

Hallesches Jahrb. Geowiss.	R. A	Bd. 21	Halle (Saale) 1999	S. 43 - 49
----------------------------	------	--------	--------------------	------------

## Fernerkundung und Geographische Informationssysteme: Zwei einander ergänzende Disziplinen\*

### *Remote Sensing and Geographic Information Systems: Two Disciplines Complementing Each Other*

Mit 5 Abbildungen

VON KARL KRAUS

*Zusammenfassung:* Zur Überwachung des ökologischen Systems Erde können Fernerkundung und GIS wertvolle Dienste leisten. In diesem Beitrag werden mehrere umweltrelevante Projekte (Bodenfeuchte aus ERS-Scatterometer-Daten, Gletscherkataster, Bewirtschaftung der Wasservorräte Wiens, Renaturisierungen, Deponieüberwachung, Landnutzung und ihre Veränderung) vorgestellt, die am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (I.P.F.) bearbeitet wurden.

*Summary:* Remote sensing and GIS may serve as valuable means for monitoring the ecological system Earth. In this article several projects relevant to environmental matters and carried out at the Institute of Photogrammetry and Remote Sensing (I.P.F.) are presented (soil moisture from ERS-scatterometer data, glacier catastrophe, management of water supply of the City of Vienna, re-naturalisation, monitoring of dump sites, landuse and its change).

## 1 Übergeordnete Bemerkungen

Der 2. Juni 1999 wurde als "Tag der 6 Milliarden Menschen auf der Erde" deklariert. Im Jahre 1968 waren es 3,5 Milliarden. Daraus erkennt man ein stark exponentielles Wachstum der Menschheit. Unter der Annahme gleichbleibenden prozentuellen Zuwachses wird die 50-Milliardengrenze, bei der man das "Kippen des ökologischen Systems Erde" vermutet, voraussichtlich im Jahre 2120 erreicht werden.

Diese wenigen Zahlen rücken **globale Probleme** in den Mittelpunkt des Interesses. Einige dieser globalen Probleme in der gegenwärtigen Entwicklungsphase sind:

- **Nahrung.** Es gibt zwar genügend Nahrung; sie ist aber unbefriedigend verteilt und sie wird auf Kosten von exponentiell steigenden Düngermengen, Pestiziden etc. sowie von zusätzlichen Rodungen erreicht.
- **Ressourcen** (Wasser, Land, Biodiversität etc.). Es gibt zwar genügend Wasser, aber auch dabei gibt es ein Verteilungsproblem. Außerdem ist der im Prozentbereich pro Jahr liegende Landverlust durch Versiegelung und Erosion zu nennen. Alarmierend - nicht nur auf der "Input-Seite", sondern auch auf der "Output-Seite" - ist die Materialverschwendung in Industriestaaten: Ein Einwohner verbraucht gegenwärtig 45 bis 85 Tonnen pro Jahr.

---

\* Schriftliche Fassung des Vortrages, den der Autor am 23. Oktober 1998 auf der Festveranstaltung "125 Jahre Geographie in Halle" des Instituts für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg gehalten hat.

- **Städte.** 1950 gab es zwei "Megastädte", das sind Städte über 8 Millionen Einwohner; 1995 waren es 23; es wird prognostiziert, daß es 2025 36 "Megastädte" geben wird.

Dieses Kapitel stützt sich auf folgende Quellen: KRAUS (1988), SCHMIDT (1998) und RADERMACHER (1998).

## 2 Problemlösungskapazität von Fernerkundung und Geographischen Informationssystemen (GISen)

Es stellt sich die Frage, welche wissenschaftliche Disziplinen relevante Beiträge zur Lösung der im vorherigen Kapitel angerissenen globalen Probleme leisten können. Zu Fernerkundung und zu GIS sind diesbezügliche Überlegungen anzustellen. Aus der Sicht der Lösungskapazität für globale Problemstellungen sollen zunächst einige typische Eigenschaften der beiden Disziplinen angesprochen werden.

Die **Fernerkundung** verschafft einen globalen Überblick, das ist ein alter Wunschtraum des Menschen. Mittels Fernerkundung gewinnt man objektive (und nachvollziehbare) Information; die Informationsgewinnung beruht nämlich auf physikalischen Vorgängen. Im Hinblick auf die Umweltüberwachung ("Monitoring") ist die kurzfristige Wiederholbarkeit der Informationsgewinnung besonders interessant.

**Geographische Informationssysteme** (GISe) erlauben die Zusammenschau von Informationen verschiedenen Ursprungs. Sie bieten unterschiedliche Werkzeuge für eine mathematisch genau definierte Datenanalyse an.

Beide Disziplinen, Fernerkundung und GIS, sind sehr **öffentlichkeitswirksam**, sodaß mit ihnen eine Sensibilisierung der Bevölkerung für globale Probleme erreicht werden kann. Eine solche Sensibilisierung ist wünschenswert, damit jeder Mensch - als Individuum - in globaler Verantwortung handelt.

Im kommenden Kapitel werden einige konkrete Projekte vorgestellt, die vor allem am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (I.P.F.) der TU Wien bearbeitet wurden. Diese Projekte könnte man als isolierte technische Projekte präsentieren. In diesem Beitrag soll aber der Versuch unternommen werden, sie in den Dienst der Lösung globaler Probleme zu stellen.

## 3 Umweltrelevante Projekte

### 3.1 Bodenfeuchte aus ERS-Scatterometer-Daten

Das globale Wasservorkommen verteilt sich laut STRAHLER & STRAHLER (1997) wie folgt:

97,2 %	Ozeane
2,15 %	Eisdecken und Gletscher
0,63 %	Grundwasser
0,005 %	Bodenfeuchte, die von den Pflanzen erreicht wird.

Die Bodenfeuchte ist eine äußerst geringe Menge; ihre Bedeutung für die Nahrungsmittelproduktion und für das Gleichgewicht des ökologischen Systems Erde ist aber überproportional groß. Die Mikrowellen-Fernerkundung, konkret das Scatterometer auf den europäischen Satelliten ERS1/2, bietet eine neue Möglichkeit der Erfassung und Überwachung der Bodenfeuchte. Das Scatterometer operiert mit 5.3 GHz (C-Band); die Polarisation der ausgesandten und empfangenen Wellen ist vertikal; der Einfallswinkel variiert zwischen 18° und 59°. Die Bildelementgröße beträgt 50 x 50 km<sup>2</sup>; es handelt sich also um eine integrale Erfassungsmethode.

Herrn WAGNER (1999) ist es in seiner Dissertation gelungen, aus dem Radarrückstreukoeffizienten, der bekanntlich von der Vegetation, der Bodenrauhigkeit, der Bodenfeuchte und vom Einfallswinkel abhängt, die Bodenfeuchte herauszulösen. Damit ist eine Methode für die großräumige Überwachung der Bodenfeuchte gefunden. Diese Methode wird gegenwärtig im "Data User Programme" der Europäischen Welt-raumbehörde (ESA) in Mali erprobt (Projekt Nr. 12524/97/I-HGE). Dabei sind: The Institute for Land & Water Management, Univ. Leuven, Belgium, and NEO Netherlands Geomatics & Earth Observation B.V. Partner des I.P.F.

### 3.2 Gletscherkataster in den österreichischen Alpen

Klimaschwankungen sind ein weit in die Vergangenheit zurückreichendes Phänomen. Die gegenwärtige Erwärmung ist allerdings beunruhigend, da sie voraussichtlich auf anthropogene Ursachen zurückzuführen ist. Sehr sensibel auf Klimaschwankungen reagieren die Gletscher. Im Auftrag des Österreichischen Alpenvereins, Sektion Salzburg, wurde vom I.P.F. der **Gletscher am Hochkönig** untersucht. Dazu lagen Luftaufnahmen im Maßstab 1 : 30.000 aus den Jahren 1969 und 1995 vor. Aus den Luftaufnahmen wurden die beiden Oberflächenmodelle ermittelt und daraus ein Differenzenmodell abgeleitet (Abb. 1).

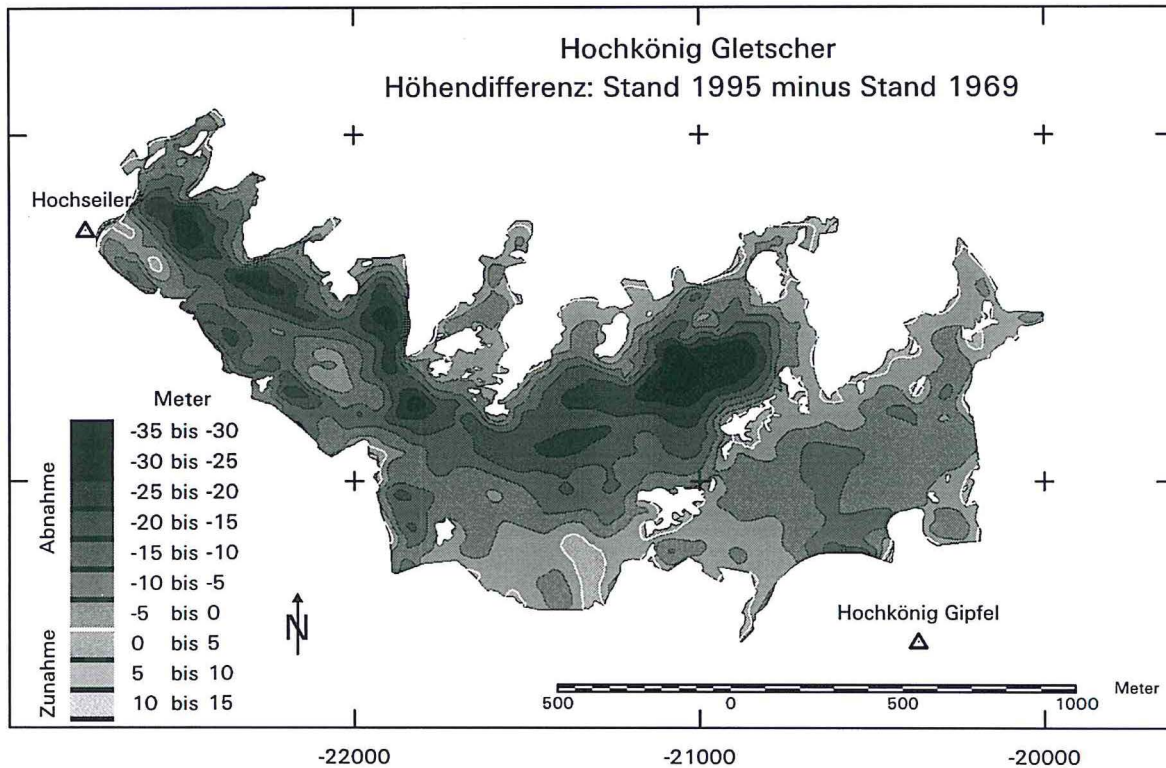


Abb. 1: Differenzenmodell des Gletschers am Hochkönig zwischen 1969 und 1995

Die Gletscherfläche beträgt 1,78 km<sup>2</sup>. Das Volumen hat sich zwischen 1969 und 1995 um 0,018 km<sup>3</sup> verringert, das entspricht einer mittleren Höhenreduktion von 10 m. Insbesondere die Höhenreduktion ist ein anschaulicher Parameter, der die Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit findet.

Es besteht die Absicht, die 925 Gletscher mit einer Fläche von 540 km<sup>2</sup> der österreichischen Alpen auf diese Weise zu bearbeiten. Initiator dieses Projektes ist o. Univ. Prof. Dr. M. Kuhn, Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck; er wird unterstützt von Herrn Dipl.-Ing. R. Würländer, München.

### 3.3 Bewirtschaftung der Wasservorräte Wiens

Gegenwärtig wird Wien zu ca. 80 % mit "Hochquellenwasser" aus dem Rax/Schneeberggebiet versorgt. Der restliche Anteil von ca. 20 % wird der Donau entnommen. In niederschlagsarmen Jahren muß der Donau-Anteil erhöht werden, wodurch eine Verschlechterung der Trinkwasserqualität eintritt. Die Wiener Wasserwerke sind an objektiven Bewirtschaftungsparametern interessiert, die auch für die Bekanntgabe an die Bevölkerung geeignet sind.

Ein äußerst wichtiger Parameter ist der Anteil des Wassers, der im Schnee gespeichert ist. Präziser formuliert: Gesucht ist das **Wasseräquivalent** in Abhängigkeit von Zeit und Ort. Die **Abhängigkeit von der Zeit liefert eine Serie von Fernerkundungsaufnahmen**. In der Periode vom Januar bis Mai 1998 wurden dafür SPOT-Aufnahmen verwendet; im Jahre 1999 werden die SPOT-Aufnahmen - wegen der häufig schlechten Sicht des im optischen Bereich des elektromagnetischen Spektrums operierenden SPOT-Satelliten - um SAR-Aufnahmen des europäischen Fernerkundungssatelliten ERS1/2 ergänzt. Die **Abhängigkeit** des Wasseräquivalents **vom Ort liefert ein GIS** mit einem implementierten Schnee-

schmelzmodell. Abb. 2 zeigt das digitale Geländemodell der Schneealpe, überlagert mit einem SPOT-Bild vom 8. Mai 1998.

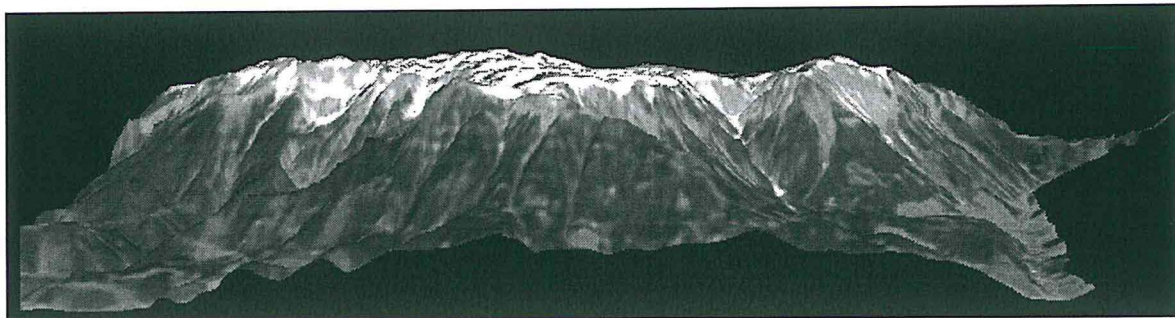


Abb. 2: Geländemodell der Schneealpe, bedeckt mit einer SPOT-Aufnahme vom 8. Mai 1998

Dieses Projekt führt das I.P.F. gemeinsam mit dem Institut für Hydraulik, Gewässerkunde und Wasserwirtschaft der TU Wien und den Wiener Wasserwerken durch. Es wird vom Bundesministerium für Wissenschaft und von der Stadt Wien gefördert. Eine kleine Publikation ist bereits erschienen (KRAUS & BLÖSCHL 1998).

### 3.4 Renaturisierungen

In den 60er und noch in den 70er Jahren wurden im ländlichen Raum große Umgestaltungen vorgenommen, die wie folgt charakterisiert werden können:

- Herbeiführung **optimaler Bewirtschaftungsbedingungen für die Landwirtschaft** durch "Ausräumen der Landschaft"; dadurch gingen ökologisch wichtige Elemente (Hecken, Böschungen, Raine etc.) verloren.
- **Vergrößerung der landwirtschaftlichen Produktionsfläche** durch Trockenlegung von Feuchtgebieten; dadurch wurde das Kleinklima beeinträchtigt.
- **Ziehen tiefer Gräben zur Vermeidung jeglicher Überschwemmung**, auch von kleinen Überschwemmungen; dadurch kommt es zur Austrocknung der Böden.
- Forcieren der **Monokulturen** (z.B. Fichte) **in der Forstwirtschaft zur Reduktion der Bewirtschaftungskosten**; dadurch ging die Biodiversität verloren.
- etc.

Heute stellt man bei Fachleuten eine Korrektur dieser Geisteshaltung fest. Renaturisierung ist das Schlagwort dafür. Alte Fernerkundungsaufnahmen, insbesondere Luftbilder, in einem GIS sind eine wertvolle Vorlage für die Rücknahme mancher Maßnahmen, die einleitend in diesem Kapitel erwähnt wurden.

Im Auftrag der Niederösterreichischen Agrarbezirksbehörde (Dr. Wallner) hat das I.P.F. im Rahmen einer Diplomarbeit (DIng. Bodi) die **Reduktion der ökologischen Elemente** in den Fluren der Gemeinde Hof, am Leithagebirge, untersucht. Zu diesem Zweck wurden die Luftaufnahmen aus den Jahren 1957, 1971 und 1985 ausgewertet. Absolut gesehen war die Reduktion der ökologischen Flächen nicht sehr drastisch. Die im Rahmen einer Flurbereinigung neu angelegten Windschutzstreifen sind aber voneinander isoliert. In den früheren Jahren gab es dagegen einen Verbund von Ökosystemen, die mit den Auen entlang der Leitha verbunden waren. Die isolierten ökologischen Elemente haben zu einer starken Reduktion der Pflanzen- und Tierarten geführt. Mit den Ideen aus der Vergangenheit, in diesem Fall aus den Luftbildern der Jahre 1957 und 1971, können die einst begangenen Fehler wieder korrigiert werden.

Ein zweites Projekt, das ebenfalls von der Niederösterreichischen Agrarbezirksbehörde angeregt und im Rahmen einer Diplomarbeit (DIng. Weber) am I.P.F. bearbeitet wurde, ist der **Retzer See**. Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt aus dem digitalen Geländemodell, das aus Luftaufnahmen abgeleitet wurde. In den ehemaligen Seeboden wurden in der Vergangenheit Entwässerungsgräben gezogen, die zu einer Trockenlegung dieses Gebietes geführt haben. Zur Verbesserung des Kleinklimas und auch für den Hochwasserschutz nach dem Motto "möglichst viele Niederschläge in der Fläche halten und nicht einem raschen Abfluß zuführen" wurde dieses genaue Geländemodell erstellt. Mit ihm können für verschiedene Wasserstände - nach Errichtung eines Dammes - die künftigen Uferlinien festgestellt werden. Auf der

Grundlage dieser objektiven Daten können die Verhandlungen mit den Landwirten zur Abtretung des Ackerlandes für die Wiederbelebung des Retzer Sees geführt werden. Dieses technisch und ökologisch interessante Projekt wurde vor kurzem auf das gesamte Pulkautal, in dem der Retzer See liegt, ausgedehnt.

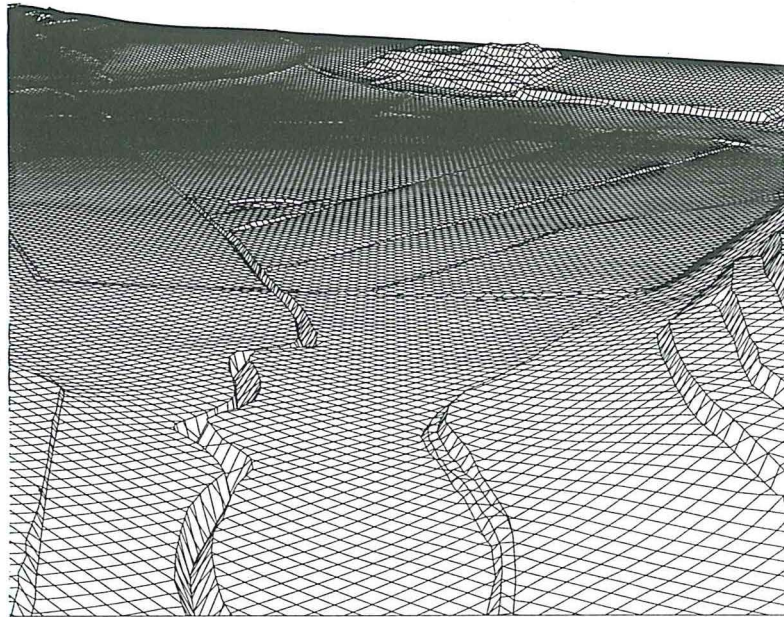


Abb. 3: Ausschnitt aus dem digitalen Geländemodell des ehemaligen "Retzer Sees"

Renaturisierungen werden gegenwärtig in Europa verschiedenenorts vorgenommen. Als Reverenz an die gastgebende Universität sollen **die Renaturisierungen der Tagebaugebiete in Sachsen-Anhalt** erwähnt werden (BIRGER et al. 1998).

### 3.5 Überwachung von Deponien

In den Industriestaaten führt der im einleitenden Kapitel erwähnte jährliche "Output" von 45 bis 85 Tonnen pro Einwohner zu großen Problemen. Ein Teil dieses "Outputs" wird auf Deponien abgelegt. Abb. 4 zeigt die Deponie "Rautenweg". Für ihre ordnungsgemäße Bewirtschaftung ist eine Volumensbestimmung in gewissen Zeitabständen empfehlenswert. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie hat das I.P.F. für eine photogrammetrische Erfassung der Volumenzuwächse ein Konzept ausgearbeitet. Es werden Farbaufnahmen mit einem Bildmaßstab von 1 : 4.000 eingesetzt. Das Projekt wird gemeinsam mit Ingenieurbüros verwirklicht. Gegenwärtig werden sechs Deponien auf diese Weise überwacht; im kommenden Jahr soll die Anzahl der Deponien deutlich erhöht werden.

### 3.6 Landnutzung und ihre Veränderung

Mit der Satellitenfernerkundung kann man großräumig die Landnutzung erfassen; die kleinräumige und detailliertere Erfassung geschieht mittels Flugzeug-Fernerkundung. Für die Dokumentation der Veränderungen ist es wichtig, die jeweiligen Landnutzungs-Datenbestände nicht nur mit neuen Fernerkundungsaufnahmen zu aktualisieren, sondern die kompletten Datenbestände in einer **Zeitreihe** im GIS vorzuhalten. Ein Projekt zur großräumigen Erfassung der Landnutzung, das das I.P.F. durchgeführt hat, findet man in der Publikation (ECKER et al. 1995).

Ein zweites Projekt, in dem die Landnutzung und ihre Veränderung eine große Rolle spielen, wurde vom Bundesministerium für Wissenschaft unter der Bezeichnung **MISSION (Multi-Image Synergistic Satellite Information for the Observation of Nature)** initiiert. Es wurden neun Pärchen bestehend jeweils aus einem Universitätsinstitut und einem Partner aus der Praxis zur Durchführung eines konkreten Projektes gebildet. Alle MISSION-Projekte sind inzwischen publiziert (REITER 1998). Darin ist auch das vom I.P.F. - gemeinsam mit dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen - bearbeitete Projekt "Ergänzung und Fortführung eines digitalen Landschaftsmodelles", in dem besonders die gegenseitige Ergänzung von



Abb. 4: Deponie "Rautenweg", erfaßt vom Ingenieurbüro Höllhuber, Wels

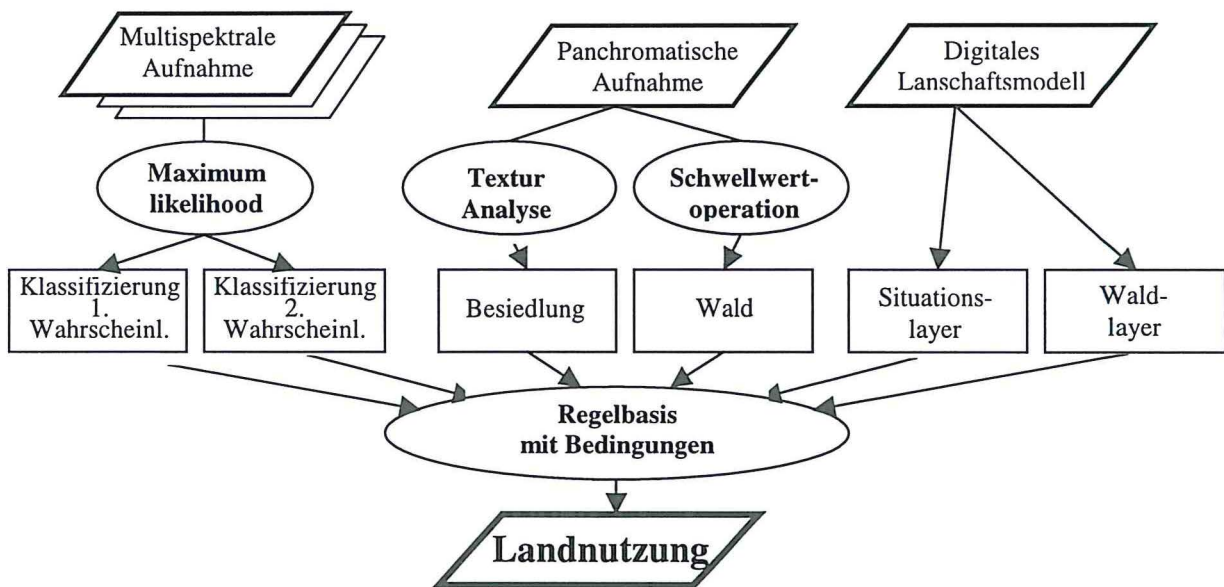


Abb. 5: Regelbasierte Klassifizierung

Fernerkundung und GIS zum Tragen kam, enthalten. Dieses Projekt ist ausführlicher in der Dissertation von Frau SINDHUBER (1998) beschrieben. Sie führt folgende Datenquellen in einer regelbasierten Klassifizierung (Abb. 5) zusammen:

- (Vorläufige) Landnutzungsklassen aus multispektralen Klassifizierungen von Satellitenaufnahmen mit verhältnismäßig geringer geometrischer Auflösung (z.B. LANDSAT, SPOT-XS), wobei für jedes Bild-

element zwei Klassen mit den beiden höchsten Wahrscheinlichkeitsdichten aus der Maximum-Likelihood-Methode ermittelt wurden.

- Besiedlungsstruktur aus Texturanalysen und Waldgrenzen aus Schwellwertoperationen von geometrisch höher aufgelösten panchromatischen Aufnahmen (z.B. IRS-Pan, SPOT-Pan).
- Rasterisierte Situationsfolie (schwarz) und Waldfolie (grün) der **veralteten** topographischen Karte.

Das Ergebnis ist ein aktualisiertes digitales Landschaftsmodell, wobei die Landnutzungsklassen mit Qualitätsparametern versehen sind. Unsichere Zuordnungen sind mit großmaßstäbigen Luftbildern und/oder Feldbegehungen zu klären.

Den Abschluß soll ein Blick ins **Amazonasbecken** bilden. In einem Gebiet von etwa vier Millionen km<sup>2</sup> wird vom INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) jährlich die Landnutzung aus LANDSAT-Szenen erfaßt. Laut einem Bericht vom INPE (<http://yabae.cptec.inpe.br/lba>) wurden 1995 29.059 km<sup>2</sup> des Waldes gerodet; 1996 waren es 18.161 km<sup>2</sup>. Für 1997 schätzt das INPE 10.300 km<sup>2</sup>; nach einer persönlichen Mitteilung von Frau Krug, einer Mitarbeiterin des INPE, wurde 1998 die Rodung weiter reduziert. Zu dieser günstigen Entwicklung leistet die Fernerkundung einen Beitrag: Die politischen Vorgaben werden mittels Fernerkundung kontrolliert; die Objektivität dieser Kontrolle führt auch zu einer Akzeptanz in der Bevölkerung.

## 4 Schlußbemerkungen

Fernerkundung und GIS wachsen immer enger zusammen. Diese Verschmelzung bietet insbesondere für die Geographie interessante Perspektiven. Mit Fernerkundung und GIS kann man - im Sinne des Kapitels 1

- Teile des ökologischen Systems Erde erfassen und verstehen,
- das Individuum für ein verantwortungsvolles globales Verhalten sensibilisieren,
- die Gefahren eines auf übermäßiger Materialverschwendung beruhenden Wachstums erkennen,
- die Mechanismen für eine "gerechte" Nutzung der Ressourcen entwickeln und anwenden,
- heikle politische Entscheidungen vorbereiten und verwirklichen.

## Literatur

- BIRGER, J., C. GLÄSSER, B. HERRMANN & S. TISCHEW (1998): Multisensoral and multitemporal remote sensing of ecological damage caused by open-cast lignite mining in central Germany. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, **32**, Part 7, 70 - 77.
- ECKER, R., R. KALLIANY & K. STEINNOCHER (1995): Fernerkundungsdaten für die Planung eines Mobilfunknetzes. *Vermessung u. Geoinformation*, **83**, 14 - 25.
- KRAUS, K. (1988): Ökologie und Technik: Widerspruch oder Ergänzung. *Österr. Zschr. Vermessungswesen*, **76**, 282 - 288.
- KRAUS, K. & G. BLÖSCHL (1998): Fernerkundung zur Sicherung der Wiener Wasservorräte. *Ausstellungskatalog: Wasserspuren - nachhaltige Zukunftspfade*. Hrsg.: MA 22-Umweltschutz, 26 - 29. Siehe auch <http://www.ipf.tuwien.ac.at/ww/home.htm>.
- RADERMACHER, F. (1998): Menschenbild und Überbevölkerung. <http://www.faw.uni-ulm.de/deutsch/publikationen/radermacher/muue.htm>
- REITER, M. (1998): Beiträge zur Informationsveranstaltung "MISSION - Anwendung der Fernerkundung in Österreich". *Vermessung u. Geoinformation*, **86**, 131 - 177. Siehe auch <http://www.bmwf.gv.at>
- SCHMIDT, K. (1998): Der Standard. *Österreichische Tageszeitung* vom 6. August 1998.
- SINDHUBER, A. (1998): Ergänzung und Fortführung eines digitalen Landschaftsmodelles mit multispektralen und hochauflösenden Fernerkundungsaufnahmen. *Geowiss. Mitt. TU Wien*, H. 48.
- STRAHLER, A.H. & A.N. STRAHLER (1997): *Physical Geography. Science and Systems of the Human Environment*. New York etc.
- WAGNER, W. (1999): Soil Moisture Retrieval from ERS Scatterometer Data. *Geowiss. Mitt. TU Wien*, H. 49. Siehe auch <http://www.ipf.tuwien.ac.at/ww/home.htm>.

*Anschrift des Autors:*

Univ.-Prof. Dr. Karl Kraus  
Technische Universität Wien  
Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung  
Gußhausstraße 27 - 29  
A-1040 Wien