

5.2.2 Ermittlung der landwirtschaftlichen Bodennutzung in der Dübener Heide anhand eines Landsat-5-TM-Satellitenbildes

Carola Bühler-Natour

Integration der Satellitenbilddauswertung in die Analyse der landwirtschaftlichen Bodennutzung

Die flächendeckende Erfassung und Bestimmung der landwirtschaftlichen Bodennutzung ist eine häufige Anwendung in der Fernerkundung. Sie gewinnt nicht zuletzt durch die Ermittlung von Erntevorhersagen und neuerdings auch durch die Überprüfung von Stilllegungsflächen an Bedeutung (HIES & BÜKER, 1995; KLAEDTKE et al., 1992; LEPOUTRE, 1992; VOSSEN, 1992). Im Rahmen der am Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH durchgeführten Dissertation mit dem Arbeitstitel: „Auswirkungen der Agrarstruktur auf Landschaftsgestaltung und Bewirtschaftung am Beispiel der Landwirtschaft im Naturpark „Dübener Heide“ sollen mittels digitaler Bildverarbeitung Aussagen über Quantität bzw. Art der Landnutzung dieser Region getroffen werden. Der Schwerpunkt der Auswertung liegt dabei auf der Bestimmung der verschiedenen landwirtschaftlichen Nutzflächen (Kulturpflanzen, Brachen und Grünland) sowie der Errechnung ihres Flächenanteils. Flächenscharfe Daten zur landwirtschaftlichen Bodennutzung sind aus Datenschutzgründen für das Untersuchungsgebiet nicht zu beschaffen und die üblichen statistischen Erhebungen sagen nichts über deren räumliche Verteilung aus. Der Vorteil einer Landbedeckungsauswertung mittels Satellitenbilddaten liegt außerdem darin, daß Daten z.B. nach Landschaftseinheiten erhoben werden können und nicht an administrative Grenzen gebunden sind.

Für die Bestimmung der agrarischen Landnutzung dient besonders der Erderkundungssatellit Landsat-5-TM. Da erdbeobachtende Satelliten bereits im Beitrag von BÄNZHAF "Methodische Grundlagen - Fernerkundung" (Kap. 3.1) besprochen sind, werden an dieser Stelle nur die für diese Aufgabe notwendigen Eigenschaften kurz erläutert. Die Aufnahmen von Landsat-5-TM eignen sich aufgrund der großen spektralen Spannbreite der Aufnahmekanäle vom sichtbaren Bereich über nahes und mittleres Infrarot bis hin zum thermischen Infrarot hervorragend zur Bestimmung der Vegetation, da im nahen und mittleren Infrarot der Großteil der auftretenden Sonnenstrahlung vom Blattgrün reflektiert wird.

Um die spezifischen Kulturarten mit ihren phänologischen Eigenschaften eindeutig erkennen zu können und somit eine genaue Landbedeckungsanalyse zu erzielen, ist eine multitemporale Auswertung notwendig. Durch die Verwendung mehrerer Satellitenbilder einer Vegetationsperiode kann die fehlende Differenzierungsmöglichkeit von Kulturarten in der einen Bildaufnahme durch Hinzunahme einer weiteren Aufnahme ausgeglichen werden. Diese methodische Vorgehensweise konnte hier nicht durchgeführt werden, da es für die Vegetationsperiode 1993/94 aufgrund starker Bewölkung über dem Untersuchungsgebiet nur eine für die Arbeit brauchbare Satellitenbildszene vom 21. 7. 1994 gab. Zu diesem Zeitpunkt hatte die Ernte der landwirtschaftlichen Getreidearten bereits begonnen (vgl. Auflistung "Phänologie der landwirtschaftlichen Kulturarten in der Dübener Heide 1994").

Methode der Auswertung

Die Satellitenbildauswertung erfolgte in zwei Etappen: im ersten Teil der Arbeit wurde eine Gesamtflächenklassifikation und im zweiten Teil eine Klassifikation von Kulturarten durchgeführt. Die Gesamtflächenklassifikation gab Aufschluß über die Verteilung von Grünland, Ackerland, Wald und sonstiger Vegetation sowie Wasser, devastierten und versiegelten Flächen im Untersuchungsgebiet (vgl. Farbabb.: Landbedeckungsanalyse des Naturparks "Dübener Heide" mittels eines Satellitenbildes). Hierzu wurden Daten der Feldbegehung sowie CIR-Luftbilder von 1994 und topografische Karten herangezogen, die als „Trainingsgebiete“ zur Klassifikation dienten. Nach eingehender Überprüfung des Klassifikationsergebnisses konnten die Trainingsgebiete durch "Bereinigung", d. h. Zusammenfassen möglichst homogener und sich überschneidender Reflexionswerte in einer Klasse, selektiert und genauer begrenzt werden. Weitere Klassifikationen folgten, bis das bestmögliche Ergebnis erreicht wurde. Durch visuelle Interpretation mittels Referenzdaten aus Feldbegehungen, topografischen Karten und CIR-Luftbildern wurde die qualitative Genauigkeit der Klassifikation untersucht und bewertet.

Im ersten Zwischenergebnis, das im vorangegangenen Kapitel 5.2.1 kartographisch dargestellt ist, wurden folgende Landbedeckungseinheiten unterschieden:

- Waldflächen: Laubwald (Anteil Laubbäume > 70 %)
Nadelwald (Anteil Nadelbäume > 70 %)
- Landwirtschaftliche Nutzflächen: Grünland Ackerland (Getreide, Stoppelfeld, bearbeiteter Boden und Reihenkultur)
- Sonstige Vegetationsflächen: weitständige, trockene Vegetation ("Heide")
moorige Vegetation („Moor“)
- Versiegelte Flächen: Siedlung
Verkehr
- Devastierte Flächen: Tagebau (einschließlich offener Bauflächen und sonstiger Abgrabungen) Tagebaurandbereich
- Sonstige Flächen: Wasser

Anschließend wurden die Siedlungsflächen nach Bebauungsdichte genauer differenziert (zweites Zwischenergebnis). Die Arbeitsschritte bis zur Gesamtflächenklassifikation (erstes und zweites Zwischenergebnis) werden nachfolgend zusammengefaßt dargestellt.

Arbeitsschritte bis zur Gesamtflächenklassifikation:

1. Auswahl des Ausschnittes aus der Satellitenbildszene
2. Georeferenzierung mittels topografischer Karten im Maßstab 1 : 25000 (TK 25 N)
3. Auswahl der Trainingsgebiete
4. Klassifikation
5. Evaluierung des Ergebnisses mittels eigener Kartierung, CIR-Luftbildern, TK 25 N
6. Erneute Klassifikation (erstes Zwischenergebnis, vgl. Farbabb. Landbedeckungsanalyse)
7. Bildung neuer Klassen (Siedlungsflächen)
8. Klassifikation und erneute Evaluierung (zweites Zwischenergebnis)

Auf diese Klassifikation (zweites Zwischenergebnis) aufbauend wurde die Wahrscheinlichkeit, mit der die Pixel den Klassen zugeordnet werden und die a priori für diese durch das Bildverarbeitungsprogramm vorgegeben sind, für einzelne Klassen (Siedlungsflächen) geändert, da Teile der landwirtschaftlichen Flächen fälschlich als Siedlung klassifiziert wurden. Mit einem Wahrscheinlichkeitsgewichtungsfaktor, dem Bayes' schen Entscheidungskriterium (vgl. Banzhaf, 1994, S. 47/48), wurden die Klassen der Siedlungsflächen so gewichtet, daß sie in nachfolgender Klassifikation entsprechend den tatsächlichen Begebenheiten wiedergegeben wurden. Dieses Klassifikationsergebnis diente für die zweite Etappe der Arbeit als Maske, die aus den Ackerklassen und der Grünlandklasse bzw. der Klasse für weitständige, trockene Vegetation erstellt wurde.

Nach dieser Maskierung wurde eine erneute Klassifikation nur innerhalb der Agrarflächen vorgenommen, mit der Zielstellung einer detaillierten Differenzierung der landwirtschaftlichen Kulturarten (vgl. Farbabb. Agrarflächenanalyse). Diese Methode erhöhte die Präzision des Klassifikationsergebnisses der landwirtschaftlichen Kulturen und somit auch die Genauigkeit der berechneten Flächenanteile (vgl. Tab. 2). Folgende landwirtschaftliche Kulturarten wurden durch diese zusätzlichen Klassifikationsschritte ermittelt:

- Getreide: Roggen, Winterweizen, Wintergerste
- Futterbau: Mais, Feldfutter
- Hackfrüchte: Rüben, Kartoffeln
- Ölfrüchte: Sonnenblumen, Winterraps, Öllein
- Hülsenfrüchte: Erbsen
- Grünland
- Heide

Auch nach dieser Agrarflächenklassifikation wurde eine visuelle Interpretation durchgeführt und die Güte der Klassifikation anhand der eigenen Agrarflächenerhebungen und der CIR-Luftbilder geprüft. Mittels einer Genauigkeitsbeurteilung des Klassifikationsergebnisses, in der 528 zufällig ausgewählte klassifizierte Bildpunkte durch die Bearbeiterin auf die richtige Zugehörigkeit zu einer Klasse überprüft wurden, konnte die Klassifikationsgüte mit 87 % richtiger Zuordnungen ermittelt werden.

Ergebnisse und Interpretation der Gesamtflächen- bzw. Agrarflächenklassifikation

Die monotemporale Satellitenbilddauswertung ließ bei der Gesamtflächenklassifikation keine Klassentrennung zwischen den abgeholzten oder frisch aufgeforsteten Flächen und den Siedlungsflächen zu. Dies lag an dem durch das Abholzen bzw. Pflanzen verursachte "Plattwalzen" des Bodens und seiner spärlichen Vegetation, woraufhin dieser den gleichen Reflexionswert hatte wie Flächen, die der Klasse „versiegelte Fläche“ zugeordnet wurden. Erst bei Kronenschluß der Kiefern wurden die Pixel richtigerweise als Klasse „Nadelwald“ erkannt. Verkehrsflächen fielen mit den Siedlungsflächen in eine Klasse, da beide Nutzungen nur als versiegelt erkannt wurden. Mischsignaturen wurden zumeist als Siedlungsfläche klassifiziert. Bauflächen und sonstige Abgrabungen hingegen wurden aufgrund des vegetationslosen Bodens der Klasse „Tagebau“ zugeordnet.

Da das besondere Augenmerk dieser Arbeit auf der Erfassung der landwirtschaftlichen Nutzfläche lag, wurde diese Grundeinheit noch detaillierter aufgeschlüsselt. Insgesamt gab es sieben verschiedene Ackerklassen, zwei Grünlandklassen, eine Klasse für weitständige, trockene Vegetation und eine Vegetationsklasse mit Trockenschäden. Diese elf Klassen resultierten aus

der Agrarflächenklassifikation, der visuellen Interpretation des Satellitenbildes sowie der CIR-Luftbilder und der Felderhebung. Bei der Interpretation der Ergebnisse der Gesamtflächen- bzw. Agrarflächenklassifikation ist die Phänologie der landwirtschaftlichen Kulturarten zu beachten.

Wie aus dem nachfolgend beschriebenen phänologischen Zustand abzuleiten ist, war zum Zeitpunkt der Satellitenbildaufnahme die Wintergerste bereits abgeerntet und die Felder teilweise schon gepflügt oder gegrubbert. In der Gesamtflächenklassifikation wurden solche Felder entweder als Tagebau oder als versiegelte Fläche klassifiziert. Desweiteren fielen typische Heideflächen (z.B. Oranienbaumer Heide oder Annaburger Heide) aufgrund ihrer ähnlichen spektralen Reflexion in die gleiche Klasse wie Ackerflächen, deren Frucht schlecht aufgegangen war. Hierbei spielte das Verhältnis Boden zu Pflanze eine entscheidende Rolle. Es konnte nur eine Klasse mit weitständiger Vegetation unterschieden werden.

Datum	Phänologische Phase
25. 4. - 22. 5.	Winterrapsblüte
10. 5. - 19. 5.	Ährenschieben Roggen
12. 5. - 19. 5.	Ährenschieben Wintergerste
18. 5. - 22. 5.	Ende der Winterrapsblüte
18. 5.	Beginn mit dem ersten Schnitt Feldfutter
23. 5.	Ährenschieben Winterweizen
26. 5.	Beginn Roggenblüte
Ende Mai / Anfang Juni	Ende Aussaat Mais
22. 6. - 27. 7.	Winterroggenenernte
23. 6.	Beginn der Leinblüte
24. 6.	Volle Leinblüte
29. 6. - 13. 7.	Wintergerstenernte
4. 7.	Beginn der Sonnenblumenblüte
13. 7.	Vollreife des Winterrapses, Milchreife des Winterweizens
13. 7.	Haferblüte
16. 7. - 20. 7.	Winterrapsernte
27. 7. - 10. 8.	Winterweizenernte
27. 7.	Gülleausbringung auf Stoppelfelder und damit verbundene Bodenbearbeitung
7. 8.	Ende der Getreideernte bis auf wenige Ausnahmen
7. 8.	Ölleinernte
- 7. 8.	Bodenbearbeitung auf den meisten ehem. Getreidefeldern
- 7. 8.	Ausbringen von Gülle bzw. Mist und Einarbeitung
- 7. 8.	Starke Trockenschäden an Mais und Sonnenblumen

Nach dem Vergleich der Klassifikation mit CIR-Luftbildern wurden Schrebergärten teils als Agrarfläche, teils als Siedlungsfläche mit geringer Bebauungsdichte klassifiziert. Ein großes Problem der Klassifikation stellten insgesamt betrachtet die Tagebaugebiete dar. Nicht rekultivierte Kippenflächen wurden teils fälschlicherweise als locker bebaute Fläche, teils richtig als Tagebau ausgewiesen. Dies hing mit einer unterschiedlichen Vegetationsdichte zusammen, so daß völlig vegetationslose Kippen richtigerweise der Klasse Tagebau und weitständig bewachsene fälschlicherweise der Klasse lockere Bebauung (Vegetation mit versiegelter Fläche) zugeordnet wurden. Da es bei dieser Klassifikation jedoch auf die agrarisch genutzte Fläche ankam, war die Verbesserung dieser Gesamtflächenklassifikation, z.B. durch weitere Trainingsgebiete für die falsch zugeordneten Klassen nicht gefordert. Für die Gesamtfläche konnten folgende Flächenanteile ermittelt werden (vgl. Tab. 1):

Tab. 1: Ergebnis der Gesamtflächenklassifikation (vgl. Farbbabb. Landbedeckungsanalyse)

Klasse	Hektar	Fläche in %
Grünland	23306,6	12,6
Ackerland	85242,9	46,2
Heide	7653,7	4,1
Moor	1006,7	0,5
Laubwald	18788,6	10,1
Nadelwald	28943,5	15,6
Wasser	2585,5	1,4
Tagebau	5269,7	2,8
Siedlung u. Verkehr	12390,4	6,7
Gesamtfläche	185187,6	100,0

Wichtiger als die Verbesserung der Klassifikationsgüte für die Klasse Tagebaue war vielmehr die richtige Zuordnung der Klassen Ackerfläche bzw. Grünland, die durch das Bayes' sche Entscheidungskriterium erhöht wurde. Probleme bei der Unterscheidung zwischen Mais und Sonnenblumen ergaben sich aufgrund des gleichen Sätezeitpunktes beider Kulturpflanzen und daher parallel verlaufender Vegetationsentwicklung. Ähnliche Schwierigkeiten aufgrund desselben Pflanzzeitpunktes entstanden bei Klasse 34 (vgl. Tab. 2), in der Mais und Rüben bzw. Kartoffeln nicht zu differenzieren waren. Wegen der bis zum Aufnahmezeitpunkt nicht geschlossenen Vegetationsdecke dieser Kulturarten fielen Kartoffeln in dieselbe Klasse. Die Differenzierung der Getreidearten Roggen und Weizen gelang im Gebiet der Dübener Heide sehr gut. Aufgrund des weiter fortgeschrittenen Reifestadiums dieser Getreidearten am Rand des Gebietes, vor allem in der Elbaue, wurden die beiden Klassen dort unterschiedlichen Reifestadien innerhalb der Getreidefelder zugeordnet. Ungemähtes Grünland und Feldfutter konnten mittels dieser Klassifikationsmethode nicht getrennt werden.

Die Agrarflächenklassifikation ergab das in Tabelle 2 vorgestellte Ergebnis:

Tab. 2: Ergebnisse der Agrarflächenklassifikation (vgl. Farbbabb. Agrarflächenanalyse)

Beschreibung der Klasse	Klasse	Hektar	Fläche in %
Getreide in der Druschreife (Roggen)	26	19597,6	17,4
Nicht bodendeckende Vegetation (Mais bzw. Rüben, Kartoffeln)	34	6714,4	5,9
Vegetation mit Trockenschäden (z. T. Mais bzw. Sonnenblumen)	40	16455,8	14,5
Braune Stoppelfelder (Wintergerste)	39	6028,1	5,4
Feldfutter bzw. nicht gemähtes Grünland	28	13842,8	12,3
Grünland (gemäht)	13	15847,4	14,1
Mais bzw. Sonnenblumen ohne Trockenschäden	41	2583,6	2,3
Bearbeiteter Boden (nach Wintergerste- bzw. Winterrapserte)	38	5031,8	4,5
Weitständige, trockene Vegetation (Heideflächen bzw. Öllein)	35	9154,2	8,1
Grüne Stoppelfelder (Winterraps bzw. Erbsen)	33	9999,4	8,9
Getreide in der Teigreife (Winterweizen)	32	7402,8	6,6
Landwirtschaftliche Bodennutzung		112657,9	100,0

Schlußfolgerungen

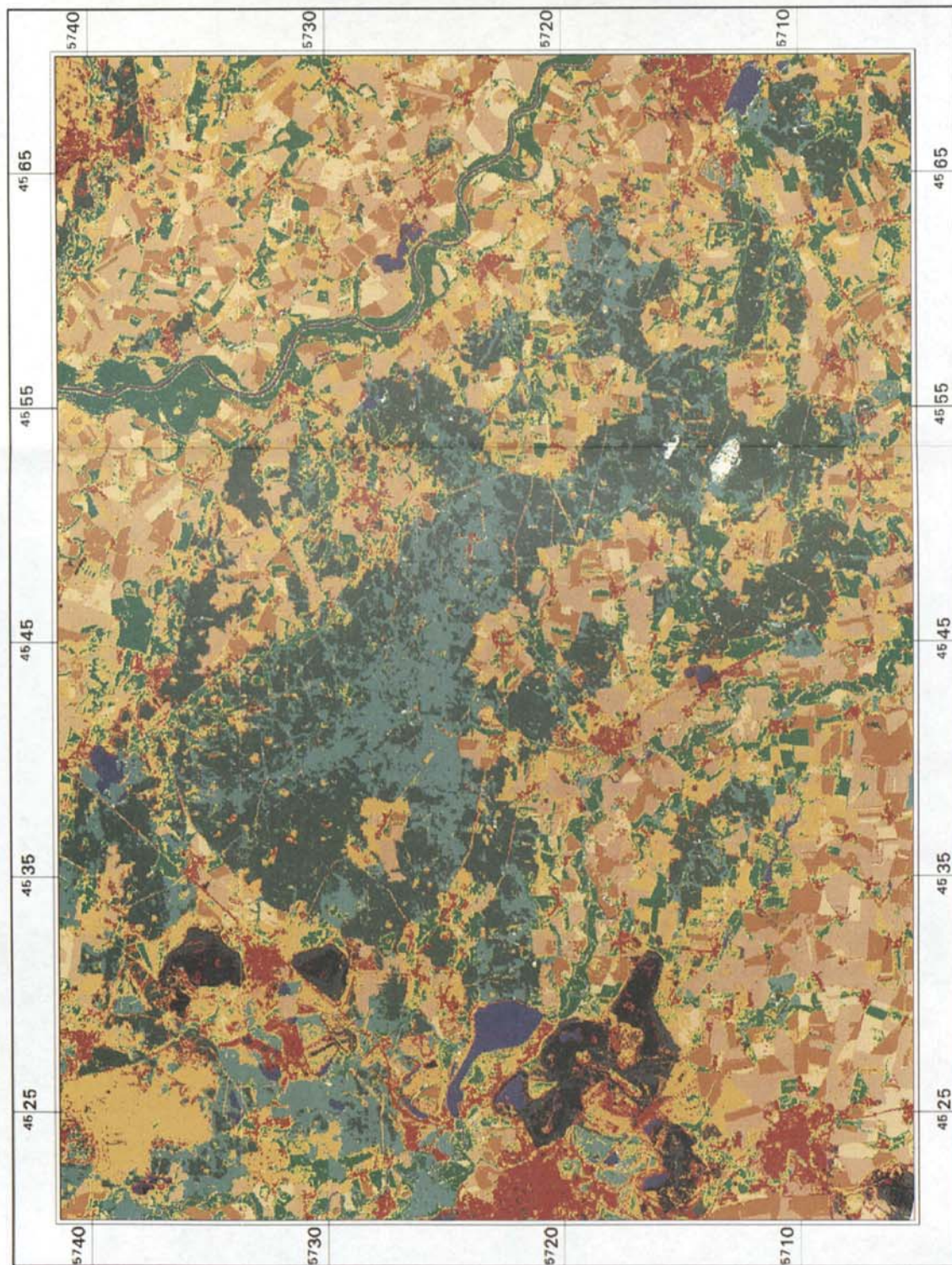
Die Ergebnisse der Klassifikation geben einen Überblick über die Verteilung der einzelnen Agrarflächen wieder. Bislang gab es eine derartig flächendeckende Bestandsaufnahme für diesen Raum nicht, so daß diese Klassifikation eine Grundlage für eine solche Erhebung darstellt.

Da die Satellitenbildaufnahme zum Erntezeitpunkt entstand, waren die einzelnen Kulturen in unterschiedlichem Aufwuchs bzw. schon abgeerntet. Um genauere Ergebnisse in der Landbedeckungsanalyse zu erzielen, sollte der Zeitpunkt der Satellitenbildaufnahme kurz vor der Ernte der betreffenden landwirtschaftlichen Kulturen liegen. Eine Verbesserung der jetzt vorliegenden Ergebnisse könnte durch ein weiteres Satellitenbild, z.B. vom Herbst 1993, erzielt werden. Leider stand ein solches wegen Bewölkung nicht zur Verfügung.

Literatur

- BANZHAF, E. (1994): Die Regionalisierung der Wärmebelastung in Mainfranken anhand von Geofaktoren. - Freiburger Geographische Hefte 43, Selbstverlag des Institutes für Physische Geographie, Freiburg, 109 S.
- HIES, J. & C. BÜKER (1995): Die Kontrolle landwirtschaftlicher Flächen mit Hilfe der Fernerkundung. - In: Publikationen der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung: Vorträge 14. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF. Dresden.
- KLAEDTKE, H.-G., KUHN, W., STADLER, R., HÄMMERLING, P., THALHEIMER, F., KAIFEL, A., MAUSER, W., BACH, H., DEMIRCAN, A., KUNTZ, S., RÄHLMANN, H., FRITZ, R. & M. ZINTEL (1992): Einsatz von Satellitendaten zur Bestimmung der Bodennutzung und Ertragsermittlung in Baden-Württemberg. - Bericht 1991, Universität Stuttgart, Inst. für Navigation und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 209 S., unveröffentlicht.
- LEPOUTRE, D. (1992): Les images satellites pour le suivi des productions agricoles. - In: Institute for Remote Sensing Applications: Conference on the Application of Remote Sensing to Agricultural Statistics. Proceedings. Villa Carlotta, 26. - 27. November 1991.
- VOSSEN, P. (1992): Forecasting National Crop Yield of E.C. Countries: the Approach Developed by the Agricultural Project. - In: Institute for Remote Sensing Applications: Conference on the Application of Remote Sensing to Agricultural Statistics. Proceedings. Villa Carlotta, 26. - 27. November 1991.

Landbedeckungsanalyse des Naturparks "Dübener Heide" mittels eines Satellitenbildes



Legende:

	Grünland		weitständige, trockene Vegetation		Wasserfläche
	Getreide		moorige Vegetation		Tagebau
	Stoppelfeld und bearbeiteter Boden		Laubwald		Tagebaurandbereich
	Reihenkultur		Nadelwald		Versieigte Fläche

Datenquelle:

Satellit: Landsat-5-TM
Aufnahmedatum: 21.07.1994
Bodenauflosung: 30 m x 30 m

Datenbearbeitung:

Geometrische Entzerrung: 120 Paßpunkte (Teilszene) mit Polynom 2. Ordnung
Entzerrungsgrundlage: TK 25 (N)
Resampling: Nearest Neighbour / 30 m
Klassifikation: Maximum Likelihood
Programm: ERDAS-Imagine 8.2

Anmerkung:

Das klassifizierte Gebiet umfaßt neben dem Naturpark auch angrenzende Gebiete, wie das Elbtal im Nordosten und den Raum um Delitzsch im Südwesten.

Maßstab 1 : 200 000

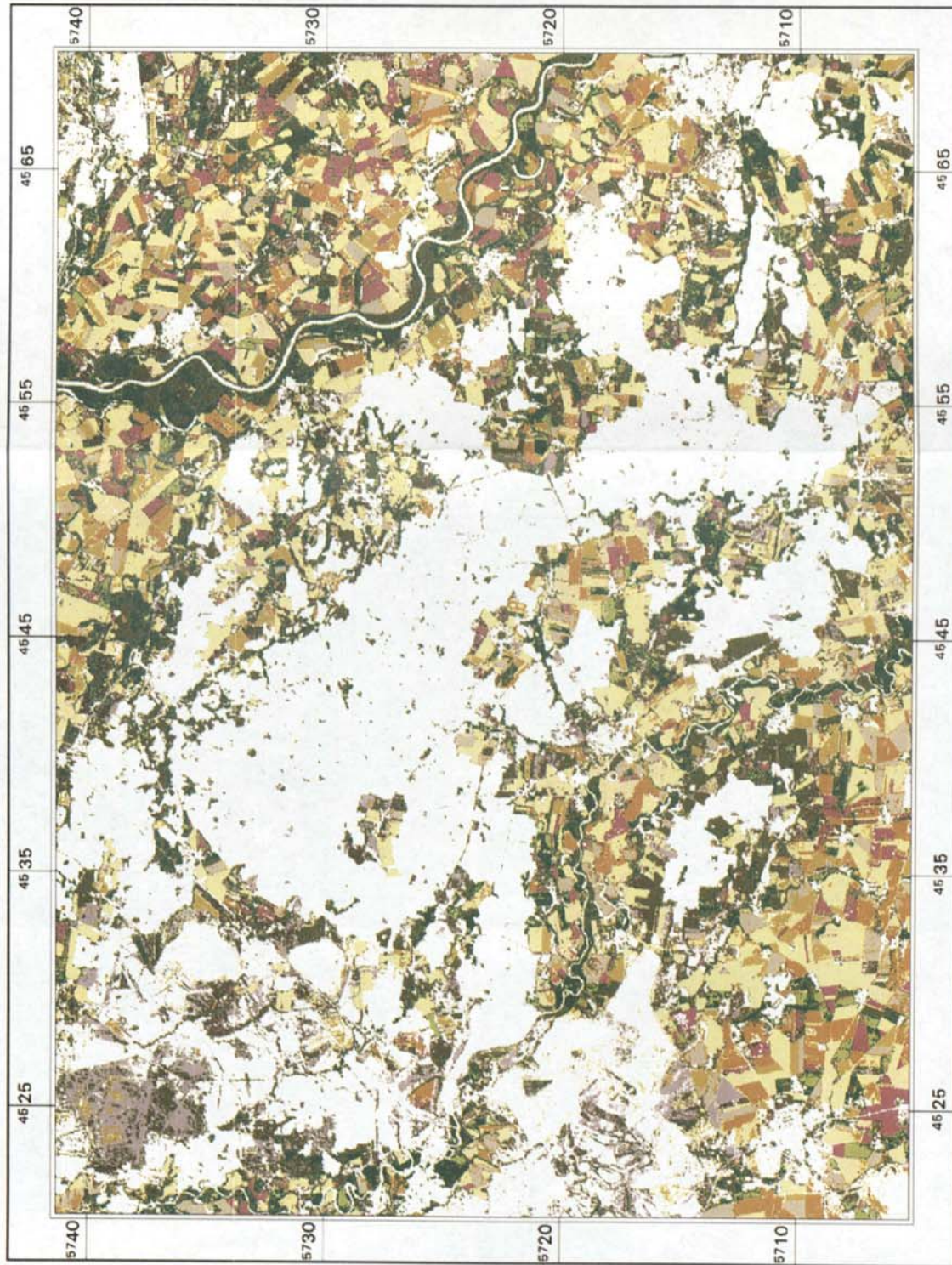


Bearbeitung und Kartographie: C. Bühler-Natour
Projektleitung: Prof. Dr. sc. R. Krönert



UFZ-Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH

Agrarflächenanalyse des Naturparks "Dübener Heide" mittels eines Satellitenbildes



Legende:

	Nicht landwirtschaftliche Flächen		Getreide in der Teigreife		Bearbeiteter Boden
	Gemähtes Grünland		Grüne Stoppelfelder		Braune Stoppelfelder
	Getreide in der Druschreife		Nicht bodendeckende Vegetation		Vegetationsdecke mit Trockenschäden
	Feldflur bzw. nicht gemähtes Grünland		Weiständige, trockene Vegetation		Mais bzw. Sonnenblumen ohne Trockenschäden

Datenquelle:

Satellit: Landsat-5-TM
Aufnahmedatum: 21. 07. 1994
Bodenauflosung: 30 m x 30 m

Datenbearbeitung:

Geometrische Entzerrung: 120 Paßpunkte (Teilszene) mit Polynom 2. Ordnung
Entzerrungsgrundlage: TK 25 (N)
Resampling: Nearest Neighbour / 30 m
Klassifikation: Maximum Likelihood nach Anwendung des Wahrscheinlichkeitsgewichtsfaktor von Bayes
Programm: ERDAS-Imagine 8.2

Anmerkung:

Das klassifizierte Gebiet umfaßt neben dem Naturpark auch angrenzende Gebiete, wie das Elbtal im Nordosten und den Raum um Delitzsch im Südwesten.

Maßstab 1 : 200 000



Bearbeitung und Kartographie: C. Bühler-Natour
Projektleitung: Prof. Dr. sc. R. Krönert



UFZ-Umweltforschungszentrum
Leipzig-Halle GmbH

**Erfassung und Auswertung
der Landnutzung und ihrer Veränderungen
mit Methoden der Fernerkundung
und geographischen Informationssystemen
im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld**

Herausgeber

Ellen Banzhaf¹ und Hans Dieter Kasperidus²

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

¹ Sektion Angewandte Landschaftsökologie

² Arbeitsgruppe Regionale Zukunftsmodelle

Leipzig, Januar 1998