

Carinthia II	171./91. Jahrgang	S. 475-490	Klagenfurt 1981
--------------	-------------------	------------	-----------------

Fernerkundung, ein Forschungsschwerpunkt am Institut für Geographie der Universität für Bildungswissenschaften Klagenfurt

Von Martin SEGER und Peter MANDL

Mit 10 Abbildungen

Zusammenfassung: Am Institut für Geographie der Universität Klagenfurt ist ein Forschungsschwerpunkt „Fernerkundung und Luftbildforschung“ eingerichtet, dessen digitales Bildverarbeitungssystem in Konfiguration und Leistungsfähigkeit beschrieben wird. Knappe Angaben zu Grundlagen der Fernerkundung und der digitalen Bildverarbeitung sowie Beispiele von Bildverarbeitungen, die am Institut für Geographie erstellt wurden, ergänzen diesen Bericht.

Abstract: A system for image analysis and image processing has started to work on the Institute of Geography, University of Klagenfurt. The hardware configuration and the processing abilities are discussed. A short outline in physical background of remote sensing and in pattern recognition is given. Some examples of first results of image processing are presented.

EINLEITUNG

Unter dem Begriff Fernerkundung oder remote sensing werden alle Verfahren verstanden, die sich mit der Messung von Objekteigenschaften über eine räumliche Distanz befassen. Die Erfassung der räumlichen Ausdehnung von Objekten ist darüber hinaus überall dort auch Aufgabe der Fernerkundung, wo die gewonnenen Daten zu bildhafter und kartenähnlicher Information zusammengesetzt werden sollen. Im weiteren Sinne zählen daher die herkömmliche Luftbildmessung und die Luftbildinterpretation zu Fernerkundungsverfahren, allgemein wird darunter aber die Anwendung vergleichsweise neuer Technologien verstanden.

Beginnend mit Anwendungen während des II. Weltkrieges (Enttarnungsfilm, Radar und andere Ortungsverfahren), hat sich die Fernerkundung

gerade in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der Entwicklung der Raumfahrt und der elektronischen Datenverarbeitung entscheidend weiterentwickelt. Weite Bereiche der Fernerkundungsverfahren stehen heute der nichtmilitärischen Erforschung der Erdoberfläche zur Verfügung. So haben sich auch in Österreich remote-sensing-Untersuchungen zu Fragen der Raumordnung, der Regionalplanung und des Umweltschutzes wie bei Problemen der status-quo-Erfassung von verschiedenen Tatbeständen bewährt. Die Ergebnisse der Fernerkundung in bildhafter oder datenmäßiger Form sind dabei in der Regel unterstützende Fakten zu bestimmten Aussagen. Diesen Fakten kommt aufgrund ihrer wissenschaftlichen Kriterien der Meßbarkeit besonderes Gewicht zu. Auf die Eichung der Daten durch begleitende Messung am Objekt wird dabei besonders verwiesen.

Der unterschiedlichen Anwendung der Fernerkundung entsprechend, korrelieren diese Methoden gut mit dem interdisziplinären Ansatz des Faches Geographie. Hierin und in der entwicklungssträchtigen Zukunft dieses Gebietes liegt die Absicht des Institutes für Geographie der UBW begründet, Fernerkundung zu einem Arbeits- und Forschungsschwerpunkt des Institutes auszubauen. Die dazu notwendige gerätetmäßige Ausstattung wurde der Universität mit Hilfe des Kärntner Hochschulfonds dankenswerterweise vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung im Zuge der Errichtung eines Institutes für Geographie zur Verfügung gestellt.

Weil Fernerkundung ein vergleichsweise junges Forschungsgebiet darstellt, wird es für sinnvoll erachtet, im folgenden einige Grundsätze des remote sensing, die Bildverarbeitungsanlage am Institut für Geographie sowie die Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung in knapper Form vorzustellen.

GRUNDPRINZIPIEN DER FERNERKUNDUNG

1. Fernerkundung und elektromagnetisches Spektrum

Zum Verständnis der Arbeitsweise unterschiedlicher Fernerkundungsverfahren (FE-Verfahren) ist die Rekapitulation einiger physikalischer Grundlagen notwendig, denn die Basis aller FE liegt darin begründet, daß konkrete Objekte und/oder Eigenschaften durch die Aussendung objekt- oder eigenschaftsspezifischer physikalischer Erscheinungen, nämlich elektromagnetischer Wellen, identifizierbar sind. Aus der gesamten Breite des elektromagnetischen Spektrums sind jedoch nur bestimmte Bereiche, nämlich die der „Optischen Wellenlängen“ und die der Mikrowellen im Radarbereich, für die FE verwendbar (Abb. 1).

Elektromagnetische Wellen können durch ihre Frequenz (Schwingungen pro Sekunde) oder durch ihre Wellenlänge definiert werden. Aktive FE-

Verfahren arbeiten in vergleichsweise langwelligem Bereich nach dem Sender-Rückstrahlung-Empfänger-System (Radar), sie werden hier nicht weiter besprochen.

Passive FE-Verfahren arbeiten ohne künstliche Strahlungsquelle (Sender). Sie nutzen die Abstrahlung jener kurzwelligen Bereiche des Spektrums, die durch mechanische Systeme mit Linsen, Prismen oder Spiegeln so auf Datenträger (Film, Magnetband) gespeichert werden, daß eine dauerhafte Informationssicherung und eine der Messung nachfolgende Datenauswertung und Datenverarbeitung möglich werden.

Verfahren, die in diesem Wellenlängenbereich arbeiten, werden „Optische Verfahren“ genannt. Sie umfassen (Abb. 1) Teile des ultravioletten, den sichtbaren und den infraroten Bereich des Spektrums. Je nach geforderter spektraler Reichweite und der gewünschten Art der Datendokumentation kommen photographische und nichtphotographische Verfahren zum Einsatz.

Bei passiven FE-Systemen stammt die von den zu messenden Objekten reflektierte oder emittierte Energie aus dem Strahlungsspektrum der Sonne. Dieses ist in bezug auf die Strahlungsintensität nicht gleichmäßig, sondern zeigt ein Optimum im Bereich des sichtbaren Lichtes und des benachbarten Infrarot. Die unterschiedliche Strahlungsintensität folgt der Abstrahlungskurve eines Schwarzkörpers von 5800° K, was der Temperatur der Sonnenoberfläche entspricht (Abb. 2). Von dieser Strahlung unterschiedlicher Intensität und Wellenlänge wird ein bestimmter Teil durch die Moleküle in der Atmosphäre absorbiert (Abb. 2). FE-Messungen sind nur im Bereich hoher Transmission durch die Atmosphäre möglich.

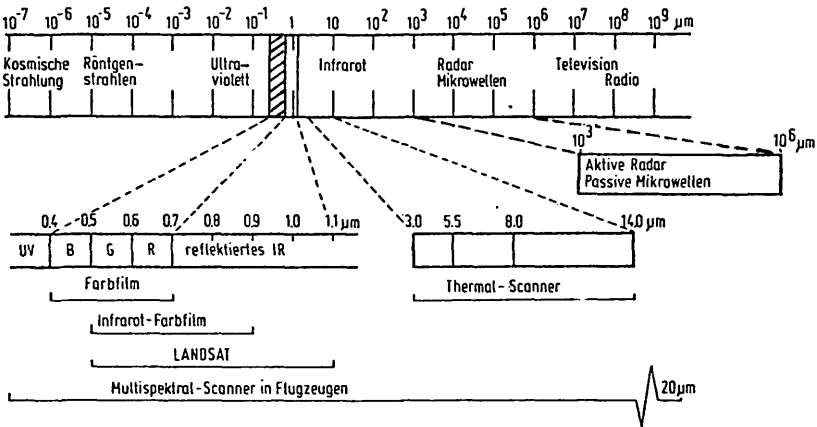


Abb. 1: Das elektromagnetische Spektrum und die Spektralbereiche unterschiedlicher Fernerkundungssysteme. Quelle: HABERÄCKER 1977, verändert.

Die gemessene, vom Meßobjekt remittierte Strahlung setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Die vom Objekt nicht absorbierte Strahlung wird diffus reflektiert (Körperfarbe). Beleuchtungsunterschiede in bezug auf die Lage des Objektes zum jeweiligen Sonnenstand variieren diese Reflexion (Objekthelligkeit). Die Abstrahlung (Emission) objekt-spezifischer Wärmemengen wird im Bereich des thermischen Infrarot mittels spezifischer Sensoren (Thermalscanner) erfaßt (Oberflächentemperatur).

2. Aufnahmegeräte und Geräteträger, die spektrale Differenzierung

Grundsätzlich sind photographische und nichtphotographische Verfahren zu unterscheiden. Photographische Verfahren haben in Abhängigkeit von der Körnung der lichtempfindlichen Schicht auf dem Film und von der Qualität des Linsensystems im Vergleich zu nichtphotographischen Verfahren aus gleicher Meßdistanz ein sehr hohes Auflösungsvermögen. Sie sind durch die oft nachteilige zentralperspektivische Abbildung und durch den Umstand gekennzeichnet, daß das Filmmaterial zur Erdoberfläche zurückgebracht werden muß.

Neben dem panchromatischen, in allen Bereichen des sichtbaren Lichtes empfindlichen Schwarzweißfilm und dem die natürlichen Farben wiedergebenden Colorfilm (die einzelnen Farbschichten sind nur für entsprechende Teile des Spektrums empfindlich) hat besonders der Infrarot-Falschfarbenfilm Bedeutung erlangt.

Hier ist die Empfindlichkeit einer Farbschicht in den Infrarotbereich ausgedehnt, was zu einer nicht den gewohnten Farben entsprechenden Abbildung führt. Der Vorteil dieses Filmtyps liegt in der sehr differenzier-

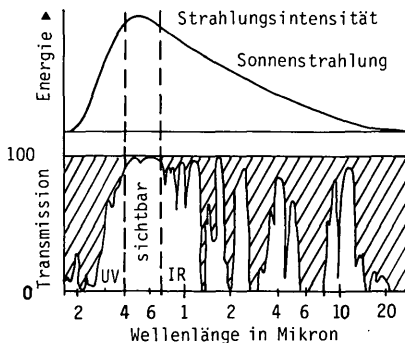


Abb. 2: Strahlungsintensität der Sonnenstrahlung und deren Transmission durch die Atmosphäre. Quelle: PLEITNER 1980, in: Internat. Archiv für Photogrammetrie, Bd. XXIII, Teil B 10, verändert.

ten Wiedergabe von Vegetationsbeständen. Die Ursache dieser Differenziertheit stellt das besondere Remissionsverhalten des Chlorophylls im Wellenlängenbereich des nahen Infrarot dar (Abb. 3).

Spektrale Differenzierung:

Wie Abb. 3 zeigt, verändert sich das Reflexionsverhalten von Pflanzenbeständen beim Übergang vom sichtbaren zum infraroten Bereich schlagartig, Vegetation erscheint in Schwarzweiß-Infrarotbild hell. Hier wird einsichtig, daß die Differenzierung von Landnutzungsklassen aufgrund deren Reflexion in verschiedenen Bereichen des Spektrums zu unterschiedlich guten Ergebnissen führen muß. Daraus wieder folgt, daß die Erfassung der objektspezifischen Reflexion nach einzelnen Spektralbereichen die Unterscheidbarkeit von Objekten erhöht, speziell, wenn die Meßwerte gleicher Objekte, aber verschiedener Spektralbereiche, miteinander verglichen, in Beziehung gesetzt werden. Soll dieser Vergleich über eine Beschreibung hinausgehen, so ist dafür der Einsatz von elektronischer Datenverarbeitung erforderlich. Diese wieder verlangt ein EDV-gerechtes Abspeichern der Meßwerte, und für das Vorhaben an sich sind Geräte notwendig, die nur Teilbereiche des Spektrums erfassen.

Beiden Forderungen werden sogenannte multispektrale Scanner gerecht.

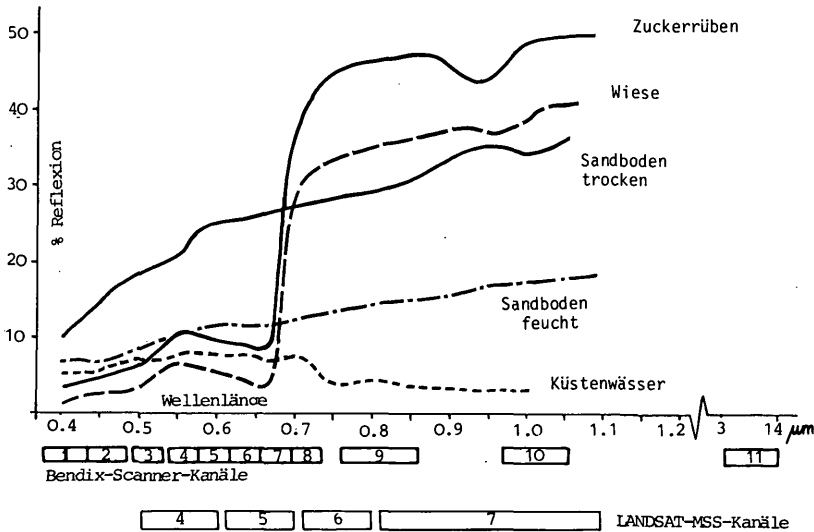


Abb. 3: Unterschiedliche Reflexion von Oberflächen in Abhängigkeit von der Wellenlänge und Meßbereiche der Spektralkanäle des LANDSAT- und des FMP-(Bendix-)Scanners. Quelle: DFVLR (1979). Wissenschaftlicher Bericht.

Nichtphotographische Verfahren:

Diese verwenden Strahlungs-Meßgeräte (Radiometer), die die Information über einen Objektpunkt messen und aufzeichnen. Solche Meßdaten sind auch durch Funksignale übermittelbar, können also z. B. in Satelliten eingesetzt werden.

Von besonderer Bedeutung für die digitale Bildanalyse ist der Umstand, daß die so verfügbaren Daten pro Bildpunkt mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren verändert, verbessert, kurz verarbeitet werden können (Bildverarbeitung).

Landsat:

Neben älteren (TIROS, NOAA) und jüngeren (METEOSAT) meteorologisch orientierten Satelliten und neben solchen für eher spezielle Projekte (SEASAT), befinden sich drei Satelliten des Typs LANDSAT (aus den Jahren 1972, 1975 und 1978), von denen die beiden jüngeren noch aktiv sind, im Raum. Sie umkreisen die Erde in einer polnahen Umlaufbahn (Scheitelpunkt der Bahn bei ca. 81° Breite) in 915 km Höhe und überfliegen unser Gebiet, etwa aus NNW kommend, jeweils gegen 9 Uhr morgens (Schattenprobleme!). Die Flugbahn ist so angelegt, daß die Bilder auch am Äquator überlappend sind, die Überlappung nimmt mit der geographischen Breite zu. Die Bahn ist sonnensynchron, d. h., daß die Überflugzeit an einem Ort stets gleich bleibt. Nach 18 Tagen wird ein Gebiet jeweils wieder überflogen. Bei geeigneten Witterungsverhältnissen werden Daten gewonnen und an die Bodenstation – für Mitteleuropa ESRIN/EARTHNET – TELESPAZIO in Fucino bei Rom – weitergegeben. Von dort können Satellitenbilddaten in digitaler Form (Band) oder als photographische Produkte erstanden werden. Für Erderkundungszwecke sind nur Aufnahmen während der Schönwetterperiode brauchbar, was verständlich macht, daß trotz der Vielzahl der Satellitenumläufe aus weiten Gebieten, auch Europas, keine guten Bilddaten für verschiedene Jahreszeiten erhältlich sind.

Die LANDSAT-Satelliten arbeiten mit zwei unterschiedlichen FE-Systemen, RBV (return beam vidicon) und MSS (multispectral scanner). Das RBV-System entspricht einer Fernsehkamera, arbeitet zufriedenstellend nur monochromatisch und bei LANDSAT 3 und wird wegen der Nachteile gegenüber dem multispektralen Verfahren eher wenig verwendet. Die Auflösung ist mit etwa 40×40 m besser als beim MSS. Eine Bildszene umfaßt die Fläche von etwa 90×90 km, sie besteht aus 5300 Bildpunkten pro Zeile und aus ebenso vielen Zeilen.

Das MSS-System der LANDSAT-Satelliten besteht aus vier Kanälen, die in den Spektralbereichen grüngelb, Kanal 4 ($0,5-0,6 \mu\text{m}$); orangerot, Kanal 5 ($0,6-0,7 \mu\text{m}$); rot-infrarot, Kanal 6 ($0,7-0,8 \mu\text{m}$); und infrarot, Kanal 7 ($0,8-1,1 \mu\text{m}$) aufnehmen. Sie liefern vier deckungsgleiche und gleichzeitig entstandene Bilder von verschiedenartigem, weit spektral unter-

schiedlichem Inhalt (Abb. 5–8), deren besonderer Wert jedoch erst in der Bildverarbeitung zum Tragen kommt. Jeder Bildpunkt ist durch drei Daten – die Verortung nach zwei Dimensionen und den Meßwert des Geländeausschnittes – festgelegt. Die Seitenlänge einer Bildszene beträgt 185 km, die Pixel von 79×57 m (Hochformat) sind in 2340 Zeilen zu je 2340 Bildpunkten angeordnet.

Die Verzerrungen, die durch Scanner-Geometrie (randliche Pixel bilden zu große Fläche ab), Erdkrümmung und Refraktion in der Atmosphäre entstehen, werden von den Bodenstationen entzerrt. Auffällig ist die Berücksichtigung der Erddrehung, wodurch die Satellitenbilder ein rechtschiefes Parallelogramm darstellen. Nach einer Bildverbesserung, häufig auch ohne eine solche, können aus den Schwarzweißbildern der einzelnen Kanäle Falschfarbenaufnahmen dadurch entstehen, daß den Kanälen bestimmte Farben zugeordnet werden. Die beste Landschaftsdifferenzierung ist gegeben, wenn für Kanal 7 Rot oder Magenta verwendet wird, wodurch den Infrarotfalschfarben ähnliche Bilder entstehen. Die der natürlichen Färbung nachempfundene Grünversion (z. B. Kanal 7 – grün) bedarf einer Kontrastverstärkung der übrigen Kanäle.

Multispektrale Scanner finden wegen ihrer Bedeutung für die spektralanalytische Oberflächendifferenzierung auch in Flächenflugzeugen, die bei niedriger Flughöhe ein gutes Auflösungsvermögen garantieren, Verwendung. Das Institut für Geographie ist in der Lage, Scanneraufnahmen aus Flugzeugen herstellen zu lassen (z. B. Flugstreifenbreite etwa 1,7 km, 803 Pixel pro Zeile, Bildpunkt ca. 2×3 m) und verfügt über die Softwareprogramme zur Verarbeitung dieser Informationen. Auch für bereits vergleichsweise gut durchforschte Gebiete stellt ein in einem Flächenflugzeug montierter MSS ein vielseitig verwendbares und dem neuesten Stand der Fernerkundungstechnologie entsprechendes Aufnahmesystem dar. Das für die Fragestellung des Institutes für Geographie eingesetzte Gerät verfügte über 13 Spektralkanäle. Von besonderem Interesse ist jener Kanal, der die thermische Abstrahlung von Objektflächen mißt. Die daraus erzeugbaren Thermalbilder (Abb. 9) stellen wertvolle Aussagen für die Planungspraxis wie für den Forschungsbereich dar.

DAS DIGITALE BILDVERARBEITUNGSSYSTEM

Am Institut für Geographie befindet sich eine Gerätekonfiguration, die in der Folge als geographisches Bildanalysesystem (GEOBAS) vorgestellt wird, wobei sich die Aussagen auf die digitale Verarbeitung von Bilddaten (Scannerdaten, digitalisierte Luftbilder) beschränken. Konventionelle Auswertungen von Luftbildern werden am Institut auch durchgeführt, sollen aber hier nicht besprochen werden.

Das Kernstück des GEOBAS ist ein modulares – digitales – Bildanalyse-system der Firma ISI (Interpretation Systems Incorporated, Kansas, USA) „EARTHVIEW System II“, ein Mini-Computer mit auf interaktive Bild-verarbeitung ausgerichteter Peripherie und einem beliebig erweiterbaren Programmpaket „EARTHVIEW Software Package“.

Zusätzlich gehören zum GEOBAS noch einige nicht mit der Kerneinheit verbundene Geräte, die die Ein- und Ausgabe des Systems erweitern. Die schematische Darstellung in Abb. 4 zeigt die Hardware-Konfiguration und den Datenfluß im GEOBAS.

Der Dateninput erfolgt entweder von einem Magnetband mit digital abgespeicherten Bilddaten (LANDSAT-MSS-Daten, FMP-Scanner-Daten, Daten von Wettersatelliten usw.) oder über eine TV-Kamera mit Digitizer. Durch die Digitalisierung werden die Bildvorlagen in Bildpunkte zerlegt, im Durch- oder Aufsicht gemessen und so für den Computer lesbar gemacht.

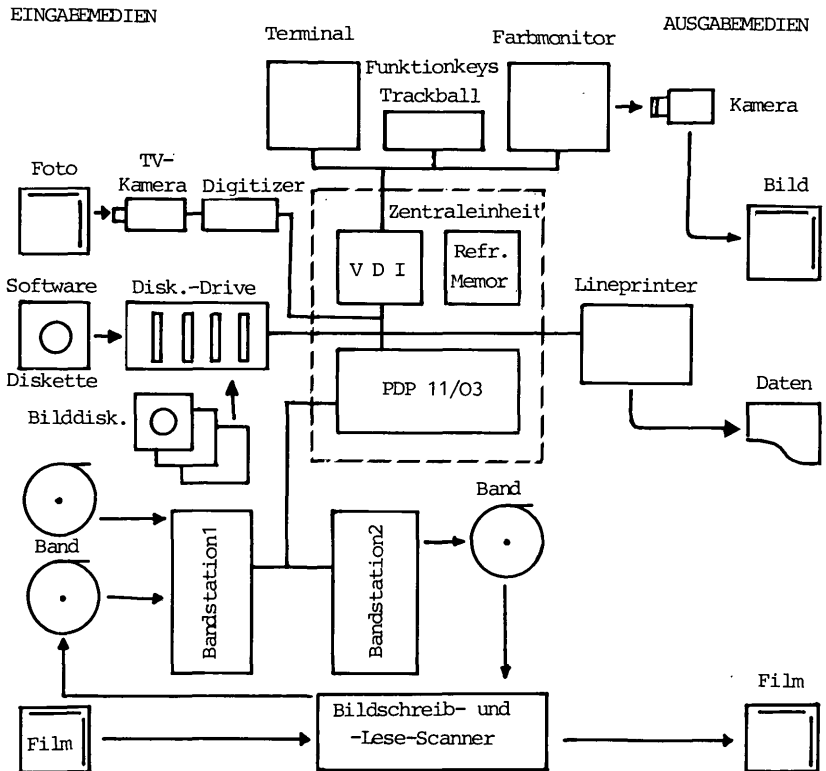


Abb. 4: Konfiguration des Bildverarbeitungssystems GEOBAS.

Eine weitere Inputmöglichkeit besteht in der Verwendung eines Bildscanners. Das Institut für Geographie ist Mitbesitzer des zurzeit einzigen Farb-Schreib- und -Lesescanners Österreichs, eines OPTRONICS C-4500 COLORMATION, der in der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien installiert ist. Dieses Gerät tastet Luftbilder zeilenweise mit Bildpunktgrößen zwischen $25\ \mu\text{m}$ und $100\ \mu\text{m}$ ab und speichert die Information auf Magnetbändern, die in das GEOBAS wie andere Scannerdaten eingelesen werden können. Umgekehrt ist es auch möglich, die im GEOBAS verbesserten und veränderten Bilder wieder vom Band auf Filmmaterial zu übertragen und damit qualitativ hochwertige, reproduktionsfähige Resultate der Bildverarbeitung zu erhalten.

So wie bei den meisten anderen Bildverarbeitungsanlagen ist das jeweils bearbeitbare Datenfeld aufgrund mangelnder Speicherkapazität mit 512×512 Bildpunkten begrenzt. Dies erscheint als kleiner Ausschnitt aus der gesamten Bildszene, es muß aber bedacht werden, welche große Datenmenge auch bei diesem Bildformat anfällt (512×512 Bildpunkte zu je 8 bit). Die Bearbeitung von derartigen Bildausschnitten stellt keine Restriktion der Systemkapazität dar, weil die aus einem solchen Bildausschnitt gewonnenen Parameter zur Verbesserung der Datenstruktur auf die gesamte Bildszene übertragen werden können. Die Daten der 512×512 Pixel großen Bildausschnitte werden auf Disketten (Floppy disks) überspielt. Diese Bilddisketten stellen das unmittelbare Eingabemedium für die interaktive Bildverarbeitung dar und werden über drei Diskettendrives eingelesen. In einem vierten Drive ist das Softwarepackage immer abrufbereit auf Diskette gespeichert.

Die eigentliche Zentrale Verarbeitungseinheit ist ein PDP-11/03-Minicomputer mit 56 K-Bytes Hauptspeicherkapazität. Dieser ist mit dem sogenannten „VDI“ (Video Digital Interactive Display Processor Systems) verbunden, einer Steuereinheit, die die interaktive Bildverarbeitung ermöglicht. Das gerade bearbeitete Bild wird in einem 256 K-großen Refresh-Memory gespeichert. Die Kommunikation zwischen GEOBAS und dem Benutzer erfolgt über ein Bildschirmterminal mit Tastatur, einen Farbmonitor, der das bearbeitete Bild anzeigt, und eine Funktionstasten-Trackball-Einheit, die eine Tastatur zur Bildveränderung darstellt.

Ausgabeprodukte des GEOBAS sind Statistiken, Tabellen u. ä., die über einen Zeilendrucker ausgegeben werden, meist aber die bearbeiteten, in bezug auf die Fragestellung optimierten bildhaften Darstellungen. Letztere können direkt vom Farbmonitor mittels einer Hasselblad-Kamera aufgenommen und dann als Diapositiv oder Papierbildvergrößerung dargestellt werden. Eine weitere, technisch hochwertige Ausgabemethode ist der bereits erwähnte Einsatz des Schreibscanners, der Magnetbanddaten in eine bildhafte Darstellung auf photographisches Material überträgt.

Diese Konfiguration weist das GEOBAS zurzeit auf. Neben der laufenden Erstellung neuer Verarbeitungsprogramme ist auch eine Verbindung des GEOBAS mit der Rechenanlage des EDV-Zentrums der Universität für Bildungswissenschaften Klagenfurt geplant.

GRUNDPRINZIPIEN DER DIGITALEN BILDVERARBEITUNG UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES GEOBAS

Um aus den digitalisierten Rohdaten die gewünschten Ausgabedaten mit Hilfe eines digitalen Rechners erstellen zu können, ist in den letzten Jahrzehnten eine Reihe von Verfahren entwickelt und auf Rechnern implementiert worden. Im wesentlichen können die heute bekannten Bildverarbeitungsverfahren drei großen Gruppen zugeordnet werden:

1. Methoden der Bildstörungenreduktion und -entzerrung
2. Methoden der Bildverbesserung
3. Methoden der Bildanalyse

Ad 1: Die Methoden der ersten Gruppe umfassen radio- und geometrische Korrekturen, erfordern Referenzdaten der Aufnahmesysteme und werden zum Teil von den Datenvertriebsstellen schon vor dem Verkauf durchgeführt. Solche Verfahren können natürlich auch vom Benutzer selbst verwendet werden, sind aber in der Regel sehr zeitaufwendig und zurzeit im Verarbeitungskonzept des GEOBAS nicht implementiert. Für den Fall einer notwendigen geometrischen Korrektur bedient sich das Institut für Geographie der Serviceleistung darauf spezialisierter Universitätseinrichtungen.

Ad 2: Unter Bildverbesserung werden jene Methoden der Datenveränderung verstanden, die ein visuell besser auffassbares Bild zur Folge haben. Bildverbesserungen erhöhen die Interpretierbarkeit von Fernerkundungsbildern nach herkömmlichen Grundsätzen. Sie sind überall dort notwendig, wo ohne weitere Datenverarbeitung Fernerkundungsbilder reproduziert werden sollen. Drei Gruppen solcher Methoden sind im GEOBAS verfügbar.

a): Umverteilungen der Grauwerte eines Bildes.

Dazu gehören Methoden, um den Kontrast eines Bildes zu verstärken (contrast modification), gewisse Grauwertgruppen zu einem Grauwert zusammenzufassen (density slicing), eine Gleichverteilung der Grauwerte herzustellen, allgemein allen Pixeln eines Bildes mit einem bestimmten Grauwert einen anderen Grauwert zuzuordnen.

Derart veränderte Schwarzweißbilder stellen meist im Vergleich zu den Rohdaten verbessertes Datenmaterial für eine spätere Klassifikation dar. Häufig dienen sie auch als Grundlage zur hochwertigen farbigen oder monochromatischen Darstellung einer Bildszene.

b): Bildkombination durch einfache Rechenoperationen.

Wie schon früher erwähnt, können die gleich positionierten Meßwerte pro Bildpunkt aus den unterschiedlichen Kanälen miteinander kombiniert werden. Die einfachste Bildverarbeitung dieser Art nutzt wahlweise eine oder mehrere Grundrechnungsarten. Dadurch kommt es zu neuen Grauwertverteilungen, in denen bestimmte Objektklassen häufig besser unterschieden werden als in den Ausgangsdaten.

c): Filter.

Durch rechnerische Verknüpfung einzelner Pixel mit den sie umgebenden Bildpunkten kann ein Bild sowohl weicher (kleine strukturelle Unregelmäßigkeiten werden weggelassen) als auch härter (Kanten werden stark herausgehoben) gemacht werden. Eine Unterdrückung von punk- und linienhaften Mustern (smoothing) ist etwa dort angebracht, wo für die Fragestellung unwesentliche Differenzierungen in an sich homogenen Flächen beseitigt werden sollen. Eine Kantenverstärkung (edge enhancement) ist überall dort sinnvoll, wo linienhafte Strukturen, wie Landnutzungsgrenzen, Bruchlinien, kurz lineare Anomalien, in der Datenverteilung herausgestrichen werden sollen.

Eine schrittweise Kombination der oben genannten Verfahren ist möglich. Wie bereits angedeutet, sind diese Verfahren zur Bildverbesserung sowohl eigenständige Bildverarbeitungen zur optimalen Darstellung photoähnlicher detaillierter Satellitenbilder als auch wichtige Vorverarbeitungsverfahren (preprocessing) des Datenmaterials für nachfolgende Verfahren der mathematisch-statistischen Bildanalyse.

Ad 3: Zur digitalen Bildanalyse werden im wesentlichen Verfahren der automatischen Mustererkennung (pattern recognition) herangezogen. Es handelt sich dabei um Klassifikationsalgorithmen, mit deren Hilfe Musterklassen, d. h. Flächen, die sich in ihren spektralen Eigenschaften voneinander unterscheiden, ausgegrenzt werden können.

Man unterscheidet zwei Gruppen von Algorithmen:

a): Unsupervised Methods (Cluster-Methoden): Hier wird das Datenmaterial aufgrund seiner inneren Struktur in Klassen eingeteilt, und diese Klassen müssen dann bestimmten Oberflächenmustern zugeordnet werden.

b): Supervised Methods: Hier werden aus dem Bild Stichproben (Trainingsgebiete) mit bekannter Klassenzugehörigkeit gezogen. Der Klassifizierungsalgorithmus ordnet die restlichen Pixel aufgrund dieser Stichproben einer vorher bestimmten Klasse zu (Abb. 10).

Im GEOBAS sind die folgenden Klassifikationsalgorithmen zurzeit implementiert:

Bayes'sche Klassifikation (ein- bis dreidimensional)

Hyperbox-Klassifikation (ein- bis vierdimensional)

Minimum Distance-Klassifikation (ein- bis vierdimensional).

Allen diesen Verfahren ist gemeinsam, daß für jede der zu extrahierenden Merkmalsklassen Trainingsgebiete (Idealtypen) vom Bearbeiter ausgewählt werden müssen. Die Meßwertverteilung (Grauwertverteilung) in den einzelnen Kanälen (Dimensionen) trägt entscheidend zur Güte der nachfolgenden Klassifikation bei. Hier ist anzumerken, daß keines der multivariaten Verfahren zu Landnutzungs-klassifikationen führt, die den gewünschten hohen Grad richtiger Zuordnung einzelner Bildpunkte zur tatsächlichen Landnutzungs-kategorie erreichen.

ZUR NUTZUNG VON FERNERKUNDUNGSVERFAHREN

Ältere Prognosen über die Möglichkeiten der Anwendung von Fernerkundungsverfahren waren durch eine gewisse Euphorie gekennzeichnet, die

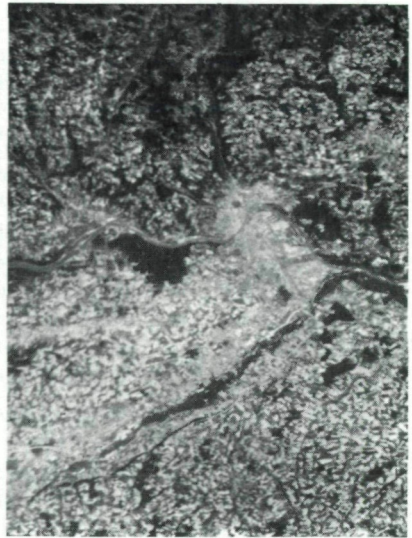


Abb. 5: Linz und Umgebung. Ausschnitt aus der LANDSAT-Bildszene 205/26 vom 25. August 1976 (etwa 500×500 Bildpunkte). Kanal 4, grün/gelb, zeigt gesamte Vegetation, bebautes Gebiet bleibt hell.

Abb. 6: Linz und Umgebung. Kanal 5, orange, zeigt besonders deutlich bewaldete Flächen.

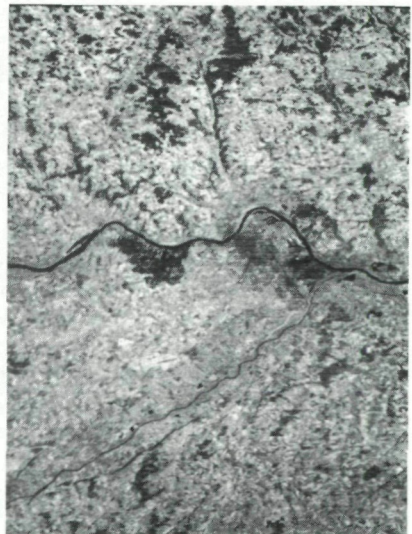
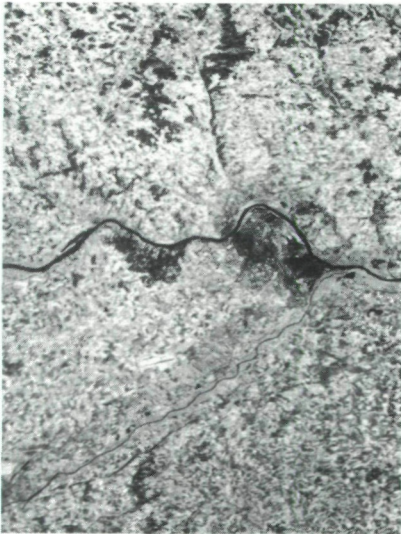


Abb. 7: Linz und Umgebung. Kanal 6, rot-infrarot, hebt Gewässer und bebauten Flächen besonders hervor.

Abb. 8: Linz und Umgebung. Kanal 7, infrarot, akzentuiert, Eigenschaften des Kanals 6.

mitunter dadurch zustande kam, daß Elektroniker und Techniker den Fernerkundungseinsatz in den ihnen wenig bekannten Fachgebieten der verschiedenen Raumwissenschaften zu optimistisch beurteilten. Heute wird die Ansicht vertreten, daß sich diese Erwartungen nicht oder noch nicht im erhofften Umfang erfüllt haben.

Wie bereits erwähnt, sind Fernerkundungsdaten für den Benutzer ein Hilfsmittel zur Lösung konkreter fachspezifischer Fragestellungen. Eine erste Prüfung der Brauchbarkeit von Fernerkundungsdaten liegt im Auflösungsvermögen der bildhaften Information. Wird die Auflösung der Satellitendaten für Großräume und für wenig durchforschte Gebiete als ausreichend empfunden, so ist bei großmaßstäbig angelegter Fragestellung der MSS-Einsatz aus geringeren Höhen notwendig. Bei speziellen Problemen, wie etwa der Vegetationskartierung, weisen nichtdigitale Verfahren wie die Falschfarbenphotographie wesentliche Vorteile auf. Eine nachträg-



Abb. 9: Thermalbild der Innenstadt von Klagenfurt. 10. September 1979, 10 Uhr vormittag. Hergestellt mit dem Kanal 11 des Bendix-Scanners der DFVLR. Bildverarbeitung Institut für Geographie UBW Klagenfurt. Farbcodierung: blau unter 20° C, grün 20°–25° C, gelb 25°–30° C, orange über 30° C. Dem Temperaturdatenfeld ist zur Verbesserung des optischen Eindrucks ein Bild aus einem Kanal im Bereich des sichtbaren Lichtes als Schwarzweißinformation unterlegt. Die Bedeutung der Parkvegetation für den innerstädtischen Temperatureausgleich (dunkelgrün–blau) wird deutlich. Verwendungszweck Stadtplanung, Stadtklimatologie.

liche Digitalisierung zur rechnerischen Klärung bestimmter Fragen ist stets möglich.

Die automatische thematische Landnutzungskartierung mittels MSS-Daten führt in der Praxis zu beträchtlichen Fehlklassifikationen, deren Ursachen mannigfaltig und vielfach nicht abgeklärt sind. Ein besonderes Problem liegt im kleinräumigen Wechsel der Landnutzungstypen, wodurch voneinander nicht oder nur teilweise trennbare Mischklassifikationen entstehen. Sorgfältige Auswahl der Trainingsgebiete, Daten mit höherer Bildauflösung und Kombination von Daten verschiedener Aufnahmezeitpunkte können hier zu Verbesserungen führen. Bei der Erfassung weniger Nutzungskategorien über große Räume – dem Forschungsziel bei der Konstruktion des LANDSAT-Systems – treten die wenigsten Schwierigkeiten auf.

Der Erfolg von Fernerkundungsanalysen hängt auch davon ab, ob nicht von falschen Erwartungen ausgegangen wurde. So ist es wichtig festzuhalten, daß passive Fernerkundungsverfahren nur remittierende Objekte zu

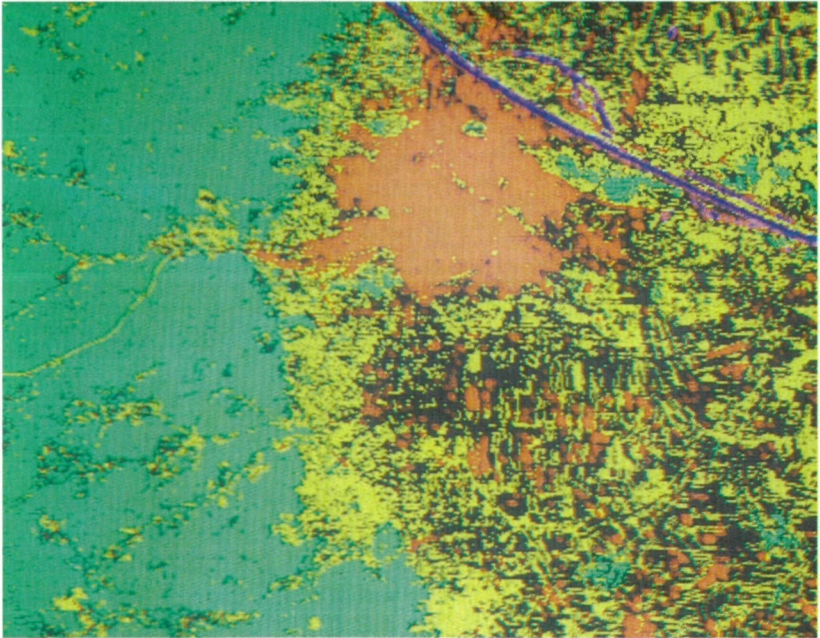


Abb. 10: Landnutzungsklassifikation mit Hilfe mathematisch-statistischer Verfahren nach erfolgter Bildverbesserung. Ausschnitt aus LANDSAT-Szene 204/26 vom 25. August 1976, Wien-Umgebung. Bildverarbeitung Institut für Geographie UBW Klagenfurt. Dichtbebautes Gebiet rot, Gewässer violett, Wald grün, Grünland und offene Bebauung gelb. Fehlklassifikationen weisen auf die Schwierigkeit des Verfahrens hin.

erfassen vermögen, d. h. nur Tatbestände an der Erdoberfläche festhalten. Auf tieferliegende Strukturen kann nur indirekt geschlossen werden. Räume mit geringer Oberflächenbedeckung haben sich als gut durchforschbar erwiesen. In gebirgigem Gelände treten analog zu Luftbildern die Nachteile der Schlagschatten als kaum überwindbare Hindernisse für die Bildanalyse auf.

Auf die Brauchbarkeit des thermischen Infrarots für unterschiedliche Fragestellungen sei besonders verwiesen (Abb. 9 und 10). Unter Berücksichtigung von Korrekturen aufgrund von Referenzmessungen stellen Thermalbilder vielseitig verwendbare naturwissenschaftlich exakte Aussagen zur Regionalklimatologie dar. Sie sind zusammen mit anderen Verfahren wichtige Beweisgrundlagen zur Ermittlung von Umweltbeeinträchtigungen.

Schließlich soll der didaktische Aspekt nicht außer acht gelassen werden. Satellitenbilder und andere Fernerkundungsdarstellungen liefern im Vergleich zum gewohnten Kartenbild eine neue Sicht der Erdoberfläche und ihrer Differenzierung. Die Verfügbarkeit von Fernerkundungsbildern stellt daher für den Bildungsaspekt des Faches Geographie eine wesentliche Bereicherung dar. Bildung durch Informationsgewinn und Nutzung dieser Kenntnisse zur Lösung konkreter Probleme ist aber auch jenes Ziel der Auswertung von Ergebnissen der Fernerkundung, welches über den Bereich der Bildungsinstitutionen hinaus von allgemeiner Gültigkeit ist.

L I T E R A T U R

Fernerkundung stellt ein vergleichsweise junges Forschungsgebiet dar, eine Technologie, die für einen breiten Anwenderkreis aus den verschiedensten Fachgebieten nützlich sein kann. Um dem interessierten Leser die Möglichkeit eines Einstieges in diesen Fachbereich zu erleichtern, wird folgend neben den abbildungsbezogenen Zitaten Literatur vorgestellt, die entweder wegen ihrer Bedeutung als generelle oder spezifische Einführung oder wegen des Bezuges zu Österreich in diese knappe Zusammenstellung aufgenommen wurde.

ASSA (1980): Österreichisches Symposium Fernerkundung (1980). Veranstaltet von der Arbeitsgruppe Fernerkundung der ASSA, 1.–3. Oktober 1980 in Wien. Mitt. der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Wien, 135. Heft.

Auswertung von Satellitenaufnahmen zur Gewinnung von Flächennutzungsdaten (1979). Schriftenreihe 06 „Raumordnung“ des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Heft 039, Bad Godesberg.

BODECHTEL, J., L. BECKEL und H. HAEFNER (1978): Weltraumbild-Atlas, Deutschland, Österreich, Schweiz. Westermann, Braunschweig.

BRUCKER, A. (1981): Satellitengeographie: Themenheft der Praxis Geographie, Beiheft Geographische Rundschau, Jg. 11, Heft 1.

DFVLR (1979): Wissenschaftlicher Bericht der DFVLR. – Forschungsbereich Nachrichtentechnik und Erdkunde, Köln.

HABERÄCKER, P. (1977): Untersuchungen zur Klassifizierung multispektraler Bilddaten aus der Fernerkundung. DFVLR-Forschungsbericht 77–72, Köln.

HALL, E. L. (1979): Computer Image Processing and Recognition. – Academic Press, New York.

- ISP (1980): Internationales Archiv für Photogrammetrie, Vol. XXIII, Bände B1 bis B10. Proceedings des 14. Kongresses der ISP, Hamburg.
- NASA (1979): LANDSAT Data User's Handbook. – Goddard Space Flight Center, 3rd Edition, Greenbelt, Maryland.
- NIEMANN, H. (1974): Methoden der Mustererkennung. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt/Main.
- ÖBIG (1978): Fernerkundung. – Themenheft der Review – Gesundheitswesen und Umweltschutz, Heft 1 (Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen), Wien.
- REEVES, R. G. (1975): Manual of Remote Sensing. Vol. I und II, American Society of Photogrammetry, Falls Church.
- SWAIN, P. H., und S. M. DAVIS (1978): Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill Inc.

Anschriften der Verfasser: O. Univ.-Prof. Dr. Martin SEGER, Peter MANDL, Institut für Geographie, Universität für Bildungswissenschaften, Universitätsstraße 65–67, A-9010 Klagenfurt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [171_91](#)

Autor(en)/Author(s): Seger Martin, Mandl Peter

Artikel/Article: [Fernerkundung, ein Forschungsschwerpunkt am Institut für Geographie der Universität für Bildungswissenschaften Klagenfurt \(Mit 10 Abbildungen\) 475-490](#)