

**Satellitenbildfernerkundung zur
Managementunterstützung landwirtschaftlicher
Betriebe**

FKZ: 50EE9608

Ermittlung landwirtschaftlicher Bedarfspotentiale für hochauflösende optische
Satellitenfernerkundungsdaten (SPOT/MOMS/IRS-1C) im Hinblick auf betriebsindividuelle
Managementunterstützung

für

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Laufzeit des Vorhabens: 1.7.1996 – 31.12.1998

erstellt durch

Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung mbH (GAF)

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINFÜHRUNG	1
1.1 AUFGABENSTELLUNG	1
1.2 PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS	2
1.3 WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND	4
1.4 ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN	4
2 LANDWIRTSCHAFT UND FERNERKUNDUNG.....	6
2.1 TEILFLÄCHENSPEZIFISCHE LANDBEWIRTSCHAFTUNG (PRECISION FARMING).....	6
2.1.1 Informationsbedarf im Precision Farming.....	7
2.1.2 Schlüsseltechnologien.....	8
2.1.2.1 Satellitengestützte Positionsbestimmung	8
2.1.2.2 Terrestrische und fernerkundungsgestützte Erfassung räumlicher Umweltdaten.....	9
2.1.2.3 Applikationstechnik.....	9
2.1.2.4 Geographische Informationssysteme	10
2.1.3 Bestandsführung auf heterogenen Flächen	10
2.2 GRUNDLAGEN DER FERNERKUNDUNG	13
2.2.1 Allgemeine Grundlagen.....	13
2.2.2 Aufnahmesysteme	14
2.2.3 Reflexionseigenschaften von Vegetation.....	14
2.2.4 Vegetationsindizes	15
2.2.5 Reflexionseigenschaften von Boden.....	16
2.3 POTENTIELLE EINSATZBEREICHE DER SATELLITENFERNERKUNDUNG IM LANDWIRTSCHAFTLICHE BETRIEB UND STAND DER TECHNIK.....	18
2.3.1 Betriebsübersichtskarten	18
2.3.2 Kontrolle der Bestandsentwicklung im Laufe der Vegetationsperiode.....	18
2.3.2.1 Stickstoffversorgung des Pflanzenbestandes	19
2.3.2.2 Pflanzenstress und Wasserversorgung	20
2.3.2.3 Unkrautbekämpfung	21
2.3.2.4 Pflanzenkrankheiten.....	21
2.3.2.5 Schädlingsbefall.....	22
2.3.3 Dokumentation der Getreideabreife.....	22
2.3.4 Erfassung von Bodeneigenschaften.....	22
2.3.5 Ableitung von Managementzonen.....	24
2.3.6 Zusammenfassung.....	25
3 MATERIAL UND METHODEN	26
3.1 VERSUCHSBETRIEB	26
3.2 FERNERKUNDUNGSDATEN.....	28
3.2.1 Verwendete Daten	28
3.2.2 Berechnung des Vegetationsindex.....	29
3.3 FELDDATENERHEBUNGEN	30
3.3.1 Erfassung von Bestandsparametern durch Bündelschnittentnahme.....	30
3.3.2 Erfassung von Bodeninformation	32
3.3.3 Ertragsbildung bei Getreide.....	35

4	AUSWERTUNG DER FERNERKUNDUNGSDATEN	37
4.1	EINFÜHRUNG.....	37
4.2	BETRIEBSÜBERSICHTSKARTEN UND FLÄCHENVERMESSUNG.....	38
4.3	HETEROGENITÄTSANALYSE MIT FERNERKUNDUNGSDATEN.....	41
4.3.1	<i>Einführung</i>	41
4.3.2	<i>Aufbereitung multispektraler Satellitendaten für gezielte Vor-Ort-Untersuchungen</i>	41
4.3.3	<i>Schlag Hohsdorfer Weg</i>	43
4.3.3.1	Ergebnisse der Bestandserhebungen 1997 (Winterweizen)	43
4.3.3.2	Ergebnisse der Bestandserhebungen 1998 (Triticale).....	47
4.3.3.3	Ergebnisse der Bodendatenerhebung	49
4.3.4	<i>Schlag Königsfleck</i>	51
4.3.4.1	Ergebnisse der Bestandserhebung 1997 (Silomais)	51
4.3.4.2	Ergebnisse der Bestandserhebungen 1998 (Wintergerste).....	53
4.3.4.3	Ergebnisse der Bodendatenerhebungen	55
4.3.5	<i>Schlag Knofsplan und Schlag Pulsweise</i>	58
4.3.5.1	Ergebnisse der Bestandserhebungen auf dem Schlag Knofsplan (Wintergerste).....	58
4.3.5.2	Ergebnisse der Bestandserhebungen auf dem Schlag Pulsweise (Winterweizen).....	61
4.3.6	<i>Zusammenhang zwischen NDVI und Stickstoffzustand der untersuchten Anbauflächen</i>	62
4.3.7	<i>Zusammenfassung der Untersuchungen</i>	65
4.4	MULTITEMPORALE SATELLITENDATENAUSWERTUNG ZUR ABLEITUNG VON MANAGEMENTZONEN	68
4.4.1	<i>Vergleich mehrjähriger Fernerkundungsdaten</i>	68
4.4.2	<i>Ableitung von Managementzonen</i>	70
4.5	FINANZIELLE ASPEKTE EINER TEILSCHLAGSPEZIFISCHEN FELDBEWIRTSCHAFTUNG	74
4.5.1	<i>Erstellung von Deckungsbeitragskarten</i>	74
4.5.2	<i>Diskussion der Deckungsbeitragskarten</i>	76
4.5.3	<i>Szenario einer teilflächenspezifischen Düngung</i>	77
5	DISKUSSION DER ERGEBNISSE UND AUSBLICK.....	81
5.1	AUSGANGSSITUATION UND ZIELSETZUNG.....	81
5.2	INFORMATIONSGEHALT VON FERNERKUNDUNGSDATEN FÜR BETRIEBSBEZOGENE FRAGESTELLUNGEN ..	81
5.2.1	<i>Flächenvermessung und Erstellung von Betriebsübersichtskarten auf der Basis hochauflösender panchromatischer Fernerkundungsdaten</i>	81
5.2.2	<i>Heterogenitätsanalyse</i>	82
5.2.3	<i>Multispektraldaten zur Steuerung der Bestandsführung in der aktuellen Vegetationsperiode</i>	84
5.3	PRAKTISCHER „NUTZEN“ FÜR DEN LANDWIRT	86
5.4	LIMITIERUNGEN DER SATELLITENFERNERKUNDUNG MIT OPTISCHEN SENSOREN	88
5.5	AUSBLICK	90
5.6	BEITRAG DES ERGEBNISSES ZU FÖRDERPOLITISCHEN ZIELEN DES FÖRDERPROGRAMMES	90
6	LITERATUR.....	92

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Geographische Informationssysteme als Medium für das Precision Farming (nach ALISCH, 1997).....	10
Abb. 2: Reflexionskurve gesunder Vegetation (SCHNEIDER, 1994)	14
Abb. 3: Witterungsverlauf von Oktober 1996 bis September 1997 (Station Quellendorf).....	27
Abb. 4: Feldspezifischer NDVI vom 2.6.97 - Übersicht	30
Abb. 5: Hochauflösende panchromatische Satellitendaten als Grundlage für die Flächenvermessung.....	39
Abb. 6: Feldinterne Bereiche mit ungünstigen Bodeneigenschaften	43
Abb. 7: Feldspezifischer NDVI vom 2.6.97 – Schlag Hohsdorfer Weg.....	44
Abb. 8: Zusammenhang zwischen NDVI (2.6.97) und Wuchshöhe – Hohsdorfer Weg (Erntejahr 1997).....	45
Abb. 9: Zusammenhang zwischen NDVI (2.6.97) und Biomasse bzw. Kornertrag – Hohsdorfer Weg (Erntejahr 1997).....	45
Abb. 10: Vergleich zwischen Winterweizenertrag (6.8.97) und Bestandsdifferenzierung (2.6.97) - (Erntejahr 1997).....	46
Abb. 11: Zusammenhang zwischen Wuchshöhe und Biomasse bzw. Kornertrag – Hohsdorfer Weg (Erntejahr 1997).....	46
Abb. 12: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Wuchshöhe – Hohsdorfer Weg (Erntejahr 1998).....	48
Abb. 13: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Biomasse – Hohsdorfer Weg (Erntejahr 1998).....	48
Abb. 14: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Kornertrag – Hohsdorfer Weg (Erntejahr 1998).....	49
Abb. 15: Schlagspezifischer NDVI (2.6.97) mit überlagerten Bodenarten, Feldkapazitäten und Ackerzahlen ...	51
Abb. 16: Zusammenhang zwischen NDVI der DPA-Szene (11.7.97) und Wuchshöhe – Königsfleck (Erntejahr 1997).....	52
Abb. 17: Zusammenhang zwischen NDVI (1.9.97) und Wuchshöhe – Königsfleck (Erntejahr 1997).....	53
Abb. 18: Schlagspezifischer NDVI vom 28.05.98 – Schlag Königsfleck	54
Abb. 19: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Wuchshöhe – Königsfleck (Erntejahr 1998).....	54
Abb. 20: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Biomasse – Königsfleck (Erntejahr 1998).....	55
Abb. 21: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Kornertrag – Königsfleck (Erntejahr 1998).....	55
Abb. 22: IRS-NIR-Reflexion und gemessener Humusgehalt	56
Abb. 23: Zusammenhang zwischen IRS-NIR (2.6.97) und Wuchshöhe (Silomais, Erntejahr 1997).....	57
Abb. 24: IRS-NIR-Kanal (2.6.97) mit überlagerten Bodenarten, Feldkapazitäten und Ackerzahlen.....	58
Abb. 25: Zusammenhang zwischen NDVI (2.6.97) und der Wuchshöhe – Knofsplan (Erntejahr 1997).....	59
Abb. 26: Zusammenhang zwischen NDVI (2.6.97) und Biomasse/Kornertrag – Knofsplan (Wintergerstensorte <i>Theresa</i>).....	60
Abb. 27: Zusammenhang zwischen NDVI (2.6.97) und Biomasse/Kornertrag – Knofsplan (Wintergerstensorte <i>Grete</i>).....	60
Abb. 28: Vergleich zwischen Wintergersteertrag und Bestandsdifferenzierung (2.6.97) - (Erntejahr 1997).....	61
Abb. 29: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Wuchshöhe – Pulswiese (Erntejahr 1998).....	62
Abb. 30: Zusammenhang zwischen NDVI (28.5.98) und Biomasse bzw. Kornertrag – Pulswiese (Erntejahr 1998).....	62
Abb. 31: Zusammenhang zwischen Hydro-N-Wert und Stickstoffgehalt (EC 31).....	64
Abb. 32: Zusammenhang zwischen Hydro-N-Wert und Stickstoffgehalt (EC 61 und EC 65).....	64
Abb. 33: Zusammenhang zwischen Stickstoffgehalt und NDVI (28.5.98)	65
Abb. 34: Korrelationskoeffizienten unterschiedlicher Spektralindizes.....	67

Abb. 35: Beziehung zwischen Ertrag '97 und Ertrag '98, Schlag Hohsdorfer Weg.....	69
Abb. 36: Beziehung zwischen NDVI '97 und NDVI '98, Schlag Königsfleck.....	69
Abb. 37: Beziehung zwischen NDVI '97 und NDVI '98, Schlag Knofsplan.....	69
Abb. 38: Durchschnittlicher, schlagspezifisch klassifizierter NDVI aus drei Erntejahren	71
Abb. 39: Durchschnittserträge pro Zone für die Anbaupläne '97 (a) und '98 (b), Hohsdorfer Weg.....	72
Abb. 40: Durchschnittserträge pro Zone für 1997, a) Sorte Grete, b) Sorte Theresa.....	72
Abb. 41: Durchschnittserträge pro Zone für den Schlag Königsfleck (a) und Pulswiese (b)	73
Abb. 42: Fließdiagramm zur Erstellung der Deckungsbeitragskarten	76

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Übersicht über den zeitlichen Ablauf der durchgeführten Arbeiten	3
Tab. 2: Übersicht über wichtige, aktuell verfügbare und geplante Satellitensysteme.....	13
Tab. 3: Auswahl häufig verwendeter Vegetationsindizes (vgl. BANNARI et al., 1995)	16
Tab. 4: Verwendete Satellitenaufnahmen	28
Tab. 5: Verwendete Reichsbodenschätzungskarten.....	33
Tab. 6: Schematische Übersicht über den zeitlichen Ablauf der Felddatenerhebungen und verfügbaren FE- Daten.....	34
Tab. 7: Einheitsschlüssel zur Kennzeichnung von Entwicklungsstadien bei Getreide	36
Tab. 8: Vergleich der Flächenvermessung mit unterschiedlichen Methoden	39
Tab. 9: Korrelationsmatrix zwischen Bodendaten und Spektralinformation - Hohsdorfer Weg	50
Tab. 10: Korrelationsmatrix zwischen Spektraldaten und Bodenparametern.....	57
Tab. 11: Deckungsbeitragsrechnung für die untersuchten Schläge	75
Tab. 12: Durchschnittlicher Ertrag und Deckungsbeitrag innerhalb einer Managementzone	78
Tab. 13: Deckungsbeitragsrechnung bei differenzierter Düngung je Managementzone im Vergleich zu einer mittelwertsbezogenen Düngung	79
Tab. 14: Mehrkostenkalkulation für die Einbindung von Satellitenbilddaten	80

ANHÄNGE

Anhang 1:

Betriebsübersichtskarte

Anhang 2:

Karte 1: Feldspezifische Schlagdifferenzierung entsprechend des Vegetationszustandes am 28.05.98

Karte 2: Feldfruchtspezifische Schlagdifferenzierung entsprechend des Vegetationszustandes am 28.05.98

Anhang 3:

Mittlere Bestandsentwicklung als Grundlage für die Ableitung von Managementzonen

Anhang 4:

Karte 1: Deckungsbeitragskarte – Hohsdorfer Weg

Karte 2: Deckungsbeitragskarte – Königsfleck

Karte 3: Deckungsbeitragskarte – Knofsplan

Karte 4: Deckungsbeitragskarte – Pulswiese

Anhang 5:

Spektrale, räumliche und zeitliche Auflösung der Erdbeobachtungssatelliten IRS-1C, SPOT 3, Landsat 5 und der Digital Photogrammetric Aperture

1 Einführung

1.1 Aufgabenstellung

Satellitengestützte Fernerkundungsmethoden sind bisher im landwirtschaftlichen Anwendungsbereich in Deutschland nur in wenigen Projekten operationell eingesetzt worden. Besonderer Erwähnung bedürfen hierbei die 1988 mit 1990 durchgeführten agrarstatistischen Erhebungen in Bayern und die seit 1992 von mehreren Bundesländern eingesetzten Fernerkundungskontrollen flächengestützter Beihilfen. Als Nutzer traten bisher jedoch ausschließlich öffentlich-rechtliche Einrichtungen auf.

Eine Breitenwirkung der in diesen Projekten dokumentierten Anwendungsmöglichkeiten hat sich jedoch bisher nicht abgezeichnet. Diese, für den Fernerkundungsmarkt so wichtige Voraussetzung, könnte andererseits erzielt werden, wenn ein größerer Nutzerkreis für eigene planerische Entscheidungen wiederholt und regelmäßig auf Fernerkundungsdaten und auf entsprechende Dienstleistungen zurückgreift.

Im Rahmen dieses anwendungsorientierten Forschungsvorhabens sollen daher Fernerkundungsmethoden einem neuen Nutzerkreis erschlossen werden. Als potentielle Bedarfsträger können beispielsweise die ca. 20.000 landwirtschaftlichen Einzelbetriebe in den neuen Bundesländern mit ihren großen Betriebsstrukturen erachtet werden.

Das Vorhaben soll die Möglichkeit eröffnen, das Bedarfspotential für Fernerkundungsinformationen im landwirtschaftlichen Bereich zur Unterstützung einzelbetrieblicher Managementaufgaben ermitteln zu können. Hierzu wurde der Bedarf an Fernerkundungsinformationen in direktem und über einen längeren Zeitverlauf engen Kontakt mit dem potentiellen Bedarfsträger, stellvertretend durch einen ausgewählten Landwirt in Sachsen-Anhalt, ermittelt. Festgestellte Einsatzmöglichkeiten wurden hinsichtlich ihrer Eignung zur Unterstützung betrieblicher Abläufe, unter Berücksichtigung von Kosten/Nutzen Analysen, untersucht.

1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Als ursprüngliche Laufzeit des Forschungsvorhabens war der Zeitraum 1.4.96 – 31.3.98 angesetzt. In der Arbeitsplanung wurde eine grundsätzliche Untergliederung in zwei Teilphasen vorgesehen. Als wichtige Ziele der ersten, einjährigen Entwicklungsphase waren im wesentlichen vorgesehen:

- Einführung in die betriebsspezifischen Arbeitsabläufe
- Ermittlung von Bedarfspotentialen
- Aufbereitung vorhandener Daten (GIS-Datenbasis)
- Auswertung historischer Satellitendaten
- Erste Felddatenerhebungen (lokale Ertragsermittlung, Bestimmung von Abreifestadien)

Anhand einer abschließenden Ergebnisdiskussion und Kosten-Nutzen-Analyse mit dem Landwirt sollte der Einsatzplan für die zweite Teilphase erstellt werden. In der anschließenden Evaluierungsphase sollten weitere Auswertungen operationell verfügbarer Satellitendaten im Vergleich zu MOMS-Daten unter besonderer Berücksichtigung betrieblicher Bedarfspotentiale erfolgen.

Aufgrund terminlicher Verzögerungen und der Neubesetzung der Doktorandenstelle konnten die ursprünglich für die Vegetationsperiode '96 vorgesehenen Untersuchungen nur zum Teil durchgeführt werden. Um dennoch die geplanten Untersuchungen und Auswertungen über den Zeitraum von zwei Vegetationsperioden zu ermöglichen, wurde die Projektlaufzeit bis zum 31.12.98 verlängert.

Die vorgesehenen Untersuchungen konnten zum größten Teil wie geplant durchgeführt werden, es ergaben sich Änderungen hauptsächlich hinsichtlich der zeitlichen Abfolge.

So konnte die Auswertung der Felddatenerhebungen in Kombination mit den Fernerkundungsdaten aus der 97er Vegetationsperiode erst ab November '97 erfolgen, da die als Ersatz für die fehlenden MOMS-Daten zur Verfügung gestellten IRS- und DPA-Daten erst im Zeitraum Ende Oktober bis Anfang Dezember für Auswertungen zur Verfügung standen.

Als nicht durchführbar erwiesen sich die geplanten Satellitendatenauswertungen als Grundlage für eine gezielte N-Düngung bzw. für die Analyse der Abreifestadien im Getreide, da zu den entsprechenden Zeitpunkten keine Satellitenaufnahmen vorlagen.

Eine grafische Übersicht über die durchgeführten Arbeiten gibt nachfolgende Tabelle 1. Eine detailliertere Übersicht über die ausgewerteten Satellitendaten und durchgeführten Bestandserhebungen findet sich in Tabelle 6.

Monat	1996						1997						1998																				
	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
Betriebseinführung	-									-	-																						
Ermittlung von Bedarfspotentialen	—————																																
Integration bisheriger Forschung							—————																										
Digitalisierung der Betriebskarten		-						-																-									
GPS-Vermessung	-											-	-											-	-								
Aufbau eines GIS							—————																										
Akquisition von SAT-Daten	—————									—————									—————														
Auswertung der SAT-Daten							—————																										
Bestandsdatenerhebungen	-											-	-										—————										
gezielte Bodenprobenahme / -kartierung																																	
Auswertung der erfaßten Daten							—————																										
Ergebnisdiskussion mit Betriebsleiter												-	-											—————									
Kosten Nutzenanalyse																																	

Tab. 1: Übersicht über den zeitlichen Ablauf der durchgeführten Arbeiten