

RADIOMETRISCHE BILDVERARBEITUNG ZUR ERSTELLUNG EINES  
SATELLITENBILD-MOSAIKS

Martin Kähler  
Gerhard König

Technische Universität Berlin,  
Fachgebiet Photogrammetrie und Kartographie  
Federal Republic of Germany

Commission Number III

Zusammenfassung

Zur Herstellung von Bildkarten kleiner bzw. mittlerer Maßstäbe werden zunehmend Daten der LANDSAT-Satelliten herangezogen. Häufig ist es notwendig, mehrere Szenen zu einem Mosaik zu verknüpfen. Außer der geometrischen Entzerrung und Verknüpfung der Szenen ist zum Ausgleich der unterschiedlichen Bildqualitäten eine Reihe von radiometrischen Verarbeitungsschritten durchzuführen.

Zur digitalen Bearbeitung dieser Aufgaben werden an der Bildverarbeitungsanlage des Fachgebietes Photogrammetrie und Kartographie der Technischen Universität Berlin Programme zur radiometrischen Bearbeitung entwickelt. Sie dienen der Vorverarbeitung einzelner Szenen, der Transformation mehrerer Szenen in ein einheitliches Grauwertsystem und der anschließenden Bildverbesserung.

Anhand von Beispielen werden erste Ergebnisse der digitalen radiometrischen Bildverarbeitungsschritte zur Mosaikbildung vorgestellt.

Radiometrical Image Processing for Mosaicking Satellite Images

LANDSAT-Multispectral-Scanner-Data are more and more used to produce small and medium scaled image-maps. Generally for this purpose the data of several satellite scenes have to be processed and mosaicked to one set of data covering one map sheet. In addition to the geometrical rectification and transformation it is necessary to accomplish several radiometrical image processing steps in order to achieve a homogeneous image-map.

To solve these problems by entirely digital processing a software package is set up, which includes preprocessing techniques for single scenes, determination of a homogeneous gray scale system and conversion of the data into it, and finally image enhancement by postprocessing. The software is implemented in the image processing system of the Department for Photogrammetry and Cartography at the Technical University of Berlin.

Some examples demonstrate results of radiometrical image enhancement and digital image-mosaicking.

## 1. Einleitung

Die Kartenherstellung in geodätisch wenig erschlossenen Gebieten führt in der Regel zu sehr aufwendigen Projekten. Eine schnelle und kostengünstige Methode ist in solchen Fällen die Herstellung von Bildkarten. Für Karten kleiner und mittlerer Maßstäbe können hierzu Satelliten-Bilddaten herangezogen werden, z.B. Szenen der Multispektralabtaster der LANDSAT-Satelliten. Häufig werden mehrere dieser Szenen oder Szenenausschnitte zu einem Bildmosaik verknüpft, um ein Blatt der zu erstellenden Bildkarte vollständig auszufüllen.

Die bei der Mosaikbildung mit digitalen Verfahren anzuwendenden Methoden lassen sich in zwei Gruppen einteilen: in geometrische und radiometrische Bildverarbeitungsschritte. In beiden Fällen ist es notwendig, Programme für eine digitale Bildverarbeitungsanlage zu entwickeln, um die verwendeten Bilddaten zu bearbeiten. Am Fachgebiet Photogrammetrie und Kartographie der TU Berlin werden diese Arbeiten im Rahmen der Aufgabenstellungen des Sonderforschungsbereichs 69 "Geowissenschaftliche Probleme arider Gebiete" durchgeführt.

Hier wird ein Verfahren für die radiometrische Bildverarbeitung näher vorgestellt, bei dem die Bearbeitung der beteiligten Bilder in mehreren Einzelschritten erfolgt:

- Vorverarbeitung einzelner Satellitenbilder,
- Transformation der Bilder in ein gemeinsames homogenes Grauwert-System,
- Nachbearbeitung des Bildverbandes.

## 2. Vorverarbeitung einzelner Satellitenbilder

Aus der Vielzahl der Vorverarbeitungsmöglichkeiten für Satellitenbilder werden die für die Mosaikbildung als dringend notwendig erkannten Korrekturalgorithmen auf die Daten angewendet. Eine vorherige geometrische Entzerrung einzelner Szenen ist nicht notwendig, sie könnte sogar bei der Beseitigung der Restkalibrierungsfehler der einzelnen Sensoren zu Fehlern führen. Aus diesem Grund wird die geometrische Entzerrung erst nach der radiometrischen Vorverarbeitung durchgeführt.

Die Bildqualität der zur Kartenherstellung verwendeten Satellitenbilder weist große Unterschiede auf. Außerdem ist grundsätzlich festzustellen, daß der in der digitalen Bildverarbeitung durch die 8bit-Darstellung der Daten mögliche Grauwertbereich von 256 Klassen von den meisten Aufnahmesystemen nicht optimal genutzt wird. Die Anzahl der verwendeten Grauwertklassen in den Originaldaten ist häufig viel geringer. Infolgedessen wird als erste radiometrische Vorverarbeitung bei der Mosaikbildung eine leichte Kontrastverbesserung für jene Szenen durchgeführt, in denen nur sehr wenige Grauwertklassen genutzt sind. Die Daten werden durch Histogrammstreckung auf einen Bereich von maximal 128 Klassen im mittleren Grauwertbereich (64...192) verändert. Eine Optimierung der Grauwertverteilung über den ganzen möglichen Bereich ist an dieser Stelle nicht zweckmäßig, da bei der späteren Anpassung der Szenen an ein gemeinsames Grauwert-System eine größere Flexibilität benötigt wird.

Die Radiometrie der Satellitenbilder wird durch eine große Anzahl äußerer Faktoren beeinflusst. So machen sich z.B. Übertragungsstörungen in den Originaldaten als hochfrequentes Rauschen bemerkbar. Datenveränderungen dieser Art werden mit Hilfe digitaler Filter beseitigt. Ein Tiefpaßfilter elimi-

niert z.B. das hochfrequente Rauschen, es wird als weiterer Vorverarbeitungsschritt verwendet.

Häufig sind systematische Streifenstrukturen in Satellitenbildern zu bemerken. Sie entstehen durch eine Kombination verschiedener Fehler im Aufnahmesystem. Beim Multispektralscanner der LANDSAT-Satelliten beispielsweise wird die einfallende Strahlung in jedem Kanal von sechs nebeneinander angeordneten Sensoren registriert. Ein homogenes Bild erhält man aus den so aufgezeichneten Daten nur, wenn die Sensoren gut kalibriert sind. Restkalibrierungsfehler treten in Form nicht linearer Kombinationen von BIAS (einseitiger Kalibrierungsfehler) und GAIN (inhomogener Verstärkungsfehler) auf. Diese regelmäßig verteilten Fehler sind nicht konstant, sondern von der Zeit und der Intensität der am Sensor ankommenden Strahlung abhängig.

Zur Korrektur der Restfehler muß aus diesem Grund ein Ansatz gewählt werden, der es ermöglicht, jede Grauwertklasse gezielt "anzusprechen" (siehe auch /12/). Wenn der Ansatz nicht für eine ganze Szene zusammenhängend benutzt, sondern blockweise mit wählbaren Blocklängen gearbeitet wird, können auch die Auswirkungen der Zeitabhängigkeit der Kalibrierungsfehler beseitigt werden.

Die Berechnung der neuen Bilddaten beruht auf einer statistischen Analyse der Grauwertverteilung pro Sensor. Zur Ermittlung der Korrekturtabellen für die Sensoren wird ein fiktiver mittlerer Sensor angenommen, auf den die Bilddaten durch das Verfahren der Summenhistogrammanpassung abgestimmt werden.

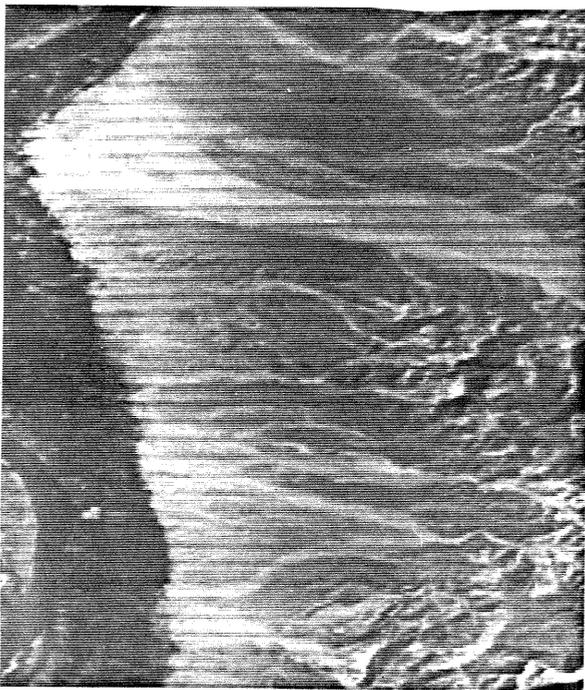


Abb.1 LANDSAT-MSS, Kanal 7  
vom 9.11.1972,  
Maßstab  $\approx 1:200\ 000$   
Originaldaten mit  
Sensorrestkalibrierungsfehler

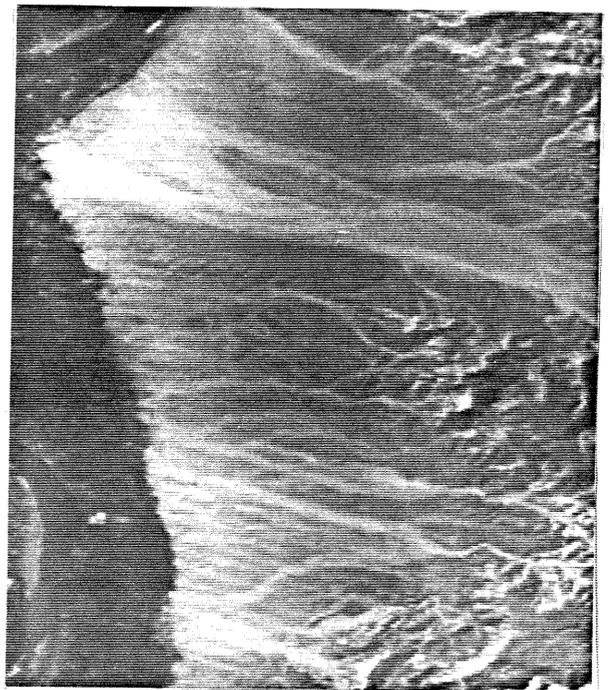


Abb.2 LANDSAT-MSS, Kanal 7  
vom 9.11.1972,  
Maßstab  $\approx 1:200\ 000$   
Daten nach der  
Streifenkorrektur

Das Beispiel in Abbildung 1 und 2 zeigt die Wirkung des Korrekturalgorithmus anhand eines Ausschnittes aus einer LANDSAT-MSS-Szene des Gebietes nördlich der Stadt Luxor in Ägypten. In Abbildung 1 sind die Originaldaten, in Abbildung 2 die nachkalibrierten Daten dargestellt. Die Bilder sind zweifach digital vergrößert.

Ein weiterer Vorverarbeitungsschritt dient der Beseitigung eines Fehlers aus den Bilddaten, der im wesentlichen durch Einflüsse der atmosphärischen Streuung begründet ist. In Abhängigkeit von der Wellenlänge der vom Fernerkundungssystem aufgezeichneten Strahlung ergeben sich Helligkeitsverschiebungen in den Daten der verschiedenen Spektralkanäle. Aus den Histogrammen der Bildkanäle werden die einzelnen Verschiebungsbeträge ermittelt, und die Bilddaten entsprechend verbessert.

Eine detaillierte Korrektur der Satellitendaten aufgrund atmosphärischer Einflüsse, z.B. durch kanalweise Kontrastveränderung, wird zur Zeit näher untersucht. Die Berücksichtigung von systematischen radiometrischen Veränderungen der Daten in Abhängigkeit von der Entfernung zum Bildrand ist bei Aufnahmesystemen mit relativ kleinem Öffnungswinkel (FOV) nicht zweckmäßig. Die Daten des LANDSAT-MSS-Systems werden z.B. mit einem FOV von ca.  $12^\circ$  aufgenommen. Daraus ergibt sich, daß in Abhängigkeit von der Wellenlänge und dem Einfallswinkel der aufgezeichneten Strahlung systematische Grauwertänderungen von maximal einer Grauwertklasse auftreten. Diese kleinen Änderungen sind von zufälligen Fehlern in den Bilddaten nicht mehr statistisch gesichert zu trennen. Deshalb wird auf die Korrektur verzichtet.

Nach den Vorverarbeitungsschritten für die einzelnen Szenen folgt als nächster Schritt der radiometrischen Mosaikbildung eine Transformation aller beteiligten Satellitenbilder in ein gemeinsames Grauwert-System. Ziel dieser Bearbeitung ist die Beseitigung der Helligkeits- und Kontrastunterschiede zwischen den Bildern.

### 3. Transformation der Bilder in ein gemeinsames homogenes Grauwert-System

Vor der radiometrischen Anpassung der Satellitenbilder ist zuerst die geometrische Entzerrung durchzuführen. Auf Einzelheiten dieser Entzerrung soll hier nicht näher eingegangen werden. Die geometrische Blockbildung aus mehreren Satellitenbildern wird z.B. in /8/ und /9/ eingehend erläutert. Für die weitere Bearbeitung des Bildverbandes wird davon ausgegangen, daß die sich überlappenden Teilszenen (vergl. Abb. 3) in einem gemeinsamen Matrix-System vorliegen. Das weitere radiometrische Verfahren wird für die einzelnen Spektralkanäle des benutzten Aufnahmesystems getrennt durchgeführt.

Der prinzipielle Ansatz zur Beseitigung der in den Szenen noch vorhandenen Helligkeits- und Kontrastunterschiede ist die Nutzung der in den Überlappungsbereichen enthaltenen Mehrfachinformationen. Für identische Geländeausschnitte liegen in diesen Gebieten zwei oder mehr Meßwerte vor.

In den einzelnen Überlappungsbereichen werden statistische Analysen der Grauwertverteilung (Histogramme) durchgeführt. Ausgehend von der gleichen Grundgesamtheit pro Überlappungsbereich können in diesen Gebieten Bedingungen formuliert werden, die zu Korrekturen für die jeweiligen Szenen führen. Zur Aufstellung solcher Bedingungen kommen verschiedene Ansätze in Frage, z.B. die Forderung nach gleichen Histogrammbereichen oder die Forderung nach gleichen Summenhistogrammen.

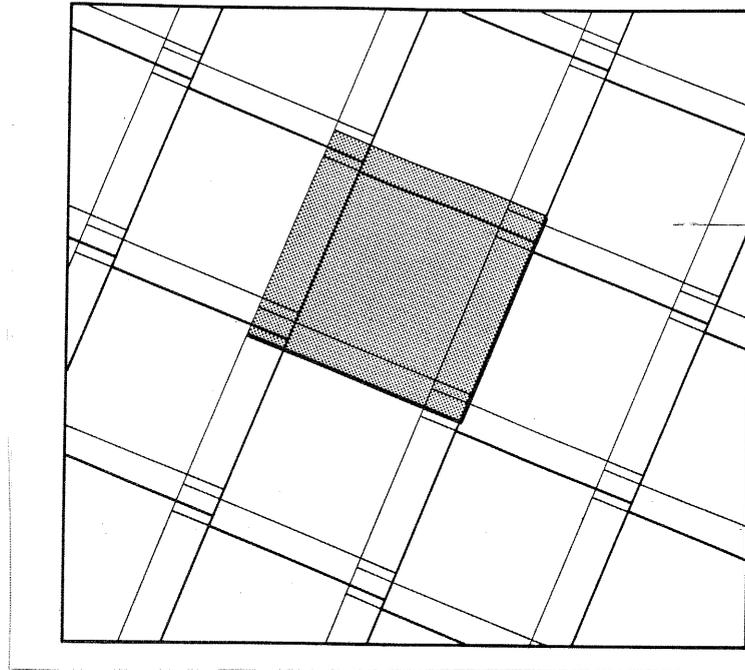


Abb.3 Schematische Darstellung der überlappenden Satellitenszenen

Die Auswahl einer geeigneten Methode ist nach verschiedenen Gesichtspunkten möglich. Da in den Überlappungsbereichen Mehrfachinformationen vorliegen, die als Mehrfachmessungen verstanden werden können, lassen sich mittlere Fehler aus Doppelmessungen (Überlappungsbereich zwischen zwei Szenen) oder auch aus der Summe der Quadrate der Verbesserungen ( $[vv]$  in mehrfach überlappten Bereichen) berechnen. Eine weitere wirksame Kontrolle ist die visuelle Überprüfung der Anpassungsergebnisse. Das menschliche Auge ist für kleine Grauwertdifferenzen sehr empfindlich, z.B. an der Trennlinie zwischen zwei Szenen.

Die Ergebnisse aus mehreren Versuchen zur Ermittlung der günstigsten Bedingungen in den Überlappungsbereichen zeigen eindeutig, daß die Forderung nach einer minimalen Differenz zwischen den Summenhistogrammen die besten Ergebnisse liefert. Eine vergleichende Untersuchung in einem Ausschnitt aus dem Überlappungsbereich zweier LANDSAT-MSS-Szenen (Kanal 7) aus Ägypten soll diese Aussage als Beispiel belegen. Das Gebiet stellt einen Teil der Western Desert dar, den Bereich der Oase Dakhla.

Die Berechnung der mittleren Fehler pro Pixel erfolgt aus Doppelmessungen mit einer Messungszahl von 202176 Pixel nach den Formeln

$$m = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \quad \text{und} \quad m_{\text{Mittel}} = \pm \frac{m}{\sqrt{2}}$$

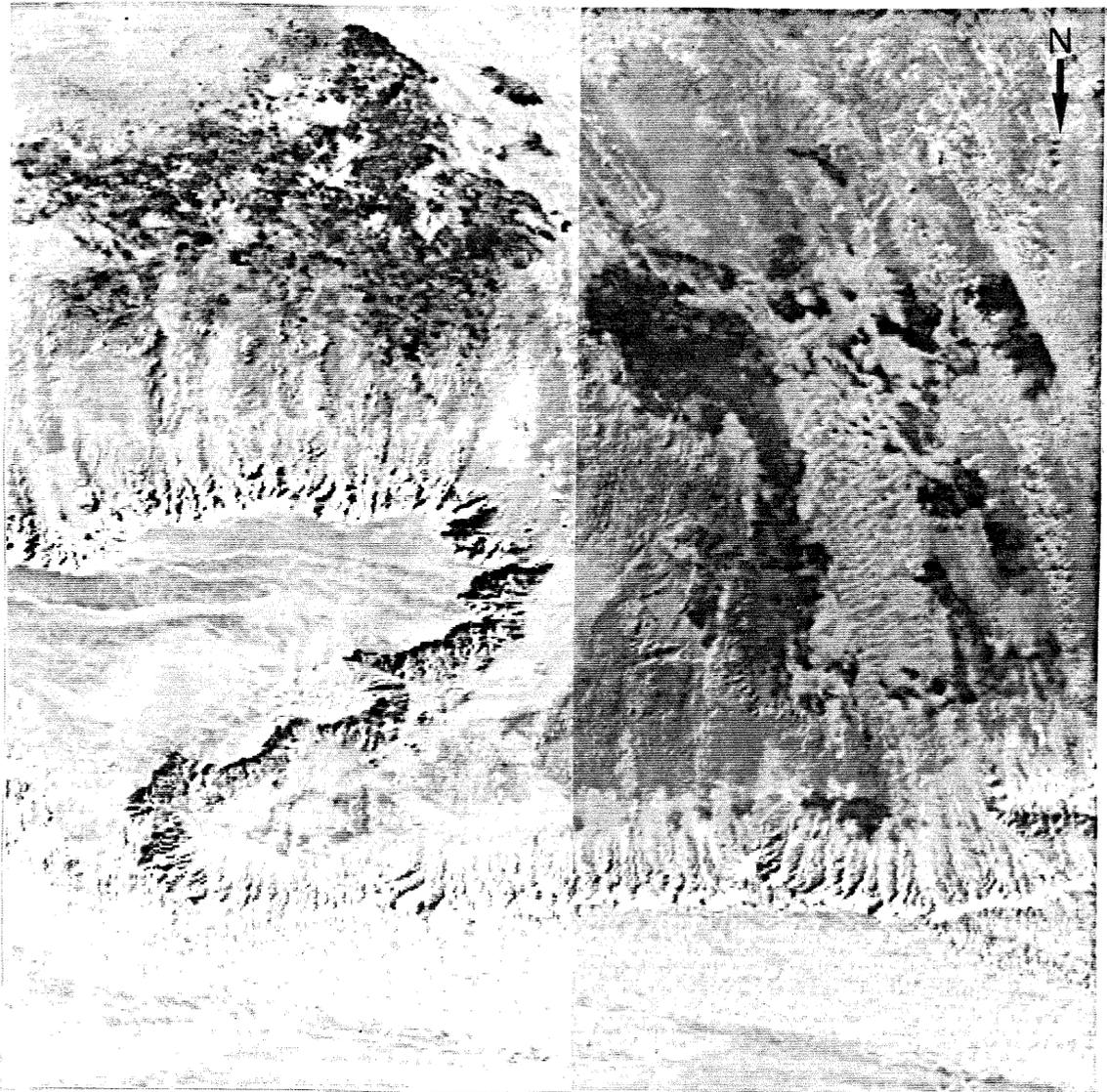


Abb.4 Bildmosaik ohne radiometrische Korrektur  
 Oase Dakhla, Ägypten,  
 LANDSAT-MSS, Kanal 7, vom 12.11.1972 und 4.1.1973  
 Maßstab  $\approx 1:250\ 000$

Die mittleren Fehler des Mittels aus zwei Messungen ergeben sich zu:

$$m_{\text{Mittel}} = \pm 36 \text{ Grauwerte}$$

ohne radiometrische Anpassung der beiden Szenenausschnitte,

$$m_{\text{Mittel}} = \pm 4 \text{ Grauwerte}$$

mit radiometrischer Anpassung über das Verfahren der gleichen Histogrammbe-  
 reiche,

$$m_{\text{Mittel}} = \pm 2 \text{ Grauwerte}$$

mit radiometrischer Anpassung über das Verfahren der Summenhistogramm-  
 Anpassung.



Abb. 5 Bildmosaik der Abb. 4 nach radiometrischer Korrektur durch Summenhistogrammanpassung

Zum Vergleich der berechneten Werte mit den Bilddaten dienen die Abbildungen 4 und 5. Sie sind durch Zusammenfügen der beiden LANDSAT-MSS-Ausschnitte zu einem Bild entstanden. Im Überlappungsbereich werden in diesem Fall keine Mittelwerte gebildet. Das bedeutet, daß zwischen beiden Szenen eine scharfe Trennlinie vorhanden ist. Diese Trennlinie ist in Bild 4 klar erkennbar, da in diesem Fall keine radiometrische Korrektur durchgeführt wurde. Die in Abbildung 5 dargestellten Daten sind hingegen vor dem Zusammensetzen mit der Summenhistogrammanpassung radiometrisch angeglichen worden; die in Abbildung 4 störenden sehr starken Unterschiede zwischen beiden Szenenausschnitten sind vollständig verschwunden.

Das Beispiel zeigt sowohl anhand der mittleren Fehler als auch visuell, daß sich das Verfahren der Summenhistogrammanpassung zur radiometrischen Korrektur von Bildmosaiks sehr gut eignet. Für die Überlappungsbereiche ergibt sich somit die Forderung nach Minimierung der Differenzen zwischen den Summenhistogrammen. Aufgrund dieser Bedingung werden für die einzelnen Szenen Korrektur-

tabellen berechnet, die diese so verändern, daß ein homogenes Gesamtbild des ganzen Szenenverbandes entsteht.

Zur Berechnung der Korrekturwerte sind mehrere Ansätze denkbar. Es ist z.B. möglich, eine Szene als Referenzbild zu benutzen und alle weiteren Satellitenbilder an diese anzupassen. Dieses Verfahren führt zu einer sehr ungünstigen Fehlerfortpflanzung und ist außerdem von der zufälligen Wahl des Anfangsbildes abhängig.

In dem hier vorgestellten Verfahren zur radiometrischen Mosaikbildung wird eine gemeinsame Ausgleichung aller beteiligten Szenen durchgeführt. Diese Methode ergibt über den ganzen Bildverband eine ausgewogene Grauwertverteilung, die aufgrund der großen Zahl von Überbestimmungen sicher ermittelt werden kann.

Die Ausgleichung erfolgt für jeden Spektralkanal separat. Als Ergebnis der Berechnungen wird für jede Szene eine Korrekturtabelle zur Veränderung der ursprünglichen Grauwertverteilung ermittelt. Als Unbekannte der Ausgleichung ist somit die Anzahl der Pixel pro Grauwertklasse definiert. Das ergibt für jede Szene 256 Unbekannte. Als Beobachtungen dienen Grauwerthäufigkeiten (Histogramme), die in den Überlappungsbereichen benachbarter Bilder ermittelt werden. Da jede Szene zwischen 3 und 8 Nachbarn hat, ergeben sich zwischen  $3 \cdot 256$  und  $8 \cdot 256$  Beobachtungen pro Satellitenbild. In dem in Abbildung 3 schematisch dargestellten Fall erhält man  $20 \cdot 256 = 5120$  Unbekannte. Die Anzahl der Beobachtungen beträgt 26112\*, der Freiheitsgrad liegt somit bei 20992.

Die Überlappungsbereiche zwischen den Szenen sind unterschiedlich groß. Die Histogramme dürfen somit nicht als gleichgewichtig eingeführt werden. Proportional zur Größe der Überlappungsbereiche werden Gewichte angesetzt.

Die Ausgleichungsbedingung wird, wie vorher beschrieben, so festgelegt, daß die Differenzen der Summenhistogramme in diesen Gebieten zum Minimum werden. Mit den aus der Berechnung erhaltenen Zuweisungstabellen werden die einzelnen Szenen transformiert. Die so radiometrisch angepaßten Satellitenbilder werden in Nachbearbeitungsschritten zu einem homogenen Gesamtbild zusammengefügt.

#### 4. Nachbearbeitung des Bildverbandes

Die Nachbearbeitung wird in zwei Schritten durchgeführt. Zunächst werden die Mehrfachinformationen in den Überlappungsbereichen eliminiert. Zu diesem Zweck wird in den einzelnen Überlappungsbereichen durch den Bearbeiter in interaktiver Arbeitsweise am digitalen Bildverarbeitungssystem eine Trennlinie zwischen den Szenen definiert. Von dieser Trennlinie ausgehend werden kleine Rest-Grauwertunterschiede durch gewichtete Mittelbildung beseitigt. Für jedes Pixel des gesamten Bildverbandes existiert nach den Mittelwertbildungen nur noch ein Grauwert pro Spektralkanal.

---

\* Berechnung der Anzahl der Beobachtungen aus der Anzahl der Überlappungsbereiche pro Szene in dem Beispiel aus Abbildung 3:

$$[(3+4)+(3+5+7+7)+(5+8+8+8+5)+(3+7+8+7+3)+(3+5+3)] \cdot 256 = 26112$$

Im letzten Bearbeitungsschritt wird die ganze Bildkarte mittels Kontrastverbesserung und Helligkeitsvariation so verändert, daß alle 256 möglichen Grauwerte genutzt sind und somit die optimale Bildwiedergabe gewährleistet ist. Hierzu bieten sich mehrere Möglichkeiten an. In den meisten Fällen ist zuerst die Berechnung der statistischen Grauwertverteilung im gesamten Bildverband notwendig. Anschließend wird eine Korrekturtabelle zur Helligkeits- und Kontrastverbesserung berechnet. Mit dieser Tabelle werden die Bilddaten transformiert.

Eines der Verfahren zur Berechnung der Korrekturtabelle beinhaltet eine Verschiebung bzw. Dehnung des Histogramms des Bildverbandes. Das dunkelste Bildelement wird auf diese Weise dem Grauwert 0 zugeordnet, das hellste dem Grauwert 255. Die Verschiebung bzw. Dehnung des Histogramms kann auch in Abhängigkeit von der Lage des Histogramm-Maximums im dunklen und hellen Bereich des Bildes getrennt vorgenommen werden.

Mit einem anderen Verfahren, der Histogrammlinearisation, wird eine Gleichverteilung der Pixel auf alle Grauwertklassen angestrebt. Hierzu werden die Klasseninhalte so umverteilt, daß das Summenhistogramm des Bildverbandes einer Geraden zwischen dem Minimum in Grauwertklasse 0 und dem Maximum in Klasse 255 angeglichen wird.

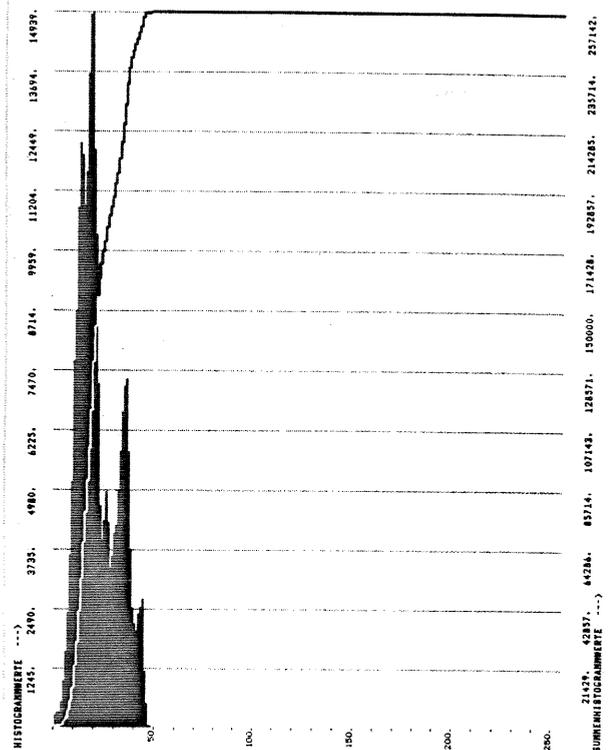
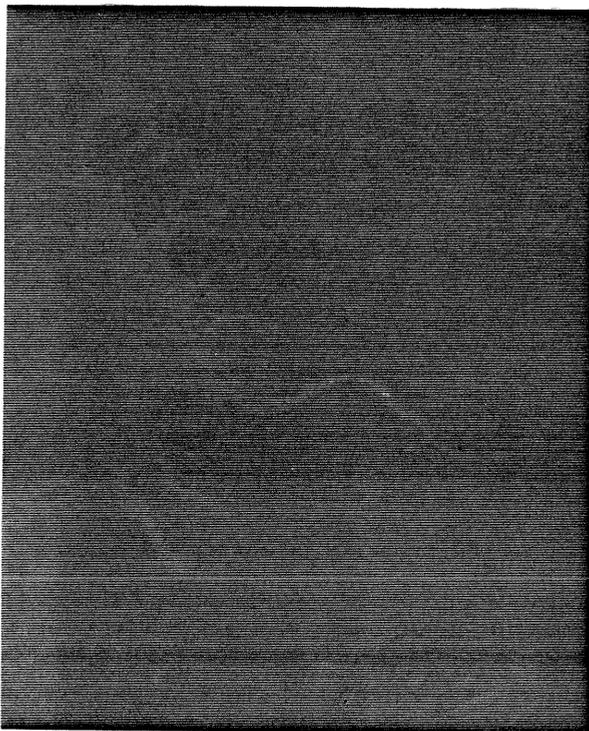


Abb. 6a Ausschnitt aus den Originaldaten einer HCMM-Szene von Schleswig-Holstein vom 7.10.1979, Thermalkanal, Nachtaufnahme, Maßstab  $\approx 1:2\,500\,000$

Abb. 6b Statistische Verteilung der Grauwerte in den Originaldaten



Abb. 7a Kontrastverstärkte Bilddaten der Abb.6a nach der Histogrammlinearisation  
Maßstab  $\approx 1: 2\,500\,000$

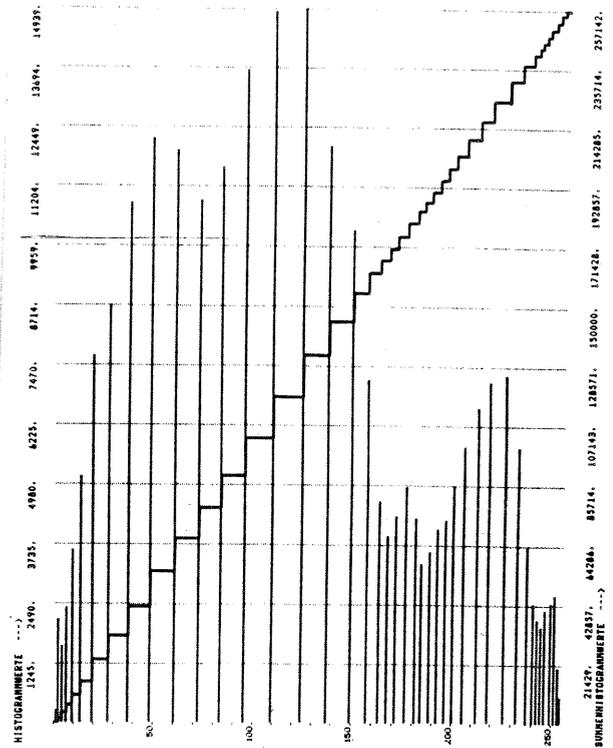


Abb. 7b Statistische Verteilung der Grauwerte nach der Histogrammlinearisation

In einem abschließenden Beispiel soll die Wirkungsweise eines der erläuterten Ansätze verdeutlicht werden. Die verwendeten Daten zeigen einen Ausschnitt aus einer HCMM-Szene von Schleswig-Holstein (Norddeutschland). In Abbildung 6 sind die Originaldaten mit dem zugehörigen Histogramm und Summenhistogramm dargestellt. Bild 7 zeigt die Ergebnisse einer Histogrammlinearisation.

Nach Abschluß der Nachbearbeitungsschritte ist die digitale radiometrische Mosaikbildung beendet. Dem Benutzer steht nun ein homogener Bildverband in Form einer, den ganzen Block überspannenden, Matrix zur Verfügung. Die Daten können auf digitale Art im Bildverarbeitungssystem weiter bearbeitet oder zur Erzeugung einer Bildkarte z.B. auf einem Trommelplotter ausgegeben werden.

## 5. Ausblick

Für die praktische Realisierung des hier vorgestellten Verfahrens zur radiometrischen Mosaikbildung aus Satellitenbildern sind viele spezielle Software-Bausteine für die digitale Bildverarbeitungsanlage entwickelt und vielversprechende Ergebnisse erzielt worden (vergleiche /7/). Bisher ist es leider nur möglich, das Verfahren mit relativ kleinen Datenmengen durchzuführen (maximal 4 Bilder zu je 512·512 Pixel). Ein Ausbau der Software zu einem Programmsystem für die simultane Bearbeitung mehrerer Satellitenszenen (maximal ca. 900Mbyte) wird zur Zeit durchgeführt, nachdem die Hardware der Bildverarbeitungsanlage des Fachgebietes Photogrammetrie und Kartographie der TU Berlin im Winter 1983/84 entsprechend erweitert wurde. Nach Abschluß dieser Entwicklungen werden großformatige Bildmosaiks mit guter Bildqualität und hoher relativer radiometrischer Genauigkeit erzeugt werden können.

## 6. Literatur

- /1/ ALGAZI,V.R. und FORD,G.E.: Radiometric Equalization of Nonperiodic Striping in Satellite Data. Computer Graphics and Image Processing 16 (1981) S.287-295.
- /2/ AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY: Manual of Remote Sensing. Second Edition, Falls Church 1983, 2724 S.
- /3/ BERNSTEIN,R.: Digital Image Processing of Earth Observation Sensor Data. IBM Journal of Research and Development 20 (1976) S. 40-57.
- /4/ GEOGRAPHICAL SURVEY INSTITUTE, JAPAN: Color Photomosaics from LANDSAT-MSS Data. Bulletin of the GSI 25 (1981) S.68-76.
- /5/ GÖPFERT,W.: Ein Entzerrungsverfahren zur Herstellung digitaler Orthophotos. Bildmessung und Luftbildwesen 49 (1981) S.117-125.
- /6/ KÄHLER,M. und KÖNIG,G.: Radiometrical Image Enhancement for Satellite Image Maps. Berliner Geowiss. Abhandlungen, Reihe A, Band 50, Berlin 1984, 14 S.
- /7/ KÄHLER,M. und KÖNIG,G.: RABIVE-Ein Echtzeitprogrammsystem zur radiometrischen Bildverarbeitung. Bildmessung und Luftbildwesen 52 (1984), Heft 3.
- /8/ MEHLBREUER,A. und MILKUS,I.: Geometrical Image Processing for the Production of Satellite Image Maps. Berliner Geowiss. Abhandlungen. Reihe A, Band 50, Berlin 1984, 14 S.
- /9/ MILKUS,I.: Geometrische Entzerrung von Satelliten-Bilddaten zur Herstellung von Bildkarten arider Gebiete. Presented Paper, Int. Congress for Photogrammetry and Remote Sensing, Commission III, Rio de Janeiro 1984, 8 S.
- /10/ MURAI,S., OKUDA,T. und AKIYAMA,M.: Digital Mosaic of Color Aerial Photographs. Presented Paper, Int. Congress for Photogrammetry and Remote Sensing, Commission IV, Hamburg 1980, S.570-578.
- /11/ PRATT,W.K.: Digital Image Processing, New York 1978, 750 S.
- /12/ SCHULZ,B.-S.: Radiometrische Korrektur von LANDSAT-Daten. Bildmessung und Luftbildwesen 49 (1981) S.43-50.
- /13/ SLATER,P.N.: Remote Sensing: Optics and Optical Systems. Reading 1980, 575 S.
- /14/ SLATER,P.N.: Absolute Radiometric Calibration of Advanced Remote Sensing Systems. Internat. Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'82), München 1982, Vol.I, 6 S.
- /15/ U.S. GEOLOGICAL SURVEY: LANDSAT Data Users Handbook. Arlington 1979, 202 S.