

Kommission Nr.:

Arbeitsgruppe Nr.:

Autoren:

R. BACHHUBER, Lehrstuhl für Landschaftsökologie, TU München-Weihenstephan

C. FRANKE, Lehrstuhl für Landschaftsökologie, TU München-Weihenstephan

W. KIRCHHOF, DFVLR-Institut Nachrichtentechnik, Oberpfaffenhofen

UNTERSUCHUNGEN ZUR NUTZUNG MULTISPEKTRALER FERNERKUNDUNGSBILDDATEN FÜR
LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE PROBLEMSTELLUNGEN

Kurzfassung:

Im Raum Ingolstadt sollen für einen Ausschnitt unserer Kulturlandschaft ökologische Fragen zur Belastung und Belastbarkeit der Naturgüter und Landschaftsfaktoren beantwortet werden. Die Fernerkundung soll dabei an ausgewählten Beispielen Möglichkeiten aufzeigen, die multispektrale Bilddaten zur Gewinnung ökologisch relevanter Informationen bieten. Ziel ist es, einerseits Nutzungen als möglichst homogene Flächen abzugrenzen, andererseits die unterschiedlichen standörtlichen Bedingungen aufzuzeigen. Hier ist eine erste Nutzungsklassifizierung des Testgebietes Freinhausen 2 dargestellt.

1. Problemstellung

1.1. Landschaftsökologische Modelluntersuchung Ingolstadt

Die landschaftsökologische Modelluntersuchung Ingolstadt ist ein interdisziplinär durchgeführtes Forschungsvorhaben. Für einen Ausschnitt der mitteleuropäischen Kulturlandschaft sollen übertragbare ökologische Gesetzmäßigkeiten im System UMWELT - NUTZUNGEN - NUTZUNGS AUSWIRKUNGEN aufgedeckt, und die Methoden der Landschaftsanalyse weiterentwickelt werden [10]. Dazu soll im einzelnen aufgezeigt werden, wie die natürlichen Ressourcen Grundwasser, Oberflächenwasser, Boden, Luft, Tier- und Pflanzenwelt durch die menschlichen Nutzungen und Nutzungssysteme (städtisch-industrielles Ökosystem, agrarisch-forstliches Ökosystem) beeinflusst werden und wie sie langfristig als

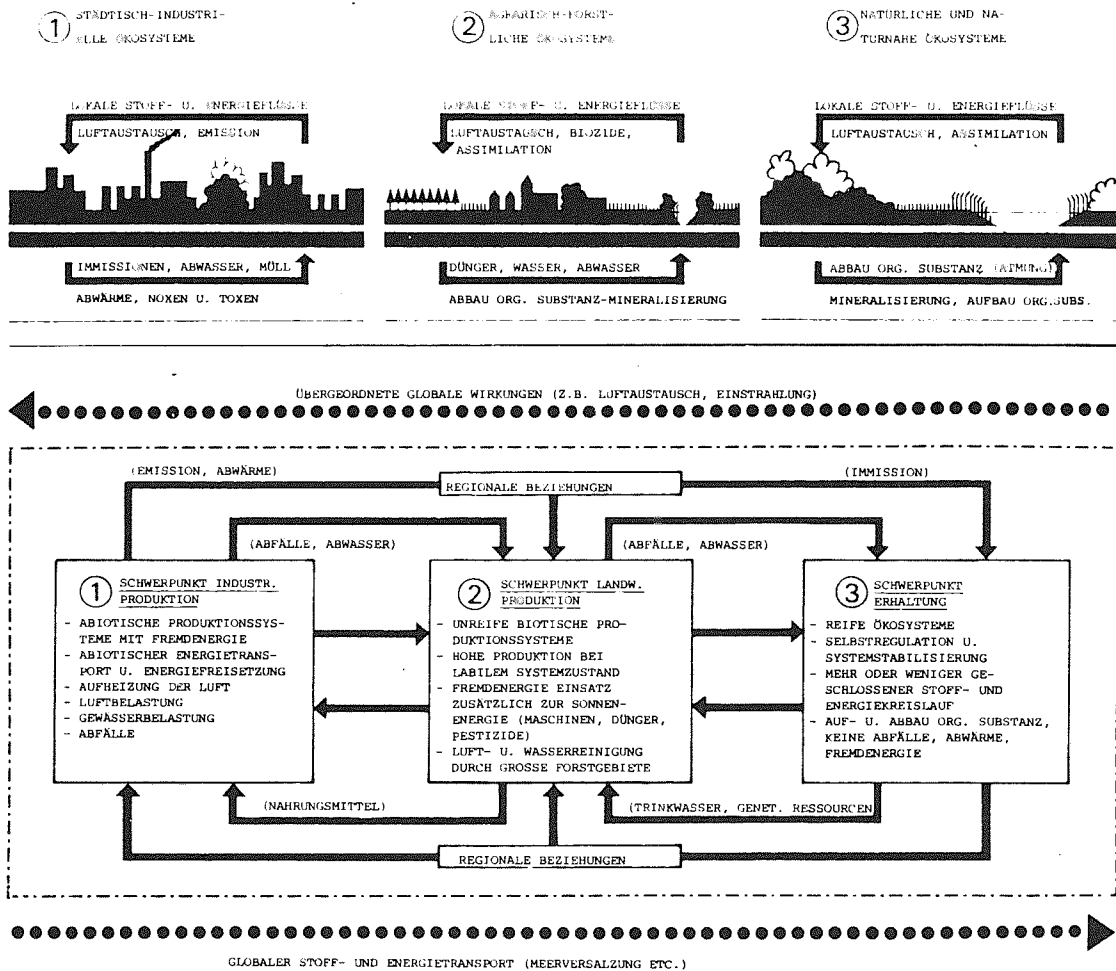


Abb. 1 Ökosystemtypen in der Kulturlandschaft
 Quelle: KAULE, SCHALLER, SCHOBER [6]

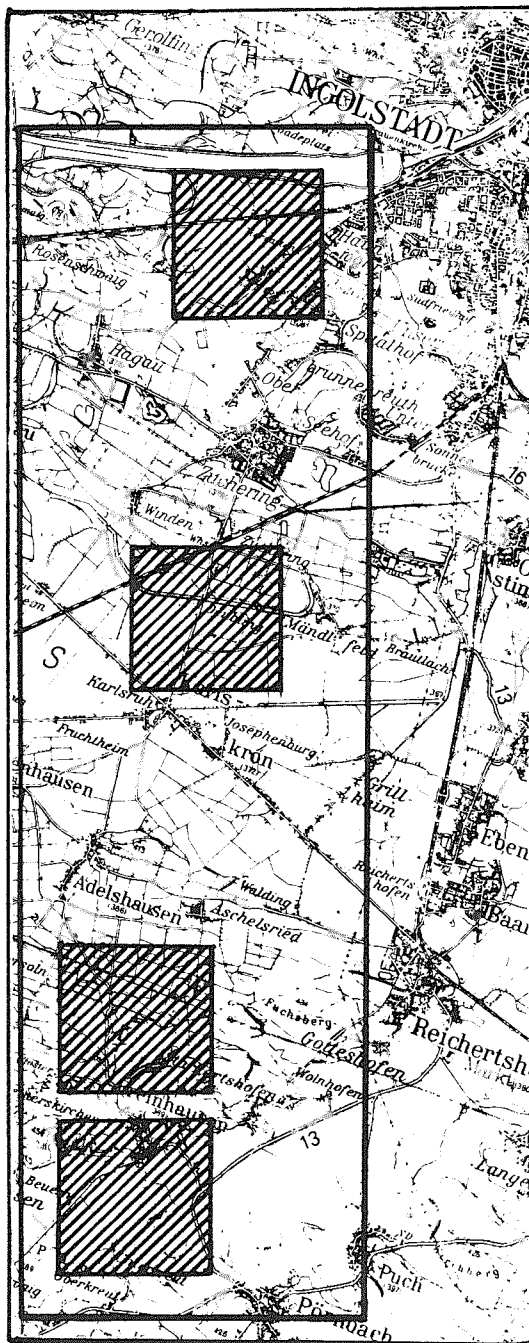
Lebensgrundlagen für den Menschen gesichert werden können. Die Verflechtungen der einzelnen Systemtypen in der Kulturlandschaft untereinander verdeutlicht Abb. 1.

An den Untersuchungen ist als einer der 13 Fachbereiche die Fernerkundung beteiligt.

Nachstehend sollen die Zielsetzung und erste Ergebnisse des Fachbereichs Fernerkundung dargestellt werden.

1.2. Zielsetzung der Fernerkundung

Mit Hilfe der Fernerkundung sollen an ausgewählten Beispielen Möglichkeiten der Gewinnung ökologisch relevanter Information aus multispektralen Bilddaten über größere Areale untersucht werden.



DONAU 1

Donauaue mit naturnahen Auwaldresten

KARLSKRON 1

stark entwässertes Donaumoos mit intensiver ackerbaulicher Nutzung

FREINHAUSEN 2

Kleinstrukturierter Tertiärausschnitt mit kleinflächiger ackerbaulicher Nutzung

PAARAUE 1

Paartal mit überwiegender Grünlandnutzung und fließbegleitenden Gehölz- und Staudensäumen.



M = 1:100.000

Abb. 2: Lage des Befliegungsstreifens und Beschreibung der Testgebiete im Untersuchungsgebiet Ingolstadt, Testgebiete schraffiert.

Ziel ist die Erfassung der Flächennutzung in Testgebieten, der Versuch einer Detektion ökologisch bedeutsamer Indikatoren, sowie die Überprüfung und Ergänzung von Bodenmeßwerten und thematischer Kartierungen in Teilbereichen. Zusätzlich soll ein Vorschlag über den zukünftigen Einsatz multispektraler Sensoren im optischen Bereich für ökologische Untersuchungen sowie über rechnergestützte interaktive Bildverarbeitung zur vereinfachten und rationelleren Gewinnung aktueller Information erarbeitet werden.

1.3. Lage des Untersuchungsgebietes

Der Raum Ingolstadt wurde als Untersuchungsgebiet ausgewählt, weil hier auf einem verhältnismäßig kleinen Raum viele Intensitätsstufen der Nutzungen durch den Menschen anzutreffen sind. Dies sind Intensivierung der Landwirtschaft, Industrialisierung, Siedlungsausweitung, Straßenbau und Verkehrsbelastung als Beispiele für Belastungen der natürlichen Ressourcen.

Außerdem ist der Untersuchungsraum durch unterschiedliche naturräumliche Gegebenheiten geprägt.

Die Auswahl der Testgebiete berücksichtigt die naturräumlichen Gegebenheiten. In Abb. 2 wird die Lage der 4 Testgebiete skizziert und beschrieben.

2. Befliegung

2.1. Fernerkundungsdaten

Zur optimalen Unterscheidung der sich im Jahreszyklus phänologisch ändernden Kulturen wie Grünland, Getreide, Hackfrüchte und Sonderkulturen wurden mehrere Befliegungszeitpunkte diskutiert [9;8]. Aus zeitlichen und finanziellen Gründen konnte nur eine Frühjahrsbefliegung realisiert werden.

Am 16. Mai 1979 wurde der westliche Streifen des Untersuchungsgebietes Ingolstadt mit dem FMP-Flugzeug der DFVLR befliegen. Der Flugstreifen hatte eine Länge von 15 km bei zwei Kilometer nutzbarer Breite. Es wurden Bild-
daten mit dem 11-Kanal Scanner von Bendix aufgenommen und Aufnahmen mit einer Reihenmeßkammer (RMK) mit einer Überlappung von 60% in Längsrichtung auf IR-Falschfarbfilm sowie mit einer Hasselbladkamera auf Echtfarbfilm gemacht. Die Flughöhe über Grund betrug 1500 m.

2.2. Phänologische Situation

Der lange Winter 1978/79 verzögerte den Wachstumsbeginn. Durch eine feuchtwarme Periode ab Anfang Mai wurde ein schnelles Wachstum angeregt. Demzu-

folge waren Wintergetreide und Grünland in der Schoßphase, Sommergetreide gerade bodendeckend, Hackfrüchte und Sonderkulturen zeigten sich noch weitgehend als unbedeckter Boden.

3. Referenzdaten

3.1. Erhebung zum Befliegungszeitpunkt

In Teilen der in Abb. 2 beschriebenen Testgebiete wurde die reale Nutzung auf der Basis von Flurkarten (M 1:5.000) kartiert. Die Kartierungsgenauigkeit lag hier bei 5 m. Nachfolgende Parameter wurden in Listen und Photos erfaßt:

Realnutzungstyp, Deckungsgrad, Bestandshöhe, Entwicklungsstadien bei Getreide und zusätzliche Merkmale wie Blühaspekt, unterschiedliche Deckungsgrade, Verunkrautung.

Für weitergehende Detailuntersuchungen erfolgten an ausgewählten Standorten Strahlungstemperaturmessungen und Bodentemperaturmessungen in unterschiedlichen Nutzungen.

3.2. Nicht zum Befliegungszeitpunkt erhobene Daten

Interpretationshilfen für spätere Untersuchungen sind Vegetationskartierungen in Wäldern und im Grünland, Bodenproben sowie Messungen und Beobachtungen von Grundwasserständen.

Die langjährigen phänologischen Aufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes aus den umliegenden Beobachtungsorten stehen ebenfalls zur Verfügung.

4. Bilddatenverarbeitung

4.1. Vorbereitung

Für die Bildverarbeitung wurde vom Teststreifen zunächst das Gebiet Freinhäuser 2 ausgewählt.

Die Geländekartierung für dieses Testgebiet mit 13 Realnutzungsarten wurde mit dem zum gleichen Zeitpunkt aufgenommenen RMK-Infrarotfalschfarbenbild verglichen. Dazu wurde das Luftbild mit dem Zoom-Transfere-Scope von Bausch & Lomb mit der Flurkarte zur Deckung gebracht. Mit Hilfe einer konventionellen Interpretation konnten in dem kleinparzellierten Gebiet (mittl. Größe einer Parzelle 0,5 ha) mit vielfältiger Nutzung und größerer Reliefenergie die vorgegebenen 13 Realnutzungsarten unterschieden werden.

Um die mitarbeitenden Fachbereiche mit multispektralen Scannerbilddaten und deren Informationsinhalt bekannt zu machen, wurden Farbkomposite aus ausgewählten Spektralkanälen und synthetischen Kanälen nach Hauptachsentransformation erzeugt. Die Größe eines Bildelementes beträgt 4 m x 4 m. Die Farbkomposite wurden auf die spektralen Eigenschaften der einzelnen Realnutzungen hin untersucht. Diese Arbeiten dienten der Auswahl geeigneter Kanalkombinationen für weitere rechnergestützte Bildverarbeitungen. In den mit Farbkompositen aus Kombinationen der Spektralkanäle 2.3.6, 3.6.10 und 3.10.11 ließen sich die folgenden neun Klassen unterscheiden. Die Zuordnung der 13 Realnutzungsarten zu diesen Klassen und die optimalen Kanalkombinationen zu ihrer visuellen Unterscheidung zeigt Abb. 3.

4. 2. Klassifizierung

Das Testgebiet Freinhausen 2 wurde wegen seiner Kleinparzellierung, vielfältiger Nutzung und starker Reliefenergie für orientierende Vorbereitungen zur Klassifizierung ausgewählt. Die hohe Variabilität der spektralen Signaturen dieses Gebietes ist für ökologische Untersuchungen besonders aufschlußreich, stellt aber an die rechnergestützte Klassifizierung besondere Anforderungen.

Es wurden Untersuchungen über die Häufigkeit und Trennbarkeit von Klassen im Testgebiet mit Hilfe einer unüberwachten minimum-distance Klassifizierung durchgeführt. Hierbei bilden die Schwerpunkte von Punkthäufungen Klassenzentren für zu bildende Klassen.

Bei der überwachten Klassifizierung werden zu den ausgewählten Klassen ein oder mehrere Bildausschnitte als Trainingsgebiete für jeweils eine Klasse bestimmt. Von diesen Gebieten weiß der Betrachter, daß sie ausreichend repräsentativ für die jeweilige Klasse sind. Damit werden im Merkmalsraum Punkthäufungen für die einzelnen Klassen durch interaktiven Eingriff des Menschen erzeugt.

Bei der multispektralen Klassifizierung wird jeder Bildpunkt aufgrund seiner spektralen Eigenschaften und geeigneten Kriterien einer Klasse zugeordnet. Für die hier beschriebene überwachte Klassifizierung wurde das Maximum Likelihood (ML) Verfahren angewendet [2;7;3]. Als Beispiel zur Beurteilung einer ML-Klassifizierung mit den Spektralkanälen 3.6.10 wurde der Merkmalsraum der Kanäle 6 und 10 als Testbild mit den ausgewählten Trainingsgebieten klassifiziert. Es wurden für jede der neun Klassen mit Ausnahme der Klassen Kiesgrube und Spargel zwei Trainingsgebiete ausgewählt. Bei der Bewertung der Klassen wurden die Parameter Wuchshöhe und Deckungsgrad berücksich-

sichtigt [4;1].

Abb. 5 zeigt die Aufteilung des Merkmalsraumes in 9 Klassen. Bei nicht überlappenden Klassen werden die Wahrscheinlichkeitsverteilungen durch Ellipsen dargestellt. Die Entscheidungsfaktoren (Ellipsen) von "Kiesgrube" und "unbedecktem Boden" überlappen. Die Klasse "Spargel" liegt innerhalb beider Klassen. Besonders problematisch ist die Unterscheidung von Winterweizen und Winterroggen, aufgrund ähnlicher Phänologie zum Befliegungszeitpunkt. Die geringe Intensität der Bildelemente "Wald" ist gut von den angrenzenden Klassen unterscheidbar. Grünland überlappt mit Wintergetreide. Stärkere Durchdringung bei Hopfen mit Sommergetreide und unbedecktem Boden lassen auf Klassifizierungsungenauigkeiten im Übergangsbereich schließen.

Die zu erkennenden Ungenauigkeiten bei der Klassentrennung dürften z.T. ihre Ursache in fließenden Übergängen der spektralen Signaturen der einzelnen Nutzungsarten haben, die bei der Abgrenzung von Trainingsgebieten nur schwierig zu erfassen sind. Es handelt sich hierbei u.a. um Wuchshöhe, Deckungsgrad, Bodenbeschaffenheit, Hangneigung und Exposition [8].

Das Ergebnis einer Klassifizierung des Testgebietes Freinhausen 2 mit den Spektralkanälen 3.6.10 ist in Abb. 6 dargestellt. Die einzelnen Klassen wurden zur besseren Unterscheidung durch schwarze Kanten voneinander getrennt. Die Abbildung bestätigt die hohe Variabilität der Nutzungen in einem kleinpärzellierten Gelände, wobei vom ökologischen Standpunkt aus zwei unterschiedliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen sind [5]. Einerseits sollen bei der Realnutzungskartierung die jeweiligen Nutzungen als möglichst homogene Flächen oder Klassen dargestellt werden, andererseits die natürlichen Standortbedingungen erfaßt werden. Sie äußern sich u. a. in unterschiedlichem Vegetationsstand und bewirken damit Unterschiede in der spektralen Signatur. Dieser Effekt bewirkt Abweichungen bei einer Klassifizierung innerhalb der gleichen Nutzungsart. Diese häufig als Klassifizierungsfehler angesprochenen Störungen erlauben wertvolle Rückschlüsse auf die standörtlichen Gegebenheiten und die ökologische Situation einer Landschaft.

Die Auswertungen der Klassifizierungen unter Berücksichtigung dieser Gegebenheiten werden zur Zeit noch durchgeführt. Die Verarbeitung der multispektralen Scannerdaten erfolgt am interaktiven Bildauswertesystem DIBIAS.

Realnutzungsart	Trainings- gebietsnr.	Klasse	Kanalkombinationen
Mais	1	unbedeckter Boden	FF 2.3.6
Kartoffeln	2		FF 3.6.10
Rüben	3,4	Hopfen	FF 3.10.11
Futterbau			FF 3.10.11
Hopfen	5	Spargel	FF 3.10.11
Spargel	6,7,8	Winterweizen	FF 3.10.11
Winterweizen	9,10	Winterroggen	FF 3.10.11
Winterroggen	11,12	Sommergetr.	FF 2.3.6 und FF 3.10.11
Sommergetreide	13,14	Grünland	FF 3.6.10 FF 3.10.11
Mähwiese	15,16	Wald	FF 3.10.11
Klee			FF 3.10.11
Wald	17	Kiesgrube	FF 2.3.6
Kiesgrube			

Abb. 3: Festlegung der Klassen zur überwachten ML-Klassifizierung mit Darstellung der zur Unterscheidung optimalen spektralen Kanalkombinationen

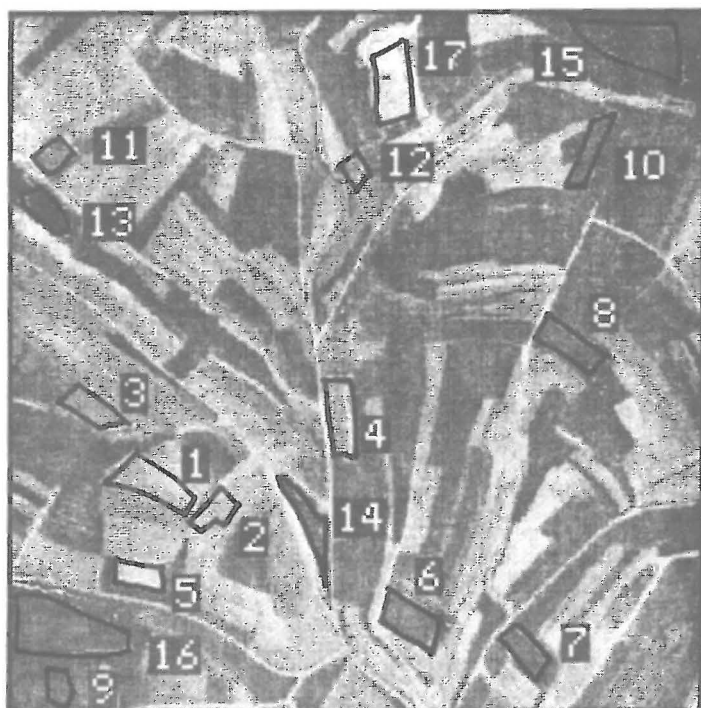


Abb. 4: Lage der Trainingsgebiete im Testgebiet Freinhausen 2; vgl. auch Abb. 3, Nr. der Trainingsgeb.

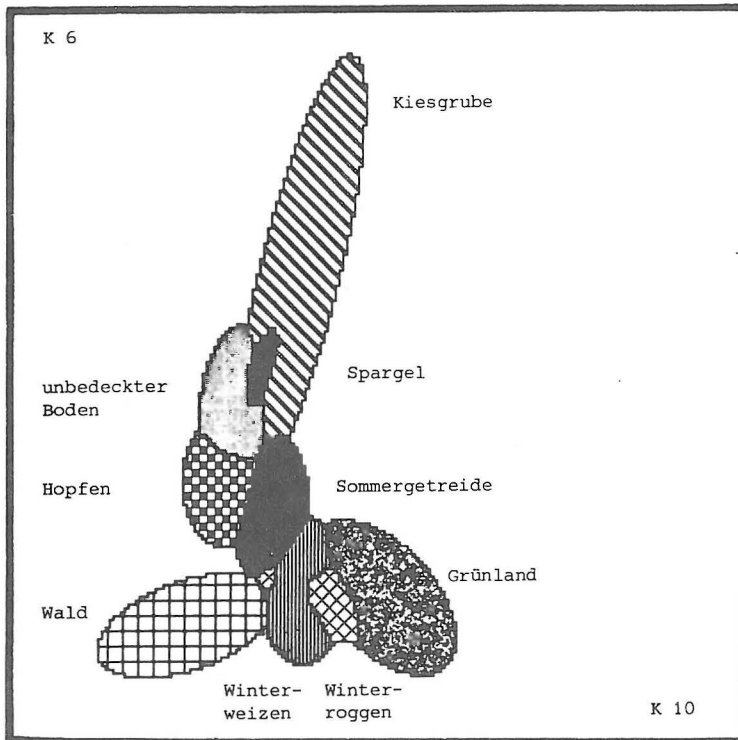


Abb.5: Wahrscheinlichkeitsverteilungen bei ML-Klassifizierungen, dargestellt für den Merkmalsraum der spektralen Kanäle K 10 und K 6

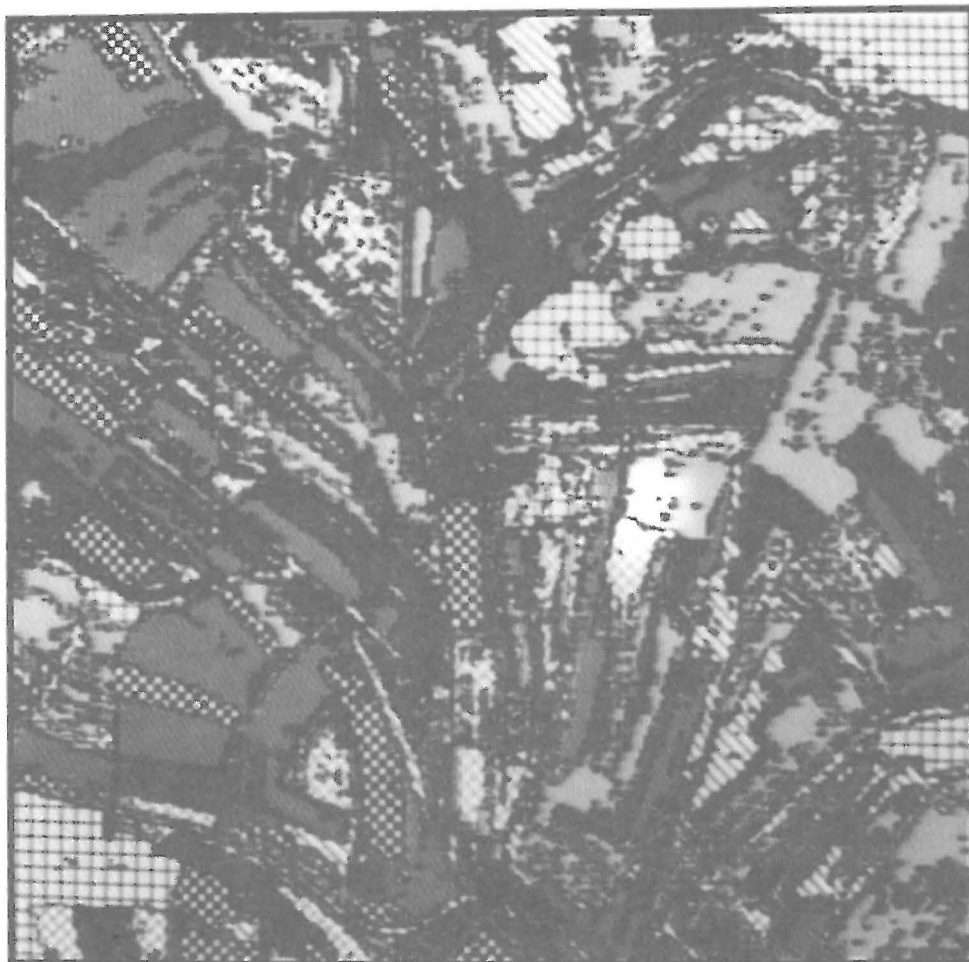


Abb. 6: ML-Klassifizierung des Testgebietes Freinhausen 2

Literatur

- [1] AYYANGAR, R.S. (1978):
Experiment to evolve methods for separation and identification of agricultural crops from multispectral information. Proc. of the 12th Intern. Symp. on Remote Sensing of environment. Vol. III, Ann Arbor Mich. S. 2323-2332.
- [2] DFVLR (1976):
DIBIAS-Handbuch. Digitales interaktives Bildauswertungssystem. Abt. Digitale Bildverarbeitung, Institut für Nachrichtentechnik.
- [3] HABERÄCKER, P., KIRCHHOF, W., KRAUTH, E., KRITIKOS, G., WINTER, R., SCHRAMM, M.A., SOSNOWSKI, H. (1980):
Auswertung von Satellitenaufnahmen für die Landnutzung. Schriftenreihe "Raumordnung" des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn.
- [4] HAKETA/G., MIYAKAWA, S., (1978):
Applied research on Remote sensing in the field of agriculture. Proc. of the 12th Intern. Symp. on Remote Sensing of environment. Vol. III Ann Arbor, Mich, S. 1643-1651.
- [5] JOHNSON, P.L. (1969):
Remote Sensing in Ecology, Univ. Georgia Press, Athens.
- [6] KAULE, G., SCHALLER, J., SCHÖBER, H.-M. (1978):
Auswertungen der Kartierung schutzwürdiger Biotop in Bayern: Allg. Teil; Hrsg. Bayer. Landesamt für Umweltschutz
- [7] KIRCHHOF, W., HABERÄCKER, P., KRAUTH, E., KRITIKOS, G., WINTER, R., (1980):
Evaluation of Landsat image data for land use mapping IAF paper 78-118, Dubrovnik, 1978, to be published in Acta Astronautica.
- [8] REICHERT, P.G. (1978):
Einsatzmöglichkeiten des Multispektralscanners für land- und forstwirtschaftliche Kulturen. Symp. FMP, BMFT-Forschungsbericht W 78-04, S. 331-344.
- [9] RICHTSCHEID, P. (1978):
Klassifizierung agrarischer Landnutzung mit Hilfe von Fernerkundungsmethoden. Symp. FMP, BMFT-Forschungsbericht W 78-04, S. 281-286.
- [10] SCHALLER, J., FELDLE, R., KAULE, G., KERNER, F., SITTARD, M. (1979):
Ökologische Raumanalyse und Bewertung für Planungsfragen auf der regionalen Ebene - in: Anwendung und Systemforschung in der räumlichen Planung, Vorträge der Arbeitsgruppe 3 anlässlich der Tagung Systemforschung und Neuerungsmanagement, Stuttgart, Institut für Kernergetik und Energiesysteme und Institut für Landschaftsplanung, Universität Stuttgart, Okt. 1979 IKE K - 60.