



## Umweltmonitoring im Alpinen Raum mit hochauflösenden Satellitendaten

Jürgen Janoth <sup>1</sup>, Markus Eisl <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Geospace GmbH, Jakob-Haringerstr. 1, 5020 Salzburg*

<sup>2</sup> *Geospace GmbH, Jakob-Haringerstr. 1, 5020 Salzburg*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **86** (3), S. 166–171

1998

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Janoth_VGI_199823,  
  Title = {Umweltmonitoring im Alpinen Raum mit hochaufl{\o}senden  
          Satellitendaten},  
  Author = {Janoth, J{\u}rgen and Eisl, Markus},  
  Journal = {VGI -- {\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessung und  
            Geoinformation},  
  Pages = {166--171},  
  Number = {3},  
  Year = {1998},  
  Volume = {86}  
}
```



Dieses Ergebnis wurde für Genauigkeitsanalysen noch mit einer visuellen Interpretation von Orthophotos des BEV verglichen. Dabei stellte sich heraus, daß 93% der Pixel mit der Interpretation der Referenzbilder übereinstimmen. Für die Klassen größter Zuverlässigkeit, das sind 81% der gesamten Pixel, stimmen sogar mehr als 96% überein. Die geometrische Genauigkeit beträgt etwa 15 m x 15 m.

Das Ergebnisbild ist in Abbildung 4 zu sehen. Dem farbkodierten Landnutzungsklassen, die weiter in die erwähnten Sicherheitskategorien unterteilt sind, ist der Situationslayer der ÖK50 überlagert, um einen besseren Eindruck von der erreichten Qualität zu erhalten.

#### Literatur:

- [1] *Sindhuber A. (1998):* Ergänzung und Fortführung eines digitalen Landschaftsmodelles mit multispektralen und hochauflösenden Fernerkundungsaufnahmen, Dissertation an der TU-Wien, Geowissenschaftliche Mitteilung, Heft 48.

- [2] *Kraus K. (1990):* Fernerkundung, Band 2, Auswertung photographischer und digitaler Bilder, Dümmler Verlag, Bonn .  
 [3] *Steinnocher K. (1997):* Texturanalyse zur Detektion von Siedlungsgebieten in hochauflösenden panchromatischen Satellitenbilddaten, Salzburger Geographische Materialien, Heft 26, Seite 143ff, AGIT, Salzburg 1997.  
 [4] *Förstner W. (1991):* Statistische Verfahren für die automatisierte Bildanalyse und ihre Bewertung bei der Objekterkennung und -vermessung, Heft Nr. 370, DGK, München.  
 [5] *Mischke A. und Rottensteiner F. (1997):* Feature Extraction in an On-line Engineering Surveying System, ÖAGM Workshop 1997, R. Oldenbourg Wien München.  
 [6] *Paul G. (1997):* Aufbau eines Digitalen Landschaftsmodells von Österreich, Vermessung und Geoinformation 85. Jhg. VGI 4/97, pp. 260-266.  
 [7] *Lee J. (1983):* Digital Image Smoothing and the Sigma Filter, Computer Vision, Graphics and Image Processing, vol. 24, 1983, pp. 255-269.

#### Anschrift der Autoren:

Michael Franzen, Gerald Kohlhofer: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Krotenthalergasse 3, 1080 Wien

Josef Jansa, Adele Sindhuber: Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, TU Wien, Gußhausstraße 27-29, 1040 Wien



## Umweltmonitoring im Alpenen Raum mit hochauflösenden Satellitendaten

*Jürgen Janoth und Markus Eisl, Salzburg*

### Zusammenfassung

Für Fragestellungen des Umweltmonitoring im alpinen Raum wurde der Informationsgehalt hochauflösender Satellitendaten untersucht. Im Vordergrund standen alm- und forstwirtschaftliche Problemstellungen. Dabei wurde die Differenzierbarkeit der bewirtschafteten Almflächen und Wälder sowie die Erfassbarkeit verschiedener Nutzungsintensitäten analysiert. Weiters wurde die Differenzierbarkeit natürlicher Sukzessionsstadien aufgelassener Almen untersucht. Die eingesetzten Verfahren umfassen Beleuchtungskorrektur, Texturanalyse, Maximum Likelihood Klassifizierung und regelbasierte Postklassifizierung. Die Ergebnisse zeigen, daß hochauflösende Satellitendaten für umweltrelevante Fragestellungen im alpinen Umfeld eine wichtige zusätzliche Informationsquelle darstellen.

### Abstract

High resolution satellite data have been analysed concerning their information content for selected problems in environmental monitoring in alpine regions. Special attention has been laid upon the differentiation of alpine pastures and forests. The methods used include illumination correction, texture analysis, Maximum Likelihood classification and rule based classification approaches. The results demonstrate the high potential of high resolution data for environmental studies in alpine regions.

### 1. Einleitung

Die vorliegende Studie, die – gefördert vom Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr – im Rahmen der Projektinitiative MISSION (GZ 79.065/2-II/5/95) durchgeführt wurde, untersucht den Informationsgehalt neuer hochauflösender Satellitendaten für ausgewählte Frage-

stellungen des Umweltmonitoring im alpinen Raum. Im Vordergrund standen vor allem alm- und forstwirtschaftliche Fragestellungen im Nationalpark Hohe Tauern. Von besonderem Interesse war dabei:

- die Erfassung der Almflächen;
- die Unterscheidung verschiedener Nutzungsintensitäten bewirtschafteter Almen;

- die Erfassung natürlicher Sukzessionsstadien in aufgelassenen Almen.

Ein zweiter Themenkomplex beschäftigt sich mit dem Waldanteil. Hier lag das Interesse insbesondere auf:

- einer genauen Abgrenzung des Waldes;
- einer Klassifizierung nach Hauptbaumarten und Altersklassen, und
- Aussagen über die Nutzungsintensität der Wälder.

## 2. Datenlage

Aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse, konnten lange Zeit keine aktuellen, Satellitendaten des Untersuchungsgebietes gewonnen werden. Aus diesem Grund wurde zunächst auf früher aufgenommene Landsat TM und SPOT Pan Daten zurückgegriffen. Erst gegen Ende der Vegetationsperiode 1997 konnten für den westlichen Bereich des Nationalparks SPOT (09.09.1997) und IRS-1C Daten (11.09.1997) aufgenommen werden. Die panchromatischen IRS-1C Daten verfügen aber nur über eine geringe Dynamik und weisen darüber hinaus sensorbedingte Datenfehler (banding) auf. Die Brauchbarkeit dieses Datensatzes ist daher eingeschränkt. Ursprünglich für das Projekt geplante hochauflösende MOMS-02 Daten konnten nicht aufgezeichnet werden, so daß keine hochauflösenden Satellitendaten im engeren Sinne vorliegen.

Daneben fanden auch Daten des Tauern-GIS der Nationalparkverwaltung Verwendung, die sowohl als Referenzbasis als auch zur weiteren Differenzierung der Klassifizierungsergebnisse genutzt wurden.

Als dritte Datenquelle konnte auf ein räumlich hochauflösendes Digitales Geländemodell mit einer Rasterweite von 25m zurückgegriffen werden, das vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen zur Verfügung gestellt wurde.

## 3. Methodik

Das Fehlen hochauflösender, multispektraler Satellitendaten machte eine besondere Vorgehensweise nötig. Es wurde deutlich, daß die Fragestellungen nur mit einem methodischen Ansatz gelöst werden können, der eine sinnvolle Einbeziehung räumlich höher auflösender panchromatischer Daten in den Klassifizierungsprozeß erlaubt. Diese Überlegungen führten zur Implementierung zusätzlicher Algorithmen, die einerseits Texturparameter berücksichtigen, andererseits eine Verknüpfung der „spektralen Klassen“ mit Zusatzinformationen aus weiteren Datenquellen über wissensbasierte Regeln erlauben. Methodisch beruht der Ansatz auf einer getrennten Bearbeitung von multispektralen und panchromatischen Daten. Der multispektrale Datensatz wird dabei einer herkömmlichen Maximum Likelihood Klassifizierung unterzogen. Topographisch bedingte Reflexionseffekte werden zuvor durch eine Beleuchtungskorrektur korrigiert. Die panchromatischen Daten werden dagegen für eine Texturanalyse herangezogen und liefern mit abgeleiteten Texturmerkmalsbildern weitere wichtige Informationskanäle. Die jeweiligen Ergebnisse werden in einem letzten Arbeitsschritt mit weiteren Zusatzinformationen über wissensbasierte Regeln verknüpft und gegebenenfalls neuen Klassen zugeordnet.

Methodisch beruht der Ansatz auf einer getrennten Bearbeitung von multispektralen und panchromatischen Daten. Der multispektrale Datensatz wird dabei einer herkömmlichen Maximum Likelihood Klassifizierung unterzogen. Topographisch bedingte Reflexionseffekte werden zuvor durch eine Beleuchtungskorrektur korrigiert. Die panchromatischen Daten werden dagegen für eine Texturanalyse herangezogen und liefern mit abgeleiteten Texturmerkmalsbildern weitere wichtige Informationskanäle. Die jeweiligen Ergebnisse werden in einem letzten Arbeitsschritt mit weiteren Zusatzinformationen über wissensbasierte Regeln verknüpft und gegebenenfalls neuen Klassen zugeordnet.

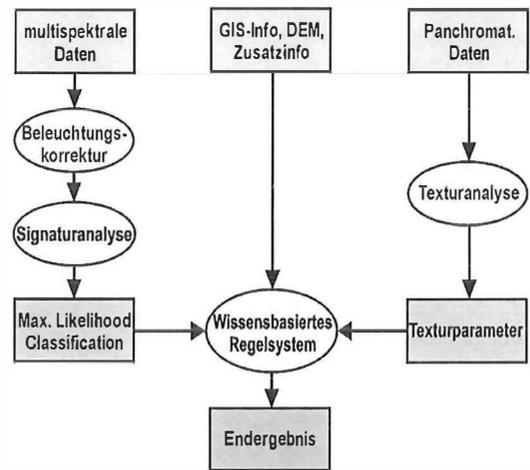


Abb. 1: Schematisches Ablaufdiagramm

### 3.1. Beleuchtungskorrektur

In stark reliefiertem Gelände kommt es infolge unterschiedlicher Hangneigungen und -expositionen zu erheblichen geländebedingten Beleuchtungsunterschieden, die sich auf die spektralen Signaturen entscheidend auswirken.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde daher ein Beleuchtungskorrekturmodell implementiert, das die objektspezifischen BRDF-Effekte (bidirectional reflectance distribution function) berücksichtigt [1, 2]. Die Beleuchtungskorrektur wurde auf die multispektralen Satellitendaten angewandt, wobei die Korrektur speziell für die Waldfläche erfolgte.

Die korrigierten Bilddaten zeichnen sich bereits visuell durch eine deutliche Verringerung des Beleuchtungseinflusses aus, sichtbar z.B.

am deutlich homogeneren Eindruck der Waldflächen. In steilen Hangbereichen führt diese Methode allerdings zu einer Überkorrektur, die auf die Vernachlässigung des diffusen Himmelslichtes zurückzuführen ist.

### 3.2. Texturanalyse

Ziel der Texturanalyse war die Evaluierung der räumlichen Variabilität (Textur) eines Bildes mit Hilfe verschiedener Texturmerkmale wie etwa Contrast, Energy, Correlation, Entropy oder Inverse Difference Moment [3]. Im Rahmen dieser Untersuchung sollten Texturmerkmale aber auch der Einbeziehung der panchromatischen Daten in den Klassifizierungsprozeß dienen.

Eine Untersuchung verschiedener Texturmerkmale zeigte, daß für die vorliegenden Fragestellungen ein richtungsunabhängiges Inverse Difference Moment die besten Resultate lieferte. Wie zu erwarten, ergab die Analyse einen deutlichen Zusammenhang zwischen Bodenauflösung der panchromatischen Daten und Größe der Oberflächenstrukturen. Es zeigte sich, daß SPOT-Pan Daten häufig eine zu geringe Auflösung aufweisen, als daß kleinräumig auftretende Texturunterschiede noch erfaßt werden könnten. IRS-1C Daten weisen in dieser Hinsicht einen Vorteil auf, der aber durch die genannten Datenfehler wieder eingeschränkt wird. Im weiteren Verlauf wurden daher Texturparameter nur für diejenigen Klassen berücksichtigt, für die ein klar erkennbarer Zusammenhang deutlich wurde [4].

### 3.3. Klassifizierung

Zielsetzung der Klassifizierung war eine möglichst genaue Trennung der Klassen, die dann in die anschließende Postklassifizierung einfließen sollten. Dieser Ansatz wurde gewählt, da ein zufriedenstellendes Ergebnis durch eine pixelbasierte multispektrale Klassifizierung nicht erwartet werden konnte.

Auf der Grundlage von Bodenerhebungen wurde eine überwachte Maximum-Likelihood Klassifizierung eingesetzt. Die Klassifizierung erfolgte mit Datensätzen, auf denen zuvor alle Nicht-Waldflächen bzw. alle Nicht-Almflächen ausmaskiert wurden. Die Abgrenzung des Waldes und der Almen konnte dabei teilweise aus IRS-1C Daten abgeleitet werden, die weitere thematische Differenzierung basierte dagegen vor allem auf Landsat TM Daten. Die Klassifizierung erfolgte durch die neue MMIPPS Software (Multispectral and Multitemporal Image Processing on Parallel Systems) [5], die im Rahmen ei-

nes von der Europäischen Kommission geförderten ESPRIT-Projekts von GEOSPACE zusammen mit internationalen Projektpartnern entwickelt wurde.

Die Ergebnisse der Primärklassifizierung deken sich weitgehend mit den Erwartungen [6]. Klassen, die sowohl über eine charakteristische Reflexion verfügen und/oder flächenhaft auftreten weisen eine hohe Klassifizierungsgüte auf. Problematisch sind unterrepräsentierte Klassen, Mischklassen und extreme Schattenbereiche.

### 3.4. Wissensbasiertes Expertensystem

Als methodische Erweiterung des bestehenden Postklassifizierungsverfahrens [4] wurde ein wissensbasiertes Expertensystem eingeführt, mit dem eine weitere Verbesserung der Klassifizierungsergebnisse erreicht werden sollte. Grundsätzlich lassen sich Systeme unterscheiden, die auf Gewißheit (evidential inference) oder Hierarchien (hierarchical inference) beruhen [7]. Ziel war die Einbindung von Texturmerkmalen und weiteren Informationen in den Klassifizierungsprozeß über wissensbasierte Regeln.

Im konkreten Fall werden die Ergebnisse der Klassifizierung mit Texturmerkmalen (Pan-Daten), GIS-Informationen und aus dem Digitalen Geländemodell abgeleiteten Informationen miteinander kombiniert. Zudem wurden Nachbarschaftsbeziehungen berücksichtigt [4, 8].

Aufgrund fehlender Flächendeckung (Geologie) oder thematischer Fehler (aktuelle Vegeta-

#### Regelbeziehungen Wald:

Lärche	Höhenlage > 2200 m	⇒ Zwergstrauch
Fichte	Höhenlage > 1800 m ++ Zirbe + Fichte-Zirbe > 50%	⇒ Fichte-Zirbe
Fichte	Höhenlage > 1800 m ++ Zirbe > 75 %	⇒ Zirbe
Fichte	IDM (IRS Pan) > 100 ++ Fichte-Lärche > 50 %	⇒ Fichte-Lärche

#### Regelbeziehungen Alm:

Mahdalm	Höhenlage > 1900 m ++ Inklination > 20 %	⇒ Bergmäher
Alm	Grünerle + Birke > 50% ++ Inklination > 30 %	⇒ Verbuschung
Mahdalm	Weidealm > 50 % ++ IDM (IRS Pan) < 100	⇒ Weidealm

tion) wurden die Regeln in der ersten Phase auf ökosystemare Zusammenhänge und Informationen gestützt, die aus dem Digitalen Geländemodell ableitbar sind. Im folgenden ist ein Auszug aus den Regeln wiedergegeben.

Abb. 2 und 4 zeigen die Ergebnisse der regelbasierten Postklassifizierungen.

Darüberhinaus wurden Regeln definiert, die eine Differenzierung der Klassifizierungsergebnisse bezüglich verschiedener Nutzungsintensitäten erlauben sollten. Basis bildeten die aus Landsat-TM Daten hergeleitete Primärklassifizierungen, die mit zusätzlichen GIS- und DGM-Daten verknüpft wurden (Abb. 3 und 5). Da in diesen Fällen weniger wissenschaftlich abgesicherte Regelzusammenhänge vorliegen, wurde das „Expertenwissen“ auch auf Plausibilitätskriterien gestützt.

## 4. Diskussion

### 4.1. Almklassifizierung

Die ML-Klassifizierung der Almflächen ergab, daß eine Differenzierung von Weidealm-, Mahdalm- und späten Sukzessionsstadien möglich ist, es zeigt sich aber eine deutliche Abhängigkeit zwischen Flächengröße und Pixelauflösung.

Durch die Einbeziehung panchromatischer Daten und weiterer Informationen über ein Regelwerk konnten die Ergebnisse sowohl hinsichtlich der räumlichen Abgrenzung als auch der thematischen Differenzierung verbessert werden. Die Einbeziehung hochauflösender IRS-1C Pan Daten ermöglichte eine weitere Differenzierung aufgelassener Almen. Im einzelnen können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

- Eine Kombination von Landsat TM und panchromatischen Daten scheint geeignet, Almflächen bis zu einem Maßstab von 1: 25 000 zu erfassen.
- Eine Differenzierung in Almtypen war für hinreichend große und homogene Flächen möglich.
- Die Differenzierung von Bergmahdflächen und Hochalmen konnte mit Hilfe des Regelwerkes erfolgen.
- Sukzessionsstadien konnten erst bei fortgeschrittener Verbuschung sicher getrennt werden, was allerdings auch mit der oft geringen Ausdehnung dieser Flächen zusammenhängt.

Die Überprüfung der Klassifizierungsergebnisse erfolgte anhand unabhängiger Kontrollge-

biete und zeigt unter Berücksichtigung der oben genannten Einschränkungen sehr zufriedenstellende Ergebnisse. Die Untersuchung belegt damit das große Potential hochauflösender Satellitendaten zur Differenzierung der Almen in die Nutzungstypen Weide-, Mahd und aufgelassene Alm. Die Ergebnisse zeigen ferner, daß eine Differenzierung in verschiedene Intensitätsstufen möglich ist, allerdings ohne Unterscheidung der Nutzungsintensität von Almen, die der gleichen Nutzung unterliegen.

### 4.2. Waldklassifizierung

Die Ergebnisse der Waldklassifizierung zeigen, daß durch die angewandte Methode die geometrische und thematische Genauigkeit verbessert wird. Im einzelnen können folgende Resultate festgehalten werden:

- Die Berücksichtigung panchromatischer Daten trägt bedeutend zur Abgrenzung des Waldes bei. Probleme treten aber in Schlag-schattenbereichen auf.
- Die Klassifizierung basiert vor allem auf Landsat TM Daten, die die beste Trennung von Baumarten auf Bestandesebene ermöglichen. Durch Berücksichtigung von Nachbarschaftsregeln und weiteren Informationen kann das Ergebnis deutlich verbessert werden.
- Die bestandsbildenden Baumarten werden mit großer Genauigkeit erfaßt, geringere Genauigkeiten ergeben sich für Mischbestände.
- Die Methode zur Differenzierung von Nutzungsintensitäten scheint ein sinnvoller Ansatz zu sein, derartige Informationen aus Satellitendaten abzuleiten.

Die Verifizierung der Klassifizierungsergebnisse stützt sich auf unabhängige Kontrollgebiete. Darauf basierend errechnet sich eine sehr zufriedenstellende Gesamtwahrscheinlichkeit der richtigen Zuordnung bezogen auf Hauptwaldtypen.

Klassifizierte Daten	Unabhängige Kontrollgebiete		
	Nadelwald	Nadelmischwald	Laubwald u. -gehölze
Nadelwald	89 %	14 %	-
Nadelmischwald	9 %	84 %	-
Laubwald u. -gehölze	1 %	2 %	93 %

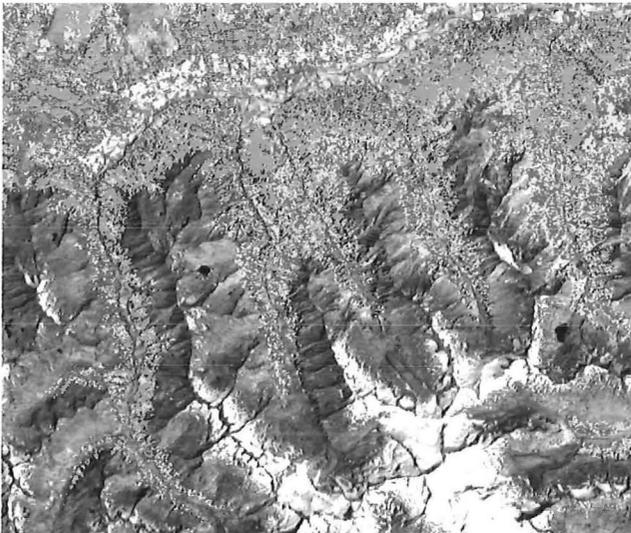
Tab. 1: Klassifizierungsgenauigkeit für Hauptwaldtypen

Als schwierig erwies sich die Erfassung von Blößen und Kulturen sowie von jungen Nadel-



- Kultur
- Fichte (Stg.-holz)
- Fichte (Baumholz)
- Fichte-Zirbe
- Zirbe
- Fichte-Lärche
- Lärche
- Legföhre
- Grünerle
- Niederwald
- Zwergstrauch

Abb. 2:  
Ergebnis der  
Postklassifizierung  
für die Waldflächen



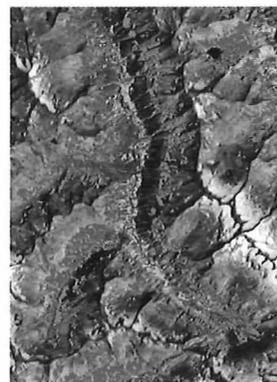
- Sehr stark
- Stark
- Mäßig
- Gering
- Sehr gering

Abb. 3:  
Potentielle Nutzungsintensitäten  
für die Waldflächen



- Extensive Weide
- Intensive Weide
- Mahdalm
- Hochalm
- Bergmähder
- Verbuschung

Abb. 4: Ergebnis der Postklassifizierung  
für die Almflächen



- Gering
- Mäßig
- Stark
- Sehr stark
- Keine

Abb. 5: Potentielle Nutzungsintensitäten  
der Almflächen

waldbeständen. Aufgrund ihres eher geringen Anteils an der Waldfläche wird die Gesamtgenauigkeit aber nicht nennenswert beeinflusst. Auch die zweifelsfreie Differenzierung zwischen Wald und Gebüsch- bzw. Sukzessionsflächen ist problematisch. Die Untersuchung zeigte aber, daß durch den gewählten methodischen Ansatz zufriedenstellende Ergebnisse erreicht werden können.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß mit der vorgestellten Methode eine Verbesserung der geometrischen und thematischen Klassifizierungsgenauigkeiten erzielt werden kann. Die Methode erwies sich als geeignet, unterschiedliche Aufgabenstellungen (in der Forst- und Almwirtschaft) zu lösen und verschiedene Satellitendaten miteinander zu verbinden. Durch die Einbeziehung zusätzlicher Informationen lassen sich auch neue, aus Satellitendaten nicht direkt ableitbare Aussagen (Nutzungsintensitäten) gewinnen. Eine weitere Verbesserung mit neuen, hochauflösenden Satellitendaten ist zu erwarten.

## 5. Ausblick

Die zukünftige Entwicklung wird sich auf eine Verfeinerung der Regelzusammenhänge richten. Zudem wird derzeit überprüft, inwiefern der Ansatz methodisch um Segmentierungsverfahren erweitert werden kann. Im Rahmen zweier von der Europäischen Kommission geförderten Forschungsvorhaben, EON2000 (Earth Observation for Natura 2000 Habitats) und ENFORMA (Integration of Earth Observation Data in Supporting National Legislations for Environmental Forest Management), wird diesen Fragestellungen weiter nachgegangen. Eine wichtige Fragestellung wird sich schließlich mit dem Potential und den methodischen Fragen der Auswertung der zu-

künftigen, hochauflösenden Multispektraldaten beschäftigen.

## Dank

Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeitern der Nationalparkverwaltung Salzburg, vor allem Frau Mag. K. Bauch, Herrn DI F. Lainer und Herrn Mag. D. Stangl für ihre freundliche und tatkräftige fachliche Unterstützung.

## Literatur:

- [1] *Banko, G. (1997):* Waldoptimierte Korrektur von geländebedingten Beleuchtungsunterschieden in Landsat-TM-Daten. – In: (DOLLINGER, F. & J. STROBL; Hrsg., 1997): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung IX. Beiträge zum GIS-Symposium 2.–4. Juli 1997. Salzburger Geographische Materialien, Heft 26, 1997, S. 1–10.
- [2] *Smith, J., Lin, T. & K. Ranson (1980):* The Lambertian assumption and Landsat data. – In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing; Vol. 46, No. 9, p. 1183–1189.
- [3] *Haralick, R.M., Shanmugam, K. & I. Dinstein (1973):* Textural features for image classification. – In: IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-3, No. 6, pp. 610–621.
- [4] *Janoth, J. (1998):* MISSION – Umweltmonitoring im alpinen Raum. Endbericht an das Ministerium Für Wissenschaft und Verkehr. Salzburg 1998.
- [5] *Janoth, J. & M. Eisl (1998):* MMIPPS – Multispectral and Multitemporal Image Processing on Parallel Systems – Result Analysis Document. MMIPPS ESPRIT Project 20970, Deliverable D5.1, Issue 1.3, Salzburg 1998.
- [6] *Schardt, M. (1990):* Verwendbarkeit von Thematic Mapper-Daten zur Klassifizierung von Baumarten und natürlichen Altersklassen. Dissertation an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg, 1990.
- [7] *Bolstad, P. V. & T.M. Lillesand (1992):* Rule-based classification models: Flexible integration of satellite imagery and thematic spatial data. – In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 58, No. 7, July 1992, S. 965–971.
- [8] *Guo, L.J. & J.M. Moore (1991):* Post-classification processing for thematic mapping based on remotely sensed image data. – In: Proceedings International Conference IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, 3.–7. June 1991, Espoo, Finland, S. 2203–2206.

## Anschrift der Autoren:

Dipl. Geogr. Jürgen Janoth und Dr. Markus Eisl, Geospace GmbH, Jakob-Haringerstr.1, 5020 Salzburg. e-mail: juergen@geospace.co.at