Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 31 (1990)

Heft: 1

Artikel: Grundanforderungen an ein Fernerkundungskonzept Blatt Kandern

Autor: Parlow, Eberhard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1088714

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

REGIO BASILIENSIS 31 / 1 1990 S. 73-82

Grundanforderungen an ein Fernerkundungskonzept Blatt Kandern

Eberhard Parlow

Zusammenfassung
Der Autor stellt die Gründe für den Einsatz der Fernerkundung (remote sensing) in den Geowissenschaften vor und beschreibt die technischen Systeme, die dafür zur Verfügung stehen. Am Beispiel der Arbeit am Kartenblatt Kandern bespricht er die Arbeitsansätze der Fernerkundung, die Integration verschiedener Satellitensysteme (multi-sensor approach) und die Verbindung der Fernerkundungsdaten mit anderen Rauminformationssystemen.

Exigences d'un procédé de télédétection
Résumé
L'auteur expose les raisons de l'emploi de la télédétection (remote sensing) dans les sciences géographiques et décrit les systèmes techniques disponibles dans ce domaine. En prenant pour exemple la confection de la carte Kandern, il traite les mises en équation rendues possibles par la télédétection, l'intégration de systèmes satellitaires différents (multi-sensor approach), ainsi que les relations entre les données obtenues par télédétection et celles d'autres systèmes d'informations spatiales.

Anschrift des Autors: Prof. Dr. Eberhard Parlow, Geographisches Institut der Universität Basel, Abtlg. Meteorologie/ Klimaökologie, Spalenring 145, CH-4055 Basel

1. Welche Vorteile bieten Fernerkundungsdaten für die Geowissenschaften?

In den vergangenen Jahren hat die Einbindung von Fernerkundungsdaten im Rahmen geoökologischer Untersuchungen stetig zugenommen. Diese Entwicklung hat mehrere Ursachen:

- In der Vergangenheit war die mit der komplexen Technologie und Methodik der Fernerkundung verbundene Schwellenangst ein Hemmnis und hat die Akzeptanz der neuen Informationsquelle erschwert.
- Die technische Ausrüstung der Institute mit den für die Fernerkundung notwendigen Computersystemen war wegen der sehr hohen Anschaffungskosten meist unzureichend. In der letzten Zeit haben sich die Investitionsmöglichkeiten der Institute durch das Angebot preisgünstiger und leistungsfähiger Personalcomputer wesentlich verbessert.
  Mit diesen Systemen, z.B. den IBM-kompatiblen Rechnern mit 80386- bzw. 80486-Prozessoren in Verbindung mit schnellen und hochauflösenden Graphikkarten und umfangreichen Speicherkapazitäten der Festplatten, ist es möglich geworden, Satellitendaten mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung auch am PC interaktiv zu verarbeiten.
- Die digitale Bearbeitung von Fernerkundungsdaten erstreckt sich heute auf :
  - digitale Daten von Satellitenplattformen
  - digitale Daten von Flugzeugbefliegungen
  - digitalisierte Luftbilder

  Somit ist das Spektrum der zur Verfügung stehenden Datenquellen sehr breit. Bei den digitalen Satelliten- und Flugzeugdaten reicht der Bereich von Aufnahmen im sichtbaren, nahinfraroten und thermalinfraroten Spektrum elektromagnetischer, solarer bzw. terrestrischer Strahlung bis zu RADAR-Systemen mit Wellenlängen im Zentimeter-Bereich.
  Somit haben sich die Anwendungsmöglichkeiten der Fernerkundung durch technische Innovationen bei den Aufnahmesensoren entscheidend verbessert.
- Zusammen mit der Erweiterung der verwendeten Spektralbereiche ist gleichzeitig die räumliche Auflösung eines Bildelementes verbessert worden. Heute reichen die Bildauflösungen von Satellitendaten in den Bereich von 10 bis 30 m, was ihren Einsatz in der chorischen Dimension erst sinnvoll macht.

Neben diesen mehr technischen sind aber weitere, vor allem methodische Gründe für die verstärkte Einbindung von Fernerkundungsdaten in geoökologischen Untersuchungen verantwortlich. *Endlicher* (1986) hat dies zusammenfassend dargestellt:

- *Fernerkundung macht Unsichtbares sichtbar.*
  Durch die Möglichkeit, Daten aus infraroten, thermalinfraroten oder RADAR-Kanälen zu nutzen, wird der Informationsgehalt der Daten entscheidend vergrössert. Mit Fernerkundungsverfahren ist die Verteilung der Oberflächentemperaturen einer Landschaft ebenso möglich wie die Erfassung des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre.

- *Satellitendaten machen Unzugängliches zugänglich.*
  Mit Fernerkundungsdaten werden immer grössere Teilausschnitte der Erdoberfläche erfasst. Heute ist das Netz der Empfangsstationen weltweit so verdichtet, dass es fast keine Region der Erde mehr gibt, die nicht durch Satellitendaten abgedeckt werden kann.
- *Fernerkundung liefert physikalisch messbare Daten.*
  Die Satellitensysteme messen die Strahlungsflussdichte eindeutig definierter Wellenlängenbereiche in W/m^2. Hierbei kann es sich um die Reflexion der solaren Strahlung oder um die Emission der terrestrischen Strahlung handeln. In beiden Fällen lassen sich die Daten direkt als physikalische Messwerte nutzen oder sie charakterisieren bestimmte Eigenschaften der Oberflächen, woraus indirekt Schlussfolgerungen gezogen werden können.
- *Fernerkundung ermöglicht flächendeckende Aussagen.*
  Hier liegt der wohl entscheidende Vorteil von Fernerkundungsdaten. Im Gegensatz zu klassischen Messverfahren, die immer punkthaft oder bei mobilen Aufnahmen linienhaft entlang von Messitineraren sind, bieten Fernerkundungsverfahren immer eine flächendeckende Information, die im Falle der Satellitendaten ausserdem fast gleichzeitig registriert wird. Bei Fluggeschwindigkeiten des Satelliten von ca. 7 km/s wird die 185 x 185 km^2 grosse Szene des amerikanischen Satelliten LANDSAT-TM in ca. 25 Sekunden aufgezeichnet. Veränderungen der zu messenden Grösse während dieses Zeitintervalles können vernachlässigt werden.
- *Fernerkundungsdaten erschliessen zeitliche Abläufe.*
  Satellitenplattformen umkreisen die Erde in immer wiederkehrenden Abständen. Die Wiederholrate einer Aufnahme vom gleichen Teilausschnitt der Erde hängt von zahlreichen technischen Parametern des Satelliten ab. So schwanken die Repetitionszyklen der heute operationell arbeitenden Satellitenplattformen zwischen 30 Minuten (METEOSAT) und 26 Tagen (SPOT). Dadurch sind raumzeitliche Veränderungen der jeweiligen Messgrösse feststellbar. Beispiele hierfür sind die durch die NASA global aufbereiteten Datensätze des Vegetationsindex aus NOAA-AVHRR-Daten (NOAA = National Oceanic and Atmospheric Administration, AVHRR = Advanced Very High Resolution Radiometer), die globale monatliche Bewölkungsverteilung oder die aus der Wolkendrift berechneten Strömungsmuster der atmosphärischen Zirkulation.
- *Fernerkundungsdaten können in Geographische Informationssysteme (GIS) und Modelle eingebracht werden.*
  Haefner (1987) schreibt über den Einsatz der Fernerkundung bei landschaftsökologischen Untersuchungen: "Geoökologische Forschung bedarf einer auf die Dynamik ausgerichteten geographisch-landschaftsökologischen Datenerhebung, die erst sinnvoll wird, wenn sie in den räumlichen Kontext der Gesamtlandschaft gestellt wird. Es müssen Methoden verfügbar sein, die dynamische Prozesse flächendeckend über grössere Gebiete hinweg in ihren raumzeitlichen Veränderungem sowohl qualitativ als auch quantitativ erfassen, punktuelle Messungen der Geoökofaktoren mit flächenhaften Aussagen über die Funktion des Geoökosystemhaushaltes kombinieren und die Datenspeicherung und -verarbeitung sowie die Informationsausgabe in einem praxisorientierten und benutzerfreundlichen System integrieren." Verbunden mit der digitalen Erfassung von Karten, Luftbildern und Satellitendaten ist immer eine sinnvolle Organisation und Speicherung der Daten im Sinne einer Flächenda-

tenbank oder eines Informationssystems. Da die Informationen in der Regel einen geographischen Bezug haben, hat sich international der Begriff Geographisches Informationssystem oder Geo-Informationssystem (GIS) durchgesetzt. Synonyme Begriffe für GIS sind "geocodiertes Informationssystem", "Flächendatensystem", "Landschaftsinformationssysteme", "Raumbezogene Informationssysteme" (*Göpfert* 1987) etc.
GIS helfen dabei, komplexe Regelprozesse in unserer natürlichen Umwelt zu erforschen, sie nachzuvollziehen (zu simulieren) und schliesslich Aussagen darüber zu machen, unter welchen Randbedingungen diese Regelprozesse, z.B. zwischen Erdoberfläche und Atmosphäre, gestört bzw. verändert werden können.
Für die Verarbeitung von Satellitendaten und der Nutzung von Methoden eines GIS muss eine den damit verbundenen Anforderungen (Rechengeschwindigkeit und Speicherplatz) entsprechende Hardware vorhanden sein.

2. Hardware-Konfiguration am Geographischen Institut

Die am Geographischen Institut/Abteilung Meteorologie-Klimaökologie der Universität Basel vorhandene Hardware-Ausstattung lässt sich in drei untereinander vernetzte Blöcke unterteilen, die in Abb. 1 skizziert sind:

- Computersysteme und Workstations der Firma Digital (DEC)
- IBM-kompatible Personalcomputer mit 80386-Prozessoren
- Anschluss an das Universitätsrechenzentrum (URZ)

Kernstück des Konfigurationsplanes ist ein File- Server (VAX-Server 3400 der Firma DEC) mit 20 MByte Arbeitsspeicher und 800 MByte Plattenspeicher unter dem Betriebssystem VMS. Mit ihm über DECnet vernetzt ist zunächst eine VAX 11/730 mit 400 MByte Plattenspeicher, die ebenfalls unter VMS läuft und mit 16 Terminalleitungen das Multiuser-System für Lehre und Forschung darstellt. Bei der Digitalen Bildverarbeitung und der Arbeit mit Geographischen Informationssystemen wird ein interaktiver, graphischer Arbeitsplatz benötigt, dessen Anforderungsprofil auf drei wesentlichen Grundsäulen basiert:

- 24-bit-Graphik für RGB-Verarbeitung mehrkanaliger Satellitendaten
- hohe Rechengeschwindigkeiten für interaktives Arbeiten
- Mindestens 16 (besser 32) MByte Arbeitsspeicher

Am Basler Institut ist für diesen Arbeitsplatz die Entscheidung für eine Workstation der Firma DEC (VAX-Station VS 3540) getroffen worden. Die Leistungsmerkmale dieser Anlage sind:

- Parallelprozessierung durch 4 CPU's
- 32 MByte Arbeitsspeicher
- 24-bit-Graphik
- 1280 x 1024 Pixel Color-Monitor
- 664 MByte Plattenspeicher
- Betriebssystem VMS

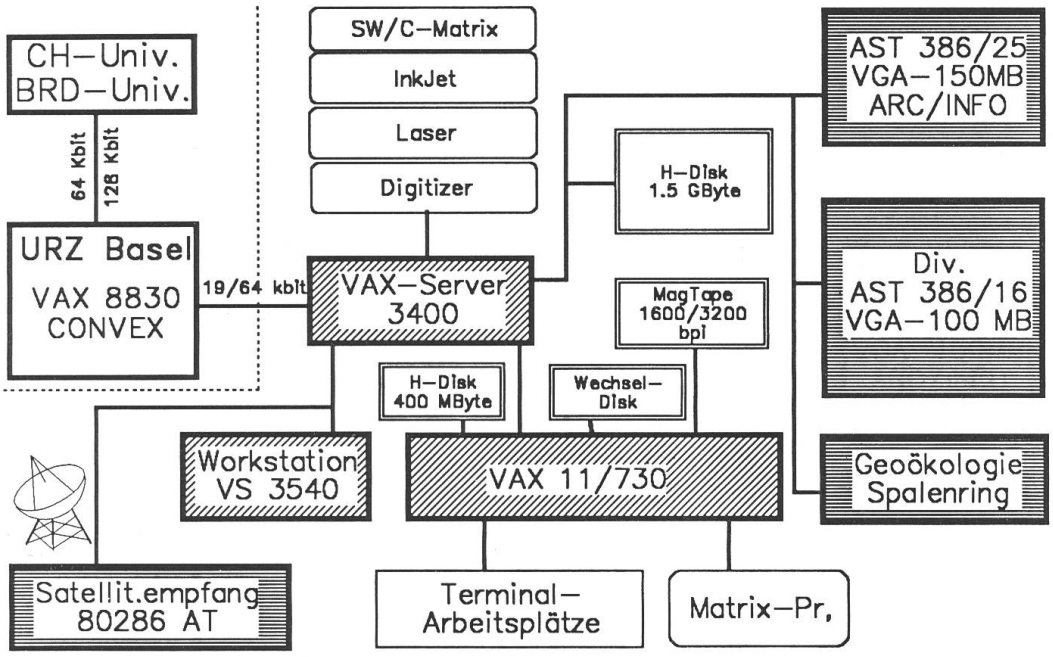

Abb. 1 Hardware-Konfiguration am Geographischen Institut der Universität Basel

Die Workstation ist ebenfalls über DECnet mit dem VAX-Server vernetzt, so dass die Kommunikation sowie das Resource-Sharing unter den Systemen problemlos möglich ist.

Diese hausinterne DEC-Schiene wird einerseits ergänzt durch einen 19-kbit-Netzanschluss an das URZ Basel. Hierdurch sind Datentransferraten von ca. 0.5 MByte/Minute zwischen URZ und Geographischem Institut möglich. Im URZ Basel steht eine VAX 8830 unter VMS sowie ein Vektorrechner CONVEX für weitere Arbeiten zur Verfügung. Durch die strikte Einhaltung des Betriebssystems VMS auf allen DEC-Rechnern ist die Kompatibilität der Software gewährleistet.

Neben der hausinternen DEC-Schiene wird ein Zweig mit IBM-kompatiblen Personalcomputern (i.d.R. mit 80386-Prozessoren, VGA-Graphikkarte und mind. 100 MByte Plattenspeicher) eingerichtet und erweitert. Die Rechenleistung dieser Systeme ermöglicht auch die Verarbeitung von Satellitendaten auf dem PC.

Ein 80386-Rechner ist als Arbeitsplatz für das Geographische Informationssystem ARC/INFO der Fa. ESRI ausgerüstet (2 MByte Arbeitsspeicher, 150 MByte Plattenspeicher, Math. Coprozessor).

Die meisten Personal-Computer sind ebenfalls über DECnet mit dem VAX-Server 3400 vernetzt. Hierdurch können die PC-Systeme mit den DEC-Rechnern optimal kommunizieren und die umfangreichen Plattenspeicher ausnutzen. Umgekehrt sind über dieses Netz die verschiedenen Ausgabegeräte (Plotter, Inkjet-Printer etc.) von allen Systemen erreichbar. Insgesamt stehen ca. 1,9 GigaByte Plattenplatz auf den DEC-Systemen und derzeit weitere 750 MByte auf PC-Systemen zur Verfügung.

3. Satellitensysteme für geoökologische Fragestellungen

Bei vielen geoökologischen Arbeiten ergibt sich früher oder später die Notwendigkeit zur Ausweitung der gewonnenen Informationen in die Fläche, und es stellt sich die Frage, ob Satellitendaten und GIS-Techniken hier zur Lösung beitragen könnten. Die technologische Entwicklung der letzten 5 Jahre ist in diesen Bereichen so rasant abgelaufen, dass heute bereits die Wahl des geeigneten Satellitensystems Probleme aufwirft.

Ein Fernerkundungs- und GIS-Konzept für das Blatt Kandern der topographischen Karte 1 : 25 000 muss für die chorische Dimension angelegt sein, um genügend räumliche Differenzierungen im Untersuchungsgebiet zu erfassen. Somit ist eine möglichst hohe räumliche Auflösung der Satelliten-Daten gefordert. Bei der Auswahl der Daten ist jedoch unbedingt zu berücksichtigen, dass in der Fernerkundung drei verschiedene Auflösungen beachtet werden müssen:

- die *räumliche* Auflösung eines Pixel (picture element)
- die *spektrale* Auflösung des Satellitensystems (sichtbare, nahinfrarote, thermalinfrarote oder eventuell sogar RADAR-Kanäle)
- die *zeitliche* Auflösung der Daten

Unter diesen drei verschiedenen Auflösungen muss der beste Kompromiss gesucht werden, auch wenn das Kriterium der "räumlichen Auflösung" zunächst das dominierende zu sein scheint. Zwei weitere Gesichtspunkte sollten aber auch nicht unberücksichtigt bleiben:

- Grösse einer Satellitenszene, bzw. der abgebildeten Fläche
- Preis einer Szene

3.1 Der französische Satellit SPOT

Seit 1985 ist das französische System SPOT (Système Probation d'Observation de la Terre) im Einsatz. Im Februar 1990 wurde SPOT 2 erfolgreich in den Orbit geschickt.

SPOT besitzt einen optoelektronischen Zeilenabtaster und ist mit einem panchromatischen, den Wellenlängenbereich von 0.5 bis 0.75 µm abdeckenden Sensor ausgestattet, der eine Pixelauflösung von 10 m erreicht, sowie mit einem Multispektralsensor, der bei einer Pixelauflösung von 20 m die Wellenlängenbereiche 0.5-0.59 (B1), 0.61-0.68 (B2) und 0.79-0.89 µm (B3) abdeckt.

Diese räumliche Auflösung ist das Optimum, das mit operationell arbeitenden Satellitensystemen derzeit möglich ist. Viele Auswertealgorithmen der digitalen Bildverarbeitung setzen jedoch die multispektrale Information der Satellitendaten voraus (z.B. Landnutzungsklassifikation). Hieraus folgt, dass der panchromatische Kanal trotz der Auflösung von 10 m für viele Anwendungen unbrauchbar ist. Auch ist die Wahl der Bandbreiten des Multispektralsensors von SPOT nicht optimal getroffen worden, da die Kanäle B1 und B2 weitgehend redundant sind.

Für viele klimaökologische Fragestellungen ist das Fehlen eines thermalinfraroten Kanals ein entscheidender Mangel.

Der zunächst sehr schlechte Repetitionszyklus von 26 Tagen wird z.T. dadurch ausgeglichen, dass der Sensor seitlich schwenkbar ist und somit benachbarte Orbits aufnehmen kann. Durch diese Technik sind auch Stereo-Aufnahmen der Erdoberfläche aus dem Weltraum möglich. Dies kann für geodätische Aspekte ein Vorteil sein. Mit 60 x 60 km^2 ist die von einer Szene abgedeckte Fläche jedoch verhältnismässig klein und dabei vergleichsweise sehr teuer.

3.2 Das amerikanische System LANDSAT-TM

Im Juli 1982 wurde mit LANDSAT-TM (Thematic Mapper) das Folgemodell des im Jahre 1972 gestarteten LANDSAT-MSS-1 in eine Erdumlaufbahn geschossen.

LANDSAT-TM kombiniert zwei wichtige Forderungen der Wissenschaft und der zukünftigen praktischen Nutzung, indem das Auflösungsvermögen auf 30 m deutlich verbessert wurde und die spektrale Empfindlichkeit auf Bereiche ausgedehnt wurde, die vorher nicht erfasst werden konnten.

LANDSAT-TM arbeitet mit einem mechanischen Abtaster, was sich negativ auf die Datenqualität auswirkt. Die räumliche Auflösung des Systems kommt mit 30 m nicht ganz an die Auflösung von SPOT heran, aber mit 7 spektralen Kanälen bieten sich vielfältigste Anwendungsmöglichkeiten. Drei dieser Kanäle liegen im sichtbaren Wellenlängenbereich (blau, grün und rot), sie werden ergänzt durch 3 Kanäle im solaren Infrarot (0.76-0.91, 1.55-1.75 und 2.08-2.35 µm) und einem Kanal im thermalen Infrarot (10.4-12.5 µm), der aber nur 120 m auflöst. Weitere Vorteile gegenüber SPOT sind der Repetitionszyklus von 16 Tagen und die Grösse der Szene von 185 x 185 km^2.

Trotz der etwas schlechteren räumlichen Auflösung gegenüber SPOT sind die Vorteile von 7 Spektralbereichen, darunter ein thermalinfraroter Kanal, in den meisten Fällen doch zwingend.

3.3 RADAR-Satelliten – der europäische ERS-1

Sowohl SPOT als auch LANDSAT-TM sind Aufnahmesysteme, die passiv arbeiten, d.h. sie messen die von der Erde zurückgestreute, kurzwellige solare Strahlung oder die terrestrische langwellige Emission. Die Information aus den sichtbaren und nahinfraroten Kanälen steht also nur bei Sonnenlicht zur Verfügung. Da beide Satelliten Wolken nicht durchdringen können, liefern sie nur bei schönem, wolkenlosem Wetter Daten von der Erdoberfläche. Dies schränkt ihre Einsatzmöglichkeiten in Gebieten mit hohem Wolkenbedeckungsgrad natürlich deutlich ein.

RADAR-Systeme (Radio dectection and ranging) hingegen sind aktive Aufnahmeplattformen, die zeitunabhängig, also auch nachts eingesetzt werden können und ausserdem den Vorteil besitzen, dass sie Wolken durchdringen können und somit weitgehend

wetterunabhängig sind. Der europäische RADAR-Satellit (ERS-1) wird in naher Zukunft gestartet werden und in mehreren Kanälen eine räumliche Auflösung von 25 m erzielen.

3.4 Weitere Satellitensysteme

Mit SPOT und LANDSAT-TM ist das Spektrum operationell arbeitender, hochauflösender Satelliten erschöpft. Es stellt sich nun die Frage: "Sind z.B. NOAA-AVHRR oder METEOSAT für geoökologische Betrachtungen ungeeignet ?"

METEOSAT, über dem Äquator geostationär eingerichtet, eignet sich aus verschiedenen Gründen eher für globale oder kontinentale Inventuren.

Auch der operationelle Wettersatellit NOAA-AVHRR erscheint mit seiner räumlichen Auflösung von 1000 m zunächst ungeeignet für geoökologische Arbeiten. Welche Möglichkeiten jedoch in diesen Daten stecken, hat *Scherer* (1987) gezeigt. Er hat NOAA-AVHRR-Daten mit hochauflösenden LANDSAT-Daten und digitalen Geländemodellen in einem geographischen Informationssystem gekoppelt und mit Hilfe eines physikalischen Modells synthetisch erzeugte Oberflächentemperaturdatensätze berechnet, die eine deutlich bessere räumliche Auflösung als die Eingangsdaten von NOAA-AVHRR besitzen. *Scherer* hat so Strahlungstemperaturfelder mit einer Auflösung von 50 m erzeugt und damit eine Methodik entwickelt, die die Einsatzmöglichkeiten dieser zunächst ungeeigneten Daten auch für kleinräumige Untersuchungen aufzeigt.

Der entscheidene Vorteil der NOAA-Daten ist neben dem sehr niedrigen Preis ihr hoher Repetitionszyklus von 4 bis 6 Orbits pro Tag, der es erlaubt, zeitliche Abläufe flächendeckend zu erfassen.

4. Fernerkundungskonzept Blatt Kandern

Um die Möglichkeiten, welche die Satellitenfernerkundung als Ergänzung zu geoökologischen Untersuchungen bietet, ausnützen zu können, ist ein vielschichtiger Arbeitsansatz angebracht, der weit über die Bearbeitung einer einzigen Satellitenszene hinausreicht. Es müssen hierbei vier Hauptaspekte berücksichtigt werden:

1. Der Arbeitsansatz sollte multitemporal sein, d.h. es sollten Satellitendaten mehrerer Aufnahmezeitpunkte zur Verfügung stehen. Die flächendeckende Erfassung und Untersuchung von zeitlichen Abfolgen der dynamischen Prozesse und der Veränderungen der Landschaft ist eine wichtige Voraussetzung für das Verstehen des Landschaftshaushaltes.
2. Die Integration verschiedener Satellitensysteme (multi-sensor approach) bietet die Möglichkeit, die Vorteile der einzelnen Satelliten auszunutzen. So bietet sich z.B. NOAA-AVHRR an, um die Veränderungen der Strahlungstemperatur oder des Vegetationsindex zwar räumlich grob, aber zeitlich hochaufgelöst zu erfassen, während die räumliche Differenzierung durch Systeme wie LANDSAT-TM oder

SPOT eingebracht werden kann. Ein solcher Arbeitsansatz stellt entsprechend besondere Ansprüche an die Bildverarbeitungs-Software, die nur in Ausnahmefällen durch kommerzielle Software-Pakete erfüllt werden.

3. Die Einbindung von Rauminformationen anderer Quellen bringt einen weiteren, entscheidenden Vorteil. Unter diesen zusätzlichen Daten sind an erster Stelle digitale Geländemodelle zu nennen, die neben der Höheninformation auch Daten zur Hangneigung, Exposition, Horizonteinschränkung und Geländewölbung beinhalten. Neben den Geländemodellen können aber alle anderen digital erfassten Rauminformationen von grosser Bedeutung sein. Hierunter fallen Bodenkarten, geologische Karten etc., die mit einem Digitizer ohne Probleme aufbereitet werden können. Die Verwaltung all dieser Daten erfolgt mit einem entsprechenden GIS, das jedoch in der Lage sein muss, sowohl die von den Satelliten stammenden Rasterdatensätze als auch die digitalisierten Karten, also Vektordatensätze, zu verarbeiten, wobei der arithmetischen Verknüpfung verschiedener Datenebenen die entscheidende Rolle vor der einfachen Verschneidung von Datensätzen zukommt. An diesem Kriterium scheitern wiederum die meisten GIS, so dass hier nur die eigene Programmentwicklung weiter helfen kann.
4. Als letzter Aspekt ist die Einbindung von Modellen zu nennen. Sie können neue Datensätze schaffen, ohne auf Satellitendaten zurückzugreifen, wie es z.B. bei der Modellierung der reliefabhängigen, kurzwelligen solaren Strahlung oder des Strömungsfeldes unter Verwendung eines digitalen Geländemodells geschieht. In der Verbindung mit Satellitendaten, digitalen Geländemodellen und Messdaten eines stationären Messnetzes können abgeleitete Karten entstehen, wie die Bioklimakarte von *Menz* (1988).
   Die Einbindung von Modellen betrifft aber auch Simulationsmodelle, welche auf die im GIS gespeicherten Datenebenen zugreifen, um Zeitabläufe zu simulieren oder Sensitivitätstests durchzuführen (*Parlow* 1990).

Mit Methoden der Satellitenfernerkundung eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten, einen Landschaftsausschnitt zu untersuchen. Klimaökologische Fragestellungen stehen hierbei an vorderer Position der Betrachtung, wie z.B. die Erfassung der durch die Topographie und Vegetation modifizierten Strahlungsbilanz, der eine Schlüsselfunktion bei Landschaftshaushaltsbetrachtungen zukommt (*Parlow* 1988, *Parlow* & *Scherer* 1990).

Hierdurch wird bereits eine Vorentscheidung für das zu verwendende Satellitensystem (LANDSAT-TM) getroffen.

Das entscheidende Kriterium für die Wahl des Satellitensystems im Rahmen klimaökologischer Arbeiten ist die spektrale Auflösung des Satelliten.

Literatur

Endlicher W. & Gossmann H.. 1986. Zur Bedeutung der Fernerkundung in der geographischen Forschung und Lehre. In: Endlicher W. & Gossmann H.(Hrsg.): *Fernerkundung und Raumanalyse*. Karlsruhe, 1-18

Endlicher W. & Goßmann H. (Hrsg.). 1986. *Fernerkundung und Raumanalyse. Klimatologische und landschaftsökologische Auswertung von Fernerkundungsdaten.* Karlsruhe.

Göpfert W. 1987. *Raumbezogene Informationssysteme*. Karlsruhe.

Haefner H. 1987. Der Einsatz der Fernerkundung bei landschaftsökologischen Untersuchungen - Methodische Aspekte und praktische Beispiele. *Geomethodica* (Basel), 25-56.

Menz G. 1988. Ableitung einer großmaßstäbigen Karte der Wärmebelastung im Raum Freiburg-Basel mit Hilfe von Satellitendaten. *Freiburger Geographische Hefte* 27.

Parlow E. 1988. *Die Ableitung des Strahlungshaushaltes eines subpolaren Ökosystems mit Hilfe der Digitalen Bildverarbeitung*. Habil.-Schrift Geowiss. Fakultät, Univ. Freiburg.

Parlow E. 1990. Spatial patterns of radiation fluxes using LANDSAT-TM-data and GIS-techniques. *Proceedings of EARSeL-Symposium at Helsinki 1989* (im Druck)

Parlow E. & Scherer D. 1990. Effects of vegetation changes on the radiation budget - a study from the Torneträsk-Area/N-Sweden. *Geografiska Annaler* (im Druck)

Scherer, D. 1987. *Die Erfassung subskaliger Strukturen in Oberflächentemperaturbildern mit Hilfe von geographischen Zusatzdaten.* Zulassungsarbeit, Institut f. Physische Geographie, Universität Freiburg 1987, 97 S. (nicht publiziert).