



Parzellenscharfe Landnutzungskartierung aus Satellitenbildern

Werner Schneider ¹, Joachim Steinwendner ², Renate Bartl ³

¹ *Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien*

² *Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien*

³ *Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **84** (1), S. 30–36

1996

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Schneider_VGI_199607,  
Title = {Parzellenscharfe Landnutzungskartierung aus Satellitenbildern},  
Author = {Schneider, Werner and Steinwendner, Joachim and Bartl, Renate},  
Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {30--36},  
Number = {1},  
Year = {1996},  
Volume = {84}  
}
```



Einführung könnte als Basis zur Bestimmung der notwendigen Rahmenparameter und zur Prüfung der Zuverlässigkeit der eingesetzten Methoden herangezogen werden. Als Grundbedingung für die Entwicklung eines operationellen Verfahrens wird eine enge Kooperation zwischen den zuständigen Stellen im Landwirtschaftsbereich und den Fernerkundungseinrichtungen in Österreich angesehen.

Literatur

- [1] *Jensen J.R.* (1986): Introductory digital image processing. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- [2] *Leberl F. und Kalliany R.* (1996): Innovation in Sensortechnik und Datennetzwerken. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation. Vol. 84, Nr. 1, (in Druck).
- [3] *Lillesand T.M. and Kiefer R.W.* (1994): Remote Sensing and Image Interpretation (3rd edition). John Wiley & Sons, New York.

- [4] *Lo T.H.C., Scarpace F.L. and Lillesand T.M.* (1986): Use of multitemporal spectral profiles in agricultural land-cover classification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 52, No. 4, pp. 535–544.
- [5] *Schneider W., Steinwender J. und Bartl R.* (1996): Parzellenscharfe Landnutzungskartierung aus Satellitenbildern. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation. Vol. 84, Nr. 1, (in Druck).
- [6] *Stätter C. und Steinnocher K.* (1994): Ein hierarchischer Klassifikationsansatz zur Erfassung von Landnutzung aus multitemporalen Landsat-TM Daten. Proceedings AGITVI, 6.-8. Juli 1994, Salzburg, pp. 683–691.
- [7] *Steven M.D.* (1993): Satellite remote sensing for agricultural management: opportunities and logistic constraints. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 48, No. 4, pp. 29–34.

Anschrift des Autors:

Dr. Klaus Steinnocher, Abteilung Umweltplanung, Forschungszentrum Seibersdorf, 2444 Seibersdorf.



Parzellenscharfe Landnutzungskartierung aus Satellitenbildern

*Werner Schneider, Joachim Steinwendner,
Renate Bartl, Wien*

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag werden technische Probleme diskutiert, die bei der Ermittlung der Flächennutzung im landwirtschaftlichen Gebiet aus Satellitenbildern und bei der Zuordnung dieser Daten zu den im Kataster ausgewiesenen Grundstücken auftreten. Diese Probleme betreffen insbesondere das bei kleinen Parzellen und großen Bildelementen häufige Auftreten von Mischpixeln, Genauigkeits- und Automatisierungsfragen bei der exakten geometrischen Überlagerung mit dem Kataster sowie die thematische und radiometrische Eichung jeder Szene. Die präsentierten Lösungsansätze beruhen auf Subpixelanalyse zur Gewinnung brauchbarer Information auch von kleinen Parzellen, auf Information Fusion zur Verknüpfung von Satellitenbildern und Katasterkarten sowie auf Verfahren der automatischen Bildkalibrierung zur Minimierung des Bedarfs an Referenzflächen im Gelände.

Abstract

This contribution discusses technical problems concerning the assessment of land use in agricultural areas from satellite images and the combination of these data with the cadastral map. In particular, these problems refer to the frequent occurrence of mixed pixels in case of small parcels and large pixels, to questions of accuracy and automation in the exact superimposition with the cadastral map, and to the thematic and radiometric calibration of each scene. Approaches to solutions are being presented. They are based on subpixel analysis to obtain useful information about small parcels, on information fusion to combine satellite imagery and cadastral map, and on automatic image data calibration to minimize the need for reference parcels in the field.

1. Problemstellung

Landnutzungskartierungen mit Bezug zu Kataster haben eine große praktische Bedeutung zur Gewinnung agrarpolitischer Grundlagendaten, u.a. zur Überwachung von Flächenstilllegungen usw. Es besteht dabei die konkrete Aufgabenstellung, die Landnutzung auf den einzelnen im

Kataster ausgewiesenen Parzellen bzw. auch auf Teilbereichen dieser Parzellen zu ermitteln.

Als Lösungsmöglichkeiten bieten sich an:

- a) Erhebungen im Gelände: Der Aufwand und dementsprechend die Kosten sind beträchtlich. Ein besonders gravierender Nachteil ist die Schwierigkeit einer Kontrolle: Die Erhe-

NEU V*

Standards, die Raum lassen für eigene Lösungen:

DOS-Tachymeter Rec Elta® C

Mit den DOS-Tachymetern
Rec Elta® 13 C und Rec Elta® 14 C
lösen Sie Ihre Meßaufgaben dort,
wo sie anfallen.

Integrierter MS-DOS-Rechner und
PCMCIA-Karten machen ein
Rec Elta® C zu Ihrem „Persönlichen
Tachymeter“. So sicher wie Sie
einen PC bedienen, so sicher
bedienen Sie auch Ihr „PT“:

Karte hineinschieben. Messen,
Rechnen, Speichern erfolgen
unmittelbar auf Tastendruck.
Ebenso einfach nutzen Sie zusätz-
liche Programme. Auch Ihre
eigenen Programme werden
„akzeptiert“. Das Programmieren
in Hochsprachen ist kein Problem. –
Definieren Sie die Benutzerober-
fläche nach Ihren eigenen Vorstel-
lungen.

Beibehalten wurde, was sich seit
Jahren bei Zeiss Instrumenten
bewährt: Menü- und Dialogtechnik
für einfache, schnelle und sichere
Bedienung.

Wir würden gern mit Ihnen über
die offenen, vielseitigen Systeme
Rec Elta® 13 C und Rec Elta® 14 C
sprechen. Rufen Sie uns an oder
faxen Sie.



- I. Rec Elta® RL
- II. DiNi® 10, DiNi® 20
- III. Elta® 50, ETH 50
- IV. GePoS® RS 12

Zeiss Instrumente

Zertifizierte Qualität

gemäß

DIN ISO 9001/EN 29001



Carl Zeiss
150
Jahre
Innovation in Optik

Carl Zeiss GmbH
Modecenterstr. 16
A-1030 Wien
Tel. (1) 02 22/795 18-0
Fax (1) 02 22/795 18-400

...damit es beim Messen
vorwärts geht.

bungen können zu einem späteren Zeitpunkt kaum nachgeprüft werden. Bei Teilnutzungen ist mit erheblichen Fehlern zu rechnen, oder aber es sind zusätzlich Vermessungsarbeiten im Gelände zu leisten.

- b) Luftbildauswertungen: Diese sind ebenfalls mit hohen Kosten verbunden, insbesondere wenn aktuelles Bildmaterial und damit ein eigener Bildflug erforderlich ist, und wenn die zu erhebenden Grundstücke über größere Bereiche versteuert liegen. Der große Vorteil gegenüber Erhebungen im Gelände ist die Überprüfbarkeit: Luftbilder sind objektive Dokumente des Naturzustandes und können auch zu einem späteren Zeitpunkt zu Kontrollzwecken ausgewertet werden.
- c) Satellitenbildauswertungen: Dies ist potentiell die kostengünstigste Lösung, da das Datenmaterial (bezogen auf die abgedeckte Fläche) verhältnismäßig preiswert ist und die Voraussetzungen für eine Automatisierung der Auswertung besser als bei Luftbildern sind. Es gibt allerdings Schwierigkeiten bei kleinräumigen Landnutzungsstrukturen, wie sie in Österreich dominieren.

Der vorliegende Beitrag hat diese Probleme der Satellitenbildauswertung zum Inhalt. Dabei wird von den Forderungen ausgegangen, daß jeweils aktuellstes Bilddatenmaterial möglichst automatisch auszuwerten ist. Die Forderung nach Aktualität bedeutet, daß man bei den in unseren Breiten vorherrschenden Wetterbedingungen hinsichtlich des Sensors nicht allzu wählerisch sein darf: Auch wenn für die kommenden Jahre räumlich hochauflösende Erdbeobachtungssensoren mit Pixelgrößen bis 4m (multispektral) geplant sind, wird man aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und der Ausnützung jeder sich bietenden günstigen Aufnahmegelegenheit mit Bilddaten unterschiedlicher Sensoren und damit auch solcher mit geringerer räumlicher Auflösung arbeiten müssen. Es stellen sich folgende Detailprobleme:

- Exakte geometrische Überlagerung mit Kataster: Konventionelle Lösungen durch Entzerrung der Satellitenbilder auf ein absolutes Geländekoordinatensystem sind mit hinreichender Genauigkeit (wenige Meter zulässiger Fehler) kaum möglich, aber auch nicht in jedem Fall sinnvoll, da Fehler im Kataster trotzdem zu Problemen bei der Überlagerung führen können. Günstiger ist es, direkt auf den Kataster einzupassen, wobei im landwirtschaftlichen Gebiet die Grenzen homogener Flächen als Paßlinien dienen.
- Mischpixel: Bei einer Pixelgröße, die nicht wesentlich unter der durchschnittlichen Breite

landwirtschaftlicher Parzellen liegt, gehört ein großer Prozentanteil der Pixel zu den sogenannten Mischpixeln. Diese Mischpixel enthalten unterschiedliche Nutzungsarten und können daher nicht mit konventionellen Klassifizierungsverfahren behandelt werden, bei denen versucht wird, jedes Pixel auf Grund seiner Spektralsignatur einer Nutzungsart zuzuordnen. Auch bei der Anwendung von konventionellen Segmentierungsverfahren werden Mischpixel nicht berücksichtigt, sodaß diese Verfahren bei einem hohen Mischpixelanteil ungünstig sind bzw. versagen.

- Thematische und radiometrische Eichung jeder Szene: Der Zusammenhang zwischen Nutzungsart im Gelände und Spektralsignatur auf dem Bild ist nicht konstant. Das bedeutet, daß jede Szene geeicht werden muß, was entsprechend aufwendig ist, wenn dazu Referenzflächen im Gelände benötigt werden.

Am Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung laufen diverse Untersuchungen, insbesondere im Rahmen des FWF-Schwerpunktes „Theory and Applications of Image Processing and Pattern Recognition“, die Bausteine zur Lösung dieser Probleme liefern. Diese Lösungsansätze betreffen:

- Subpixelanalyse und Subpixelsegmentierung zur Gewinnung brauchbarer Information auch von kleinen Parzellen,
- Information Fusion zur Verknüpfung von Satellitenbild und Katasterkarte
- automatische Kalibrierung zur Minimierung des Bedarfs an Referenzflächen im Gelände.

Gemeinsamer Ausgangspunkt aller Ansätze ist die Überlegung: Wie würde ein Interpret bei visueller händischer Auswertung vorgehen? Es wird versucht, diese Verfahrensweise eines menschlichen Experten in einem automatischen System zu simulieren.

2. Räumliche Subpixelanalyse und Segmentierung

Der Mensch sieht in Rasterbildern mit großen Pixeln Strukturen mit Subpixelauflösung. Ein Verfahren, das diese Fähigkeit des menschlichen visuellen Wahrnehmungssystems für Fernerkundungsbilder landwirtschaftlicher Flächen (homogene Bereiche, gerade Grenzen) in einem automatischen System simuliert, wurde am Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung entwickelt (Schneider, 1993). Die automatische digitale Bildanalyse ist im Vergleich zur menschlichen visuellen Wahrnehmung zusätzlich quantitativ.

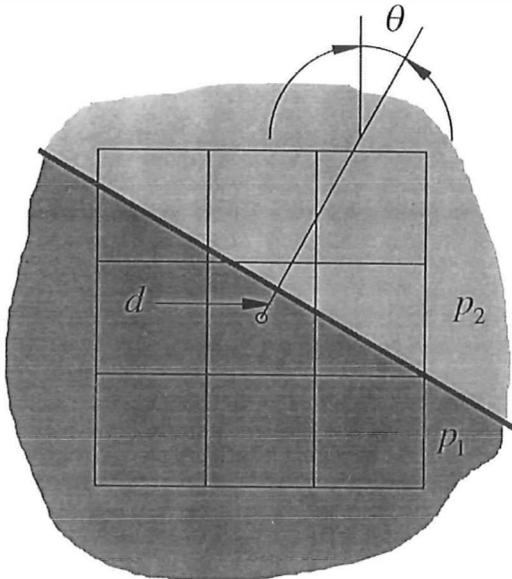


Abb. 1: Subpixelmodell mit 2 homogenen Flächen und gerader Grenze (4 Parameter)

Bei diesem Verfahren wird jedes Pixel in seiner 3×3 -Umgebung betrachtet. Für diese Umgebung wird ein Modell eines Szenenausschnitts angenommen, der aus zwei in sich homogenen, voneinander durch eine gerade Grenze geteilten Bereichen besteht (Abb.1). Dieses Modell wird durch 4 zunächst unbekannte Parameter be-

schrieben: durch die Pixelwerte in den homogenen Flächen, p_1 und p_2 , sowie durch den Normalabstand d der Grenze vom Pixelzentrum und den Winkel θ . Diese 4 Parameter werden aus den 9 Pixelwerten abgeschätzt. Wenn die Residuen zu groß sind, wird das Modell verworfen und das Originalpixel ohne Subpixelunterteilung beibehalten. Andere Subpixelmodelle können ebenfalls angesetzt werden, solange die Zahl der Modellparameter kleiner als die Zahl der in der Umgebung zur Verfügung stehenden Pixel (9) ist.

Als Ergebnis dieser Analyse liegen damit die genauen Positionen der Grenzen zwischen homogenen Bereichen vor, die im allgemeinen landwirtschaftlichen Feldern entsprechen (Abb. 2 und 3). Die Grenzen können automatisch zu längeren geraden Linien zusammengefaßt werden.

Diese Grenzlinien wären auch mit konventionellen Kantenoperatoren – wenn auch mit reduzierter Genauigkeit – zu ermitteln. Die Subpixelanalyse liefert darüber hinaus aber auch die reinen Spektralsignaturen der homogenen Bereiche, die für eine Klassifizierung wesentlich sind. Wenn man nun eine Segmentierung durchführt, d.h. automatisch Bereiche sucht, die in sich homogen sind, so erhält man Flächenobjekte mit zuverlässigen Werten der Spektralsignaturen auch bei einem hohen Anteil von Mischpixeln.

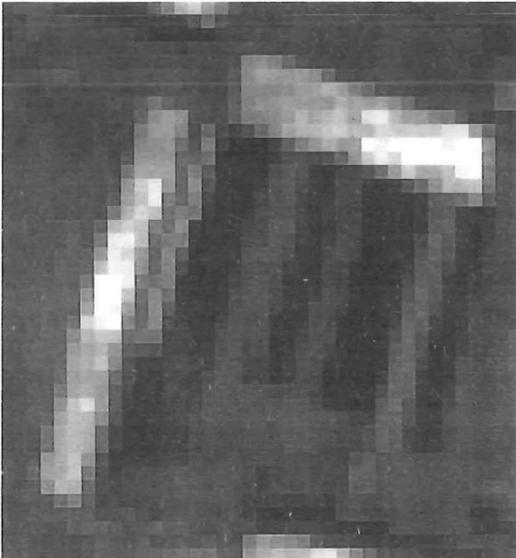


Abb. 2: Ausschnitt aus einer LANDSAT-TM-Szene, Kanal 4 (Pixelgröße 30m)

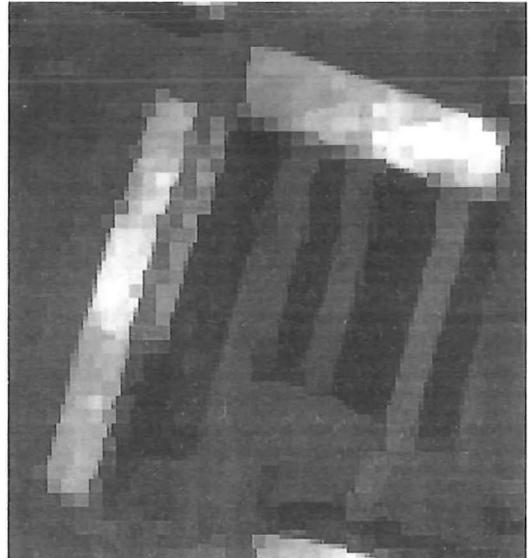
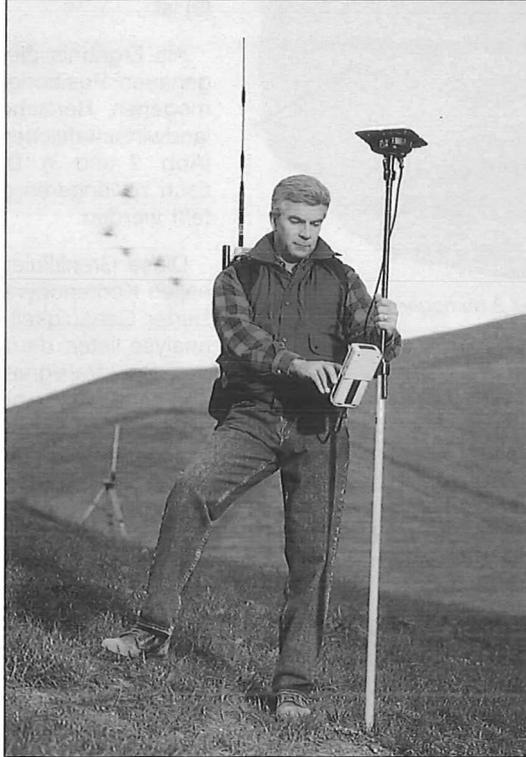


Abb. 3: derselbe Ausschnitt nach Subpixelanalyse gemäß dem Modell von Abb.1 und Resampling mit Pixelgröße 10m



TrimbleNavigation

GPS - Totalstation



- **Einmann-Vermessungssystem**
- **Echtzeit-Auswertung der GPS-Daten**
- **Echtzeit-Gauß-Krüger-Koordinaten und Genauigkeit (Lage und Höhe)**
- **Verkodierung der Punkte für CAD/GIS**
- **Absteckung**
- **Genauigkeit: 1 bis 2 cm (RMS)**

Ersatzgeräte stehen innerhalb kürzester Zeit zur Verfügung.

Service, Beratung, Schulung, Verkauf, Leasing, Vermietung.

AGIS, A-1060 Wien, Linke Wienzeile 4 Tel.: (+43-1) 5879070 Fax.: DW 79

3. Verknüpfung von Satellitenbild und Kataster

Die aus den Satellitenbildern mit Subpixelgenauigkeit ermittelten Kanten sind mit den im Kataster enthaltenen Grenzen zusammenzuführen. Dazu sind die Paare von einander entsprechenden Linien aufzufinden. Das Problem ist nicht trivial, da es in jeder Darstellung Linien (Grenzen) geben kann, die in der anderen Darstellung fehlen: Im Satellitenbild fehlen z.B. Linien dort, wo benachbarte Grundstücke die gleiche Nutzung aufweisen. Sind Teilstücke von Parzellen ungleich genutzt, so gibt es Kanten im Satellitenbild, die keine Entsprechung im Kataster haben.

Ein weiteres Problem liegt darin, daß die Linielänge eine ganz unterschiedliche sein kann: Die Kanten im Satellitenbild sind bei schwachen Intensitätsunterschieden zwischen den homogenen Feldern sowie auch bei Störungen oft nicht in der vollen Länge ausgeprägt. Es gehören also unter Umständen Linien zusammen, deren Anfangspunkte und deren Endpunkte in den beiden Darstellungen, d.h. im Satellitenbild und im Kataster, weit voneinander entfernt liegen.

Diese Probleme lassen sich aber durch eine geeignete Darstellung der Linien sowie durch Anwendung einer geeigneten Suchstrategie lösen.

Wenn Paare von korrespondierenden Linien oder besser von Liniensegmenten gefunden sind, kann die Angleichung der Katasterkarte auf das Bild durch eine geeignete Transformation, deren Parameter automatisch ermittelt werden, durchgeführt werden. Damit sind zusätzlich zu den im Bild gegebenen Kanten auch alle Katastergrenzen in der Geometrie des Bildes vorhanden und können hier für eine Segmentierung verwendet werden. Die bei der Segmentierung erhaltenen Flächen können dann unmittelbar den Parzellen des Katasters zugeordnet werden.

Dieses Zusammenführen von Bild und Karte ist ein gutes Beispiel für die Methodik der Information Fusion in der Bildverarbeitung (Bartl u. Schneider, 1995). Man verzerrt nicht bloß die eine Darstellung auf die andere so, daß an einigen vorgegeben Punkten oder auch Linien Übereinstimmung entsteht, sondern die Bildinformation aus mehreren Quellen wird nach relativ komplexen Argumentationsketten verknüpft: Schon vor der Entzerrung geht man im Satellitenbild zu komplexeren Bildinhalten über, d.h. zu Kanten und zu Flächenobjekten, die durch Segmentierung entstehen. Hierauf führt man dann lokale Anpassungen auf Grund des Vergleichs der

Bild-Kanten mit den Karten-Grenzlinien durch. Die ins Bild transformierten Katastergrenzlinien werden zur Definition weiterer Flächenobjekte im Bild verwendet. Schließlich erfolgt die Verknüpfung Bild-Kataster auf einem sehr hohen Strukturierungsniveau, nämlich zwischen den aus dem Bild durch Segmentierung erhaltenen Flächenobjekten einerseits und den im Kataster enthaltenen Parzellen andererseits.

4. Automatische Kalibrierung

Der Zusammenhang zwischen der Nutzungskategorie einer landwirtschaftlichen Fläche in der Natur und ihrer Erscheinung auf dem Satellitenbild, der Bildsignatur, ist nicht konstant. Dieser Zusammenhang ist zunächst von der Jahreszeit der Aufnahme und der phänologischen Entwicklung der Vegetation zu diesem Zeitpunkt beeinflusst. Je nach Jahreszeit hat eine Fläche mit einer bestimmten Nutzungsart eine Reflexionscharakteristik, die für diese Nutzung zu dieser Jahreszeit typisch ist. Bei der Bildaufnahme bestimmen dann aber auch der Sonnenstand, die Wetterbedingungen (Streuung der Strahlung in der Atmosphäre) und natürlich die Sensoreigenschaften die Bildsignatur. Bei der Bildauswertung müssen diese Einflüsse berücksichtigt werden: Von der Bildsignatur kommt man durch radiometrische Kalibrierung zurück zur Reflexions-signatur, und von hier durch Klassifizierung zur Nutzung jeder Fläche. Eine getrennte thematische Eichung mit Probeflächen bekannter Nutzung für jede Szene berücksichtigt die phänologischen und die atmosphärischen und Sensor-Einflüsse in einem Schritt, ist aber entsprechend aufwendig. Am Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung wird im Rahmen des schon erwähnten FWF-Schwerpunktes eine physikalische Modellierung dieses Aufnahmeprozesses versucht (Schneider u. Bartl, 1995). Dabei wird das Ziel verfolgt, alle Parameter dieses physikalischen Modells, also insbesondere auch die Parameter, die den Atmosphäreneinfluß beschreiben, aus dem Bild selbst zu ermitteln, sodaß diese Eichdaten für die Auswertung zur Verfügung stehen. Im Idealfall ist dann keine Zusatzinformation aus dem Gelände notwendig, und eine vollautomatische Auswertung wird möglich.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Mit den hier dargelegten Methoden sind die wesentlichen Bausteine eines Systems für die katastergenaue Landnutzungskartierung aus Satellitenbildern vorhanden. Obwohl das Problem

hiemit im Prinzip lösbar erscheint, ist für ein operationelles vollautomatisches System noch beträchtliche Entwicklungsarbeit zu leisten. Wenn man aber einige Abstriche in Bezug auf den Grad der Automatisierung toleriert, dann erscheint es durchaus realistisch, schon in naher Zukunft ein entsprechendes Auswerteverfahren verwirklichen zu können.

Literatur

[1] *Schneider, W.*: Land use mapping with subpixel accuracy from LANDSAT TM image data. Proc. 25th Int. Symp. on Remote Sensing and Global Environmental Change, Graz, 4-8 April 1993, p. II-155 – II-161.

- [2] *Schneider, W., Bartl, R.*: Physical Models in Remote Sensing Image Understanding: Model Formulation and First Results. In: Solina, F., Kropatsch, W.G.: Visual Modules, Proc. 19th ÖAGM and 1st SDRV Workshop, Schriftenreihe der OCG Band 81, R. Oldenbourg, Wien-München, 1995, p. 59-67.
- [3] *Bartl, R., Schneider, W.*: Satellite Image Registration Based on the Geometrical Arrangement of Objects. In: Proc. European Symposium on Satellite Remote Sensing II, 15-28 September 1995, Paris, France, in Druck.

Anschrift der Autoren:

Univ.-Doz. Dr. Werner Schneider, Joachim Steinwendner, Renate Bartl, Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung, Universität für Bodenkultur Wien.



Klassifikation des Waldzustandes für das Bundesland Kärnten mittels Satellitenbilddaten

Mathias Schardt, Ursula Schmitt, Graz

Zusammenfassung

Für das Bundesland Kärnten wurde eine flächendeckende Klassifikation des Waldzustandes aus Satellitenbilddaten durchgeführt. Der Artikel beschreibt wesentliche Aspekte der Datenaufbereitung, der Merkmalsauswahl sowie der Klassifikation unter besonderer Berücksichtigung der radiometrischen Aufbereitung der Satellitenbilddaten sowie der Signaturanalyse.

Abstract

A classification of the forest state of Carinthia (Austria) has been performed based on satellite images. The paper describes important aspects of pre-processing, feature selection, as well as classification of the satellite images with special focus on radiometric correction and signature analysis.

1. Einleitung

Zur Unterstützung der forstlichen Rahmenplanung des Landes Kärnten wurde mit Hilfe von Satellitenbilddaten eine Waldklassifikation durchgeführt, die den Istzustand der Bestockungsverhältnisse für das gesamte Bundesland festhalten soll. Satellitenbilddaten eignen sich besonders gut für diese Aufgabenstellung, da aus ihnen forstliche Parameter abgeleitet werden können, die entweder überhaupt nicht oder nicht in einem geeigneten Maßstab durch Karten oder andere Informationsquellen verfügbar sind. Die Parameter, die durch die Klassifizierung erfaßt werden sollen, sind die aktuelle Waldgrenze, die Zusammensetzung Nadel/Laubwald (4 Klassen), das Baumalter (3 Klassen) sowie die Überschirmung (2 Klassen).

Die Ergebnisse der Klassifizierung sollen später gemeinsam mit anderen Informationen, die

für die forstliche Rahmenplanung benötigt werden, wie digitale Höhenmodelle und geologische Karten, in einem geographischen Informationssystem integriert und zu Planungs- bzw. Analysezwecken kombiniert verarbeitet bzw. verschnitten werden. Die Klassifizierungsergebnisse bieten sich hierbei als aktuellste GIS-Ebene an. Die für die Realisierung dieser Aufgabenstellung durchzuführenden Arbeitsschritte und die verwendeten Methoden werden im folgenden dargestellt.

2. Datenvorverarbeitung

Die Auswertung basierte auf Landsat TM Daten, welche flächendeckend und fast wolkenfrei im Zeitraum zwischen 1991 und 1993 verfügbar waren. Zur Optimierung der Klassifizierung waren zunächst verschiedene Vorverarbeitungs-