

DER DIGITALE BILDKORRELATOR "RASTAR" - KONZEPT UND ERGEBNISSE

D. Pape, Hannover

1. Übersicht der Entwicklung des RASTAR-Korrelators

Seit vor mehr als 20 Jahren die automatische Höheneinstellung durch einen Korrelator bei einem Stereoplotter demonstriert werden konnte, wurden an verschiedenen Stellen Korrelatorentwicklungen durchgeführt. Die meisten dieser Entwicklungen führten jedoch nicht zu dem erhofften Erfolg, da der Umfang und die Komplexität der Aufgabe die anfänglichen Erwartungen erheblich übertraf. Die wenigen Systeme, die bis zum operationellen Einsatz entwickelt wurden und über die jetzt berichtet wurde, können daher wegen ihrer hohen Kosten nur in sehr großen Unternehmen eingesetzt werden, wenn dort in gewissen Bereichen nicht der Kostenvergleich zu einer manuellen Auswertung an erster Stelle für eine Entscheidung für die Anwendung der automatischen Stereobild-Auswertung steht.

Etwa um 1975 machte G.L. Hobrough, aufbauend auf seinen umfangreichen Erfahrungen bei der Entwicklung von Korrelatoren einen Vorschlag für den Bau eines neuen Korrelators, dessen Herstellungskosten wesentlich niedriger liegen sollten als die der bis dahin bekannten Korrelatoren. Damit sollte das Haupthindernis für eine breitere Einführung der automatischen Bildkorrelation, der hohe Preis für die erforderliche Hardware, beseitigt werden. Die Grundidee war eine lineare Abtastung der Bilder in Kernlinien, die eine Reduktion der bis dahin angewandten zweidimensionalen Korrelation auf eine eindimensionale ermöglichte. Nachdem der U.S.G.S. sich nicht zur Finanzierung des Projektes bereit erklären wollte, kamen G.L. Hobrough und G. Konecny überein, die Entwicklung mit Hilfe einer Förderung des BMFT in Hannover am Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen durchzuführen, da hier durch die Verbindung mit dem geplanten Korrelationsprojekt im SFB 149 und die Arbeiten an der Weiterentwicklung analytischer Plotter die Voraussetzungen für einen Korrelatorbau besonders günstig erschienen. Da die Kapazität des Elektroniklabors in Hannover zu diesem Zeitpunkt wegen laufender anderer Arbeiten für die Entwicklung des Korrelators noch nicht ausreichte, wurden zunächst Teilentwicklungen in dem Labor von G.L. Hobrough in Vancouver ausgeführt. Ab Mitte 1977 wurden die Arbeiten unter aktiver Mitarbeit von G.L. Hobrough in Hannover am Analytischen Plotter AP/C-3 fortgesetzt. Nach Voruntersuchungen am Plotter und der Fertigstellung des Systemkonzepts und einiger wesentlicher elektronischer Komponenten ging G.L. Hobrough wieder nach Vancouver zurück, da die finanziellen Mittel zum Abschluß des Projekts nicht ausreichend erschienen.

Durch eine zusätzliche Förderung von der Firma Carl Zeiss, Oberkochen, konnte die Entwicklung bis Ende 1979 mit einem gewissen Erfolg abgeschlossen werden. Die grundsätzliche Funktion des neuen Korrelators konnte nachgewiesen werden, die Genauigkeit und die Funktionssicherheit waren zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht befriedigend. Da die erforderlichen Modifikationen zur Verbesserung aus den bis dahin durchgeführten Untersuchungen genau beschrieben werden konnten, erklärte sich das BMFT zu einer weiteren Förderung bereit.

Nachdem diese Modifikationen abgeschlossen wurden, zeigt sich eine erhebliche Steigerung von Genauigkeit und Funktionssicherheit. Weitere Verbesserungen werden jetzt im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten angebracht. Wegen der Knappheit der Universitätsfinanzen können diese Arbeiten jedoch nur langsam fortschreiten.

2. Merkmale des RASTAR-Korrelators

Im folgenden sollen die wesentlichen Merkmale des RASTAR-Korrelators mit kurzgefaßten Erläuterungen aufgezählt werden:

Tab. 1: Merkmale des RASTAR-Korrelators

1. On-line-Korrelation
2. Kernlinienabtastung
3. CCD-Halbleiterabtaster
4. Festverdrahtete digitale Signalverarbeitung
5. Beste Passung aus dem Maximum des Kreuzkorrelationskoeffizienten
6. Multispektrale Korrelation frequenzbandbegrenzter Bilddaten
7. Geometrische Entzerrung innerhalb der Abtastzeile
8. Korrektur von Restfehlern bei der Einstellung homologer Kernlinien

2.1. On-Line Korrelation

Die Korrelation erfolgt simultan mit der Bildabtastung. Die Rechengeschwindigkeit wurde so ausgelegt, daß die automatische Höheneinstellung der Meßmarke im Modell bei maximaler Fahrgeschwindigkeit der Bildwagen möglich ist. Ein digitales Geländemodell mit 5000 Rasterpunkten kann so in ca. 20 Minuten gemessen werden.

Gebiete mit schlechter Korrelation werden dem Auswerter sofort signalisiert und können, wenn überhaupt möglich, manuell oder durch Interpretation ausgewertet werden.

2.2. Kernlinienabtastung

Die simultane Abtastung beider Bilder des Stereopaars erfolgt auf homologen Kernlinien (Abb.1). Dafür muß vor der Auswertung eine herkömmliche Orientierung durchgeführt werden. Die erforderlichen Winkeldrehungen der Abtaster werden aus den Orientierungsdaten und der jeweiligen Position der Abtaster berechnet.

2.3. CCD-Halbleiterabtaster

Die verwendeten Halbleiterabtaster bieten aufgrund ihrer Technologie (Photodioden im Silizium-Einkristall) sehr gute geometrische Genauigkeit und ein großes Signal/Rausch-Verhältnis.

Radiometrische Fehler infolge unterschiedlicher Empfindlichkeiten der insgesamt 1728 Photodioden werden durch eine besondere digitale Korrekturschaltung korrigiert. Die Abmessung der einzelnen Photodiode beträgt $13 \times 17 \mu\text{m}$ (Abb.2). Eine leichte Vergrößerung in der Abtast-Optik führt zu einer Pixelgröße von etwa $10 \times 13 \mu\text{m}$ im Bildmaßstab. Die abgetastete Fläche für eine Korrelation ist daher $13 \mu\text{m} \times 17 \text{mm}$ groß.

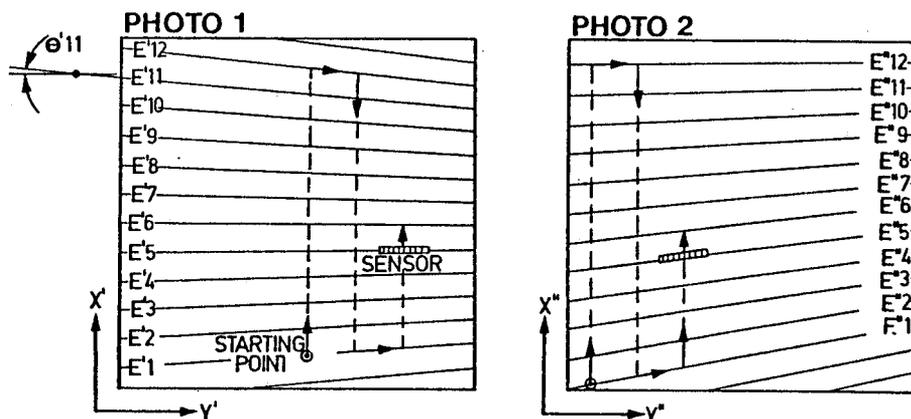
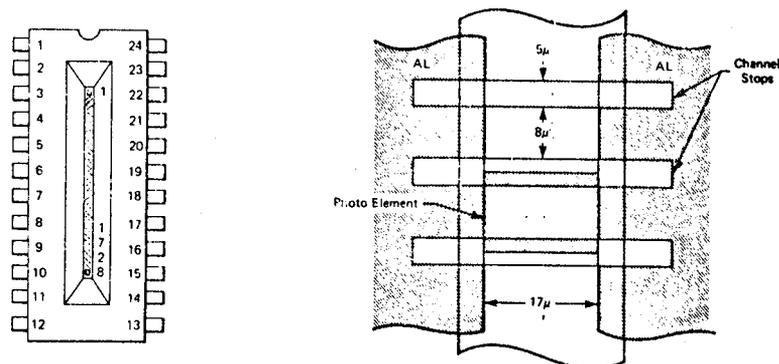


Abb. 1: ABTASTUNG IN KERNLINIEN

Abb. 2: FAIRCHILD CHARGE COUPLED DEVICE • CCD121



2.4. Festverdrahtete digitale Signalverarbeitung

Um die mechanisch begrenzte Geschwindigkeit des Plotters voll ausnutzen zu können, darf die Korrelation eines Zeilenpaares nur 2 ms dauern. Beispielsweise müßte ein einzelner Prozessor, der alle Funktionen der Signalverarbeitung des RASTAR-Korrelators ausführen sollte, dazu mit einer Zykluszeit von 2 ns arbeiten.

Die festverdrahteten Signalverarbeitungsschaltungen des RASTAR-Korrelators, die diese Leistung erreichen, können jedoch auf dem vergleichsweise sehr geringen Raum von 8 Europa-Doppelkarten untergebracht werden. Die verwendeten Halbleitertechnologien sind Low-Power-Schottky TTL, Schottky-TTL und C-MOS.

2.5. Beste Passung aus dem Maximum des Kreuzkorrelations-Koeffizienten

Die Ähnlichkeit der von den beiden Abtastern erfaßten Bildausschnitte wird im RASTAR-Korrelator mit dem Kreuzkorrelations-Koeffizienten (r) bewertet. Bei Verschiebung eines Suchfensters erreicht r ein Maximum. Diese Verschiebung wird als Ergebnis für die Parallaxe in der Mittenposition des Suchfensters ausgegeben. Das Suchfenster hat eine minimale Länge von 32 Pixeln, wobei der Einfluß auf r von der Mitte zu den Rändern abnimmt. Um mit kleinem Hardware-Aufwand auszukommen, wird die Amplitudenauflösung der Bildsignale für die Berechnung von r auf ein Bit beschnitten.

Das bedeutet, daß hier nur noch die Phaseninformation aus den Signalen in das Ergebnis eingeht.

2.6. Multispektrale Korrelation frequenzbandbegrenzter Bilddaten

Zur Verbesserung der Eindeutigkeit des Korrelationsmaximums werden die Bildsignale mit 7 Bandfiltern unterschiedlich stark geglättet. Die Bandbreite beträgt je Filter etwa eine Oktave, die Mittenfrequenzen sind oktav gestuft (Abb.3). Neben einer Glättung bewirken die Filter eine Unterdrückung des mittleren Grauwertes. Die bandbegrenzten Signale sind in Abb. 4 beispielhaft dargestellt.

2.7. Geometrische Entzerrung innerhalb der Abtastzeile

Aus den bandbegrenzten Signalen in Abb.4 werden, beginnend mit dem am stärksten geglätteten Band, die für eine Beseitigung der Parallaxen notwendigen Verschiebungen ermittelt. Beim Übergang zu einem weniger geglätteten Band werden die vorher ermittelten notwendigen Verschiebungen für eine Entzerrung angebracht.

Wenn auch aus den stärker geglätteten Bändern nur ungefähre Pixelpositionen abgeleitet werden, so ergibt sich jedoch für die zu korrelierenden Signale eine wesentlich bessere Passung als bei den nicht entzerrten Signalen.

In dem am wenigsten geglätteten Band können zur Entzerrung an insgesamt 256 Positionen vollkommen voneinander unabhängig einstellbare Verschiebungen angebracht werden. Dazwischen wird linear interpoliert. Feste Entzerrungs- oder Abbildungsfunktionen sind nicht vorgegeben.

Sind innerhalb der Abtastzeile Bereiche mit schlechter Korrelation vorhanden, so werden für die Entzerrung Ergebnisse aus benachbarten Abtastzeilen herangezogen.

2.8. Korrektur von Restfehlern bei der Einstellung homologer Kernlinien

Die Einstellung der Bildabtaster auf homologe Kernlinien erfolgt aufgrund der vorher manuell durchgeführten relativen Orientierung der Bilder. Kleine Orientierungsfehler, Fehler der mechanischen Einstellelemente und Abbildungsfehler können daher die Position der Abtaster verfälschen. Im RASTAR-Korrelator werden deshalb auch benachbarte und geringfügig verdrehte Bildzeilen auf bessere Passung untersucht. Daraus wird eine Korrektur der Y-Position und der Einstellwinkel für die Kernlinien abgeleitet (Abb.5).

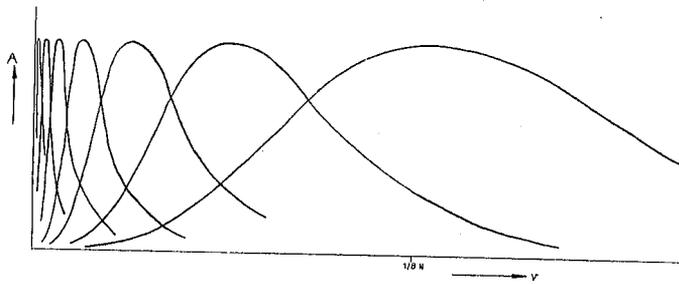


Abb.3: Frequenzgang der Bildsignalfilter

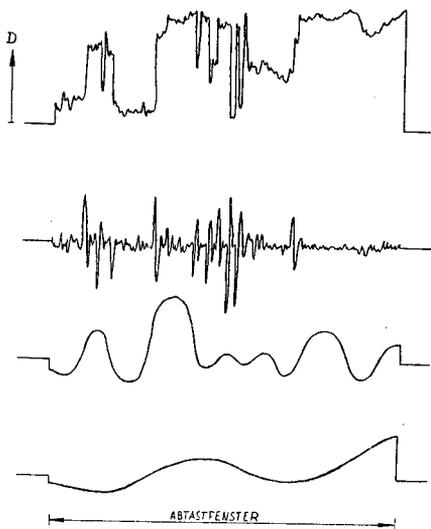
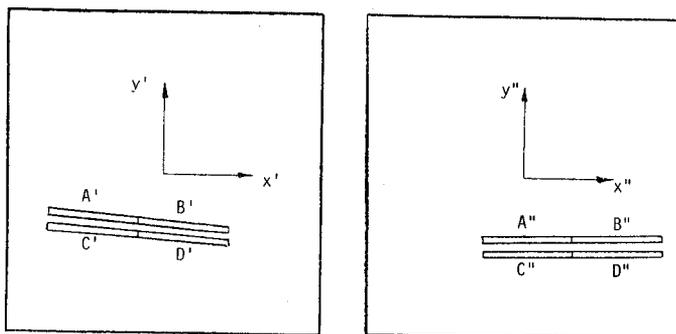


Abb.4: Glättung der Bildsignale durch Bandfilter



$\left. \begin{array}{l} A'B' \text{ mit } C''D'' \\ A'B' \text{ " } A''B'' \\ C'D' \text{ " } A''B'' \end{array} \right\} \rightarrow y\text{-Parallaxe}$
 $\left. \begin{array}{l} A'D' \text{ " } C''D'' \\ A'B' \text{ " } A''B'' \\ C'B' \text{ " } A''D'' \end{array} \right\} \rightarrow \text{Winkelfehler}$

Abb.5: Ermittlung von Positionierungsfehlern

3. Implementierung des Korrelators am AP/C-3

Der Bildkorrelator sollte an den im Institut für Photogrammetrie in Hannover vorhandenen Plotter AP/C-3 angeschlossen werden.

Der AP/C-3 war 1972 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft beschafft und im Institut schrittweise durch zusätzliche Peripheriegeräte und eigene Softwareentwicklungen zu einem leistungsfähigen System nach dem damaligen Stand der Technik ausgebaut worden (Rüdenauer, Konecny).

Die jetzt bestehende System-Konfiguration einschließlich des Korrelators zeigt Abb. 6. Außer den bekannten, teilweise automatisierten Anwendungen analytischer Plotter wie die Erstellung von digitalen Geländemodellen, Erzeugung von Höhenlinienkarten oder Aerotriangulationen ist jetzt mit dem Bildkorrelator eine vollautomatische DGM-Messung möglich.

Der Korrelator erhält dafür die Bilddaten aus den am Plotter angebrachten CCD-Sensoren. Im Korrelator wird daraus die Parallaxe in den Bildern an der Meßmarkenposition berechnet, die dann an das in dem Rechner IBM 1130 laufende Real-Time-Programm weitergegeben wird. Dort wird dann die erforderliche Nachstellung der Bildwagen berechnet und über die Servomotoren x_1 , y_1 , x_2 und y_2 gesteuert. Ebenso erfolgt natürlich auch das Anfahren der zu messenden Rasterpunkte eines digitalen Geländemodells automatisch gesteuert durch die IBM 1130. Eingaben vom Auswerter über die Handräder, die Fußscheibe, das Bedienungs-Panel und das Bildschirmterminal sind nur noch für die Orientierung, für die Änderung von Programmparametern und bei Korrelationsausfällen bei schlechtem Bildmaterial erforderlich.

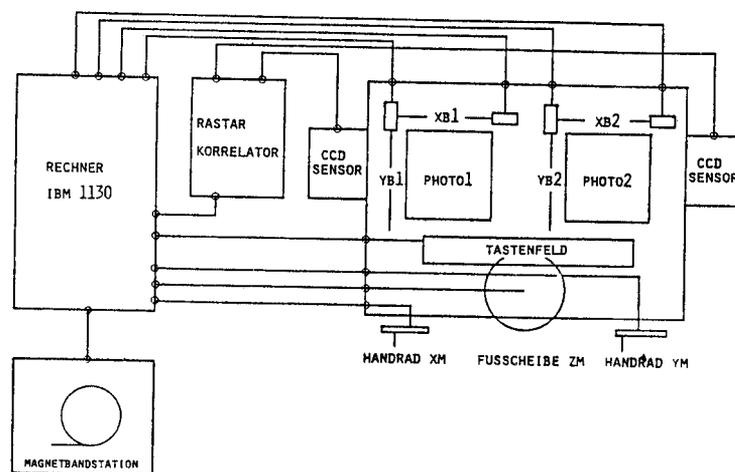


Abb. 6: Analytischer Plotter AP/C-3 mit Korrelator

3.1. Ankopplung des Korrelators

Die Verbindung von Korrelator und AP/C erfolgt über ein zusätzliches 16 bit paralleles bidirektionales Interface mit DMA einerseits und eine Optik mit teildurchlässigen Spiegeln andererseits (Abb.7).

Die ursprünglichen Funktionen des Plotters blieben erhalten, so daß während des automatischen Betriebes mit dem Korrelator die Bilder weiterhin stereoskopisch betrachtet werden können. Die teildurchlässigen Spiegel sind unter den Objektiven auf den in x-Richtung beweglichen Einheiten angeordnet, die mit den Objektiven auch die Lampen zur Beleuchtung der abzutastenden Bildausschnitte und die bewegliche Linse einer telezentrischen Optik tragen. Durch die Einschaltung der telezentrischen Optik ist es möglich, den CCD-Sensor mit dem Servomotor zur Einstellung der Kernlinienrichtung fest zu montieren und trotzdem die Bilder mit von x-Bewegungen der Linse unabhängiger Bildschärfe und -vergrößerung auf die Bildsensoren zu projizieren. Es muß zugegeben werden, daß schon geringe Nickbewegungen des Strahlteilers bei Fahrt in x-Richtung Positionsfehler bei der Bildabtastung bewirken. Eine Montage von Sensoren und Servomotoren an den beweglichen Objekteinheiten ist jedoch wegen der dafür fehlenden Tragfähigkeit und des fehlenden Einbauraumes nicht möglich.

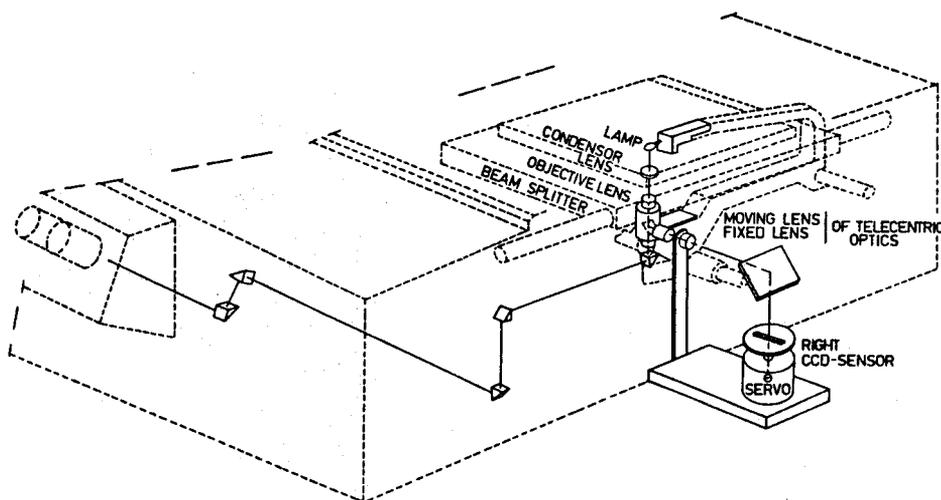


Abb.7: Optische Ankopplung der Bildsensoren

Das Bild stellt die rechte Hälfte des Plotters dar, die linke, nicht dargestellte Seite ist spiegelsymmetrisch aufgebaut.

3.2. Signalfluß im Korrelator

Das Blockdiagramm in Abb.8 zeigt den Signalfluß im RASTAR-Korrelator. Die digitalisierten und korrigierten Bilddaten D_1 und D_1 (Grauwerte) werden gefiltert und in einem RAM zwischengespeichert. Die gefilterten Signale werden darauf, beginnend mit dem Frequenzband stärkster Glättung, in ein weiteres RAM geschrieben, aus dem die Pixel in einer neuen, durch die geometrische Entzerrung festgelegten Reihenfolge zur Korrelation gelangen (D_2 ; D_2). Die daraus berechneten Parallaxen werden in den 1-Zeilen-Speicher abgelegt und stehen dort zur Verfügung:

1. Für die Steuerung des analytischen Plotters
2. Für die korrelatorinterne geometrische Bildentzerrung

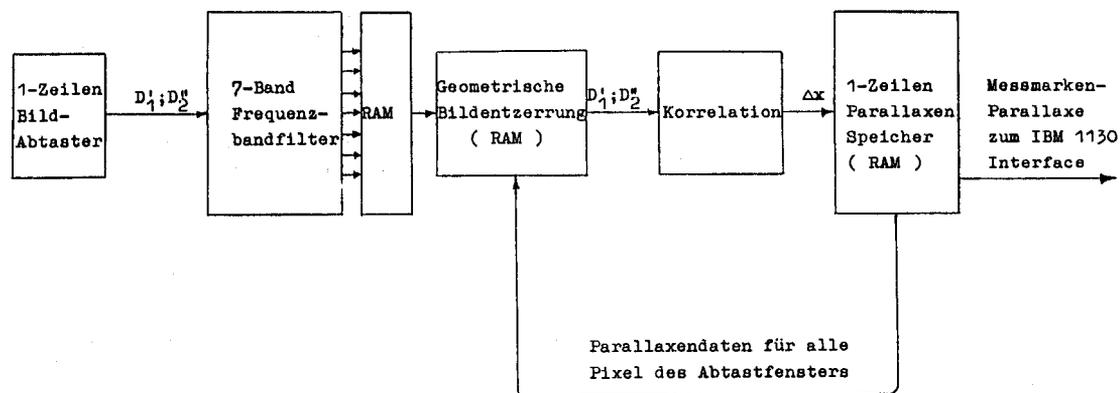


Abb.8: Signalfluß im RASTAR-Korrelator

4. Testergebnisse

Die Untersuchungen und Justierarbeiten an der inneren Rückkopplungsschleife wurden mit einem Bildpaar durchgeführt, bei dem die Dichtemodulation in x-Richtung die folgende Modulation aufweist:

$$D(x) = \sum_{j=1}^{64} \cos \left(\pi \frac{x+60}{j} \right)$$

In y-Richtung ist die Dichte hier konstant, so daß y- und θ -Justagefehler sich nicht störend bemerkbar machen. In die Mitte der Bilder wurde ein Streifen mit unterschiedlichem x-Maßstab gelegt, so daß im Modellraum eine rampenförmige z-Modulation entsteht (Abb.9). Die Bilder wurden mit einem Optronics-Scanner hergestellt. Bei der manuellen Auswertung ergaben sich Probleme, die bei der automatischen Messung mit dem Korrelator nicht auftraten, weil der stereoskopische Eindruck beim Auswerter durch eine gewisse Regelmäßigkeit im hochfrequenten Anteil der Dichtemodulation gestört wurde und Mehrdeutigkeiten auftraten. Derselbe Effekt konnte bei Luftbildern in Waldgebieten beobachtet werden. Die Überlegenheit des Korrelators ist hier begründet in der separaten Korrelation der sieben oktav gestuften Frequenzbänder und der sukzessiven Entzerrung der nacheinander korrelierten Bänder.

Zur Untersuchung der Höhengenaugigkeit wurden digitale Geländemodelle aus Luftbildern bei verschiedenen Bildmaßstäben und Geländeformen manuell und automatisch gemessen. Bei der manuellen Auswertung wurde bei Gebäuden und Bäumen die sichtbare Fläche gemessen.

Bei Kratzern auf den Bildern, bei Überdeckungen und in Bereichen mit geringem Kontrast neigte die automatische Auswertung zu Instabilität. Die berechneten mittleren Höhenabweichungen zeigt die Tabelle 2.

Tab.2: Höhenabweichungen der automatischen von der manuellen Auswertung

Bildmaßstab 1:22 000
 Überdeckung 60 %
 Kammerkonstante 153 mm

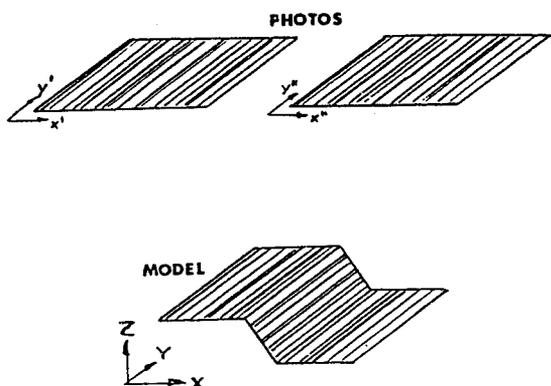


Abb.9: Testfiguren für Korrelationsjustagen

Modell	Mittlere Höhenabweichung o/oo	Korrelationsausfälle %
1. Scanlinie	1,0	0
2. Waldgebiete	1,3	0
3. Äcker	0,5	0
4. Steppe	0,4	0
5. Sandgruben	0,75	10
6. V-Einschnitte mit buschartigem Bewuchs	1,3	0
7. Gebäude	0,4	0

5. Ausblick auf weitere Entwicklungen

In der hier vorgestellten Form liefert der Korrelator Signale, mit denen die Parallaxe an der Meßmarkenposition eliminiert werden kann. Erst nach der Beseitigung der Parallaxe werden die Koordinaten des gemessenen Punktes registriert. Dieser Ablauf entspricht dem einer manuellen Auswertung. Die Korrelationssignale enthalten jedoch laufend eine quantitative Aussage über die Parallaxengröße von 1024 Modellpunkten. Aus den Kollinearitätsgleichungen könnten deshalb mit einem schnellen Prozessor auch ohne Aufsetzen der Meßmarke die Modellkoordinaten homologer Punkte berechnet werden (Abb.10). Damit ergibt sich bei hoher Auswertegeschwindigkeit ein sehr dichtes DGM mit einem wegen der Kernlinienabtastung in Modellkoordinaten unregelmäßigen Raster (Abb.11).

Eine weitere Entwicklung zielt auf eine Automatisierung der Orientierung. Dafür müßte die Kernlinienkorrelation gestoppt und durch eine zweidimensionale Korrelation ersetzt werden. Grundsätzliche Untersuchungen über die anzuwendenden Algorithmen und den für eine Realisierung erforderlichen Aufwand wurden bereits durchgeführt (Abb.12). Das Verfahren scheint außerdem geeignet, Korrelationslücken während der schnellen Kernlinienkorrelation ohne Eingriff eines Auswerters auszufüllen.

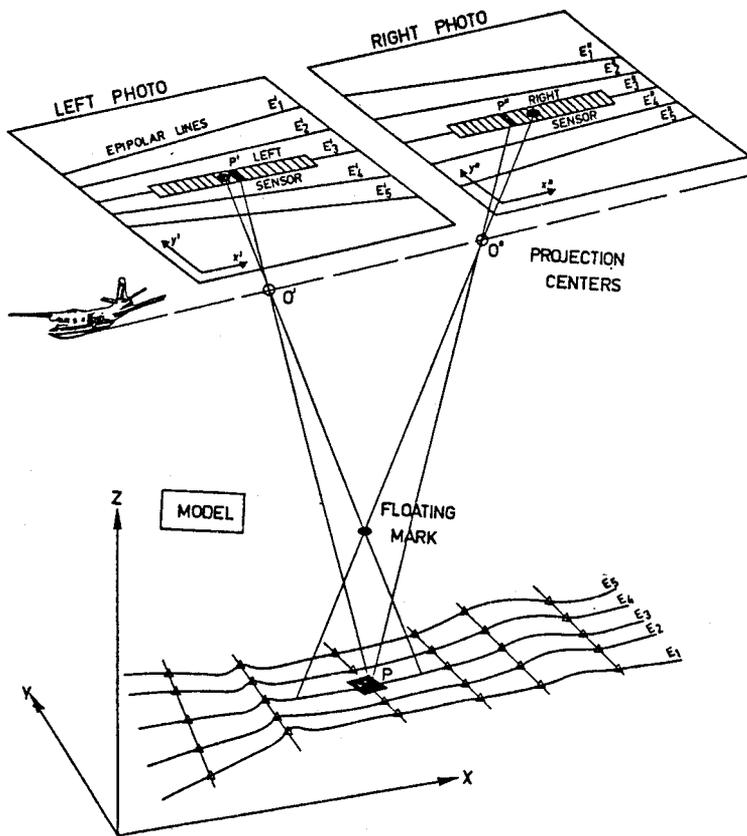


Abb.10: Schnelle Kernlinienkorrelation bei fliegender Meßmarke

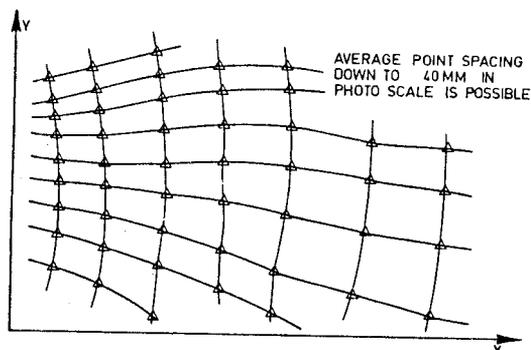


Abb.11: Unregelmäßiges DGM-Raster bei der schnellen Kernlinienkorrelation

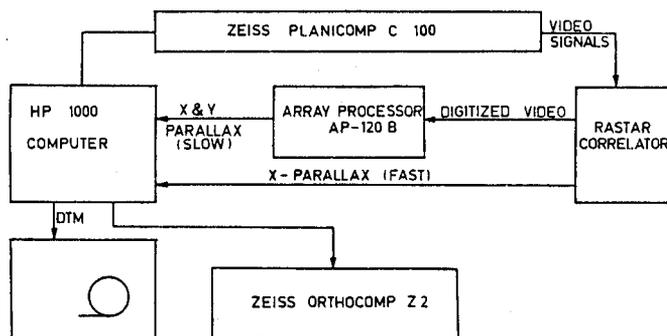


Abb.12: Flächenhafte Bildkorrelation am Planicomp mit einem Array Prozessor

LITERATUR

- Hobrough, G.L.: Digital On-Line Correlation. BuL 3/1978, S. 79-86
- Konecny, G.: Programmierungskonzepte für den Analytical Plotter, ISP-Kommission II, Turin 1974
- Konecny, G.: Der Analytische Plotter und seine anwendungsbezogene Programmierung, BuL 2/1976, S. 65-76
- Konecny, G.: Digitale Prozessoren für Entzerrung und Bildkorrelation, Sympos. über den Einsatz digitaler Komponenten in der Photogrammetrie, IPI-Bericht, Hannover 1978
- Konecny, G., Pape, D.: Bau eines digitalen Bildkorrelators. Schlußbericht zum Vorhaben Q10S050-ZA/WF/WE 0275-3.7 des Ministeriums für Forschung und Technologie 1979
- Pape, D.: Hardware Implementierung eines digitalen Bildkorrelators. Symposium über den Einsatz digitaler Komponenten in der Photogrammetrie. IPI-Bericht Hannover 1978
- Pape, D.: Some First Results from RASTAR-Correlator Operational Test, ISP-Symposium, Komm. II, Ottawa 1982
- Rüdenauer, H.: Program development for the Analytical Plotter at the Technical University of Hannover, ISP Symposium, Komm. II, Turin 1974
- Rüdenauer, H.: Problemanalysen und Untersuchungen zur zweckmäßigen photogrammetrischen Datenerfassung für die digitale Verarbeitung zu straßenbaulichen Zwecken, Forschungsauftrag 2.012 G74C des Bundesministers für Verkehr 1978
- Rüdenauer, H.: Analytische Plotterprogramme zur objektiven on-line Punktdichtebestimmung in digitalen Höhenmodellen, XIV. ISP-Kongreß, Hamburg 1980
- Wrobel, B.: Geometrische Aspekte der Korrelationssteuerung, Symposium über den Einsatz digitaler Komponenten in der Photogrammetrie, IPI-Bericht, Hannover 1978

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem die Entwicklung des Bildkorrelators am Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen in Hannover zu einem gewissen Abschluß gebracht wurde, soll hier ein zusammenfassender Überblick über die in diesem Zusammenhang durchgeführten Arbeiten gegeben werden. Nach einer Information über den zeitlichen Ablauf und die finanzielle Förderung des Projektes werden die wesentlichen Merkmale des Korrelators und seine Integration in den analytischen Plotter AP/C-3 beschrieben. Weiterhin wird über Testergebnisse berichtet, die mit Testmustern und mit verschiedenen Luftbildern gewonnen wurden. Abschließend werden einige mögliche Weiterentwicklungen aufgezeigt.

THE RASTAR DIGITAL IMAGE CORRELATION - CONCEPTS AND RESULTS

Abstract

The development of the image correlator by the Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen in Hannover having been more or less completed, a comprehensive survey is given on the work done in this field. After some information on the timing and the financial contributions, the major features of the correlator and its integration in the AP/C-3 analytical plotter are described. Test results obtained with test patterns and various air photos are discussed. In conclusion, some further development possibilities are mentioned.

PRINCIPE ET PERFORMANCE DU SYSTEME NUMERIQUE DE CORRELATION D'IMAGES "RASTAR"

Résumé

Le développement du système numérique de corrélation d'images a été plus ou moins mené à terme à l'Institut de photogrammétrie et de topographie de Hanovre, ce qui permet de faire ici un résumé des travaux qui ont été effectués à ce titre. Après quelques informations concernant la durée et le coût de ce projet, l'exposé présente les principales caractéristiques du système de corrélation d'images et son intégration dans le système de restitution analytique AP/C-3,

ainsi que les résultats qui ont été obtenus avec différents tests et diverses aérovue. L'exposé se termine sur des possibilités de développement futur du système de corrélation.

EL CORRELADOR DIGITAL DE IMAGENES "RASTAR" - CONCEPTO Y RESULTADOS

Resumen

Después de que está concluido hasta cierto grado el desarrollo del correlador de imágenes, llevado a cabo en el "Institut für Photogrammetrie und Ingenieurvermessungen" de Hannover, se ofrecerá en este lugar una sinopsis de los trabajos realizados en este contexto. Se comienza por informar acerca del orden cronológico del desarrollo de este proyecto y del apoyo financiero prestado al mismo, para continuar con la descripción de las características destacadas del correlador y su integración en el restituidor analítico AP/C-3. Además se comunican los resultados de ensayos, efectuados con figuras-muestra y con varios tipos de fotografías aéreas. Se concluye exponiendo algunas posibilidades para desarrollos futuros.