

Kommission VII-3

Michael Sartori

AUSTROPLAN-SPACETEC, Wien und SPACETEC Datengewinnung GmbH,  
Freiburg i.Br.

Technische Verbesserung der Fernerkundungsinterpretation  
bei Gewässeruntersuchungen

Zusammenfassung

Für die Interpretation ist die flächendeckende Erarbeitung und Darstellung der Ergebnisse eines mathematischen Modells notwendig. Solche Modelle werden mit Fernerkundungsdaten und Daten von Zusatzmessungen versorgt.

Aufnahmetechnik, geometrische Bildverzerrung, physikalisch richtige Behandlung bei der Gewinnung der Modell-Inputgrößen, sowie die Datendarstellung werden an praktischen Beispielen bei Gewässeruntersuchungen demonstriert.

## Technische Verbesserung der Fernerkundungsinterpretation bei Gewässeruntersuchungen

### 1. Das Temperaturbild

Für die Bestimmung des Anteiles der Energie eines Gewässers, das durch Verdunstung und durch konvektiven Wärmeübergang dem Wasserkörper entzogen wird, ist die Messung und Aufbereitung der Eingangsgrößen für den entsprechenden mathematischen Formalismus notwendig. Diese Eingangsgrößen, z.B. Lufttemperatur, Luftbewegung, Wasseroberflächentemperatur usw., werden durch sehr unterschiedliche Meßmethoden besorgt. Ein Teil davon ist das Ergebnis von Fernerkundungsmessungen, z.B. die Ermittlung der Gewässeroberflächentemperatur durch Infrarotscannermessung.

Der Gegenstand dieser Präsentation ist die Entwicklung und Anwendung von Verfahren, die es erlauben, für jedes Flächenelement des Untersuchungsgebietes räumlich und zeitlich korrekte Eingangsgrößen, z.B. für die Berechnung der Formeln des Energieflusses durch die Wasseroberfläche zu erhalten. Dieses Problem ergibt sich aber auch allgemein für alle Fernerkundungsaufgaben, die eine quantitative Wiedergabe der Resultate zu Ziel haben.

In unserem Fall liegt die Aufgabe vor, ein Oberflächentemperaturbild eines Gewässers in Form von

$$T(x, y, t_1)$$

zu gewinnen. Eine geometrisch exakte Wiedergabe zum Zeitpunkt  $t_1$  kann weiters erforderlich sein, um in Verbindung mit Temperaturmessungen im Inneren des Wasserkörpers Interpolationen für ein dreidimensionales Temperaturfeld ausführen zu können.

Eine Befliegung des Gewässerabschnittes mit einem Infrarotscanner, der für eine Aufnahme im 8 - 14  $\mu\text{m}$  Band ausgerüstet ist, ergibt nun ein Temperaturbild

$$T(x', y', t)$$

Das heißt, es ergibt sich zunächst eine geometrisch verzerrte Scanneraufnahme im Koordinatensystem  $(x', y')$  und im Zeitintervall  $t_m - t_n$  mit

$$t_m \leq t \leq t_n, \quad t_m \leq t_1 \leq t_n$$

Abb.1 gibt diesen Sachverhalt als Meßcharakteristik im Raum-Zeitsystem wieder.

Um eine Kalibrierung der Scannermessung durchführen zu können, werden an mehreren Stellen  $x^*$ , ( $x_a^* \leq x^* \leq x_b^*$ ) Messungen in der Luft, an der Wasseroberfläche und im Wasserkörper gemacht. Für unser Thema ist zunächst die Messung der Wassertemperatur entlang einer Meßstrecke senkrecht zur Wasseroberfläche bedeutend.

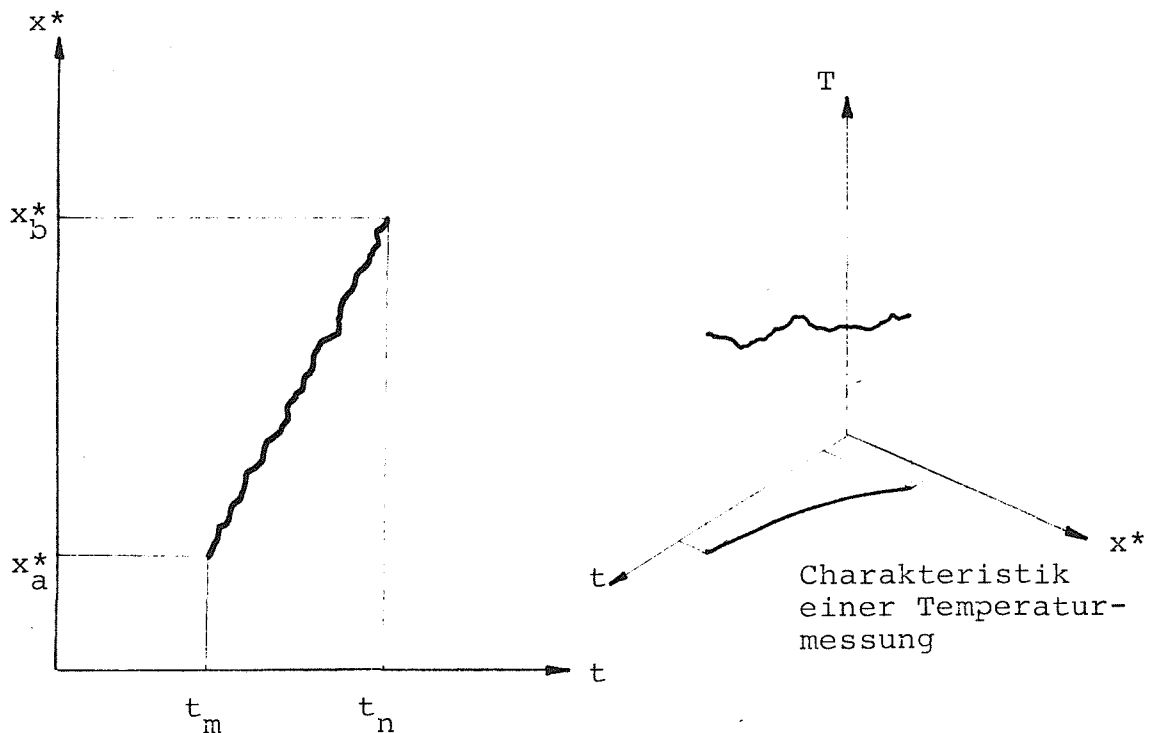


Abb.1 Raum - Zeit - Charakteristik der Scanneraufnahme.  $x^*$  ist eine Substitution für  $(x,y)$ . Die unregelmäßige Charakteristik zeigt die komplizierten geometrischen Verzerrungen einer Flugzeug - Scanneraufnahme.

In Abb.2 ist nun der Sachverhalt anhand von zwei Temperaturmessungen als Erweiterung von Abb.1 dargestellt.

Die unterbrochenen Linien über den Thermometer-Charakteristiken (II) weisen auf die unterschiedlichen Meßmethoden hin (Thermometer im Wasser, Scannerstrahlungstemperaturmessung an der Oberfläche). An den Stellen A und B können nun Verbindungen zwischen beiden Meßmethoden hergestellt werden, um von anderen Punkten der Scannercharakteristik auf Temperaturen im Wasserkörper (ein wenig unter der Oberfläche) oder an den Punkten C und D auf Oberflächentemperaturen schließen zu können.

Wenn das Untersuchungsgebiet und die Untersuchungszeit nicht zu groß sind, kann man die Scannermessung (I) als eine Temperaturmessung auf der senkrechten Charakteristik (III) betrachten.

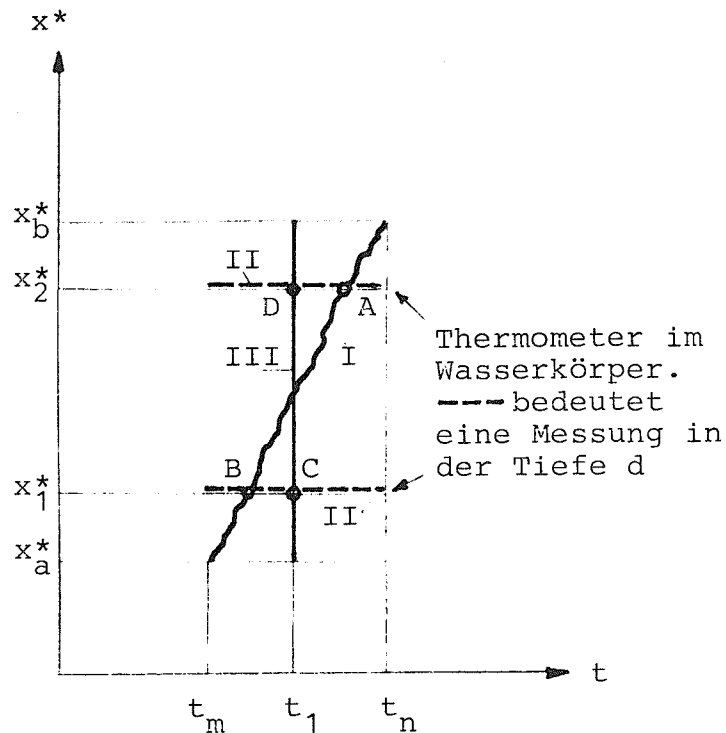


Abb.2 Charakteristiken der Temperaturmessungen.  
 IR-Scanner (I) und Thermometer (II)  
 III stellt die Charakteristik des gesuchten  
 Ergebnisses dar.

Verfahrens- und Interpretationsschritte, die notwendig sind, um zu einer Temperaturbeschreibung an der Oberfläche und in der Tiefe  $d$  zu kommen.

- Geometrische Entzerrung der Scanneraufnahmen bzw. der zugehörigen Daten (Begradigung der Scannercharakteristik in Abb.2)
- Bestimmung des Temperaturgradienten senkrecht zur Wasseroberfläche knapp über und knapp unter der Oberfläche an den Punkten A und B (Abb.2)
- Temperaturkarte. Angabe der Temperaturen über der Charakteristik III (Ergebnis) in der Form  $T(x,y,t_1)$  (oder vereinfacht über I).

Die bei Oberflächentemperaturmessungen mit Strahlungsthermometern auftretenden Temperaturdifferenzen zwischen Oberfläche und oberflächennahen Meßpunkten (Thermometer im Wasser) hängen im

wesentlichen von dem Zustand der Luft ab. Der durch Verdunstung und konvektiven Wärmeübergang hervorgerufene Energiestrom ergibt bei konstanten Strömungsverhältnissen im Wasser die Temperaturdifferenz, die nach entsprechender Bestätigung durch die meteorologischen Messungen auf das Untersuchungsgebiet angewendet werden kann.

Ein entscheidender Schritt ist hier die Auswertung der Daten an den Wassertemperaturmeßstellen (Punkte A und B in Abb.2) unter folgenden Voraussetzungen:

- a) Die Wassertemperaturmeßstelle darf nicht in einem Gebiet mit hohem horizontalem Temperaturgradienten liegen;
- b) Der Ort der Wassertemperaturmeßstelle muß genau vermessen werden, um für weitere Bearbeitungsschritte im Kartenkoordinatensystem zusammen mit den geometrisch entzerrten Scanner-Temperaturmeßwerten verarbeitet werden zu können;
- c) Mittelung der Temperaturen der neun Bildpunkte, die die Stelle der Wassertemperaturmessung umgeben, um Positions- und Strahlungstemperaturmeßfehler zu vermindern (3 x 3 pixel Mittelwert);
- d) Angabe der Meßzeit.

## 2. Geometrische Entzerrung

Die Entzerrung erfolgt über den Weg der Bestimmung der Verzerrungsvektoren in einem Stereokomparator. Als Basis dient eine Karte oder ein Orthofoto. Bei Gewässern mit flachen Uferböschungen können bei verschiedenen Wasserständen starke seitliche Verschiebungen von Details stattfinden, die in Verbindung mit dem Pegelstand stehen. Aus diesem Grund kann es wichtig sein, Luftbilder gleichzeitig mit den Scanneraufzeichnungen anzufertigen. In dem gezeigten Beispiel wurden Scanneraufnahmen einer 25 km langen Flußstrecke des Rheins geometrisch entzerrt.

Für die geometrische Entzerrung werden mit dem Datendarstellungssystem GOBI zunächst die Scannerdaten auf 24 cm Farbfilm dargestellt und dann im Stereokomparator mit einer Orthofotovorlage verglichen.

Bei diesem Vorgang wurden die Verzerrungsvektoren an ungefähr 100 Punkten pro Flugstreifen (ca. 5 km Länge) bestimmt und durch quadratische Interpolation auf ein Raster umgerechnet. Dieses Raster entspricht dem Bildpunktraster der Scanneraufzeichnung. Als primäres Ergebnis gilt das geometrisch entzerrte computercompatible Magnetband (RCCT).

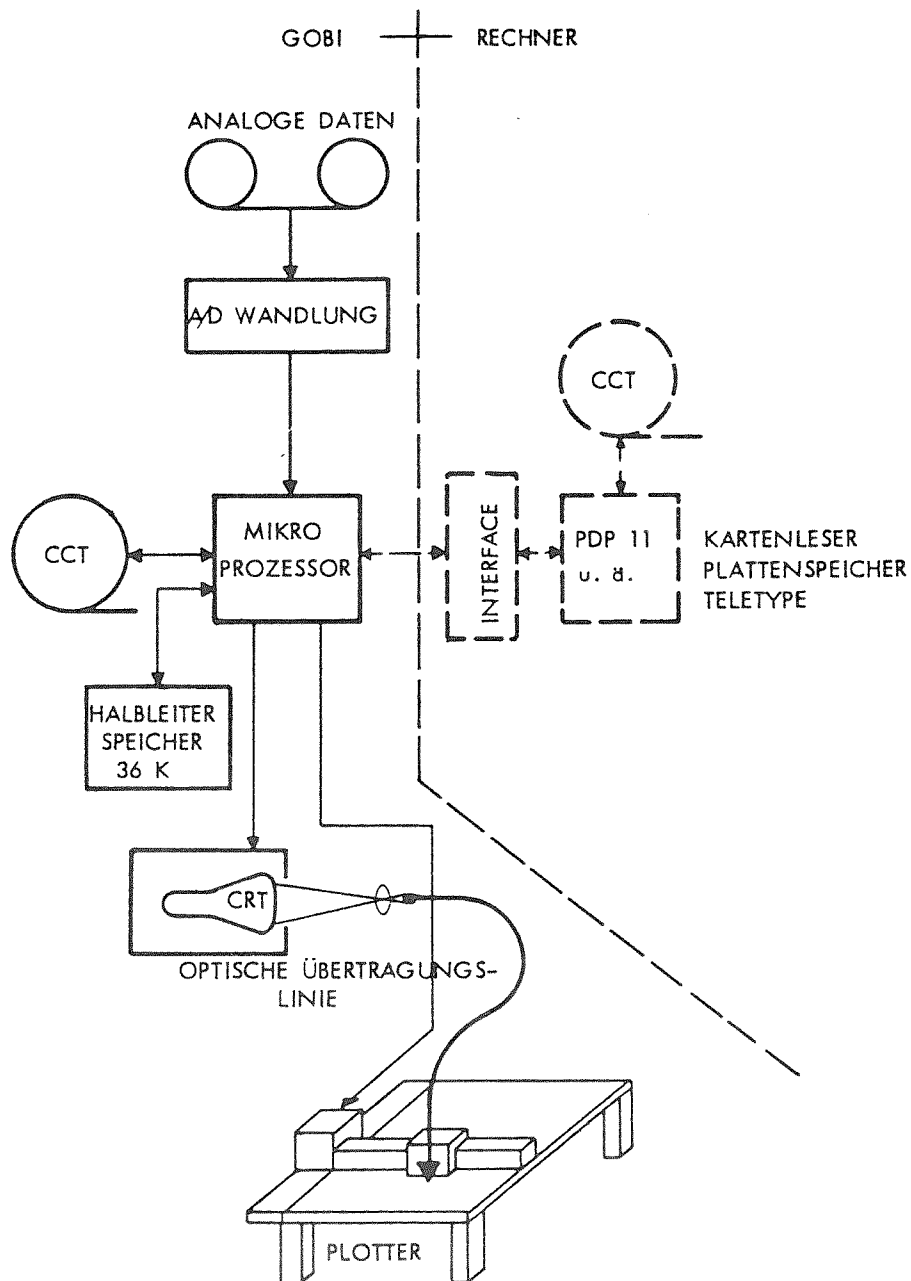


Abb.3 Funktionsschema des großformatigen, digitalen Farbbildausgabesystems GOBI.  
 Anwendung: Herstellung großformatiger Scannerbilder oder Bildmosaiken im endgültigen Maßstab und Format für den Nutzer bis DIN A0.

### 3. Datendarstellung

Zur Scannerdatendarstellung bzw. zur Herstellung thematischer Karten wurde das bei uns entwickelte großformatige, digitale Farbbildausgabesystem GOBI verwendet.

Bei GOBI wird eine ebene Filmfläche belichtet, was im Gegensatz zu Systemen, die Bilder auf Zylinderoberflächen produzieren, den Vorteil der Herstellung großer oder langer und schmaler Bildformate ergibt. So können Filmblätter bis zum Format DIN A 0 (1 m<sup>2</sup>) mit digitalen Bildern bei einer Pixelpositionsgenauigkeit von 2,5 µm belichtet werden. Die Ergebnisse können in 3, 4 oder 5 bit-Farbcodierung (8, 16 oder 32 Farben) hergestellt werden.

Eine Besonderheit von GOBI stellt der Bildaufbau aus 96 x 96 Bildpunktmatritzen dar. Die Abkehr vom Zeile-für-Zeile-Bildaufbau war notwendig, um mit der entsprechenden Genauigkeit große Bildverbände herstellen zu können.

In Abb.3 ist das Funktionsschema von GOBI dargestellt. Ein Mikroprozessor formatiert die eingegebenen Bilddaten auf die Matrixeinheiten (96 x 96 Pixel) um und ermöglicht die Darstellung einer Matrix auf einem Farbbildschirm. Eine Glasfaseroptik als Übertragungstrecke zwischen Bildschirm und koordinatengesteuertem Belichtungsobjektiv ergibt die Filmbelichtung, die mäanderförmig durchgeführt wird.

Die Herstellung von Bildern in freiwählbaren Maßstäben oder mit nicht quadratischen Pixeln wird durch eine kontinuierliche Maßstabsvariation in x und y Richtung (voneinander unabhängig) ermöglicht.

Diese Präsentation soll zeigen, daß durch die Verfügbarkeit laufend verbesserter Verfahren und Geräte die Fernerkundung zum nützlichen und unentbehrlichen Werkzeug großräumiger Untersuchungen geworden ist. Die manchmal verwendete vergleichende Gegenüberstellung von Fernerkundung und "anderen" Meßmethoden erweist sich so als Mißverständnis, da es meist nur e i n e vernünftige Kombination von Meßverfahren, einschließlich der Fernerkundungstechniken, zur Lösung von Aufgabenstellungen gibt.

#### Literatur

- Hruska, H.: GOBI a Large Color Printer for Rectification and Image Mosaics. Proceedings of the International Symposium on Image Processing. October 1977. Graz, Austria.
- Glaser, H.: Die Wärmeabgabe künstlich erwärmter Fließgewässer. Chem.Ing.Tech.49(1977)Nr.5, S.381.
- AUSTROPLAN Auftragsforschung.
- SPACETEC Auftragsforschung.