAGINE-Bibliotheken und hat damit Zugriff auf IMG-Files.

eCognition klassifiziert alle Arten von Satelliten- und Luftbildern basierend auf Eigenschaften der einzelnen Objekte und bezieht dabei Kontextinformation mit ein. Damit unterscheidet sich eCognition entscheidend von den bisher üblichen pixel- und damit grauwertorientierten Klassifizierungsmethoden.

Die Reseller-Vereinbarung trat im Oktober 2001 in Kraft. GEOSYSTEMS bietet mit der ERDAS Produktlinie, ergänzt durch eCognition, umfassende Fernerkundungs-Technologie auf dem neuesten Stand der Entwicklung an.

Auskünfte erteilen:

GEOSYSTEMS GmbH, HEIKE WEIGAND,
Tel.: 089-89434311
e-mail: h.weigand@geosystems.de
Definiens Imaging GmbH, BIRGIT AIGNER,
Tel.: 089-2311800
e-mail: BAigner@definiens.com

Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen

Einführung des Deutschen Haupthöhennetzes 1992 (DHHN92) ab 1. Januar 2002 in Nordrhein-Westfalen

Das zwischen 1912 und 1956 entstandene Deutsche Haupthöhennetz 1912 (DHHN12) mit seinen NN-Höhen war u.a. wegen der angewandten inhomogenen Berechnungsmethode und der damit verbundenen Netzspannungen völlig unzureichend. Deshalb erneuerten die Länder der alten Bundesrepublik in den Jahren 1980 bis 1985 gleichzeitig ihr gesamtes Nivellementnetz 1. Ordnung. Noch während der Vorbereitungen zur Einführung dieses neuen Höhensystems (DHHN85) kam es 1990 zur politischen Wiedervereinigung Deutschlands. Zu diesem Zeitpunkt bestanden in beiden Teilen Deutschlands unterschiedliche Höhensysteme. In den alten Bundesländern standen die auf den Amsterdamer Pegel bezogenen normalorthometrischen Höhen des DHHN12 zur Verfügung. In den neuen Bundesländern arbeitete man seit 1979 mit den Normalhöhen des Staatlichen Nivellementnetzes 1976 (SNN76) im Niveau des Pegels Kronstadt bei St. Petersburg mit einem ca. 15 cm höher als in Amsterdam liegenden mittleren Meeresspiegel.

Gleichzeitig entstand im Zuge der europäischen Integration auch der Gedanke, die vielen unterschiedlichen Höhenbezugssysteme in den anderen europäischen Staaten durch eine gemeinsame Grundlage zu ersetzen und dabei Normalhöhen zu benutzen.

Das AdV-Plenum (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland) beschloss daher im Oktober 1993, für das gesamte Gebiet der neuen Bundesrepublik Deutschland ein einheitliches Höhensystem einzuführen. Dazu wurden die beiden nicht zusammenhängenden Höhennetze durch Nivellements verbunden. Dieses gesamtdeutsche Nivellementnetz erhielt die Bezeichnung Deutsches Haupthöhennetz 1992 (DHHN92); die Jahreszahl entspricht der Fertigstellung der Verbindungsmessungen. Als einziger Anschlusspunkt für die Ausgleichung des

DHHN92 diente der NivP „Kirche Wallenhorst“ (bei Osnabrück), der als Knotenpunkt des „Europäischen Nivellementnetzes 1986“ (UELN86) an den Pegelnullpunkt Amsterdam angeschlossen ist. Die neuen Höhen werden als Normalhöhen mit gemessenen Schwerewerten berechnet. Die Änderungsbeträge zwischen alten und neuen Höhen liegen in einer Größenordnung von + 55 mm im Westen (Raum Aachen) bis – 20 mm im Osten (Kreise Lippe und Höxter). Sie resultieren einerseits aus den Ergebnissen der Neumessungen 1980–1985 und andererseits aus der Umstellung auf Normalhöhen. Die Höhenbezugsfläche wird als „Normalhöhennull“ (NHN) bezeichnet. Die Höhen nennt man daher auch NHN-Höhen.

Ein AdV-Plenumsbeschluss vom Oktober 1999 verpflichtete die Landesvermessungsämter bis spätestens 01.01.2002 DHHN92-Höhen für sämtliche Festpunkte der Grundlagenvermessung zu berechnen und ab diesem Zeitpunkt im Regelfall NHN-Höhen bekannt zu geben.

Die Umstellung von NN-Höhen auf NHN-Höhen ist in Nordrhein-Westfalen so weit fortgeschritten, dass zum 01.01.2002 die Umstellung auf das DHHN92 erfolgt. Das Landesvermessungsamt wird allerdings auch die bisherigen NN-Höhen noch für mehrere Jahre zusätzlich bereithalten und auf Anfrage liefern.

Als weitergehende Information kann ein Faltblatt mit dem Titel „Normalhöhen in Nordrhein-Westfalen“ kostenfrei beim Landesvermessungsamt NRW, Muffendorfer Straße 19–21, 53177 Bonn bezogen werden. Daneben steht es auch auf den Internetseiten des Landesvermessungsamtes NRW unter „<http://www.lverma.nrw.de/>“ zur Verfügung.

Bonn, den 20. 12. 2001

Hochschulnachrichten

Technische Universität Wien

Mag. THOMAS BAUER hat sein Doktoratstudium mit dem Rigorosum am 18. Oktober 2001 an der Fakultät für Technische Naturwissenschaften und Informatik der TU Wien mit der Dissertation „*Objektorientierte Klassifikation der Landnutzung in dichtbesiedelten Gebieten mittels hochauflösender Fernerkundungsdaten*“ zum Doktor der technischen Wissenschaften (Dr.techn.) abgeschlossen.

1. Gutachter: o.Univ.Prof. Dr. KARL KRAUS; 2. Gutachter: Mag. Dr. Ao.Univ.Prof. JOSEF STROBL, Institut für Geographie der Universität Salzburg; Betreuer: o.Univ.Prof. Dr. KARL KRAUS; Dipl.-Ing. Dr. KLAUS STEINNOCHER, Forschungszentrum Seibersdorf

Kurzfassung:

Die Verfügbarkeit der neuen sehr hochauflösenden Satellitenbilddaten wird auf dem Gebiet der Fernerkundung eine Reihe von neuen Anwendungsmöglichkeiten eröffnen. Die hohe räumliche Auflösung ermöglicht Auswertungen in dichtbesiedelten Gebieten, die mit den bisherigen Satellitensystemen nur bedingt möglich waren.

Informationen über die aktuelle Landnutzung sind ein wesentlicher Bestandteil der Stadtplanung. Auf Grund des hohen Informationsgehaltes und der Komplexität erfolgt die Auswertung von Bilddaten zurzeit vorwiegend auf Basis visueller Interpretationen.

Hochauflösende Satellitendaten werden in Zukunft eine Alternative zu kleinmaßstäbigen Luftbildern darstellen, um kartographische und geographische Datensätze kostengünstig zu aktualisieren. Um das hohe Informationspotenzial der Daten besser nutzen zu können, müssen neue Auswertemethoden angewendet werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist, die visuelle Bildinterpretation zu formalisieren, um den Auswerteprozess auf diese Weise zu auto-

omatisieren. Der gewählte Ansatz bedient sich der unterschiedlichen räumlichen Strukturen von Objekten innerhalb von Nutzungseinheiten. Im Zuge der Auswertung kommt ein zweistufiger Prozess zur Anwendung. In einem ersten Schritt werden die Objekte in den Ausgangsdaten extrahiert und klassifiziert. In einem zweiten Schritt werden die morphologischen Eigenschaften der Objekte und die räumlichen Nachbarschaften mit Hilfe des Structural Analysing and Mapping Systems analysiert. Dies führt zu einer Beschreibung und Charakterisierung der einzelnen Landnutzungen. Die daraus gewonnene Information wird für den Aufbau eines Regelwerkes herangezogen, das in der weiteren Folge in die kommerzielle Software eCognition implementiert wird. Durch eine objektorientierte Auswertung wird die Landnutzung aus der vorangegangenen Klassifikation der Bodenbedeckung abgeleitet. Das Potenzial dieser Methode wird mit IKONOS-Daten aus dem Raum Wien anhand eines Fallbeispiels aufgezeigt.

Technische Universität Berlin

M.Sc. SÖREN MATHIAS HESE wurde am 12.10.2001 mit der Dissertation „*Entwicklung und Anwendung geostatistischer Verfahren zur strukturellen Klassifizierung von Forstbeständen in hochauflösenden Daten der HRSC-A*“ an der Fakultät 7 – Architektur Umwelt Gesellschaft zum Dr. rer. nat. promoviert.

Betreuer: Prof. Dr. HARTMUT KENNEWEG, Gutachter: Prof. Dr. MANFRED EHLERS, Vechta und Prof. Dr.-Ing. JÖRG ALBERTZ, Berlin.

Zusammenfassung

Auf dem Gebiet der flugzeuggestützten Fernerkundungssensoren sehr hoher geometrischer Auflösung vollzieht sich eine Umorientierung von der Luftbildkamera hin zu digitalen Stereokamerasystemen mit

multispektralen Kanälen. Mit der vollautomatischen Ableitung orthoprojizierter Multispektraldaten und digitaler Oberflächenmodelle stehen in Zukunft Datensätze zur Verfügung, die in den Bereichen Fernerkundung, Geographische Informationssysteme, Photogrammetrie und Kartographie zu erheblichen Veränderungen führen werden. Automatische Klassifikationsmethoden oder Objekterkennungsverfahren für geometrisch sehr hochauflösende Fernerkundungsdaten im Bereich von 15 bis 40 cm sind jedoch bisher für viele Anwendungen, so auch für die Forstfernerkundung, nur ansatzweise verfügbar. Bekannte pixelorientierte Klassifizierungsverfahren, die bisher in der Forstfernerkundung genutzt wurden und aus Entwicklungen für geringer auflösende Satellitenbilddaten hervorgegangen sind, können nur bedingt erfolgreich für die Auswertung sehr hochauflösender Daten eingesetzt werden. Einzelne Pixel stellen nicht mehr eine Mischung unterschiedlicher Objekte dar, sondern bilden vielmehr Teile eines einzigen Objektes. Diese Komponenten weisen oft keine objektspezifischen spektralen Charakteristika auf. Dagegen hat die räumliche Anordnung der Bildelemente einen sehr hohen Beschreibungswert für die Ableitung der im Forstanwendungsbereich relevanten Objekteigenschaften wie z. B. Bestandsdichte, Kronendurchmesser, Bestandsstruktur oder Bestandsart. Es besteht daher für viele Anwendungsbereiche ein hoher Entwicklungsbedarf für Verfahren, die Nachbarschaften von Pixelwerten in hohem Maße berücksichtigen, um Objekte zu erfassen, die außerdem objektorientiert vorgehen und die hohe spektrale Variabilität von Objekten und Klassen in geometrisch sehr hochauflösenden Bilddatensätzen bei einer Auswertung untersuchen und nutzen. In dieser Arbeit werden die multispektralen Daten, die Stereodaten und die digitalen Oberflächenmodelle des digitalen Stereozeilenscanners HRSC-A (High Resolution Stereo Camera-Airborne) hinsichtlich der Eignung für eine Beschreibung der strukturellen Eigenschaften von Forstbeständen untersucht. Digitale Oberflächenmodelle, die mit stereoabbildenden Sensoren ableit-

bar sind, stellen für die Forstwirtschaft potentiell eine sehr hochwertige Informationsquelle dar, da die vertikalen Bestandsstrukturen wirtschaftlich wichtige Parameter (z. B. Bestandshöhe und Holzvolumen) ableitbar machen können. In dieser Arbeit wird das Potential digitaler Bestandsflächenmodelle daher hinsichtlich einer derartigen Anwendung im direkten Vergleich mit Laserscannerdatensätzen untersucht. Ergebnisse zeigen, dass Oberflächenmodelle von Nadelbeständen nicht mit ausreichend hoher Genauigkeit aus HRSC-A Daten ableitbar sind, um die Wuchshöhe von einzelnen Bäumen und Beständen automatisch festzustellen. Die Geländehöhe in älteren Nadelbeständen ist nur im Bereich größerer Bestandslücken erkennbar, was die Berechnung eines Bestandshöhenmodells mit nur wenigen, inhomogen verteilten Stützpunkten bedingt. Auch durch das indirekte photogrammetrische Verfahren der Bestimmung von Objekthöhen treten bei Forstoberflächen Ungenauigkeiten bei der Wiedergabe von Kronenhöhen auf. Eine Ableitung bestandsspezifischer Eigenschaften der vertikalen Strukturen eines Forstgebietes aus HRSC-A Bestandsflächenmodellen ist daher nur sehr eingeschränkt möglich.

Aufgrund dieser Einschränkungen wird ein erweitertes Verfahren entwickelt, das die hochauflösenden Multiblickwinkel- und Multispektraldaten des Kamerasystems HRSC-A nutzt, um bestandsstrukturspezifische Texturparameter abzuleiten. Die Beleuchtungsbedingungen und die Blickwinkel der Stereo- und Multispektralkanäle bestimmen die Textureigenschaften und die Geometrieänderungen in Bilddatensätzen von Forstbeständen in erheblichem Maße. Die so verursachten richtungsabhängigen Eigenschaften sind bei der Ableitung von Texturparametern zu berücksichtigen. Zur Untersuchung der Pixelnachbarschaften wird die geostatistische Variogramm-funktion genutzt. Eine Miteinbeziehung von Beleuchtungsrichtung und blickwinkelbedingten Objektgeometrieänderungen bei der Berücksichtigung richtungsabhängiger Eigenschaften für eine Bestandsstrukturklassifikation wird über die gesonderte

Untersuchung der entsprechenden Winkel für Beleuchtungsrichtung (Azimut) und Flugrichtung bzw. den Objektversatz in allen Stereokanälen ermöglicht. Trennbare und hochdimensionale Merkmalssignaturen, bestehend aus modellierten Variogrammwerten, können so für einzelne Bestandsstrukturen abgeleitet werden. Dies führt zu hohen Klassifikationsgenauigkeiten für Bestandsstrukturen von bis zu 93 %. Durch die Reduzierung auf geometrische Merkmale ist auch eine Ableitung von Bestandsobjekten durch eine Segmentierung der Texturmerkmale zu Bestandsregionen möglich. Das so entwickelte Verfahren zeigt ein hohes Anwendungspotential in der Beschreibung der strukturellen Diversität von Beständen, in der Ableitung von Bestandsgrenzen und der Differenzierung der Bestandsdichte. So ist der Einsatz in den Anwendungsbereichen Forstinventur und Biodiversitätserfassung denkbar. Durch die Integration des Verfahrens in das Geoinformationssystem GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) können externe Informationen (z.B. Bestandsgrenzen aus der Forstinventur) genutzt werden. So kann das entwickelte Verfahren der Variogramm Textur Klassifikation für die Erfassung von Wachstumsunterschieden oder Strukturdiversitätsveränderungen über bereits bestehende Informationen der Bestandsgrenzen genutzt werden. Dies zeigt auch Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Landschaftsstrukturerfassung. Geometrisch hochauflösende Zeilenscannerdaten zeigen somit durch die konstante Multiblickwinkelgeometrie und auch durch den geringen Öffnungswinkel des optischen Systems der HRSC-A ein hohes Potential bei der Ableitung von Forstbestandseigenschaften über Textur erfassende Methoden. Mit der Operationalisierung derartiger anwendungsspezifischer Methoden können aus hochauflösenden Fernerkundungsdaten in Zukunft Informationen bereitgestellt werden, die bisher terrestrisch erstellt oder visuell aus Luftbilddaten generiert wurden. Ein entscheidender Schritt in diese Richtung wird die Integration von Methoden der Geoinformationssysteme und anwen-

dungsspezifischen Verfahren der Fernerkundung in Form von hybriden und objektorientierten Ansätzen darstellen.

Universität Hannover

Dipl.-Ing. **KIAN PAKZAD** wurde am 5. Juli 2001 am Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Hannover mit der Dissertation „*Wissensbasierte Interpretation von Vegetationsflächen aus multitemporalen Fernerkundungsdaten*“ zum Dr.-Ing. promoviert. Referenten waren Prof. Dr.-Ing. C. HEIPKE, Prof. Dr.-Ing. C.-E. LIEDTKE und Prof. Dr.-Ing. h.c. mult. G. KONECNY. Die Dissertation ist erschienen bei der Deutschen Geodätischen Kommission, Reihe C, Nr. 543, ISSN 0065-5325, ISBN 3 7696 9582 8 und in der Reihe „Wissenschaftliche Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover“, Nr. 243, ISSN 0174-1454.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird ein allgemeines Konzept zur automatischen Interpretation von Fernerkundungsdaten vorgestellt. Aus diesem Konzept heraus wird auf die Interpretation von Vegetationsflächen fokussiert, die sowohl strukturelle Merkmale als auch temporales Wissen nutzt. Basierend auf diesen Ansätzen wird ein Verfahren zur automatischen multitemporalen Interpretation von Moorgebieten vorgestellt. Das System, auf das sich diese Arbeit stützt, ist ein wissensbasiertes Bildanalyse-System, das zur hochsprachlichen Wissensrepräsentation Semantische Netze verwendet. Diese werden genutzt, um im Verlauf des Interpretationsvorganges mit Hilfe einer symbolischen Verarbeitung nach und nach Hypothesen aufzustellen, diese zu verifizieren und dadurch eine symbolische Beschreibung der interpretierten Landschaftsszene aufzubauen. Die Verifikation der Hypothesen erfolgt über spezielle Bildverarbeitungsoperatoren in den Fernerkundungsdaten.

Das in der Arbeit vorgestellte allgemeine Konzept zur Interpretation von Fernerkundungsdaten gruppiert die in der Landschaft vorkommenden Objektarten in Abhängig-

keit von den charakteristischen Eigenschaften in unterschiedliche Kategorien. So werden Objektarten unterschieden, die eine vorgegebene Geometrie, eine vorgegebene Textur, ein vorgegebenes Muster oder charakteristische Merkmale aufweisen. Für jede Kategorie werden Interpretationsstrategien vorgeschlagen, die sowohl den Aufbau der Semantischen Netze betreffen als auch die Erstellung der zugehörigen speziellen Bildverarbeitungsoperatoren. Es erfolgt eine Fokussierung auf die Interpretation von Vegetationsgebieten, die der letzten Kategorie angehören. Da derartige Gebiete häufig inhomogen sind und zahlreiche Strukturen aufweisen, sind die bislang verwendeten Ansätze der multispektralen Klassifikation wenig geeignet, da sie derartige Gebiete übersegmentieren und strukturelle Merkmale nicht oder nur in geringem Maße zur Interpretation nutzen. Die hier vorgestellte neuartige Strategie geht von vorgegebenen Segmentgrenzen aus und sucht innerhalb der Grenzen nach strukturellen Merkmalen. Diese sind hochsprachlich beschrieben und können beispielsweise „Fahrspuren“, „unregelmäßige Struktur“ oder „Vegetation“ sein. Die Verifikation derartiger Merkmale in den Bildern erfolgt über Merkmalsanalyseoperatoren.

Zur Interpretation von zeitlichen Veränderungen wird ein neuartiges Konzept vorgeschlagen, das temporale Zustände von Gebieten in diskreter Weise beschreibt, die wahrscheinlichsten zeitlichen Veränderungen zwischen den Zuständen als temporales Wissen in ein Zustandsübergangsdiagramm abbildet und zur multitemporalen Interpretation nutzt. Auf diese Weise kann bei der Interpretation von Bildern bestimmter Zeitpunkte die temporale Historie aus den vergangenen Interpretationen verwendet werden, indem bestimmte Interpretationsmöglichkeiten bevorzugt untersucht und andere a priori ausgeschlossen werden.

Basierend auf den beschriebenen Ansätzen wurde erfolgreich ein Verfahren zur automatischen multitemporalen Interpretation von industriell genutzten Mooregebieten entwickelt. Ausgehend von einer auf Geodaten gestützten Initialsegmentierung wird

für jeden zu interpretierenden Zeitpunkt eine Resegmentierung und eine Interpretation der Segmente durchgeführt. Durch die Nutzung des temporalen Wissens ist es möglich, Moorklassen zu unterscheiden, die nur aus einer zeitlichen Abfolge heraus erkannt werden können. Die Verwendung des temporalen Wissens und der strukturellen Merkmale eröffnet die Möglichkeit, zur Interpretation von Vegetationsgebieten nur Schwarzweißbilder zu verwenden. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass das vorgeschlagene Verfahren geeignet ist, eine multitemporale Interpretation von Mooregebieten durchzuführen und gegenüber bisherigen Ansätzen durch die verwendeten Strategien zusätzliche Moorklassen unterscheiden kann, multitemporal eine robustere Interpretation durchführt und nicht auf Farbbilder angewiesen ist.

Universität Hannover

Dipl.-Ing. ULRICH LENK, PgDipHS wurde am 26.10.2001 mit der Dissertation „2.5D-GIS und Geobasisdaten – Integration von Höheninformation und Digitalen Situationsmodellen“ zum Dr.-Ing. promoviert.

Hauptreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. CHRISTIAN HEIPKE (Hannover), Korreferenten: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. MONIKA SESTER (Hannover), Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. M. BREUNIG (Vechta), Gutachter: Präsident des BKG und Professor Dr.-Ing. D. GRÜNREICH (Frankfurt).

Autorreferat

Beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung der Geobasisdaten in ATKIS werden die objektstrukturierten Vektordaten der Digitalen Situationsmodelle (DSM) in den Objektbereichen 2000–5000 und 7000 rein zweidimensional modelliert. Es herrscht eine konzeptionelle Trennung der DSM von der Höheninformation, die zur Beschreibung der Geländeoberflächenform in ATKIS im Objektbereich 6000 durch Digitale Geländemodelle (DGM) und zusätzliche Information modelliert wird. Daraus ergeben sich Defizite, wenn DSM-Objekte in Kombination mit Höheninformation analysiert

werden sollen (z. B. von Überflutungen betroffene Objekte bestimmen). Ziel der Arbeit ist es, einen Beitrag zur objektstrukturierten 2.5D-Modellierung von Geobasisdaten zu erarbeiten. Dabei werden im Wesentlichen zwei Ansätze untersucht.

Der erste Ansatz basiert auf der Verknüpfung von flächenhaften Objekten mit mathematischen Funktionen. Auf Grund der Verwendung von bivariaten Flächenpolynomen werden die Objekte als Polynomflächenobjekte (PFO) bezeichnet. Sie können als Verallgemeinerung der heute üblichen Höhenschichtobjekte aufgefasst werden, bei denen flächenhafte Objekte mit einer konstanten Höhe, d. h. einem Polynom vom Grad Null, versehen werden. Durch eine sich anschließende Verschneidung wird Landschaftsobjekten bzw. Teilobjekten eine konstante Höhe zugewiesen. Zur Modellierung des Reliefs mit PFO müssen diese geometrisch gebildet sowie ihre Polynomgrade festgelegt und die Koeffizienten der Polynome berechnet werden. Verfahren aus der Geomorphologie und der Hydrologie erweisen sich zum Zweck der Tessellation der Ebene in disjunkte Objekte für PFO als nicht geeignet. Daher wird ein neues Verfahren entwickelt, das nach dem Prinzip der Gebietsvergrößerung (region growing) unter Einsatz von Ausgleichs- bzw. Approximationsverfahren PFO aus DGM extrahiert. Damit kann das Relief mit einer absoluten Genauigkeit im Meterbereich und mit einer mittleren Genauigkeit von besser als 1 Meter approximiert werden. Als Testdaten wurden DGM5-Daten der Genauigkeitsstufe 2 (1 m) verwendet.

Das zweite behandelte Verfahren basiert auf Triangulationen (triangulated irregular networks, TIN) und wird in der Fachliteratur auch unter dem Stichwort der Simplizialen Komplexe beschrieben. Existierende Vorgehensweisen der Integration von

DGM-TIN und DSM werden hinsichtlich ihrer algorithmischen Effizienz und der morphologischen Qualität der Ergebnisse untersucht. Es wird ein neues Verfahren entwickelt, das gegenüber den bestehenden alle geometrischen Kombinationsmöglichkeiten der Eingangsdatensätze explizit berücksichtigt und darüber hinaus durch konsequente Nutzung vorhandener Topologien effizienter arbeitet. Der Ansatz führt, wie auch andere Methoden, zu redundanten Daten im Ergebnis. Daher wird das Datenmodell mit minimaler Anzahl von Knoten sowie ein Algorithmus zur Berechnung desselben entwickelt. Aspekte der geometrischen Modellvereinfachung werden behandelt.

Eine vergleichende Beurteilung der zwei diskutierten Vorgehensweisen zeigt, dass der Ansatz mit TIN gegenüber dem mit PFO Vorteile aufweist. Er ist weniger aufwändig in seiner Berechnung, im Gegensatz zu PFO kein approximierendes Verfahren bzw. bei Modellvereinfachungen von der Qualität her gut steuerbar und fügt sich besser in bestehende Ansätze der Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation von Geodaten ein.

Mit dem integrierten TIN sind Anwender in der Lage, raumbezogene Indizes, welche die Höhe mit einbeziehen, für Landschaftsobjekte zu erstellen und eine morphologisch qualitativ hochwertige objektstrukturierte 2.5D-Modellierung der Landschaft zu erzielen. Ebenso sind auf einfache Art parzellenscharfe landschaftsobjektbasierte (geomorphologische) Analysen hoher Qualität durchführbar.

Die Dissertation erscheint in der Reihe der Wissenschaftlichen Arbeiten der Fachrichtung Vermessungswesen der Universität Hannover unter der Nr. 244 sowie bei der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe C, Heft Nr. 546.

Vorankündigungen

2002

8.–9. Mai: **World of Geomatics in Donington**, UK. Auskünfte durch: Stephen Booth, PV Publications, Suite L, 17 Park Place, Stevenage, Hertfordshire SG1 1DU, UK. Tel.: 44-1438-352 617, Fax: 44-1438-351 989, e-mail: steve@pvpubs.demon.co.uk

20.–22. Mai: 7th **International Conference „Remote Sensing for Marine and Coastal Environments“** in **Miami**, USA. Auskünfte durch: Veridian Int. Conferences Staff, Ann Arbor, USA. Tel.: 1-734-994 12 00, ext. 3234, Fax: 1-734-994 51 23. www.erim-int.com/CONF/7th_marine/7th_marine.html

21.–23. Mai: **4. SAPOS® – Symposium**, Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung, mit dem Motto: „**SAPOS® verbindet...**“ in **Hannover**. Auskünfte durch den Veranstalter: Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), www.adv-online.de und die Ausrichter: LGN-Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen, Dr. Robert Winter, Podbielskistr. 331, 30659 Hannover, Tel.: 0511-64609-131, Fax: 0511-64609-168, e-mail: robert.winter@lgn.niedersachsen.de, www.lgn.de und IfE-Institut für Erdmessung der Universität Hannover, www.ife.de.

30. Mai–1. Juni: International Conference **INTERCARTO–8** in **St. Petersburg**, Russland. Auskünfte durch: Dr. Yuri P. Seliverstov, President of Russian Geographic Society. e-mail: gis@peterlink.ru und Prof. Vladimir S. Tikunov, Tel.: +7-095-939 13 39, Fax: +7-095-932 88 36

4.–7. Juni: 22nd EARSeL Symposium and General Assembly: „**Geoinformation for European-wide Integration**“ and Workshop: „**Remote Sensing for Environmental Modelling**“ in **Prag**, Tschechische Republik. Auskünfte durch: Dr. Tomas Benes, UHUL Fo-

rest Management Institute, Tschechische Republik. Tel.: +42-0202800121, Fax: +42-0202803371, e-mail: benes@uhul.cz, www.uhul.cz und: Mrm. M. Godefroy, Tel.: +33-1-45-56 73 60, Fax: +33-1-45-56 73 61, e-mail: EARSeL@meteo.fr, www.earsel.org/, <http://www.meteo.fr/>, <http://www.uhul.cz>

11.–13. Juni: 3rd International Symposium „**Remote Sensing of Urban Areas**“ in **Istanbul**, Türkei. Auskünfte durch: Prof. Dr. Derya Maktav (Chair), Istanbul Technical University, e-mail: dmaktav@ins.itu.edu.tr, www.ins.itu.edu.tr/ deryamaktav oder Dr. Carsten Jürgens (Co-Chair), Universität Regensburg, e-mail: carsten.juergens@geographie.uni-regensburg.de, oder Prof. Filiz Sunar Erbek (Sekretariat), Istanbul Technical University, Tel.: 0090-0212-2853801, Fax: 0090-0212-5737027, e-mail: fsunar@ins.itu.edu.tr, www.ins.itu.edu.tr/rsurban3

24.–28. Juni: **IEEE/ IGARSS 2002** in **Toronto**, Kanada. Auskünfte durch: Tammy Stein, IEEE Geoscience and Remote Sensing Society. Tel.: +1-281-251 60 67, Fax: +1-281-251 60 68, e-mail: tstein@phoenix.net. <http://ewh.ieee.org/soc/grss/igarss.html>

3.–5. Juli: **TELEGEO 2002 – 3rd International Symposium** in **Nizza/Sophia Antipolis**, Frankreich. Auskünfte durch: Tullio Tanzi, e-mail: Tullio.tanzi@cindy.cma.fr oder Robert Laurini, e-mail: laurini@lisi.insa-lyon.fr www.isprs.org/specials/announc_PDF/Telego2002_01.pdf

7.–8. Juli: **Joint ISPRS-ICA Workshop „Multi-Scale Representation of Spatial Data“** in **Ottawa**, Kanada. Auskünfte durch: Prof. Dr. Monika Sester, ikg, Universität Hannover, e-mail: monika.sester@ikg.uni-hannover.de und www.ikg.uni-hannover.de/isprs

8.–12. Juli: **ISPRS Symposium Com. IV: „GeoSpatial Theory, Processing and Applications“** und 10. Konferenz **Spatial Data Handling 2002** des Canadian Institute for Geomatics in **Ottawa**. Auskünfte durch: Pres. Dr. Costas Armenakis, Tel.: +1-613-992 44 87, Fax: +1-613-995 41 27, e-mail: armenaki@nrcan.gc.ca, www.geomatics2002.org, <http://www.commission4.isprs.org/wg3>, oder: Tom Herbert, Tel.: +1-613-224 98 51, Fax: +1-613-224 95 77, e-mail: exdiricig@netrover.com, Admin CIG e-mail: admincig@netrover.com, www.geomatics2002.org/ und <http://www.geomatics2002.org/submissions/index.e.asp>

20.–23. August: **ISPRS Symposium Com. II: „Integrated System for Spatial Data Production, Custodian and Decision Support“** in **Xian**, China. Auskünfte durch: Dr. Jie JIANG, Tel.: +86-10-68 48 32 18, Fax: +86-10-68 42 41 01, e-mail: isprs2@nsdi.gov.cn oder: Mr. Xihu CHEN, Tel.: +86-10-68 42 40 76, Fax: +86-10-68 42 41 01, e-mail: isprs2@nsdi.gov.cn, <http://isprs2.nsd.gov.cn/>, <http://www.commission2.isprs.org/>

26. August – 6. September: **The 8th United Nations Conference on the Standardization of Geographical Names in Berlin**. Auskünfte durch: Dr. Laaribi, Tel.: +1-212-963-49 96/ oder: +1-212-963-30 42, e-mail: laaribi@un.org, <http://www.un.org/Depts/unsd/catalog/uncsgn.htm>

2.–6. September: **ISPRS Symposium Com. V in Corfu**, Griechenland. Auskünfte durch: Pres. Prof. Petros Patias, Tel.: +30-31-99 61 16, Fax: +30-31-99 61 28, e-mail: patias@topo.auth.gr und: Prof. Alexandra Koussoulakou, Com.V Secretary, Tel.: +30-31-99 61 38 Fax: +30-31-99 61 28, e-mail: kusulaku@eng.auth.gr, <http://www.erasmus.gr/isprs/index.htm>

9.–13. September: **ISPRS Symposium Com. III, PCV'02 „Photogrammetric Computer Vision 2002“**, in **Graz**, Österreich. Auskünfte

te durch: Pres. Prof. Franz Leberl, Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen, TU Graz, A-8010 Graz, Inffeldgasse 16, Tel.: +43-316 873 5011, Fax: +43-316 873 5050, e-mail: leberl@icg.tu-graz.ac.at oder: office@icg.tu-graz.ac.at, <http://www.icg.tu-graz.ac.at/pcv02>

10.–11. September: **AAPR'02 „Vision with Non-Traditional Sensors“, 26th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition (AAPR) in Graz**, Österreich. Auskünfte durch: Prof. Franz Leberl, Institut für Maschinelles Sehen und Darstellen, TU Graz, A-8010 Graz, Inffeldgasse 16, Tel.: +43-316 873 5011, Fax: +43-316 873 5050, e-mail: leberl@icg.tu-graz.ac.at, <http://www.icg.tu-graz.ac.at/aapr02>

11.–13. September: **Open source GIS – GRASS user conference 2002** in **Trento**, Italien. Auskünfte durch: Local Organizing Committee, e-mail: grass2002@ing.unitn.it oder: Dr. Phisan Santitamont, e-mail: Phisan.S@eng.chula.ac.th, <http://www.ing.unitn.it/~grass/>

16.–18. September: **ISPRS Symposium Com. VI „New Approaches for Education and Communication“** in **São José dos Campos**, Brazil. Auskünfte durch: Pres. Dr. Tania Maria Sausen, Tel.: +5-12-345 68 62, Fax: +55-12-345 68 70, e-mail: tania@ltid.inpe.br, www.inpe.br/isprs/events.htm und: www.isprs.org/specials/announcement_PDF/First_Announcement_comm6_symp.pdf.

16.–19. September: **Global Spatial Data Infrastructure Conference „GSDI 6 Conference – From global to local“** in **Budapest**. Auskünfte durch: Karen Leveleger, Tel.: +31-55-528 57 46, Fax: +31-55-355 73 62, e-mail: eurogi@euronet.nl, <http://www.eurogi.org/>

18.–20. September: **2nd EARSeL Workshop „Remote Sensing for Developing Countries“** an der Universität **Bonn**. Auskünfte durch: Prof. G. Menz, e-mail: menz@rsrg.uni-bonn.de, Tel.: 49-228-739 701, Fax: 49-228-

739 702, www.rsrsg.uni-bonn.de/earsel_2002/index.htm

19.–23. September: **Conference on GIS and RS in Mountain Environment Research in Zakopane**, Polen. Organisation: Jagiellonian University Krakow and IUFRO. Auskünfte durch: Uni Krakau, Tel.: 48-12-423 03 54, Fax: 48-12-422 55 78, e-mail: conf2002@enviromount.uj.edu.pl www.enviromount.uj.edu.pl

24.–26. September: **22. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF**

»Zu neuen Märkten

– auf neuen Wegen

– mit neuer Technik«

in **Neubrandenburg**. Auskünfte durch: Dr. Klaus-Ulrich Komp, Präsident DGPF, e-mail: Präsident@dgpf.de, Dr.-Ing. Manfred Wiggenhagen, Sekretär DGPF, e-mail: sekretaer@dgpf.de, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kresse, FH Neubrandenburg, e-mail: kresse@fh-nb.de, <http://www.gdpf.de>

1.–5. Oktober: **Celebrating 50 Years of Geodetic Science Commission II** in **Columbus, OH, USA**. Auskünfte durch Prof. Chen Jun, Pres. Com. II, e-mail: chenjun@nsdi.gov.cn, oder: Prof. Ron Li, WG II/1, Tel.: +1-614-292 69 46, Fax: +1-614-292 29 57, e-mail: li.282@osu.edu, http://geodesy.ceegs.ohio-state.edu/50_years

10.–19. Oktober: **World Space Congress 2002** mit 34th Scientific Assembly von **COSPAR** und 53rd International Astronautical Congress von **IAF, IAA** und **IISL** in **Houston, Texas**. Auskünfte durch: American Inst. of Aeronautics and Astronautics. Fax: 1-703-264 75 51, e-mail: wsc2002@aiaa.org, www.aiaa.org/wsc2002

16.–18. Oktober: **INTERGEO 2002** in **Frankfurt a.M.** Auskünfte durch: DVW-Geschäftsstelle, Leiterin Frau Christiane Salbach, e-mail: christiane.salbach@dvw.de oder DVW-Office@t-online.de, <http://www.Intergео.de>

21.–25. Oktober: **VII International Congress on Earth Sciences** in **Santiago, Chile**. Auskünfte durch: Col. J.E.G. Palacios, Tel.: +56-2-460-68 14/ 68 13, Fax: +56-2-460-68 78, e-mail: cct2002@igm.cl, <http://www.igm.cl>

26.–29. Oktober: Third International Symposium on Sustainable Agro-environmental Systems „**New Technologies and Applications**“ in **Kairo, Ägypten**. Auskünfte durch: Prof. Dr. Derya Maktav, Tel.: +90-212-285 38 08, Fax: +90-212-573 70 27, e-mail: dmaktav@ins.tu.edu.tr, <http://www.agro.narss.org/>

11.–15. November: **ISPRS Symposium Com. I, „Integrating Remote Sensing at the Global, Regional and Local Scale“**. Joint meeting with **Pecora XV** in **Denver, CO, USA**. Auskünfte durch: Pres. Prof. Stanley A. Morain, e-mail: smorain@spock.unm.edu und: Amy Budge, Tel.: +1-505-277-36 22 ext. 231, Fax: +1-505-277-3614, e-mail: abudge@spock.unm.edu, <http://isprscommission1.unm.edu/symposium.htm>, <http://www.commission1.isprs.org/>, www.asprs.org/pecora-isprs-2002

3.–6. Dezember: **ISPRS Symposium Com. VII „Resource and Environmental Monitoring“** in **Hyderabad, Indien**. Auskünfte durch: Pres. Dr. Rangnath Navalgund, Tel.: +91-79-676 88 62, Fax: +91-79-676 27 27 35, e-mail: rangnath@ad1.vsnl.net.in, Symposium Secretariat, Tel.: +91-40-387 89 62 oder 387 83 60, Fax: +91-40-387 72 10, e-mail: isprstcvii@nrsa.gov.in, <http://www.impelindia.com/isprs/symp.html> oder <http://www.commission7.isprs.org/>

2003

25.–28. Mai: 11th International Symposium on **Deformation Measurements** in **Santorini (Thera), Griechenland**. Auskünfte durch: Stathis C. Stiros, Tel.: +30-610-99 78 77, e-mail: stiros@upatras.gr, <http://www.fig.net/figtree/events/events2003.htm>

3.–6. Juni: **23rd EARSeL Symposium** in **Gent**, Belgien. Auskünfte durch: Prof. Rudi Goossens, University of Gent, e-mail: rudi.goossens@rug.ac.be und ear-sel@meteo.fr

30. Juni–11. Juli: 23rd IUGG General Assembly „**IUGG 2003**“ in **Sapporo**. Auskünfte durch: Sekretariat, Tel.: +81-468-66 55 41, e-mail: IUGG_service@jamstec.go.jp

21.–25. Juli: **IEEE/IGARSS 2003** in **Toulouse**. Auskünfte durch: Dr. Bill Emery, e-mail: Emery@frodo.colorado.edu, <http://ewh.ieee.org/soc/grss/igarss.html>

13.–15. August: **The 4th International Symposium on Mobile Mapping Technology „MMT 2003“** in **Kunming**, China. Auskünfte durch: Prof. Vincent Tao, Tel.: +1-403-220 58 26, Fax: +1-403-284 19 80, e-mail: ctao@ucalgary.ca, <http://www.ucalgary.ca/~ctao>

1.–5. September: **49. Photogrammetrische Woche** in **Stuttgart**

17.–19. September: **INTERGEO 2003** in **Hamburg**

30. September – 4. Oktober: **CIPA 2003 International Symposium „New Perspectives to Save the Cultural Heritage“** in **Antalya**, Türkei. Auskünfte durch Symposium Direktor Prof. Dr. Orhan Altan, e-mail: oaltan@itu.edu.tr

2004

22.–24. September: **INTERGEO 2004** in **Stuttgart**

12.–23. Juli: **XXth ISPRS Congress – Geo Imagery Bridging Continents** in **Istanbul**, Türkei. Auskünfte durch: Kongressdirektor Prof. Dr. Orhan Altan, Tel.: +90-212-285-38 10, Fax: +90-212-285-65 87, e-mail: oaltan@srv.ins.itu.edu.tr, www.isprs2004-istanbul.com

Buchbesprechungen

BILL, RALF & ZEHNER, MARCO L., 2001: *Lexikon der Geoinformatik*. VII, 312 S., gebunden. Herbert Wichmann, Hüthig Fachverlage, Heidelberg (www.huethig.de oder www.geopoint.de). ISBN 3-87907-364-3, € 56,-.

Das von Bill & Zehner erarbeitete *GIS-Lexikon* ist ein alphabetisches Nachschlagewerk in deutscher Sprache. Es enthält auf 312 Druckseiten 4500 Begriffe und Abkürzungen aus den Fachgebieten Geodäsie, Kartographie, Photogrammetrie, Fernerkundung, Elektronische Systeme, Computertechnik, Datenbanken, Computergrafik, Hard- und Software, Geoinformations-

systeme. 72 informative Abbildungen tragen sehr gut zum Verständnis der Textdarstellungen bei.

Ein typisches Beispiel soll hier genannt werden:

Java: *Eine immer populärer werdende objektorientierte Computersprache zur Entwicklung von internetbasierenden Anwendungen, sowohl als Teil des → WWW als auch als eigenständige Anwendungen. Es wurde von Sun Microsystems entwickelt, weshalb seine Stärke in seiner Unabhängigkeit von einer Plattform liegt. Weil die Sprache interpretiert/übersetzt wird, ist es nicht an eine spezifische CPU gebunden und kann auf jedem → Computer mit einem → Interpreter aus-*

geführt werden (genannt: *Java Virtual Machine*). Deshalb brauchen spezialisierte → Programme nicht installiert zu werden, sondern sie können heruntergeladen und verwendet werden, wann immer sie gebraucht werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass es für eine weltweite Verteilung sicher ist, weil heruntergeladene → Programme keinen Zugriff auf lokale → Laufwerke und → Konfigurationen haben.

Bei diesem Begriff und den meisten anderen, die man aufschlägt, werden die Erwartungen des Lesers erfüllt oder übertroffen. In einer Folgeauflage des Werkes sollten die Autoren die Fachgebiete Geodäsie und die Kartographie noch etwas mehr berücksichtigen. „DGfK-Deutsche Gesellschaft für Kartographie e.V.“, „KN-Kartographische Nachrichten“, „DVW-Deutscher Verein für Vermessungswesen e.V.“, „ZfV-Zeitschrift für Vermessungswesen“ z. B. sucht man vergeblich. Auch für „LH-Systems“ trifft das zu.

Aber auch schon die vorliegende erste Auflage dieses Werkes wird sicher einen breiten Nutzerkreis finden, weil es:

- inhaltlich sehr weit gefasst und für viele Fachgebiete eine nützliche Arbeitsgrundlage darstellt,
- übersichtlich gegliedert, gut und leicht lesbar ist,
- in hervorragender Weise deutsche und englische Termini verwendet, erläutert und verbindet. Damit ist das Buch quasi auch ein Fachwörterbuch Deutsch – Englisch/ Englisch – Deutsch.
- für Fachkräfte und Studenten der o.g. Fachgebiete, aber auch der Land- und Forstwirtschaft, Stadt-, Raum- und Umweltplanung, Ökologie, Landespflege, Logistik, Informatik, des Marketing und der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften nützliche Informationen enthält.

Dieses *Lexikon der Geoinformatik* ist ein hervorragendes Buch, es enthält Informationen, die viele Menschen heute brauchen und wünschen. Es ist genau zur richtigen Zeit erschienen und es wird sicher viele Interessenten finden.

Deshalb soll abschließend auch noch der Wunsch geäußert werden, dass dieses Werk weiter aktualisiert und vervollkommnet

wird und im Abstand von 3–4 Jahren Neuauflagen erscheinen mögen. Aktualisierungen und Links findet der Leser aber auch heute schon unter www.geoinformatik.uni-rostock.de.

KLAUS SZANGOLIES, Jena

EMMANUEL P. BALTSAVIAS, ARMIN GRUEN & LUC VAN GOOL (Hrsg.), 2001: *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Satellite Images III*. Proceedings of an International Workshop, Ascona, June 2001. 425 S., 18 cm × 25 cm. A. A. Balkema Publishers, P.O. Box 1675, 3000 BR Rotterdam, Niederlande, Fax: +31-10-413-5947, e-mail: orders@swets.nl. ISBN 90 5809 252 6 € 129,-

Dieses Buch enthält 37 Beiträge von führenden Wissenschaftlern auf dem Gebiet der *Automatischen Extraktion von Objekten, die der Mensch geschaffen hat, aus Luftbildern und Satellitenbildern*. Insbesondere betrifft das Gebäude, Wege und Vegetation.

Die Arbeiten repräsentieren den aktuellen Entwicklungsstand in der Welt. Die rund 100 Autoren kamen aus Deutschland (26), Frankreich (13), USA (12), der Schweiz (10), Belgien (8), Großbritannien (8), Österreich (6), China (4), Russland (3), Italien (2), den Niederlanden (2), Japan und Australien.

Gegliedert ist das Buch nach den folgenden Sachgebieten:

- Allgemeine Fragen, Systeme und ein Überblick über die 3D Stadt-/Objekt-Modellierung (7 Beiträge)
- Nutzer-Anforderungen und kommerzielle halbautomatische Systeme (8)
- Gebäudeerkennung und -Rekonstruktion (8)
- Extraktion von Wegen und Vegetation aus Luftbildern (9)
- Extraktion von Objekten/Mustern und Oberflächen-Eigenschaften aus Satellitenbildern (5)
- 3D-Modellierung mit Bildinformationen (2)

Die vorliegende Sammlung von Vorträgen demonstriert sehr deutlich den bedeu-

tenden Fortschritt und hohen Entwicklungsstand, der in den vergangenen fünf Jahren in der automatischen Mustererkennung erreicht wurde. In entscheidendem Maße daran beteiligt sind Weiter- und Neuentwicklungen digitaler Sensoren, der digitalen Bildverarbeitungstechnik, der Computer-Software und -Hardware. Das führte zu einer noch engeren Zusammenarbeit zwischen Computer Vision und Photogrammetrie.

Die meisten Beiträge beziehen sich auf die Extraktion von Gebäuden und Wegen aus Luftbildern und digitalen Bildern (speziell Color und NIR) mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad. Dabei wird auch über die Verwendung von Laser-Scanner-Daten, SAR-Daten und Satellitenbildern (IKONOS) berichtet. Andere Schwerpunkte sind 3D-Stadtmodelle, die Extraktion von Vegetation als ein neuer Trend, DSM- und DTM-Generierung mit Verwendung von multiplem Bildmaterial, Color-Kanälen sowie die Visualisierung.

Aus diesen Veröffentlichungen haben die Herausgeber des Buches folgende Entwicklungstrends abgeleitet:

- Die entwickelten Lösungen des Problems sind allgemeiner als noch vor einigen Jahren, basieren auf multiplen Dateneingängen und auch vorhandenen Informationen (Katasterplänen und Topographischen Karten).

- Die Anwendung von 3D-Informationen und -Modellen und von multispektralen Informationen sowie multiple Betrachtungsmöglichkeiten werden zum Standard.

- Der Laserscanner als neuer Sensor ist vielversprechend, zurzeit aber noch problematisch hinsichtlich der Integration mit Bildmaterial.

- Die Verwendung von SAR-Bildern und von hochauflösenden Satellitenbildern muss weiter untersucht und entwickelt werden, bevor praktikable Anwendungen möglich sind.

Dieses Buch gibt mit zahlreichen theoretischen Betrachtungen des Problems und erfreulich vielen Abbildungen von praktischen Anwendungsbeispielen einen vorzüglichen Überblick über den heutigen Entwicklungsstand der automatischen Extraktion von Gebäuden, Wegen und Vegetation aus Luftbildern.

Sehr gute redaktionelle und grafische Gestaltung und sehr gute Drucktechnik tragen dazu bei, dass dieses relativ teure Buch übersichtlich gestaltet und gut lesbar ist. Für jeden, der auf den Gebieten Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation wissenschaftlich arbeitet, ist das Werk eine wertvolle und unerlässliche Grundlage.

KLAUS SZANGOLIES, Jena

Wir sind eines der führenden Dienstleistungsunternehmen aus dem Bereich „digitale Photogrammetrie“ und beschäftigen uns mit der Erfassung und dem Vertrieb digitaler Daten. Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir zum nächstmöglichen Zeitpunkt einen/eine

Vermessungsingenieur/in (Dipl.-Ing.)

Ihre Aufgaben:

- übergreifendes Projektmanagement
- Bearbeitung von (GIS- und) Photogrammetrieprojekten
- Projektorganisation und -Kalkulation

Unsere Anforderungen:

- Vermessungsingenieur FH oder Uni
- Berufserfahrung in Projektmanagement und/oder -Kalkulation
- sehr gute Kenntnisse in der Photogrammetrie
- gute Kenntnisse im ARC-VIEW/ARC-INFO

Ihre ausführlichen Bewerbungsunterlagen senden Sie bitte an:

PHOENICS GmbH
Dienstleistungsgesellschaft für digitale
Photogrammetrie und GIS mbH
Frau Oertel
Osterstraße 24
30159 Hannover



Einladung zur Festveranstaltung des Fachbereichs Vermessungswesen/ Kartographie der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH)



Am Freitag, dem 27. September 2002 findet von 11 – 18 Uhr an der HTW Dresden ein Festkolloquium »10 Jahre Fachhochschulausbildung in den Studiengängen Vermessungswesen und Kartographie an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) und 50 Jahre zentrale Ausbildung von Vermessungs- und Kartographieingenieuren in Dresden« statt. Diesen Tag möchten die Mitarbeiter und Studierenden des Fachbereichs Vermessungswesen/Kartographie der HTW Dresden mit allen interessierten Absolventen dieser Hochschule, der ehemaligen Ingenieurschule für Geodäsie und Kartographie Dresden (IGK) sowie allen Freunden und Partnern des Fachbereichs aus Wirtschaft und Verwaltung festlich begehen.

Die Festveranstaltung mit wissenschaftlichem Kolloquium findet im Hörsaal S239 des Seminargebäudes der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), 01069 Dresden, Friedrich-List-Platz 1 (Hochhaus südöstlich des Hauptbahnhofes) statt.

Interessenten melden sich bitte im Dekanat des Fachbereichs Vermessungswesen/Kartographie bei Frau STELZER unter dem Stichwort „Festkolloquium“ möglichst bis zum 15.07.02 an.

HTW Dresden (FH), FB Vermessungswesen/Kartographie

PF 120701, 01008 Dresden

Tel.: 0351-462 3149, Fax: 0351-462 2191, e-mail: stelzer@htw-dresden.de

Referenten für Fachvorträge (25 Minuten) sowie Damen und Herren, die sich mit kurzen Grußworten oder Erlebnisberichten aus ihrer ehemaligen Studienzeit aktiv an der Festveranstaltung beteiligen möchten, melden ihre Beiträge bitte bis zum 31.05.2002 an.

2. Hamburger Forum für Geomatik

Die Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V.; der Deutscher Verein für Vermessungswesen (DVW), Landesverein Hamburg Schleswig - Holstein e.V.; die Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg, Fachbereich Geomatik; die Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Bau und Verkehr, Amt für Geoinformation und Vermessung; der Verband der Deutschen Vermessungsingenieure (VDV) e.V., Landesverband Hamburg/Schleswig Holstein sowie der Verein zur Förderung der Studienrichtungen Vermessungswesen und Hydrographie an der Fachhochschule Hamburg e.V. laden zum »2. Hamburger Forum für Geomatik« ein.



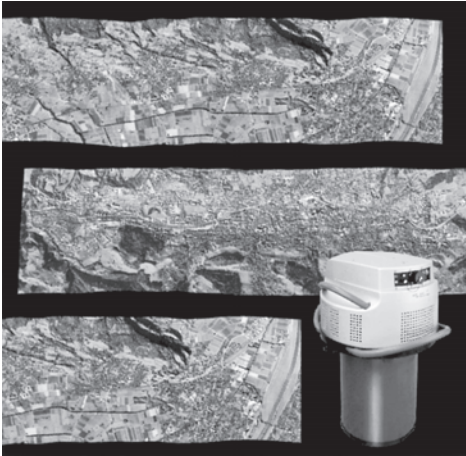
Die Veranstaltung steht ganz im Zeichen des Themas "Geodaten" und seiner norddeutschen Ausprägung. Sie bietet eine Vielzahl von Fachvorträgen rund um dieses Thema sowie die Möglichkeit, sich bei einschlägigen Fachfirmen über deren neuste Produkte zu informieren. Nicht zu kurz kommen soll der interdisziplinäre Gedankenaustausch.

Termin: 5./6. Juni 2002; Ort: Bürgerhaus Wilhelmsburg

Mengestraße 20, 21107 Hamburg, www.buewi.de

Buchung / Information: Die Buchungsunterlagen können beim Deutschen Verein für Vermessungswesen, Landesverein Hamburg/Schleswig-Holstein e.V. (Postfach 10 1820, 20012 Hamburg, Fax: 49-40-428265966, e-mail: geschaeftsstelle@dvw-hamburg-schleswig-holstein.de) abgefordert werden. Die Buchung ist auch im Internet unter www.haw-hamburg.de/geomatik/forum2002/ möglich. Auskünfte erteilt Berend Döhle (Tel.: +49 40 42826 5210).

Zum Titelbild



Luftbildsensor ADS40

Das Titelbild zeigt Bildstreifen, welche am 2. November 2001 während eines Fluges über St.Gallen und dem St.Galler Rheintal mit dem Luftbildsensor ADS40 aufgenommen wurden. Die Ausschnitte oben und unten stammen aus dem Luftbildstreifen „Rheintal“. Der mittlere Luftbildstreifen wurde über St.Gallen aufgenommen.

Luftbildstreifen

Der ADS40 Sensor zeichnet über die ganze Länge einer Fluglinie gleichzeitig zehn verschiedene digitale Bildstreifen auf. Die abgebildeten Farbkomposite wurden aus den drei Streifen Blau, Grün und Rot erstellt. Die Luftbildstreifen wurden mit dem ADS40 – installiert in einer Pilatus Porter – in einer Höhe von 2000 m über Grund während der Mittagszeit geflogen. Aus dieser Flughöhe entspricht ein Pixel einem Bodenpixel von 20 cm Größe. Fluggeschwindigkeit über Grund war 85 kn bzw. ca. 160 km/h.

Zentralperspektive und Zeilenperspektive

Anwender von Luftbildern wünschen eine orthogonale, flächendeckende Abbildung der Erdoberfläche. Wegen der bisher vor-

handenen, eingeschränkten technischen Möglichkeiten wurde aber die zerstückelte Abbildung in Zentralperspektive seit über hundert Jahren als Standard akzeptiert. Als Ausweg wurden Verfahren und Arbeitsabläufe entwickelt, welche die Einschränkung mehr schlecht als recht überwinden. Tradition sollte aber kein Grund sein, neuer, verbesserter Technologie zu misstrauen. Besonders nicht, wenn diese zu Resultaten führt, welche dem Wunsch der Anwender nach einer orthogonalen, flächendeckenden Abbildung so nahe kommt wie die zeilenperspektivische Abbildung des Sensors ADS 40. Jeder ADS40-Bildstreifen hat in der (theoretisch unendlich langen) Flugrichtung eine orthogonale Abbildung. Die zentralperspektivische Abbildung ist nur noch quer zur Flugrichtung vorhanden.

Durchgehender digitaler Datenfluss

Der Sensor ADS40 ermöglicht von der Aufnahme bis zur Auswertung einen durchgehend digitalen Datenfluss. Zur Datenverarbeitung werden weitgehend Programme verwendet, welche sich in der bisherigen, klassischen Verarbeitungskette bereits im Markt bewährt haben. In der Reihenfolge ihres Einsatzes sind dies im Wesentlichen die Programme POSPac von Applanix und ORIMA, SOCET SET sowie PRO600 von LH Systems. Für die Bildanalyse und Bildverarbeitung wird IMAGINE von ERDAS eingesetzt. Eine einheitliche benutzerfreundliche Oberfläche, welche sich an den Explorer von Windows NT anlehnt, führt den Benutzer durch die verschiedenen Verarbeitungsschritte. Die Lernkurve ist somit steil und der Schulungsaufwand stark reduziert. Dank der Aufteilung der Datenverarbeitung und wegen der Verwendung bewährter Programme ist es möglich, die Resultate in jedem Zwischenschritt zu überprüfen.

Erste Lieferungen

Im Jahr 2000 stellte LH Systems, eine Tochtergesellschaft der Leica Geosystems, den

Luftbildsensor ADS40 auf dem Markt vor. Der erste Sensor wurde 2001 ausgeliefert. Während dieses Zeitraumes wurden zur Erprobung des Sensors viele Testflüge durchgeführt.

LH Systems GmbH
GIS & Mapping Division, Leica Geosystems AG
Heinrich-Wild-Straße, CH-9435 Heerbrugg/Schweiz
Tel.: +41-71-727 3411, Fax: +41-71-727 4691

Neuerscheinungen

MANFRED F. BUCHROITHNER (Hrsg.), 2000: High Mountain Cartography 2000. Proceedings of the Second Symposium on Mountain Cartography of the International Cartographic Association held at the Alpine Centre Rudolfshütte (2315 m), Austria from 29 March to 2 April 2000. Institute for Cartography of the Dresden University of Technology. Kartographische Bausteine, Band 18, ISBN: 3-86005-265-9

JÖRG ALBERTZ (Hrsg.), 2001: Vorträge 20. Wiss.-Techn. Jahrestagung der DGPF vom 11. bis 13.10.2000 in Berlin. Publikationen der DGPF, Bd. 9, 410 S. ISSN 0942-2870. € 25,- (für Mitglieder € 15,-). Zu beziehen durch: Geschäftsstelle der DGPF, c/o EFTAS GmbH, Ostmarkstr. 92, 48145 Münster, e-mail: praesident@dgpf.de

KARL KRAUS (Hrsg.), 2001: Festkolloquium anlässlich der Emeritierung von Prof. Dr. Peter Waldhäusl. Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft Nr. 55. Schriftenreihe der Studienrichtung Vermessung und Geoinformation der Technischen Universität Wien. A-1040 Wien, Gußhausstraße 27–29. 88 S., ISBN 3-9500 791-4-9

GÜNTER ECKSTEIN (Hrsg.), 2001: Vom Messbild zur Bauanalyse. 25 Jahre Photogrammetrie im Landesdenkmalamt Baden-Württemberg. Arbeitsheft 9 des Denkmalamtes Baden-Württemberg. Konrad Theiss Verlag, Stuttgart. 176 S., ISBN 3-8062-1678-9

ULRICH WEFERLING, KATJA HEINE & ULRIKE WULF (Hrsg.), 2001: Von Handaufmaß bis High Tech: Messen, Modellieren, Dar-

stellen. Aufnahmeverfahren in der historischen Bauforschung. Interdisziplinäres Kolloquium vom 23. bis 26. Februar 2000, veranstaltet von den Lehrstühlen für Baugeschichte und für Vermessungskunde der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus. Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein. XIII, 276 S., 320 Abb., 14 Farbtafeln, 1 CD mit 3 Animationen, 21 cm × 29,7 cm, gebunden. ISBN 3-8053-2818-4. € 45,-

MICHAEL GLEMSE, 2001: Zur Berücksichtigung der geometrischen Objektunsicherheit in der Geoinformatik. Dissertation. Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Marstallplatz 8, 80539 München. Reihe C, Heft Nr. 539, 136 S. ISBN 3 7696 9578X, ISSN 0065-5325

RALF BILL & MARCO L. ZEHNER, 2001: Lexikon der Geoinformatik. VII, 312 S., gebunden. Herbert Wichmann, Hüthig Fachverlage, Heidelberg (www.huethig.de oder www.geopoint.de). ISBN 3-87907-364-3 € 56,-

OEEPE Official Publication N° 40, 2001: Proceedings of Workshop on Airborne Laserscanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Elevation Models, 1–3 March 2001. Edited by KENNERT TORLEGÅRD and JONAS NELSON. 299 S. auf CDROM. Zu beziehen über www.oeepe.org oder durch BKG, Abt. Geoinformationswesen, Richard-Strauss-Allee 11, D-60598 Frankfurt am Main. ISSN 0257-0505, ISBN 3-89888-782-0