



Differenzierung landwirtschaftlicher Kulturen mittels Fernerkundung: Möglichkeiten und Grenzen

Klaus Steinnocher ¹

¹ *Abteilung Umweltplanung, Forschungszentrum Seibersdorf, 2444 Seibersdorf*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **84** (1), S. 25–30
1996

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Steinnocher_VGI_199606,  
Title = {Differenzierung landwirtschaftlicher Kulturen mittels Fernerkundung:  
M{"o}glichkeiten und Grenzen},  
Author = {Steinnocher, Klaus},  
Journal = {VGI -- {"O}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {25--30},  
Number = {1},  
Year = {1996},  
Volume = {84}  
}
```



Literatur

- [1] Deutsche Agentur für Raumfahrt-Angelegenheiten (1994): MOMS-02-D2 data Catalogue (DARA), Bonn.
- [2] Paar, G., Almer, A. (1993): Fast Hierarchical Stereo Reconstruction. In Proceedings of the 2nd Conference on Optical 3-D Measurement Techniques, ETH Zürich.
- [3] Raggam, J., Almer, A. (1990): Mathematical Aspects for Multi-Sensor Stereo Mapping. In Proceedings of the 10th Annual IGARSS Symposium: Remote Sensing – Science for the Nineties, Vol III, Washington D.C.

[4] *Wilhelmy, H.* (1974): Klimageomorphologie in Stichworten, Teil IV der Geomorphologie in Stichworten, Verlag Hirt.

Anschrift der Autoren:

Alexander Almer, Dr. Hannes Raggam, Institut für Digitale Bildverarbeitung, Joanneum Research Graz, Wastiangasse 3, 8010 Graz, Birgit Waidleben, Fachhochschule München, Fachbereich Vermessungswesen und Kartographie



Differenzierung landwirtschaftlicher Kulturen mittels Fernerkundung: Möglichkeit und Grenzen

Klaus Steinnocher, Seibersdorf

Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag beschreibt einen methodischen Ansatz, der die Bestimmung verschiedener landwirtschaftlicher Kulturen aus multitemporalen Fernerkundungsdaten erlaubt. Daraus wird ein Modell entwickelt, das eine automationsgestützte Kontrolle geförderter Anbauflächen ermöglicht. Abschließend werden die Rahmenbedingungen diskutiert, die bei einem operationellen Einsatz von fernerkundungsgestützten Kontrollsystemen zu berücksichtigen sind. Der Schwerpunkt des Beitrages liegt auf der thematischen Differenzierung von Kulturen, auf geometrische Aspekte wird nicht im Detail eingegangen.

Abstract

This paper presents a method for extracting agricultural crops from multitemporal image data. Based on this method a model is designed for monitoring and controlling of subsidised arable land. The final part discusses the constraints and benefits of an operational control system based on remote sensing. The paper focusses on the thematic differentiation of crops, geometric aspects are not analysed in detail.

1. Einleitung

Seit Beginn der satellitengestützten Fernerkundung gehören landwirtschaftliche Applikationen zu den wichtigsten Forschungsaspekten in diesem Bereich. Die Möglichkeit, in regelmäßigen Intervallen flächendeckende Information über landwirtschaftlich genutzte Flächen zu erhalten, stellt einen Vorteil dar, der von den traditionellen Erfassungsmethoden nur unter extrem hohem Kostenaufwand geleistet werden kann. Im Gegensatz zur terrestrischen Erhebung liefert die Fernerkundung nicht explizite Information über die einzelne Pflanze, sondern eine integrierte Information über die in den einzelnen Bildelementen erfaßten Flächen. Zur Ausweisung verschiedener agrarischer Kulturen ist es daher notwendig, die spektralen Charakteristika der einzelnen Kulturflächen zu analysieren.

2. Methodik

Als Grundlage für weitere Untersuchungen sei zuerst die spektrale Reflexion von relevanten Be-

deckungsformen im Bereich des sichtbaren Lichtes und des nahen Infrarots betrachtet. Abb. 1 zeigt den Reflexionsverlauf von grünem Gras, abgestorbenem Gras und unbedecktem Boden. Bei grünem Gras zeigt der Reflexionsverlauf erwartungsgemäß ein lokales Maximum im Bereich des grünen Lichtes, viel stärker jedoch ist der Reflexionsgrad im nahen Infrarot. Im abgestorbenen Zustand sinkt dieser Wert deutlich, dafür steigt der Reflexionsgrad im sichtbaren Spektralbereich. Bei vegetationslosem Boden ist ein ähnlicher Verlauf zu erkennen, die Reflexionswerte sind jedoch etwas niedriger. Die getroffenen Aussagen für Gras lassen sich generell auf landwirtschaftliche Kulturpflanzen erweitern. Die vom Sensor erfaßten Reflexionswerte variieren dabei in Abhängigkeit externer Einflüsse, wie z.B. atmosphärische und topographische Bedingungen. Um diese Einflüsse zu minimieren, bietet es sich an, anstelle der gemessenen Einzelwerte das Verhältnis verschiedener Reflexionsgrade heranzuziehen. Eine in der Fernerkundung übliche Vorgangsweise dafür ist die Berechnung des *normalized differential vegetation index*

(NDVI). Dieser berechnet sich aus der normierten Differenz der Reflexionswerte im nahen Infrarot (NIR) und im sichtbaren Rot (SR):

$$NDVI = \frac{NIR - SR}{NIR + SR} \quad (1)$$

Der NDVI repräsentiert also die Intensität der Vegetation zum Zeitpunkt der Aufnahme. Durch die Kombination von NDVI's mehrerer Aufnahmezeitpunkte läßt sich die Variation der Vegetation im Laufe des Untersuchungszeitraumes beschreiben. Aufgrund der Normierung des NDVI stehen für die verschiedenen Zeitpunkte vergleichbare Datengrundlagen zur Verfügung (Lillesand and Kiefer, 1993).

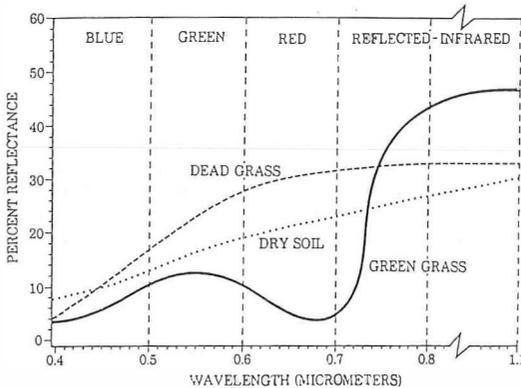


Abb. 1: Reflexionsverlauf von verschiedenen Bedeckungsformen (nach Jensen, 1986)

Für die weitere Untersuchung wird ein Ausschnitt aus einer multitemporalen Landsat-TM Szene herangezogen (Stätter und Steinnocher, 1994). Die drei Aufnahmen entstanden im Mai, im Juli und im September 1991. Für alle Zeitpunkte wurden zuerst die NDVI's berechnet und als Farbkomposition visualisiert. Abb. 2 zeigt die RGB-Darstellung des untersuchten Gebietes, wobei der NDVI der Mai Aufnahme rot, der der Juli Aufnahme grün und der der September Aufnahme blau dargestellt ist. Wie zu erwarten war, zeigt sich in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten eine deutliche Variation, erkennbar durch die färbige Ausprägung. Andere Landnutzungsformen, wie z.B. Wald, verbautes Gebiet oder Wasser, unterliegen keiner oder nur einer geringfügigen Änderung in diesem Zeitraum und erscheinen daher in Grautönen. So stellen sich dichtbebaute Gebiete oder Wasserflächen schwarz dar, da sie keine Vegetation innerhalb des gesamten Zeitraumes aufweisen. Waldgebiete hingegen erscheinen fast weiß, da sie starke Vegetation repräsentieren, die jedoch nicht signifikant variiert.

In einem ersten Interpretationsansatz lassen sich anhand der Intensitätswerte der multitemporalen NDVI's bereits verschiedene Gruppen von Kulturpflanzen differenzieren. Kulturen, die zum Zeitpunkt der ersten Aufnahme nahe dem Reifestadium stehen und zwischen dem ersten und dem zweiten Aufnahmezeitpunkt geerntet werden, wie z.B. Wintergetreide, weisen eine klare Rotfärbung auf, d.h. starke Vegetation im Mai, danach keine Vegetation. Gelbtöne lassen auf Kulturen schliessen, die ihr Reifestadium zwischen der ersten und der zweiten Aufnahme haben, jedoch erst zwischen dem zweiten und dem dritten Aufnahmezeitpunkt geerntet werden, z.B. Sommergetreide. Mais, der erst zum dritten Aufnahmezeitpunkt eine signifikante Reflexion aufweist, ist an der blauen Farbe erkennbar.

Die im letzten Absatz beschriebenen Differenzierungen werden durch die numerische Analyse des Datenmaterials bestätigt und verfeinert. Abb. 3 zeigt die NDVI Werte verschiedener Kulturen in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufes. Die senkrechten Striche in der Grafik beschreiben die drei Aufnahmezeitpunkte, die Schnittpunkte mit den Kurven die NDVI-Werte von vier verschiedenen Kulturen. Geht man davon aus, daß sich die charakteristische Reflexion der Wachstums- und Reifeprozesse der Kulturen näherungsweise als stetige Funktion abbilden lassen, so kann man aus den punktuellen Meßwerten sogenannte spektrale Profile (K1 – K4) ableiten. Diese Profile weisen ein Maximum zur Zeit der Reife auf, der Erntezeitpunkt zeigt sich durch ein abruptes Absinken der NDVI-Werte (siehe Abb. 3: K1 und K2 im Zeitraum Juli – August). Mittels Referenzerhebungen konnten die in Abb. 3 dargestellten Kulturen verifiziert werden. K1 repräsentiert Winterweizen, K2 Sommerweizen, bei K3 handelt es sich um Zuckerrübe, bei K4 um Mais.

Die einzelnen Kulturen können demgemäß mittels der spektralen Profile identifiziert und ausgewiesen werden (Lo et al. 1986). Voraussetzung ist allerdings, daß sich die einzelnen Profile signifikant voneinander unterscheiden. Dazu können sowohl die Form des einzelnen Profils als auch dessen Positionierung im zeitlichen Verlauf herangezogen werden. Die Form des Profils gibt dabei Auskunft über die spezifischen spektralen Eigenschaften der Kultur, die Positionierung vermittelt den zeitlichen Bezug der Wachstums- und Reifephase und der Ernte der Kultur. Beides ist deutlich in Abb. 3 zu erkennen: K1 und K2 (Winter- bzw. Sommerweizen) weisen eine ähnliche Form auf, unterscheiden sich jedoch über die zeitliche Komponente. K3 und K4 (Zucker-

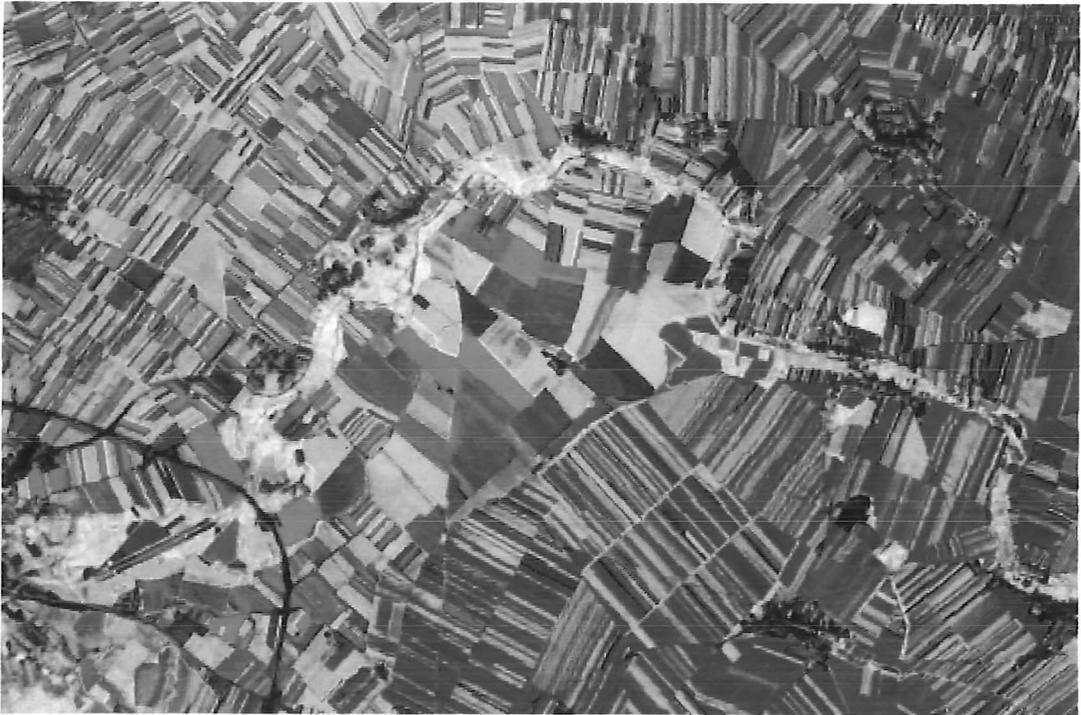


Abb. 2: Multitemporale NDVI Komposition (Rot – Mai, Grün – Juli, Blau – September)

	Durchgängig städtische Prägung		Ackerflächen
	Nicht durchgängig städtische Prägung		Weinbauflächen
	Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen		Grünland
	Abbauflächen, Deponien, Baustellen		Heterogene landwirtschaftliche Nutzung
	Künstliche Grünflächen		Felsflächen
	Wald		Gletscher
	Kraut- und Strauchvegetation		Wasserflächen
	Feuchtflächen		

Legende zu Abbildung auf der Titelseite (zu Beitrag „Ein flächendeckendes Landnutzungsmodell von Österreich aus Fernerkundungsdaten“)

rübe und Mais) variieren zeitlich nicht signifikant, unterscheiden sich jedoch deutlich in ihrer Form.

Um die Zuverlässigkeit der erstellten Profile zu erhöhen, sollten natürlich mehr als drei Aufnahmen pro Saison zur Verfügung stehen. Allgemein kann davon ausgegangen werden, daß ein monatlicher Aufnahmezyklus zwischen April und September für die gestellte Aufgabe ausreichend sein sollte (vgl. Steven 1993).

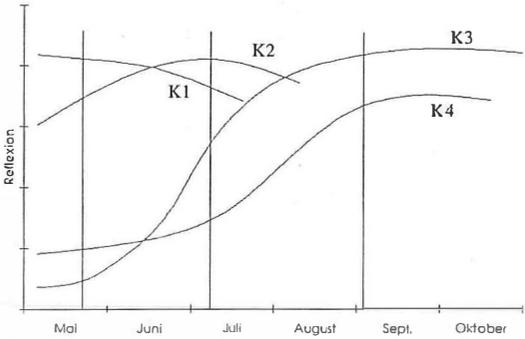


Abb. 3: Spektrale Profile von vier ausgewählten Kulturen

Ein externer Faktor, der die Charakteristik der spektralen Profile beeinflusst, ist die Einwirkung regionaler Parameter wie Boden- oder Klimaverhältnisse. Um diesen Faktor als potentielle Fehlerquelle auszuschließen, ist es notwendig, die Profile jeweils für einzelne Regionen zu skalieren, in denen die regionalen Parameter als konstant angenommen werden können. Zusätzlich sollten lokale meteorologische Einflüsse berücksichtigt werden, die zu leichten Verschiebungen im zeitlichen Verlauf führen können.

3. Kontrolle

Stand bis zu diesem Punkt die Differenzierung agrarischer Kulturen im allgemeinen im Mittelpunkt der Überlegungen, so wird die Problemstellung im folgenden auf die Kontrolle geförderter Anbauflächen reduziert. Der entscheidende Unterschied zur allgemeinen Fragestellung liegt in der Verfügbarkeit von zusätzlicher Information, nämlich der vom Antragsteller angegebenen, zu überprüfenden Kultur. Die Fragestellung lautet demgemäß nicht mehr: was wird angebaut, sondern reduziert sich auf die Frage: wird die geförderte Kultur angebaut oder eine nicht näher zu bestimmende andere.

Aus diesen Überlegungen läßt sich ein Modell ableiten, das im Kern von einem Ist-Soll Vergleich ausgeht (Abb. 4). Der Soll-Wert entspricht der im Förderungsantrag angegebenen Kultur, der Ist-Wert wird aus den Fernerkundungsdaten abgeleitet. Ausgegangen wird von der Hypothese, daß die beiden Werte ident sind. Deren Überprüfung kann mittels statistischer oder heuristischer Verfahren erfolgen.

Als Input für das Modell liegen die Förderungsanträge vor, die die beantragte Kultur und als Raumbezug eine Grundstücksnummer (GstNr) mit der entsprechenden Katastralgemeinde (KG) beinhalten. Zusätzlich müssen regionale Parameter wie Boden- und Klimaverhältnisse zur Verfügung stehen. Im ersten Schritt wird das spektrale Profil der angegebenen Kultur erstellt und über die regionalen Parameter skaliert. Als Ergebnis liegt ein Soll-Profil vor, das nun mit den spektralen Signaturen aus den Fernerkundungs-

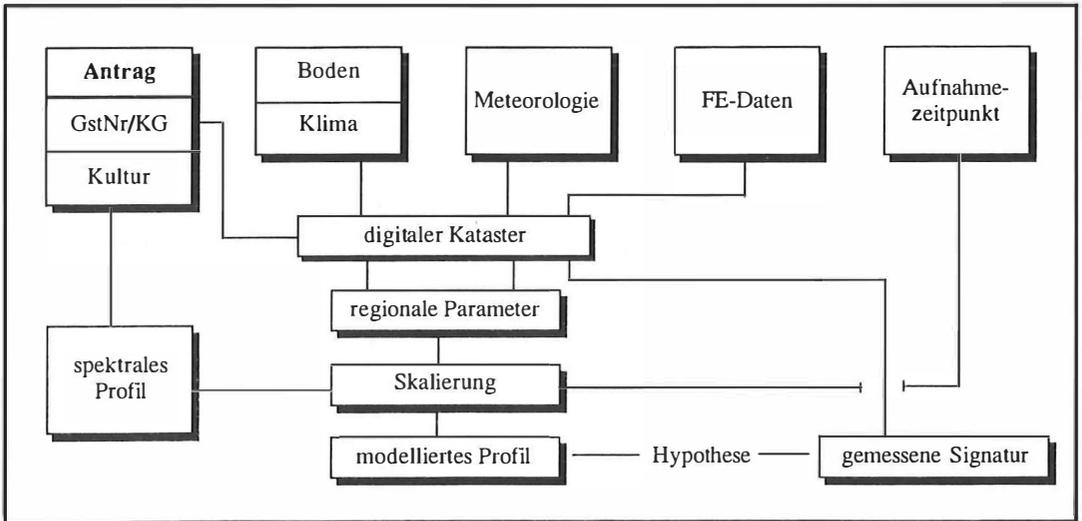


Abb. 4: Schema eines Systems zur Kontrolle von Anbauflächen

daten verglichen werden kann. Sobald ein Fernerkundungsdatensatz zur Verfügung steht, wird das entsprechende Grundstück mittels des digitalen Katasters extrahiert und dessen spektrale Signatur mit dem Wert des Soll-Profiles zum Aufnahmezeitpunkt verglichen. Zwar läßt sich mit einem einzelnen Fernerkundungsdatensatz die Hypothese noch nicht zuverlässig verifizieren oder falsifizieren, aber es können erste Annahmen getroffen werden. Mit zunehmender Anzahl von Fernerkundungsdaten erhöht sich die Signifikanz der Aussage und es können im Falle eines Widerspruches zwischen Ist und Soll geeignete Maßnahmen zur terrestrischen Überprüfung unternommen werden.

4. Möglichkeiten und Grenzen

Die Grenzen der thematischen Differenzierung werden bei denjenigen Kulturen erreicht, die eine starke Ähnlichkeit in ihrer spektralen Reflexion aufweisen und zeitlich nicht signifikant variieren, wie z.B. bestimmte Getreidesorten. Um diese Grenzbereiche zu erfassen, bietet es sich an, die für den NDVI nicht verwendeten Spektralkanäle heranzuziehen, und damit den Informationsgehalt zu erhöhen. Zusätzlich könnten externe Informationen im Verarbeitungsprozess berücksichtigt werden, die eine Einschränkung der potentiell angebauten Kulturpflanzen darstellen (Expertenwissen). Es ist jedoch zu bedenken, daß damit eine heterogene Wissensbasis geschaffen wird, die mit statistischen Ansätzen nicht mehr verarbeitet werden kann. Es ist vielmehr notwendig, heuristische Modelle zum Einsatz zu bringen, wie sie in wissensbasierten Expertensystemen verwendet werden.

Ein immer wieder angesprochener Kritikpunkt zum Einsatz der Fernerkundung ist die als zu gering empfundene räumliche Auflösung heutiger Sensoren. Dazu sei bemerkt, daß durch spezielle Verfahren und durch die Verknüpfung mit geometrischen Rahmendaten (z.B. digitaler Kataster) Aussagen im Subpixelbereich getroffen werden können (Schneider, 1996). Zusätzlich nähert sich die Entwicklung in der Sensortechnik einer Auflösung im Bereich einiger Meter (Leberl und Kalliany, 1996).

Ein entscheidender Faktor zur Machbarkeit der diskutierten Applikation ist die Datenverfügbarkeit. Die Anzahl der potentiell verfügbaren Datensätze ist vom jeweiligen Satellitensystem abhängig. So beträgt der Zyklus bei Landsat 16 Tage, bei SPOT 26 Tage, allerdings sind bei SPOT Schrägaufnahmen möglich, die es erlauben, das Intervall auf 5 Tage zu reduzieren.

Auch zukünftige Systeme wie MOMS oder ADEOS werden sich in diesen Bandbreiten bewegen (Leberl und Kalliany, 1996). Die Erfassungsintervalle jedes einzelnen Systems entsprechen daher den zuvor gestellten Anforderungen einer monatlichen Erfassung. Infolge des mitteleuropäischen Klimas eignen sich jedoch viele Aufnahmen aufgrund starker Wolkenbedeckung nicht für eine Auswertung. Für eine gesicherte regelmäßige Erfassung des untersuchten Gebietes ist es also notwendig, die verfügbaren Sensorsysteme gemeinsam einzusetzen, d.h. auf die jeweilig verfügbaren Daten verschiedener Sensoren zurückzugreifen. Die vorgestellte Methode unterstützt diese Möglichkeit, da die für die Berechnung des NDVI notwendigen Spektralbereiche von den meisten optischen Sensoren erfaßt werden.

Trotz der angesprochenen Restriktionen sind aber die Vorteile nicht zu übersehen, die der Einsatz der Fernerkundung für die diskutierte Applikation mit sich bringt. Die Ausgangsdaten sind digital und können direkt in die Verarbeitungssysteme übernommen werden. Durch die zunehmende Vernetzung verkürzt sich der Zugriff auf aktuelles Datenmaterial zusehend und die großteils automatische Verarbeitung beschleunigt das Procedere. Das bedeutet, daß innerhalb weniger Tage nach der Aufnahme Aussagen über die fraglichen Gebiete getroffen werden können. Da die Analyse der Daten auf mathematischen Methoden und nicht auf menschlicher Interpretation beruht, sind die Abläufe jederzeit nachvollziehbar. Die Ausgangsdaten bleiben verfügbar und können zu einem späteren Zeitpunkt für Vergleiche herangezogen werden.

In bezug auf den Einsatz von Fernerkundungsdaten zur Kontrolle von geförderten Anbauflächen sei noch der Aspekt der flächendeckenden Erfassung erwähnt. Im Gegensatz zu Stichprobenverfahren, die sich nur auf die Kontrolle einzelner ausgewählter Flächen stützen, bietet die Fernerkundung eine flächendeckende Kontrollmöglichkeit. Genauer untersucht werden nur mehr diejenigen Flächen, die nach der Analyse der Fernerkundungsdaten als „verdächtig“ ausgewiesen werden.

Die Voraussetzungen für einen operationellen Einsatz der Fernerkundung zur Kontrolle geförderter Anbauflächen mögen heute noch nicht vollständig gegeben sein, werden aber innerhalb der nächsten Jahre zur Verfügung stehen. Um einen zukünftigen Einsatz solcher Modelle zu ermöglichen, ist es unumgänglich, bereits heute einzelne Komponenten parallel zur terrestrischen Kontrolle zu installieren. Eine solche schrittweise

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-