

**BERICHT ÜBER DEN DEUTSCHEN BEITRAG INNERHALB 1984 – 1987 ZUR  
ISPRS KOMMISSION III: MATHEMATISCHE ASPKTE DER  
INFORMATIONSAVERARBEITUNG**

Dieter Fritsch

Lehrstuhl für Photogrammetrie  
Technische Universität München  
Arcisstrasse 21  
8000 München 2

# **BERICHT ÜBER DEN DEUTSCHEN BEITRAG INNERHALB 1984 – 1987 ZUR ISPRS KOMMISSION III: MATHEMATISCHE ASPEKTE DER INFORMATIONSVERRARBEITUNG**

Dieter Fritsch, Lehrstuhl für Photogrammetrie, Technische Universität München,  
Arcisstrasse 21, D – 8000 München 2

## **Zusammenfassung**

Die Entwicklung und Anwendung mathematischer Methoden innerhalb der Photogrammetrie konnte im Zeitraum 1984 - 1987 aus deutscher Sicht wesentlich vorangetrieben werden. Dieser Erfolg ist nicht zuletzt durch die Arbeitsgruppen III/1 und III/4 der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (IGPF) mitinitiiert worden, die, von deutschen Wissenschaftlern mitangeführt, ebenso erfolgreiche Arbeitssitzung in der BRD veranstalten konnten. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Unterstützung dieser Arbeitskreise der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (DGPF) verwiesen.

Der vorliegende Bericht gibt die wesentlichen Beiträge deutscher Wissenschaftler zu den aktuellen Themen der Arbeitsgruppen der Kommission III wieder. Hierzu ist ebenso die Interkommissions-Arbeitsgruppe III/IV einbezogen, um die nationalen Aktivitäten im Bereich der Raumbezogenen (Geographischen) Informationssysteme aufzuzeigen.

Die Forschungsschwerpunkte sind innerhalb des vorliegenden Berichtszeitraums ganz eindeutig mit der kombinierten Punktbestimmung, der digitalen Bildzuordnung und der Anwendung bzw. Bereitstellung von Geographischen Informationssystemen gegeben, die sicherlich auch in der Periode 1988 – 1991 weitere Schwerpunkte darstellen werden.

## **Summary**

The development and application of mathematical methods within photogrammetry has substantially been broadened during the quadrennium 1984 – 1987. This success was also initiated by the Working Groups III/1 and III/4, which organized very successful workshops in the Federal Republic of Germany. The support of the national working groups of the German Society for Photogrammetry and Remote Sensing (DGPF) is furthermore acknowledged.

This report deals with contributions of German scientists on the actual topics of the working groups of Commission III. Moreover, the Intercommission Working Group III/IV is also considered to show up the national activities within the important area of Geographical (Land) Information Systems (GIS).

Main research has been done during the quadrennium 1984 – 1987 within combined point determination, digital image matching and the availability as well as the application of GIS, which will surely be center of gravities with the next scientific period.

## **0. Einleitung**

Die Weiterentwicklung von mathematischen Methoden für photogrammetrische Anwendungen im Zeitraum 1984 – 1987 steht in engem Zusammenhang mit der Aufbereitung und zunehmenden Integration von Rechenkapazität in photogrammetrischen Datenerfassungs- und Auswerteprozessen. Ein weiterer Motor für die fortschreitende „Digitalisierung“ ist mit der Bereitstellung moderner Sensorik gegeben, die geradezu verfeinerte mathematische Modelle bzw. Komplettlösungen z. B. in Echtzeit herausfordert.

Somit steht die Photogrammetrie z. Zt. im Wandel, d. h. der Umbruch von der analytischen Photogrammetrie hin zur digitalen Photogrammetrie ist in vollem Gang. Gilt es doch

heutzutage, digitale Aufzeichnungsmethoden algorithmisch voll abzustützen, um den automatischen Datenfluss von der Aufnahme bis hin zur Objektbeschreibung (-rekonstruktion) zu realisieren.

Des weiteren werden mit der Bereitstellung von Navigationssystemen wie des Globalen Positionierungssystems (NAVSTAR-GPS) und Inertialen Navigationssystemen (INS) Sensoren gegeben, die die Photogrammetrie unterstützen und ebenfalls bestimmte photogrammetrische Aufgaben wie die Aerotriangulation revolutionieren könnten.

Doch nicht nur die Datenerfassung und –auswertung erfordern neue Wege bzw. verfeinerte mathematische Konzepte, auch die Verwaltung von photogrammetrischer Information wird mittels Raumbezogener (Geographischer) Informationssysteme in digitaler Form fortgeführt.

Diese kurzen Ausführungen zeigen die neuen Möglichkeiten der photogrammetrischen Informationsverarbeitung auf, die sich im Zeitraum 1984 – 1987 rasant entwickelt haben und denen weiterhin auf breiter Basis Rechnung zu tragen ist. Somit stand bereits das Zwischensymposium der Kommission III in Rovaniemi/Finnland in 1986 ganz im Zeichen dieses Umbruchs „From Analytical to Digital“, über das in D. Fritsch (1987) ausführlich berichtet wurde.

## **1. Kombinierte Punktbestimmung**

Die kombinierte Punktbestimmung ist Gegenstand der Forschung innerhalb der Arbeitsgruppe III/1 „Genauigkeitsaspekte der kombinierten Punktbestimmung (Vorsitz: H. Ebner, München / M. Molenaar, Wageningen), die 1984 beim 15. ISPRS Kongress in Rio de Janeiro neu geschaffen wurde. In H. Ebner et al. (1986) wird über die Ziele der Arbeitsgruppe berichtet, die die folgenden drei Schwerpunkte bearbeitet: (1) Formulierung von Genauigkeitskriterien für die endgültigen Ergebnisse der kombinierten Punktbestimmung, (2) Genauigkeitsanalysen der kombinierten Punktbestimmung durch Simulationen mit in der Praxis relevanten Systemen, (3) Entwicklung von operationellen Verfahren zum Entwurf und zur Ausgleichung von kombinierter Punktbestimmung. Hierbei soll sich besonders der Aerotriangulation zugewandt werden, in der auch digitale Aufnahmesensoren wie Dreizeilen-Kameras zu berücksichtigen sind.

Maßgebliche Bedeutung innerhalb der Aerotriangulation ist der Integration von Daten moderner geodätischer Sensoren wie GPS und INS beizumessen. Umfangreiche Untersuchungen dazu sind im Sonderforschungsbereich 228 „Hochgenaue Navigation, Integration navigatorischer und geodätischer Methoden“ an der Universität Stuttgart im Teilprojekt B angelaufen (vgl. SFB 228, 1986) – über Strategien und vorläufige Ergebnisse wird in F. Ackermann (1984a, 1986a, 1987), P. Friess (1986, 1987) und P. Hartl/ A. Wehr (1986) berichtet.

Ein weiteres Projekt zur Integration dieser Daten wird gegenwärtig an der Universität der Bundeswehr in Neubiberg/München (Kooperation E. Dorrer/G. W. Hein/A. Schödlbauer) durchgeführt.

Die kombinierte Punktbestimmung unter Verwendung von heterogenen geodätischen und photogrammetrischen Daten war ebenso Gegenstand eines dreitägigen Arbeitstreffens im September 1986 an der Universität der Bundeswehr in Neubiberg/München, zu dem die Arbeitsgruppen 1.56: „Integrierte Geodäsie“ (Vorsitz: G. W. Hein) und 4.60: „Statistische Methoden zum Schätzen und Testen von geodätischen Daten“ (Vorsitz: D. Fritsch) der Internationalen Assoziation für Geodäsie sowie die Arbeitsgruppe III/1 ISPRS eingeladen hatte. Hier konnte die Arbeitsgruppenmitglieder auf breiter Basis über die Konzeption und zukünftige Erwartungen diskutieren. In H. Ebner/D. Fritsch/G. W. Hein (1986) sind Einzelheiten dieser Veranstaltung niedergelegt – auf eine ausführliche Rezension durch W. Förstner (1987) wird an dieser Stelle verwiesen.

Ein weiterer Schwerpunkt innerhalb der kombinierten Punktbestimmung ist mit den deutschen Beiträgen zum Einsatz von Dreizeilen-Kameras gegeben. In diesem Zusammenhang seien die Arbeiten von O. Hofmann et al. (1984), G. Konecny/W. Schuhr (1984), O. Hofmann (1986a, b), G. Konecny/J. Wu (1986), G. Konecny et al (1986), H. Ebner/F. Müller (1987a, b) und F. Müller/G. Strunz (1987) aufgeführt. Eine Realisierung dieser Aufnahmetechnik soll in Zusammenarbeit mit der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR), Institut für Optoelektronik, Oberpfaffenhofen, erstmals im Weltraum innerhalb der ME OSS-Mission (F. Lanzl, 1986) schon im Verlauf von 1988 getestet werden.

Die Punktbestimmung mittels Dreizeilen-Kameras war darüber hinaus aktuelles Thema einer ganztägigen Sitzung des DGPF-Arbeitskreises „Numerische Photogrammetrie“ (Vorsitz: H. Ebner) auf der Jahrestagung 1986 in Bonn-Bad Godesberg, wo über die Aufnahmetechnik, die mathematische Modellbildung und die ME OSS-Mission ausführlich berichtet und diskutiert wurde.

Weitere Beiträge zur kombinierten Punktbestimmung sind gegeben durch R. Düppe (1984), H. Ebner (1984), E. Kruck (1984), L. Hinsken (1985), G. Strunz (1986) und W. Wester-Ebbinghaus (1984, 1985), in denen vertieft auf die ausgleichungstechnische Behandlung von heterogenen Beobachtungen eingegangen wird. Geeignete Algorithmen zur Berechnung von Näherungswerten für Orientierungsparameter werden in L. Gründig/W. Bühler (1985) und L. Hinsken (1987) bereitgestellt – eine Problematik, die es weiterhin zu verfolgen gilt, um die Parameterschätzungen zu beschleunigen.

Die Qualitätskontrolle der Beobachtungen wie auch der Objektkoordinaten ist ebenso behandelt worden (W. Förstner, 1984b, 1985b, c). Vertieft werden diese Betrachtungen bis hin zur Separation zwischen Fehlern in der Passinformation und systematischen Bildfehlern von D. Li (1986, 1987 a,b), wobei K. Jacobsen (1984a, b, c, 1986) die Restfehler in den Bildern (Photogrammen) näher untersucht und daraus Strategien zur Datenerfassung ableitet. Der Übergang von Ausreissertests mittels der Methode der kleinsten Quadrate hin zum Einsatz von robusten Schätzern zur Aufdeckung von groben Fehlern ist mit H. Klein (1984a, b), H. Klein/W. Förstner (1984), D. Li (1984) und H. Werner (1984) vollzogen – eine robuste Parameterschätzung ist ebenfalls mit D. Fritsch (1985b) gegeben, indem robuste Fehlernormen mittels Komplementäralgorithmen minimiert werden.

Dass die hochpräzise photogrammetrische Punktbestimmung zur Oberflächenbeschreibung von Objekten im Maschinen- und Ingenieurbau sehr gut geeignet ist, zeigen die Beiträge von D. Fritsch et al. (1984), C. S. Fraser/L. Gründig (1985) und L. Gründig/H. D. Preuss (1987); des weiteren sind Modellbildungen und statistische Test für Deformationsanalysen mittels der Photogrammetrie in H. Werner (1986), D. Fritsch (1986) und P. Ladstätter (1986) nachgewiesen.

Erste Ansätze zur Optimierung der Aufnahmeanordnung speziell im Nahbereich sind mit S. Zinndorf (1986) gegeben; diese Thematik ist sicherlich weiter zu untersuchen, um umfassende Empfehlungen zur hochgenauen photogrammetrischen Punktbestimmung bereitzustellen.

Für die Einpassung der photogrammetrischen Punktbestimmung in vorhandene Koordinatensysteme sowie zur Ableitung der inneren Genauigkeit können die Arbeiten von D. Kahler (1987 a, b) und S. Zinndorf (1985 a,b) herangezogen werden. Rechentechnische Aspekte zur effizienten Berechnung von S-Transformationen innerhalb der Bündelblockausgleichung finden sich in D. Fritsch (1986).

Rückblickend lässt sich eine zunehmende Tendenz in der Anwendung der statistischen Inferenz und numerischer mathematischer Methoden feststellen, wenn gleich die kombinierte

Punktbestimmung nicht immer moderne Strategien zulässt und eine robuste Modellbildung unter Ausnutzung aller zur Verfügung stehenden Informationen erfordert.

## 2. On-Line Triangulation

Die Thematik der on-line Triangulation ist mit der Arbeitsgruppe III/2: „Photogrammetrische On-Line Triangulation“ (Vorsitz: A. A. Elassal, Rockville/A. W. Grün, Zürich) abgedeckt. Entgegen der anfänglichen Euphorie scheint innerhalb dieses Bereichs eine gewisse Stagnation eingetreten zu sein bzw. es ist eine deutliche Gewichtsverlagerung zugunsten rein digitaler Methoden erfolgt, die durch die AG III/4 „Mathematische Aspekte der Bildanalyse und Mustererkennung“ (Vorsitz: W. Förstner, Stuttgart/E. M. Mikhail, West Lafayette) bereitgestellt werden. Somit ist zu erwarten, dass die Methoden der digitalen Bildverarbeitung – hier sei insbesondere die Bildzuordnung genannt – unter anderem einen wesentlichen Beitrag zur Realisierung der On-Line Triangulation liefern.

Der Datenerfassung am analytischen (semidigitalen) Auswertegerät folgt in der On-Line Triangulation die Transformation der Bildkoordinaten in den Objektraum. Obgleich mit der kombinierten Punktbestimmung die Verfahren der Bündelblockausgleichung wesentlich weiter ausgebaut worden sind, sollen in diesem Abschnitt nochmals einige Arbeiten reflektiert sowie weitere zitiert werden.

Die automatische Fehlersuche besitzt auch in der On-Line Triangulation einen besonderen Stellenwert. Unter dieser Prämisse sind die Beiträge von K. Jacobsen (1985 a, b, c, 1986) zu sehen, der mit seinen Verfahren zur Datenerfassung und –auswertung die Belange der On-Line Triangulation berücksichtigt. Die On-Line Korrektur von systematischen Bildfehlern wird in R. Kotowski (1984) und R. Kotowski/B. Weber (1984) behandelt, sodass die Datenerfassung sogleich komplexe Übertragungsfunktionen unter Ausnutzung von Reseauinformation kompensieren kann.

Auf das Problem der Näherungswertbeschaffung für Orientierungsparameter sei auch an dieser Stelle verwiesen (L. Gründig/W. Bühler, 1985, L. Hlnsen, 1987). Vorinformationen über Bereiche dieser Parameter können durch Ungleichsrestriktionen formuliert werden (D. Fritsch, 1985) – die Methode der kleinsten Quadrate wird somit verfeinert.

R. Schroth (1984, 1986) erweitert das mathematische Modell der Bündelblockausgleichung durch verfeinerte Dispersionsstrukturen, indem er Markoff-Prozesse als Korrelationsfunktionen zwischen den Bildern ansetzt. Der von ihm nachgewiesene Genauigkeitsgewinn zeigt, dass auch das stochastische Modell Freiheitsgrade enthält, die weiterhin zu untersuchen bzw. auszunutzen sind.

Alles in allem zeichnet sich eine Absorption der On-Line Triangulation durch die Verfahren der digitalen Photogrammetrie ab. In diesem Zusammenhang sei schon an dieser Stelle auf entsprechende Beiträge hingewiesen; während in F. Ackermann (1986 b) die Punktübertragung durch digitale Bildzuordnung gelöst wird, verallgemeinern die Ansätze von B. Wrobel (1987 a, b, c) und H. Ebner et al. (1987) die Bildkorrespondenz bis hin zur simultanen Objektrekonstruktion. D. Fritsch/G. Strunz (1987) realisieren On-Line Triangulation im Nahbereich mittels heuristischer digitaler Verfahren und zeigen Möglichkeiten des vollautomatischen Datenflusses in der digitalen Nahbereichsphotogrammetrie auf.

### 3. Digitale Geländemodelle

Mit Verfahrensentwicklung zur Ableitung und Bereitstellung von digitalen Geländemodellen setzt sich die AG III/3: „Digitale Geländemodelle“ (Vorsitz: O. Jacobi, Kopenhagen/K.Kubik, Columbus) auseinander. Auch hier lässt sich eine zunehmende Tendenz in der Anwendung rein digitaler Methoden in der Datenerfassung und –auswertung feststellen, die mittlerweile schon eine hohe Praxisreife erlangt haben. Dies kam ebenso auf dem Zwischensymposium der Kommission III in Rovaniemi/Finnland zum Ausdruck, wo die digitalen Geländemodelle (Oberflächenmodelle) das größte Anwendungsspektrum innerhalb der Verfahren der digitalen Bildzuordnung darstellen.

Die Thematik „Digitales Geländemodell“ gewinnt in der Anwendung zunehmend mehr an Bedeutung. In der BRD werden z. Zt. landesweit DGMs aufgebaut (vgl. M. Sigle, 1984 a,b), um damit aktuelle Luftbildkarten (Orthophotos) anbieten zu können. Doch auch im Umweltbereich wie der Landesplanung und der Ökologie ist der Bedarf an überregionalen digitalen Geländemodellen gegeben. Somit ist eine Integration von Höhen- und geomorphologischer Information in die gerade anlaufenden Geographischen Informationssysteme unbedingte Notwendigkeit.

Der Stand der Forschung innerhalb der Datenerfassung, Generierung und Transformation ist im Zeitraum 1984 – 1987 weiter ausgebaut worden. So beschäftigten sich die Beiträge von D. Fritsch (1984 b, 1985 a) und J. Lindenberger (1986, 1987) mit der Analyse von Geländeprofilen, um daraus optimale Diskretisierungsdichten für das Stereomodell abzuleiten. Eine effiziente Datenerfassung durch fortschreitende Verdichtung (progressive sampling) innerhalb der Fläche plus zusätzlicher geomorphologischer Information (selective sampling) ist in H. Ebner/W. Reinhardt (1984) beschrieben; die jüngsten Entwicklungen der Mono- und Stereoeinspiegelung (V. Uffenkamp, 1986) erlauben sogar eine On-Line Verifizierung und Generierung (G. Düsedau et. al., 1987).

Der Modellierung der Geländedaten kommen H. Ebner/P. Reiss (1984), P. Reiss (1985), D. Fritsch/G. Düsedau (1987) und G. Düsedau et al. (1987) nach, indem einfache Finite Elemente Anwendung finden. Diese Arbeiten sind ebenso in die Realisierung des Programmsystems „HIFI“ eingeflossen, welches mit „HIFI-88“ wesentlich weiterentwickelt wurde.

Ein wichtiger Aspekt innerhalb der Datenhaltung ist die Anpassung an die Geländeundulation, der durch dynamische Raster berücksichtigt werden kann (A. Köstli/M. Sigle, 1984, 1986 a, b). Realisierungen dieser Idee finden sich in dem Programmpaket „SCOP“ – eine Entwicklung der Lehrstühle für Photogrammetrie der Universität Stuttgart und der Technischen Universität Wien – und „HIFI-88“ wieder (G. Düsedau et al., 1987).

Da dem Bereich der Transformation von DGM-Information innerhalb dieser beiden Programmpakete durch Folgeprodukte wie Isoliniendarstellung, Neigungsmodelle, Voluminaberechnung etc. in großem Umfang Rechnung getragen wird, lassen sich diese auch als „Höheninformationssysteme“ bezeichnen.

Der Dreiecksvermaschung von Geländedaten zur Bereitstellung eines dem dynamischen Rasters adequaten Geländemodells widmen sich A. Preusser (1984) und K. R. Koch (1985); E. Ebner/D. Fritsch (1986 a) schlagen sogar eine Integration von Dreiecksvermaschungen in dynamische Raster vor, um die geomorphologische Information innerhalb eines Rastermodus besser berücksichtigen zu können.

Die Leistungsfähigkeit moderner Computergrafik zur Reliefdarstellung ist in H. Ebner (1987) und G. Düsedau et al. (1987) aufgezeigt – eine Integration von digitalen Geländemodellen in Raumbezogene (Geographische) Informationssysteme, wie mit H. Ebner/D. Fritsch (1986a) angedeutet, vereinigt in optimaler Art und Weise graphische Repräsentation und

Datenhaltung. Somit ist zu erwarten, dass sich zukünftig verstärkt mit der Anpassung von Datenstrukturen und Datenbankschnittstellen zur Lösung dieser Aufgabe auseinandergesetzt wird.

Eine weitere Unterstützung zur Thematik „Digitale Geländemodelle“ ist mit der zweitägigen Herbsttagung 1985 des DGPF Arbeitskreises „Numerische Photogrammetrie“ gegeben worden, zu der H. Ebner nach München eingeladen hatte. Hier wurde über Forschung und Entwicklung sowie Anwendungen in der Praxis umfangreich diskutiert.

#### **4. Digitale Bildverarbeitung und Mustererkennung**

Die rasante Entwicklung der Methodik innerhalb der digitalen Photogrammetrie lässt sich dem Arbeitsgebiet der AG III/4: „Mathematische Aspekte der Bildanalyse und Mustererkennung“ (Vorsitz: W. Förstner/E. M. Mikhail) zuordnen. Unterteilt man den photogrammetrischen Datenfluss in Datenerfassung, Datenvorverarbeitung und Datenanalyse, so ist schwerpunktmäßig die Datenanalyse und hier insbesondere die Bildzuordnung (Bildkorrelation) weiter ausgebaut worden.

Das Potential der digitalen Photogrammetrie, die mittels linienweiser (Dreizeilen-Kameras) oder flächenhaft angeordneter CCD-Sensoren Primärdaten erfassen kann, ist somit durch den hohen Automatisierungsgrad gegeben. Allgemeine Beiträge finden sich in J. Albertz (1986), wo sich speziell mit dem Nahbereich auseinandergesetzt wird, und in H. P. Bähr (1985), der ein Kompendium zur Bildvorverarbeitung, digitalen Orthophotodarstellung, Bildkorrelation etc. bereitstellt. Des Weiteren ist mit M. Ehlers (1984) ein kurzer Abriss über die digitale Bildverarbeitung gegeben.

Ogleich die Datenerfassung der Kommission I zugeordnet ist, sollen spezielle Arbeiten auch hier aufgeführt werden. Die Kalibrierung von zwei CCD-Kameras unter dem Gesichtspunkt der digitalen Bildzuordnung am analytischen Auswertegerät ist in E. Gülch (1984, 1986) vorgestellt – diese Hardware-Erweiterung hat mit dem INDUSURF-System der Fa. C. Zeiss, Oberkochen ihren Abschluss gefunden und wird bereits zur Lösung praktischer Aufgaben in der industriellen Fertigung eingesetzt. Eine weitere Fragestellung hat B. S. Schulz (1986, 1987) aufgezeigt, indem er die Qualität von multispektralen Abtastern (Scannern) untersucht.

Theoretische Untersuchungen zur Datenvorverarbeitung wie Filtern, Kontrastabgleich und Kantenextraktion sind mit D. Fritsch (1984, 1987 b) zur Verfügung gestellt worden, worin lineare Systeme mit begrenzten Impulsantworten ihren Einsatz finden. Ähnliche Techniken wenden M. Kähler/G. König (1984 a, b) an, um zu einer konsistenten Grauwertverteilung von Bildmosaiken zu gelangen. M. Michaelis et al. (1984, 1985) korrigieren radiometrische Störeinflüsse mittels statistischer Methoden. Die Integration von Bildvorverarbeitungstechniken in Bildverarbeitungskernsysteme wird von J. Wiesel (1985) vorgeschlagen – inwieweit diese Systeme von den Anbietern Digitaler Bildverarbeitungssysteme ausgebaut werden, ist sicherlich von der Nachfrage seitens der Photogrammetrie abhängig.

Der Entzerrung als photogrammetriespezifische Bildvorverarbeitung ist ebenso Rechnung getragen worden. Auf die digitale Orthophotoerstellung wird in den folgenden Beiträgen näher eingegangen: E. Clerici (1984), W. Göpfert (1984 b), D. Kolouch (1984), I. Milkus (1984), A. Rose (1984 a), W. Schuhr (1984), W. Schuhr/G. Konecny (1984), J. Wiesel (1984) und J. Wiesel/F. Behr (1987). Verfolgt man die Entwicklung im Bereich der Geographischen Informationssysteme, so kann auch hier das digitale Orthophoto einen wesentlichen Beitrag zur Informationsgewinnung und –fortführung leisten (W. Göpfert, 1987).

Die Methoden der Datenanalyse – mittels derer Algorithmen zur Mustererkennung, Klassifikation, Bildzuordnung, Punktbestimmung und Objektrekonstruktion bereitgestellt

werden sollen – sind im Berichtszeitraum 1984 – 1987 ebenso vertieft und erweitert worden. Während die Mustererkennung und Klassifikation in der Kommission VII ein großes Anwendungsspektrum darstellen und die Punktbestimmung sowie Objektrekonstruktion durch Oberflächenmodelle bereits reflektiert wurden, ist im folgenden näher auf die digitale Bildzuordnung einzugehen. Hier stehen sich vor allem im Nahbereich heuristische Verfahren und Korrelationsverfahren gegenüber, wobei letztere auf breiter Basis weiterentwickelt und mit B. Wrobel (1987 a, b, c) sowie H. Ebner et al. (1987) geschlossene Konzepte zur integrierten Bildzuordnung, Punktbestimmung und Objektrekonstruktion angeboten werden.

Innerhalb der heuristischen Vorgehensweise, wo vorgegebene Zielmarkenmuster zu erkennen und homologe Bildpunkte aufzufinden sind, lassen sich die Methoden von T. Luhmann (1986), T. Luhmann/G. Altrogge (1987), W. Förstner/E.Gülch (1987) und D. Fritsch/G. Strunz (1987) zitieren. Diese Verfahren zeichnen sich insbesondere durch ihre Robustheit und schnelle Implementierung aus, wenngleich sie an Genauigkeit geschlossenen Lösungen der Bildzuordnungs- (Korrelations-) Verfahren unterlegen sein können.

Eine Wertung der Methoden zur digitalen Bildkorrelation zeigt, dass sich hier in Konkurrenz die Verfahren der Maximierung von Korrelationskoeffizienten den Ansätzen zur Minimierung von Grauwertdifferenzen gegenüberstehen. Des weiteren lässt diese Wertung innerhalb 1984 – 1987 auf eine deutliche Gewichtszunahme zugunsten Kleinst-Quadrat Lösungen schließen – ein Grund hierzu ist sicherlich der vertraute Umgang mit diesen Schätzmethode, die ebenso Verallgemeinerungen bis hin zur Objektrekonstruktion Spielraum geben.

Die Arbeiten von F. Ackermann (1984 c, 1986 c) F. Ackermann et. al (1986), W. Förstner (1984 a, 1986 a, b, c, d, f), R. R. Kories (1986), A. Pertl (1984, 1986a, b) und H. Schewe/W. Förstner (1986) verwenden die Minimierung von Grauwertdifferenzen zur Ermittlung von Bildparallaxen und weisen auf die hohe Genauigkeit der Bildzuordnung bis zu 1/20 Bildelement hin. Diese Arbeiten sind ebenso in die programmtechnische Realisierung des INDUSURF-Systems eingeflossen; des weiteren werden damit neue Möglichkeiten (digitaler Plotter) aufgezeigt. Verallgemeinerungen der Bildkorrespondenz mittels der Methode der kleinsten Quadrate finden sich in B. Wrobel (1987 a, b, c) und H. Ebner et al. (1987), womit Grundlagen zur vollautomatischen Datenanalyse bereitgestellt werden.

Umfangreiche Untersuchungen zur Maximierung von Korrelationskoeffizienten sind von F. Boochs (1984 a, b), F. Boochs/R. Decker (1986) und F. Boochs (1987) durchgeführt worden. Auch hier ist die Herstellung von digitalen Oberflächenmodellen die Primäranwendung. M. Ehlers (1984, 1985) gibt Betrachtungen zur Wahrscheinlichkeit von Korrelationsfunktionen und zeigt statistische Qualitätskontrollen auf.

Ein Vergleich zwischen den beiden konkurrierenden Verfahren zur Bildkorrespondenz ist in P. Hartfiel (1986) zu finden – auf die gute Übereinstimmung bei der Generierung von digitalen Geländemodellen wird dabei hingewiesen.

National und international wurden die bisher aufgezeigten Arbeiten von mehreren Veranstaltungen in der BRD begleitet. Um den Stand der Forschung innerhalb der Bildkorrelation und Objektzuordnung festzustellen, hatte B. Wrobel im Frühjahr 1985 zu einer zweitägigen Arbeitssitzung in Darmstadt eingeladen. Hier wurde im interdisziplinären Rahmen die Problematik der Bildzuordnung und Bildverfolgung diskutiert (vgl. W. Förstner/J. Wiesel, 1985).

Einer der Höhepunkte der AG III/4 war sicherlich das Arbeitstreffen „Bildzuordnung“ im Herbst 1987, zu dem die Vorsitzenden nach Stuttgart eingeladen hatten. Ziel dieser dreitägigen Veranstaltung sollte die Erarbeitung von theoretischen Grundlagen sowie algorithmischen Aspekten in der Nahbereichsphotogrammetrie, der Robotik, der Navigation

und der digitalen Kartographie sein. Der zeitliche Rahmen gewährleistete die Aufarbeitung und Vertiefung vorhandener Methodik, indem die Vorträge internationaler Wissenschaftler zur Diskussion standen.

Die digitale Bildverarbeitung in der Photogrammetrie gab ebenso immer wieder Anlass zur Diskussion auf der „Photogrammetrischen Woche“ an der Universität Stuttgart, die in zweijährigem Turnus veranstaltet wird und somit Gelegenheit zur Teilnahme im Herbst 1985 und Herbst 1987 bot.

Ein Rückblick auf die nationalen Beiträge zu dieser Arbeitsgruppe zeigt, dass sich die digitale Photogrammetrie neue Märkte innerhalb der Robotik und des maschinellen Sehens erschließen kann. Damit werden die konventionellen Einsatzgebiete um interessante Anwendungen erweitert; doch auch die bisherigen Aufgaben lassen auf eine Erleichterung sowie Genauigkeitssteigerung hoffen.

## **5. Raumbezogene Informationssysteme**

Um den Entwicklungen im Bereich der Raumbezogenen Informationssysteme gerecht zu werden, wurde auf dem 15. ISPRS-Kongress in Rio de Janeiro eine Interkommissionsgruppe III/IV: „Digitale Technologie für die Integration von photogrammetrischen und Fernerkundungsdaten in Land-/Geographische Informationssysteme“ (Vorsitz: R. Welch, Athens) eingerichtet. Damit ist der hohe Stellenwert der digitalen Informationsverwaltung auch innerhalb der ISPRS anerkannt worden.

Die Bestrebungen zur simultanen Verwaltung von Karten- und Buchinformationen mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung sind auf nationaler Ebene schon seit nahezu zwei Jahrzehnten vorhanden. Verfolgt man die Entwicklungen, so wurde mit dem Projekt „Rahmen-Soll-Konzept Automatisiertes Liegenschaftskataster als Basis der Grundstücksdatenbank“ bereits in 1970 (vgl. H. W. Stöppler, 1987) Grundlagenforschung zu dieser Thematik eingeleitet. Diese Arbeiten haben mit dem Graphischen Interaktiven Arbeitsplatz (ALK-GIAP) ein Informationssystem geschaffen, das nicht an eine bestimmte Hardware gebunden ist und somit auf verschiedenen graphischen Arbeitsstationen implementiert werden kann (G. Mittelstrass, 1987). Der ALK-GIAP findet gegenwärtig ersten Einsatz im großmaßstäblichen Bereich des amtlichen Vermessungswesens in Nordrhein-Westfalen.

Eine weitere Entwicklung ist mit dem Raumbezogenen Informationssystem SICAD der Fa. Siemens, München, gegeben, in dessen Konzeption die Beiträge von M. Schilcher (1984 a, b, 1985) Eingang gefunden haben. An der Integration von Rasterdaten, wie sie in der Photogrammetrie und Fernerkundung als Primärinformation anfallen, in bestehende Datenbanken zur Verwaltung der Vektor- und Sachinformation wird z. Zt. gearbeitet.

Die Möglichkeit der simultanen Darstellung von Bild- und Vektorinformation zeigt W. Göpfert (1985, 1986, 1987) auf und verweist auf die Bedeutung eines Raumbezogenen Informationssystems, das aus Fernerkundungsdaten, Kartographischen Vektor- und Rasterdatenbanken sowie Sachdateien besteht. Seine Arbeiten haben zur Entwicklung des IfAG-LIS beitragen – ein interessantes Pilotprojekt, welches am Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, entstanden ist.

K. Menke (1987 a, b) integriert Strukturen von Informationssystemen in die Datenerfassung am analytischen Auswertegerät. Er erläutert das bei der Fa. Carl Zeiss, Oberkochen, entwickelte PHOCUS-Konzept, welches als ein spezielles Informationssystem für photogrammetrische und kartographische Auswertung gesehen werden kann.

Auf der Jahrestagung 1987 der DGPF in Friedrichshafen setzte sich der Arbeitskreis „Numerische Photogrammetrie“ (Vorsitz: H. Ebner) mit der Thematik der Raumbezogenen

(Geographischen) Informationssysteme in einer ganztägigen Sitzung auseinander. Dabei wurde ein umfassender Überblick über die z. Zt. in der BRD angebotenen Systeme vermittelt.

Die Bedeutung der Raumbezogenen Informationssysteme wird gegenwärtig ebenso an den Hochschulen in der BRD Rechnung getragen, indem diese revolutionierende Entwicklung Eingang in Vorlesungen und Übungen findet.

## **6. Schluss und Ausblick**

Nicht alle Arbeiten konnten innerhalb dieser Zusammenfassung eingeordnet und zitiert werden – z. B. Auswertemethoden für SPOT-Daten am analytischen Auswertegerät oder aber RADAR-Verfahren. Doch verfolgt man den nationalen Beitrag, so wird offensichtlich, dass ein wesentlicher Fortschritt innerhalb der mathematischen Gesichtspunkte der Informationsverarbeitung erzielt werden konnte – dies ist nicht nur durch die hohe Anzahl der nachfolgenden Publikationen belegt.

Man darf schon jetzt sehr gespannt sein auf den 16. ISPRS-Kongress in Kyoto, der sicherlich wesentliches zur Thematik der digitalen Photogrammetrie und Raumbezogenen Informationssysteme zu bieten hat. Rückblickend ist mit den deutschen Arbeiten eine breite Basis angelegt worden, die es im Zeitraum 1988 – 1992 weiterhin zu vertiefen und auszubauen gilt.

## **LITERATUR**

ACKERMANN, F. (1984a): Utilization of Navigation Data for Aerial Triangulation. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 1-9, Rio de Janeiro.

ACKERMANN, F. (1984b) : Report on the Activities of Working Group III/21 during 1980 – 84. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 10 – 15, Rio de Janeiro.

ACKERMANN, F. (1984c) : High Precision Digital Image Correlation. Proceed. 39. Photogr. Week, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, No. 9, pp. 231-243, Stuttgart.

ACKERMANN, F. (1986a): K. G. Löffström Memorial Lecture – Camera Orientation for Aerial Triangulation. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/1, pp. 1-17, Rovaniemi.

ACKERMANN, F. (1986b) : High Precision Aerial Triangulation with Point Transfer by Digital Image Correlation. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/1<sup>A</sup>, pp. 18-27, Rovaniemi.

ACKERMANN, F. (1986c) : Digitale Bildverarbeitung in der photogrammetrischen Stereoauswertung. Proceed. 40. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, S.61-67, Stuttgart.

ACKERMANN, F./W. SCNEIDER/ G. VOSSSELMAN (1986): Empirical Investigation into the Precision of Digital Image Correlation. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/3, pp. 115 –130, Rovaniemi.

ACKERMANN, F. (1987) : The Use of Camera Orientation Data in Photogrammetry. Photogrammetria, 42, pp. 19-43.

ALBERTZ, J. (1986) Digitale Bildverarbeitungen der Nahbereichsphotogrammetrie – Neue Möglichkeiten und Aufgaben. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 34-45.

BÄHR, H. P. (1984): Abschätzung einiger geometrischer Fehlerkomponenten bei der multispektralen Klassifizierung. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 52, S. 23-29.

BÄHR, H. P. (1985): Digitale Bildverarbeitung. Anwendung in Photogrammetrie und Fernerkundung. Wichmann, Karlsruhe, 401 S.

BETZLER, M./G. HELL (1986): Strenge Einzelbildauswertung am Analytischen Auswertegerät PLANICOMP C 100. Allgem. Verm. Nachr., 93, S. 205-208.

BOOCHS, F. (1984a): Ein Verfahren zur Herstellung digitaler Höhenmodelle aus photogrammetrischen Stereomodellen mit Hilfe der flächenhaften Korrelation in digitalen Bildern. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 299, München.

BOOCHS, F. (1984b): Zum Einsatz der Flächenkorrelation für die OFF-Line Auswertung Photogrammetrischer Modelle. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 49-58, Rio de Janeiro.

BOOCHS, F./R. DECKER (1986): Determination of a Digital Terrain Model from Spacelab Metric Camera Pictures by Means of Digital Image Correlation. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/1, pp. 79-92, Rovaniemi.

BOOCHS, F. (1987) : OFF-Line Compilation of Photogrammetric Stereo Models Using Digital Image Correlation. Photogrammetria, 41, pp. 183 – 199.

BURKHARDT, R. (1985): Die spiegeloptische Formbestimmung der Augen-Oberfläche (Cornea-Photogrammetrie). Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 53, S. 152-162.

CLERICI, E. (1984): The Production of Stereo-Orthophotos with Analytical Orthoprojection. Proceed. 39. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 9, pp. 153-157, Stuttgart.

DREES, A. (1985): Eine semi-analytisches Präzisionsauswertesystem für die Nahbereichsphotogrammetrie. Schrift. Reihe Inst. Photogr., Univ. Bonn, Heft 6, Bonn.

DÜPPE, R. D. (1984): Kombinierte Ausgleichung in der Photogrammetrie: Programmkonzeption und Beispiele. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 117-129, Rio de Janeiro.

DÜSEDAU, G./R. HÖSSLER/W. REINHARDT/R. TIEMANN (1987): Digitale Geländemodelle – Neue Entwicklung und Möglichkeiten. Bildmess. Luftbildwes. (BuL), 55, S. 175-194.

EBNER, H./ W. REINHARDT (1984): Progressive Sampling and DEM Interpretation by Finite Elements. Bildmess., Luftbildwes. (BuL) – Int. Congr. ISPRS Supplem., 52, pp. 1972-1978.

EBNER, H. (1984): Combined Adjustment of Photogrammetric and Non-Photogrammetric Information. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 130-138, Rio de Janeiro.

EBNER, H./P. REISS (1984): Experience with Height Interpolation by Finite Elements. Phot. Eng., Rem. Sens., 50, pp. 177-182.

EBNER, H. (1985): Betrachtungen zur ausgleichenden Geraden im Raum. Verm., Phot., Kult. Techn., 83, S 303-306.

EBENER, H./M. MOLENAAR/G. STRUNZ (1986): Report of Working Group III/1 – Accuracy Aspects of Combined Point Determination. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/1, pp. 210-211, Rovaniemi.

EBNER, H./D. FRITSCH (1986a): High Fidelity Digital Elevation Models – Elements of Land Information Systems. Proceed. 18. Int. Congr. Survey (FIG), 5, pp. 155-1970, Toronto.

EBNER, H./D. FRITSCH (1986b): The Multigrid Method and its Application in Photogrammetry. Int. Arch. Pht. Rem. Sens., 26, 3/3, pp. 141-149, Rovaniemi.

EBNER, H./D. FRITSCH/G. W. HEIN (1986): Minutes of the Joint Workshop. Report Univ. Bundeswehr, München.

EBNER, H./D. FRITSCH/W. GILLESSEN/C. HEIPKE (1987): Integration von Bildzuordnung und Objektivrekonstruktion innerhalb der digitalen Photogrammetrie. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 194-203.

EBNER, H./F. MÜLLER (1987a): Combined Point Determination Using Digital Data of Three-Line Opto-Electronic Cameras. Proceed. 1987 ASPRS-ACSM Ann. Conv., 2, pp. 293-302, Baltimore.

EBNER, H./F. MÜLLER (1987b): Processing of Digital Three-Line Imagery Using a Generalized Model for Combined Point Determination. Photogrammetria, 41, pp. 173-182.

EBNER, H. (1987): Digital Terrain Models for High Mountains. Mountain Res., Developm., 7, pp. 353-356.

EGGENBERGER, O. (1984a): Analytical System and Computer Sciences. Proceed. 39. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 9, pp. 47-52, Stuttgart.

EGGENBERG, O. (1984b): Analytisches Auswertegerät aus der Sicht der Informatik. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 52, S. 264-270.

EHLERS, M. (1984a): Digitale Bildverarbeitung. Schrift. Reihe Inst. Photogr. Ing. Verm., Univ. Hannover, Heft 9, Hannover.

EHLERS, M. (1984b): On the Probability of Generalized Correlation Functions. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 139-150, Rio de Janeiro.

EHLERS, M. (1985): The Effects of Image Noise on \_Digital Correlation Probability. Phot. Eng., Rem. Sens., 50, pp. 357-365.

FINSTERWALDER, R. (1987): Fassadenentzerrung ohne Passpunkte. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 29-31.

FÖRSTNER, W. (1984a): Quality Assessment of Object Location and Point Transfer Using Digital Image Correlation Techniques. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 197-219, Rio de Janeiro.

FÖRSTNER, W. (1984b): Results of Test 2 on Gross Error Detection of ISP WG III/1 and OEEPE. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 220-233, Rio de Janeiro.

FÖRSTNER, W./J. WIESEL (1985): Bildkorrelation und Objektzuordnung in Bildpaaren. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 53, S. 174-176.

FÖRSTNER, W. (1985a): Zur Zusammenarbeit innerhalb der photogrammetrischen Forschung. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 53, S. 176-177.

FÖRSTNER, W. (1985b): High Quality Photogrammetric Point Determination. Allgem. Verm. Nachr. – Int. Edition -, 2, pp. 32-41.

FÖRSTNER, W. (1985c): The Reliability of Block Triangulation. Phot. Eng., Rem. Sens., 50, pp. 1137-1149.

FÖRSTNER, W. (1986a): Prinzip und Leistungsfähigkeit der Korrelation und Zuordnung digitaler Bilder. Proceed. 40. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, S. 69-90, Stuttgart.

FÖRSTNER, W. (1986b): On Automatic Measurement of Digital Surface Models. Proceed. 40. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 11, pp. 137-155, Stuttgart.

FÖRSTNER, W. (1986c): Beispiele zur automatischen Erfassung von digitalen Oberflächenmodellen. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 71-79.

FÖRSTNER, W. (1986d): Digital Image Matching Techniques for Standard Photogrammetric Applications. Proceed. 1986 ACSM-ASPRS Ann. Conv., 4, pp. 210-219, Washington D. C.

FÖRSTNER, W. (1986e): Computer Vision. Bericht über Workshop in Bellaire/USA. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 133-135.

FÖRSTNER, W. (1986f): A Feature Based Correspondence Algorithm for Image Matching. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/3, pp. 150-166, Rovaniemi.

FÖRSTNER, W. (1987) : Arbeitstagung „Combined Adjustment of Heterogeneous Geodetic and Photogrammetric Data“. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 154-155.

FÖRSTNER, W./E. GÜLCH (1987): A Fast Operator for Detection and Precise Location of Distinct Points, Corners and Centres of Circular Features. Intercomm. Conf. Fast Process. Potogr. Data, Eidgen. Techn. Hochsch. Zürich, pp. 281-305, Zürich.

FRASER, C. S./L. GRÜNDIG (1985): The Analysis of Photogrammetric Deformation Measurements on a Turtle Mountain. Phot. Eng., Rem. Sens., 50, pp. 207-216.

FRIESS, P. (1986): A Simulation Study on the Improvement of Aerial Triangulation by Navigation Data. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/1, pp. 269-283, Rovaniemi.

FRIESS, P. (1987): The Navstar Global Positioning System for Aerial Triangulation. Proceed. 41. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 12, pp. 33-46, Stuttgart.

FRITSCH, D. (1984a): Two-Dimensional Finite Impulse Response (FIR) Linear Systems in Digital Photogrammetry. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 290-300, Rio de Janeiro.

FRITSCH, D. (1984b) : Proposal for the Determination of the Least Sampling Interval for DEM Data Acquisition. Techn. Paper, Workshop Digital Elevation Models, Edmonton.

FRITSCH, D./H. KLENNERT/F. MÜLLER/R. REISER/M. STEPHANI (1984): Hochpräzise photogrammetrische Vermessung von Industrieobjekten. In: Ingenieurvermessung 84, Ed. K. Rinner/G. Schelling/G. Brandstätter, Dümmler, Bonn, Bd. 2, C8.

FRITSCH, D. (1985a): Some Remarks on Duality between Fourier Series and Discrete Fourier Transforms. Allgem. Verm. Nachr. – Int. Edition -, 2, pp. 41-47.

FRITSCH, D. (1985b): Some Additional Information on the Capacity of the Linear Complementarity Algorithm. In: Optimization and Design of Geodetic Networks, Ed. E. W. Grafarend/F. Sanso, Springer, Heidelberg, pp. 169-184.

FRITSCH, D. (1986): Photogrammetry as a Tool for Detecting Recent Crustal Movements. *Tectonophysics*, 130, pp. 407 – 420.

FRITSCH, D. (1987a): Kommission III – Bericht Symposium Rovaniemi. *Bildmess., Luftbildwes. (BuL)*, 55, S. 19-21.

FRITSCH, D. (1987b): On Algorithms Solving the  $L_{\infty}$ -Approximation in Geometric Modelling. *Proceed. Intercomm. Vonf. Fast Process. Photogr. Data, Eidgen. Techn. Hochsch. Zürich*, pp. 142-155, Zürich.

FRITSCH, D./G. STRUNZ (1987): Automatic Digital Reconstruction of Simple Objects by Advanced Photogrammetric Methods. *Press. Pap. 41. Photogr. Week, Stuttgart University, Stuttgart*.

FRITSCH, D./G. DÜSEDAU (1987): On the Use of Curvature Measures in Digital Terrain Modelling. *Proceed. Int. Coll. Progr. Terrain Modelling, Techn. Univ. Denmark*, pp. 137-149, Lyngby.

GÖPFERT, W. (1984a): NOAA-7 AVHRR Satellitenbildkarten der Antarktis, *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 25, A3A, pp. 320-325, Rio de Janeiro.

GÖPFERT, W. (1984b): Methods, Accuracy Requirements and Applications of Digital Image Recifications. *Proceed. 39. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 9*, pp. 1979-185, Stuttgart.

GÖPFERT, W. (1985): Integration von Fernerkundungsdaten und Kartographischen Datenbanken zu einem Landinformationssystem. *Allgem. Verm. Nachr.*, 92, S. 39-43.

GÖPFERT, W. (1986): Fernerkundungsdaten und Kartographische Datenbanken zum Aufbau von LIS. *Proceed. 18. Int. Congr. Survey. (FIG)*, 3, S. 118-132, Toronto.

GÖPFERT, W. (1987): *Raumbezogene Informationssysteme*. Wichmann, Karlsruhe, 278 S.

GROCH, W.-D. (1986): Line Following. 40. *Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 11*, pp. 169-180, Stuttgart.

GRÜNDIG, L./W. BÜHLER (1985): Zur Näherungswertbestimmung und Bündelausgleichung von Konvergentaufnahmen. *Bildmess., Luftbildwes. (BuL)*, 53, S. 199-207.

GRÜNDIG, L./H. D. PREUSS (1987): Photogrammetric Documentation and Form-Control of Large Components of a Fusion Reactor. *Proceed. 41. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 12*, pp. 83-89.

GÜLCH, E. (1984): Geometric Calibration of Two CCD-Cameras Used for Digital Image Correlation on the PLANICOMP C 100. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 25, A3a, pp. 363-372, Rio de Janeiro.

GÜLCH, E. (1986): Instrumental Realization and Calibration of Digital Correlation with the PLANICOMP. *Proceed. 40. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 11*, pp. 91-107, Stuttgart.

HARTFIEL, P. (1986): Zur Leistungsfähigkeit von Bildzuordnungsverfahren bei der Erzeugung digitale Geländemodelle. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 26, 3/1, pp. 297-305, Rovaniemi.

HARTL, P./A. WEHR (1986): Chancen der GPS-Satellitenavigation für die Luftbildphotogrammetrie. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 221-240.

HINSKEN, L. (1985): MOR-S: Ein Anwendungsbeispiel für die Sparse-Technik in einem photogrammetrisch-geodätischen Netzausgleichungsprogramm. Zeitschr. Verm. Wesen (ZfV), 110, S. 416-424.

HINSKEN, L. (1987): Algorithmen zur Beschaffung von Näherungswerten für die Orientierung von beliebig im Raum angeordneten Strahlenbündeln. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 333, München.

HOFMANN, O./P. NAVE/H. EBNER (1984): DPS – A Digital Photogrammetric System for Producing Digital Elevation Models and Orthophotos by Means of Linear Array Scanner Imagery. Phot. Eng., Rem. Sens., 50, pp. 1135-1142.

HOFMANN, O. (1986a): Dynamische Photogrammetrie. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 105-121.

HOFMANN, O. (1986b): The Stereo-Push-Broom-Scanner System DPS and its Accuracy. Int. Arch. Phot. Rem. Sem., 26, 3/1, pp. 345-356, Rovaniemi.

JACOBSEN, K. (1984a): Data Collection for Bundle Block Adjustment on Analytical Plotters. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 426-434, Rio de Janeiro.

JACOBSEN, K. (1984b): Data Collection for Bundle Block Adjustment on Analytical Plotters. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 435-439, Rio de Janeiro.

JACOBSEN, K. (1984c): Experience in Blunder Detection for Aerial Triangulation. Int. Arch. Phot. Rem., Sens., 25, A3a, pp. 440-447, Rio de Janeiro.

JACOBSEN, K. (1986): Operational Aspects of Data Acquisition for Bundle Block Adjustment. Int. Arch. Photo. Rem. Sens., 26, 3/2, pp. 374-378, Rovaniemi.

KÄHLER, M./G. KÖNIG (1984a): RABIVE – Ein Echtzeitprogrammsystem zur radiometrischen Bildverarbeitung. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 52, S. 107-114.

KÄHLER, M./G. KÖNIG (1984b): Radiometrische Bildverarbeitung zur Erstellung eines Bildmosaiks. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 502-512, Rio de Janeiro.

KÄHLER, M./P. LADSTÄTTER (1984): Zur Abhängigkeit des geometrischen Auflösungsvermögens von der Abtastrichtung. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 52, S. 289-295.

KAHLER, D. (1986): Testfeld-Kalibrierung unter Berücksichtigung von Beobachtungen ungleicher Genauigkeit. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 17-22.

KAHLER, D. (1987a): Ein Beitrag zur Theorie der inneren Genauigkeit von transformierten Punktkoordinaten. Zeitschr. Verm. Wesen (ZfV), 112, S. 153-157.

KAHLER, D. (1987b): Unterschiedliche Gewichtsansätze zur S-Transformation und ihre Auswirkung auf die Parameterschätzung in Raumnetzen. Zeitschr. Verm. Wesen (ZfV), 112, S. 491-499.

KLEIN, H. (1984a): Automatische Elimination grober Datenfehler im erweiterten Blockausgleichungsprogramm PAT-M. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 52, S. 273-280.

KLEIN, H. (1984b): Automatische Elimination grober Datenfehler im erweiterten Blockausgleichsprogramm PAT-M. Proceed. 39. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 9, S. 39-46, Stuttgart.

KLEIN, H./W. FÖRSTNER (1984): Realization of Automatic Error Detection in the Block Adjustment Program PAT-M 43 Using Robust Estimators. Int. Arch. Phot. Rem., Sens., 25, A3a, pp. 234-241, Rio de Janeiro.

KOCH, K. R. (1985): Digitales Geländemodell mittels Dreiecksvermaschung. Verm. Wes., Raumordn., (VR), 47, S. 129-135.

KÖSTLI, A./E. WILD (1984): A Digital Elevation Model Featuring Varying Grid Size. Int. Arch. Phot. Rem., Sens., 25, A3b, pp. 1130-1138, Rio de Janeiro.

KÖSTLI, A./M. SIGLE (1986a): The SCOP Data Structure for the Intersection and Correction of Digital Terrain Models. Proceed. 40. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 11, pp. 21-28, Stuttgart.

KÖSTLI, A./M. SIGLE (1986b): Die SCOP Datenstruktur zur Verschneidung und Korrektur von Geländemodellen. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 122-129.

KOLOUCH, D. (1984): Digital Geometric Rectification of Sonar Images with Interferometric Methods. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 528-541, Rio de Janeiro.

KOLOUCH, D./ M. EHLERS (1984): Digital Enhancement of Interferometric Sonar Imagery for Fringe Pattern Recognition. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 542-552, Rio de Janeiro.

KONECNY, G./W. SCHUHR (1984): Besondere Probleme bei der Entzerrung von Abtasterdaten. Proceed. 39. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, Heft 9, S. 187-194, Stuttgart.

KONECNY, G./G.LEHMANN (1984): Photogrammetrie. De Gruyter, Berlin, 392 S.

KONECNY G./ J. WU (1986): Analytische Streifen-Triangulation für Stereo-Dreilinenabtaster. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 179 – 194.

KONECNY, G./E. KRUCK/P. LOHMANN (1986): Ein universeller Ansatz für die geometrische Auswertung von CCD-Zeilenabtasteraufnahmen. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 139 – 146.

KONECNY, G. (1987): Evaluation of SPOT Imagery on Analytical Photogrammetric Instruments. Proceed. Intercomm. Conf. Fast Process. Photogr. Data., Inst. Geod., Photogr., Eidgen. Techn. Hochschule, Zürich, pp. 120 – 141, Zürich.

KONECNY, G./P. LOHMANN/H. ENGEL/E. KRUCK (1987): Evaluation of SPOT Imagery on Analytical Photogrammetric Instruments. Phot. Eng., Rem. Sens., 53, pp. 1223 – 1230.

KORIES, R. R. (1986): Bildzuordnungsverfahren für die Digitale Auswertung von Bildfolgen. Proceed. 40. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, Heft 11, S. 157-168, Stuttgart.

KOTOWSKI, R. (1984): Zur Reseaukorrektur von systematischen Bildfehlern. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 52, S. 96-101.

KOTOWSKI, R./B. WEBER (1984): A Procedure for On-Line Correction of Systematic Errors. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 553-560, Rio de Janeiro.

KOTOWSKI, R. (1987) : Zur Berücksichtigung lichtbrechender Flächen im Strahlenbündel. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 330, München.

Krenz, A. (1985): Digitales Geländemodell nach Aufnamelinien. Allgem. verm. Nachr., 92, S. 378-382.

KRUCK, E. (1984): Ordering and Solution of Large Normal Equation Systems for Simultaneous Geodetic and Photogrammetric Adjustment. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3a, pp. 578-589, Rio de Janeiro.

LADTSTÄTTER, P. (1986) : Zur aerophotogrammetrischen Ermittlung von Verformungen der Erdoberfläche. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 321, München.

LI, D. (1984): Zur Lokalisierung grober Fehler mit der Hilfe der Iterationsmethode mit variablen Beobachtungsgewichten. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 610-621, Rio de Janeiro.

LI, D. (1986) : Trennbarkeit und Zuverlässigkeit bei zwei verschiedenen Alternativhypothesen im Gauss-Markoff-Modell. Zeitschr. Verm. Wesen (ZfV), 111, S. 114 – 128.

LI, D. (1987a): Theorie und Untersuchung der Trennbarkeit von groben Paßpunktfehlern und systematischen Bildfehlern bei der photogrammetrischen Punktbestimmung. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 324, München.

LI, D. (1987d) Trennbarkeit grober Paßpunktfehler von systematischen Bildfehlern bei der Bündelblockausgleichung. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 145 – 151, S. 224 – 235.

LINDENBERGER, J. (1986): ARIMA Processes for Modelling Digital Terrain Profiles. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/2, pp. 427-441, Rovaniemi.

LINDENBERGER, J. (1987): Consideration of Observation Errors when Modelling Digital Terrain Profiles. Proceed. Int. Coll. Progr. Terrain Modelling, Techn. Uni. Denmark, pp. 227-237, Lynby.

LUHMANN, T. (1986): Ein Verfahren zur rotationsinvarianten Punktbestimmung. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 54, S. 147 – 154.

LUHMANN, T./G. ALTROGGE (1986): Interest-Operator for Image Matching. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/2, pp. 459-474, Rovaniemi.

MENKE, K. (1987a) : PHOCUS – Das neue universelle photogrammetrisch-kartographische System von Carl Zeiss, Oberkochen. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 83-91.

MENKE, K. (1987b): Production and Revision of Topographic Maps with PHOCUS. Proceed. 41. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 12, pp. 153-160, Stuttgart.

MICHAELIS, M./M. EHLERS/E. DENNERT-MÖLLER (1984): Correction of the Light-Fall-Off in Photographs by Means of Digital Statistical Methods. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 698-707, Rio de Janeiro.

MICHAELIS, M./E. DENNERT-MÖLLER/M. EHLERS (1985): Zur Korrektur radiometrischer Störeinflüsse in Fernerkundungsbildern mit Hilfe statistischer Verfahren. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 53, S. 163 – 173.

- MILKUS, I. (1984): Geometrische Entzerrung von Satellitenbilddaten zur Herstellung von Bildkarten Arider Gebiete. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 25, A3b, pp. 713-720, Rio de Janeiro.
- MITTELSTRASS, G. (1987): Der graphisch-interaktive Arbeitsplatz (ALK-GIAP). *Nachr. öffentl. Verm. Dienst NRW*, 20, S. 99-115.
- MÜLLER, B. G. (1985): Rück- und Ausblick auf Entwicklungen zur geodätisch-photogrammetrischen Netzausgleichung mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung. *Bildmess., Luftbildwes. (BuL)*, 53, S. 115-125.
- MÜLLER, F./G. STRUNZ (1987): Kombinierte Punktbestimmung mit Daten aus analog und digital aufgezeichneten Bildern. *Bildmess., Luftbildwes. (BuL)*, 55, S. 163-174.
- PAPE, D. (1984): Der digitale Bildkorrelator „RASTAR“ – Konzept und Ergebnisse. *Proceed. 39. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, Heft 9*, S. 195-204, Stuttgart.
- PERTL, A. (1984): Digital Image Correlation with the Analytical Plotter PLANICAMP C 100. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 25, A3b, pp. 874-882, Rio de Janeiro.
- PERTL, A. (1986a): Empirical Results of Automatic Parallax Measurement. *Proceed. 40. Photogr. Week, Inst. Photogr., Stuttgart Univ., No. 11*, pp. 109-125, Stuttgart.
- PERTL, A. (1986b): Empirische Ergebnisse der automatischen Parallaxenmessung. *Bildmess., Luftbildwes. (BuL)*, 54, S. 195-204.
- PFEIFFER, B. (1985): Texturanalyse und Klassifizierung von Flugzeugradardaten mit synthetischer Apertur. *Bildmess., Luftbildwes. (BuL)*, 53, S. 100-107.
- PIECHEL, J. (1986): Investigations of Different Interest Operators for DTM-Generation by Epipolar Line Correlation. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 26, 3/2, pp. 564-572, Rovaniemi.
- PREUSSER, A. (1984): Bivariate Interpolation über Dreieckselementen durch Polynome 5. Ordnung mit C1-Kontinuität. *Zeitschr. Verm. Wesen (ZfV)*, 109, S. 292-301.
- PRZYBILLA, H. J. (1985): Konzeption, Konfiguration und Einsatzmöglichkeiten digitaler Rechner in der Photogrammetrie. *Schrift. Reihe Inst. Photogr., Univ. Bonn, Heft 7*, Bonn.
- REISS, P. (1985): Aufbau digitaler Höhenmodelle auf der Grundlage einfacher finite Elemente. *Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 315*, München.
- ROSE, A. (1984a): Entzerrung von Scanneraufnahmen mit Prädikationsansätzen. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 25, A3b, pp. 903-912, Rio de Janeiro.
- ROSE, A. (1984b): Entzerrung von Scannerbildern mit Prädikationsansätzen. *Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 303*, München.
- ROSENGARTEN, H. (1985): Das rechnergestützte Wasserlinienverfahren als photogrammetrische Wattvermessungsmethode. *Bildmess., Luftbildwes. (BuL)*, 53, S. 127-136.
- SCHENK, A./O. HOFMANN (1986): Stereo Matching Using Line Segments of Zero Crossings. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 26, 3/2, pp. 602-607, Rovaniemi.
- SCHEWE, H.W. FÖRSTNER (1986): The Program PALM for Automatic Line and Surface Measurement Using Image Matching Techniques. *Int. Arch. Phot. Rem. Sens.*, 26, 3/2, pp. 608-622, Rovaniemi.

- SCHILCHER, M. (1984a): Interaktive Graphische Systeme für Kartographische Anwendungen. Proceed. 39. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, Heft 9, S. 115-132, Stuttgart.
- SCHILCHER, M. (1984b): Interaktive Graphische Systeme. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 52, S. 225-235.
- SCHILCHER, M. (1985): CAD-Kartographie-Anwendungen in der Praxis. Wichmann, Karlsruhe.
- SCHROTH, R. (1984): An Extended Mathematical Model for Aerial Triangulation. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 962-970, Rio de Janeiro.
- SCHROTH, R. (1986): Ein erweitertes mathematisches Modell der Aerotriangulation zur hochgenauen Punktbestimmung. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 316, München.
- SCHÜSSLER, H. (1987): Radar-Altimeter mit konischer Keulenschwenkung für topographische Kartierungen. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 119-128.
- SCHUHR, W. (1984): Mathematical Aspects of RADAR Image Rectification. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, 971-975, Rio de Janeiro.
- SCHUHR, W./G. KONECNY (1984): Mathematical Analysis of Scanner Data for Digital Orthophotoproduction. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 976-984, Rio de Janeiro.
- SCHULZ, B. S. (1987): Objektabhängiger Atmosphäreneinfluss auf LANDSAT – Aufzeichnungen. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 141-145.
- SCHWEINFURTH, G. (1984): Höhenliniengeneralisierung mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 291, München.
- SFB 228 (1986): Arbeits- und Ergebnisbericht 1984-1986. Sonderforschungsbereich 228, Univ. Stuttgart, Stuttgart.
- SIGLE, M. (1984a): A Digital Elevation Model for the State of Baden-Württemberg. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 1016-1026, Rio de Janeiro.
- SIGLE, M. (1984b): Ein Digitales Geländemodell für das Land Baden-Württemberg. Proceed. 39. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, Heft 9, S. 141-152, Stuttgart.
- STÖPPLER, H.-W. (1987): Die „Automatisierte Liegenschaftskarte“ (ALK) – Übersicht. Nachr. Öffentl. Verm. Dienst NRW, 20, S. 64 – 88.
- STRUNZ, G. (1986): Processing of Non-Photogrammetric Data in Combined Block Adjustment. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/3, pp. 231-240, Rovaniemi.
- UFFENKAMP, V. (1986): Improvement of Digital Mapping with Graphics Image Superimposition. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 26, 3/2, pp. 665-671, Rovaniemi.
- VOLLMERHAUS, D. (1987): A Fast Algorithm for Local Matching of Patterns in Images. Proceed. Intercomm. Conf. Fast Process. Photogr. Data, Eidgen. Techn. Hochsch., Zürich, pp. 273-281, Zürich.
- WERNER, H. (1984): Automatic Gross Error Detection by Robust Estimation. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 1101-1108, Rio de Janeiro.

WERNER, H. (1986): Deformationsanalyse : Aufbau, Deformationsmodelle und Ablaufsteuerung. Proceed. 40. Photogr. Woche, Inst. Photogr., Univ. Stuttgart, Heft 11, S. 29-40, Stuttgart.

WESTER-EBBINGHAUS, W. (1984): Ein allgemein formuliertes Konzept zur Bildtriangulation und gemeinsamer Ausgleichung Photogrammetrischer und Geodätischer Beobachtungen. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 1109-1119, Rio de Janeiro.

WESTER-EBBINGHAUS, W. (1985): Bündeltriangulation mit gemeinsamer Ausgleichung photogrammetrischer und geodätischer Beobachtungen. Zeitschr. Verm. Wesen (ZfV), 110, S. 101 – 111.

WIESEL, J. W. (1984): Image Rectification and Registration. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 1120 – 1129, Rio de Janeiro.

WIESEL, J. (1985): Entwurf eines Bildverarbeitungskernsystems. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 53, S. 91-96.

WIESEL, J./F. BEHR (1987): Digital Orthophoto Generation Using the Kern DSR-11 Analytical Stereo Restitution Instrument. Proceed. 1987 ASPRS-ACSM Ann. Convn., 2, pp. 216-224, Baltimore.

WROBEL, B./D. KLEMM (1984): Über die Vermeidung singulärer Fälle bei der Berechnung allgemeiner räumlicher Drehungen. Int. Arch. Phot. Rem. Sens., 25, A3b, pp. 1153-1163, Rio de Janeiro.

WROBEL, B. (1987a) : Einige Überlegungen über die theoretischen Grundlagen der digitalen Photogrammetrie. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 129-140.

WROBEL, B. (1987b): Digitale Bildzuordnung durch Facetten mit Hilfe von Objektraummodellen. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 55, S. 93-101.

WROBEL, B. (1987c): Facets Stereo Vision (FAST Vision) – A New Approach to Computer Stereo Vision and to Digital Photogrammetry. Proceed. Interncomm. Conf. Fast Process. Photogr. Data, Inst. Geod., Photogr., Eidgen. Techn. Hochsch. Zürich, pp. 231-258, Zürich.

WROBEL, B./M. WEISSENSEE (1987): Implementation Aspects of Facets Stereo Vision with some Applications. Proceed. Intercomm. Conf. Fast Process. Photogr. Data, Eidgen. Techn. Hochsch. Zürich, pp. 259-272, Zürich.

ZINNDORF, S. (1985a): Freies Netz – Anwendungen in der Nahbereichsphotogrammetrie. Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 53, S. 109-114.

ZINNDORF, S. (1985b): Berichtigung zum Artikel „Freies Netz – Anwendungen in der Nahbereichsphotogrammetrie“, Bildmess., Luftbildwes. (BuL), 53, S. 198.

ZINNDORF, S. (1986): Optimierung der photogrammetrischen Aufnahmeanordnung. Deutsche Geod. Komm., Reihe C, Nr. 323, München.