

9 Bestandesinformationen (TP II-4)

Teilprojektleiter: Prof. Dr. B. Dohmen

Bearbeiter: Dipl. Ing. agr. A. Reh

9.1 Zusammenfassung

Im Jahr 2000 konnten dank günstiger Flugwetterbedingungen und einem straff organisierten „Stand By“ der Flugzeugbesatzung bzw. der Maschine umfangreiche Flugmissionen erfolgreich durchgeführt werden, deren ausgewertete Bilder ins Projektinformationssystem eingestellt wurden. Damit verfügen die entsprechenden Teilprojekte für das Jahr 2000 über Fernerkundungsdaten aus mindestens drei Befliegungen der bundesweit verstreuten Versuchsbetriebe.

Im zweiten Projektjahr ist die multitemporale Datenanalyse (Change Detection) der NIR-Luftbilder angelaufen. Es konnte auf Basis von Datensubtraktionsverfahren ein bereits vor Projektbeginn in der Konzeption vorhandener firmeneigener Bildverarbeitungsalgorithmus spezifiziert und praktisch zum Einsatz gebracht werden.

Die erzielten Ergebnisse sind beeindruckend und lassen auf eine deutlich verbesserte Standortanalyse bei Verwendung dieses Verfahrens in Verbindung mit multitemporalen NIR-Datensätzen hoffen.

Aus den bisherigen Arbeiten und Ergebnissen wird deutlich, dass eine Fortsetzung der bundesweiten NIR-Befliegungen bis zum Projektende unbedingt erforderlich ist, um wissenschaftlich haltbare Aussagen für den praktischen Einsatz dieser Informationstechnologie im Rahmen von precision agriculture-Strategien zu beantworten.

9.2 Bezug zum Verbundprojekt

Eine große Herausforderung im Verbundprojekt ist die flächendeckende, aber kleinräumige Ableitung von Standorteigenschaften für die heterogenen Versuchsschläge. Hierzu unternehmen die Projekte im Bereich der Boden- bzw. Standortforschung (vgl. TP II-1a) erhebliche Anstrengungen in Form von Bodenbeprobungen für bodenchemische und bodenphysikalische Untersuchungen. Allerdings erfordert der hohe Bearbeitungsaufwand dieser Vorgehensweise die Suche nach Alternativen in Form indirekter Verfahren.

Die bereits heute in der Praxis anzutreffende und im Projekt implantierte Ertragskartierung (vgl. TP II-5) stellt aufgrund der kumulativen Wirkung verschiedener Einflussfaktoren in der Regel eine nicht ausreichende Indikatorgröße für die Standortunterschiede dar. Deshalb sind während des Wachstumsprozesses der Kulturpflanzen für die produktionstechnisch ausgerichteten Teilprojekte der Bestandesführung, Düngung, Bodenbearbeitung und des Pflanzenschutzes (vgl. TP III-2, III-3, III-4 und III-5) weitere Informationen erforderlich, um auf Standortunterschiede rückschließen und reagieren zu können.

Über den Einsatz der Flugzeugfernerkundung und speziell der NIR-Luftbilder wird dieser Anforderung Rechnung getragen, indem das TP die integrierende Indikatorfunktion der Pflanzenbe-

stände als Größe zur Ableitung der standörtlichen Heterogenität verwendet und unterschiedliche Bestandsentwicklungen in Form thematisierter Karten den o. a. Teilprojekten über das Projektinformationssystem (vgl. TP V-2) zur Verfügung stellt.

9.3 Einleitung und Problemstellung

Um die Hauptzielsetzung des Projektes - Entwicklung und Umsetzung von pflanzenbaulichen Regeln für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung von landwirtschaftlich genutzten Flächen - erfolgreich verwirklichen zu können, sind sowohl statische als auch dynamische Informationen zum Standort bzw. Zustand eines Pflanzenbestandes auf diesem Standort erforderlich. Da das vollständige und flächendeckende Monitoren durch Bodenbeprobungen bzw. Feldbegehungen wirtschaftlich nicht zu vertreten und auf größeren Betrieben auch praktisch nicht durchführbar ist, sind für die Erreichung der Projektziele alternative Wege zu entwickeln und auf ihre Verwendbarkeit hin zu überprüfen. In diesem Zusammenhang hat sich für die landwirtschaftliche Praxis die Flugzeugfernerkundung mit Low-Cost-Sensoren als eine effiziente und kostengünstige Informationstechnologie erwiesen (Dohmen et al. 1997, Dohmen 1999, Dohmen und Reh 1999, Dohmen und Reh 2001).

Im Jahr 1999 konnten mit dem firmeneigenen Fernerkundungssystem bereits zahlreiche digitale Luftbilder in Form thematisierter Schlagkarten den einzelnen Versuchsstandorten zur Verfügung gestellt werden, die die Heterogenität der einzelnen Schläge dokumentierten. Über eine GIS-gestützte Regressionsanalyse (vgl. Zwischenbericht 2000, S. 96) wurde sogar erstmalig in Körnermais der Zusammenhang zwischen spektralen Signaturen zum Zeitpunkt der beginnenden Abreife und der anschließend geernteten Menge für einen ganzen Schlag statistisch hochsignifikant nachgewiesen.

Allerdings fehlen bisher weiterführende mehrjährige wissenschaftliche Untersuchungen an identischen Schlägen (multitemporale Ansätze), die Auskunft über die entscheidende Fragestellung geben, ob denn Zonen mit bestimmten spektralen Signaturen des Jahres 1999 über die Jahre hinweg „ortstreu“ sind oder Veränderungen unterliegen („Change Detection“). Es können nur dann pflanzenbauliche Teilflächenstrategien für den Bereich der Düngung bzw. Aussaatmenge erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden, wenn zuvor Areale eines Schlages als „ortstreu ertragsspezifische Managementzonen“ mit hoher Sicherheit prognostiziert und räumlich definiert wurden.

Um dieser Fragestellung nachzukommen, hat sich das Teilprojekt „Digitale NIR-Luftbilder“ im Jahr 2000 besonders darauf konzentriert, möglichst allen Standorten Luftbilder zum Zeitpunkt der Abreife zur Verfügung zu stellen. Diese Bilder stellen die Basis für weitergehende multitemporale Untersuchungen dar.

9.4 Material und Methoden

Zur Aufnahme der NIR-Bilder wurde das bereits in den Vorjahren bewährte firmeneigene digitale „Duplex-Videosystem“ eingesetzt, das mit seinen 2 Kameras neben NIR-Bildern (Spektralbereich 800 - 1.050 nm) auch RGB-Bilder aus dem sichtbaren Spektralbereich in digitaler Form bereitstellt.

Die Videokameras sind während des Fluges in ein spezielles Bodenloch des Flugzeuges (Cessna 172) einmontiert, so dass Senkrechtaufnahmen erstellt werden können. Die Videobilder der synchronisierten Kameras (Sony xc77 und Sony xc003) werden während des Fluges alternierend (Umschaltfrequenz ca. 2 sec.) auf einem digitalen Videorecorder (Sony DHR 1000 VC) aufgezeichnet und mit den jeweiligen GPS-Positionen des Flugzeuges geocodiert. Auf diese Weise wird es möglich, ein Videoarchiv anzulegen, aus dem ganz gezielt später noch Bilder ausgewählt werden können.

Tabelle 9-1 gibt einen Überblick, zu welchem Zeitpunkt im Jahr 2000 welche Versuchsstandorte überflogen wurden.

Tab. 9-1: Überflüge einzelner Versuchsstandorte im Jahr 2000

Standort/Monat	April			Mai			Juni			Juli			August			Sept.			Oktober					
	Dekade I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
Kassow				X			X			X												X		
Landshut	X								X													X		
SEDA	X								X													X		
TAS-Raguhn	X	X		x			X	x										x						
Thumbby				X			X	X		X												X		
Groß-Twülpstedt	X								X													X		
Baasdorf	X	X		x			X	x	x									x	x			x		
Zeilitzheim			X				X			X												X		

x nur teilweise befliegen

Aus der Übersicht wird deutlich, dass im Jahr 2000 alle Versuchsstandorte mindestens 3-mal mit diesem System überflogen worden sind.

Zur Datenaufbereitung im PC werden die nach einer Sichtung des Videobandes ausgesuchten Videobilder mit einer speziellen Bildverarbeitungskarte (Sony DVBK 2000e) in ein für den PC lesbares Datenformat (JPG) überführt. Mit Hilfe des Geo-Informationssystems „TOPOL“ erfolgte anschließend eine Entzerrung der NIR-Rohbilder auf die Schlaggrenzen der Versuchsbetriebe. Je nach Verwendungszweck werden die georeferenzierten Rohbilder unterschiedlich aufbereitet. Im Auswertungsmodul „Spektral Analisis“, das im Jahr 2000 für alle Standorte herangezogen wurde, erfolgt eine Skalierung der in den Rohbildern enthaltenen Grauwerte in 16 Reflexionsklassen. Das Ergebnis wird digital gefiltert, um unterschiedliche Spektralzonen besser herauszustellen. Zur Vereinfachung der Interpretation für die Anwender wird eine Überführung der pro-

zessierten Grauwertbilder in eine Falschfarbendarstellung mit 16 unterschiedlichen Farben vorgenommen. Als Endergebnis entsteht nach diesen Verarbeitungsschritten aus den NIR-Luftbildern eine digitale Reflexionskarte, die als georeferenzierte Rasterdatei vorliegt und so den anderen Projektteilnehmern zur weiteren Verarbeitung im GIS zur Verfügung gestellt wird.

Da Pflanzenbestände sich aber nicht statisch verhalten, sondern dynamischen Prozessen unterliegen, ist es auch Aufgabe der Fernerkundung, die natürlichen bzw. anthropogen verursachten Veränderungen über entsprechende Bildverarbeitungsalgorithmen zu erfassen und darzustellen. Dabei hat sich die Datensubtraktion (Erstellung von Differenzbildern) in der Umweltbeobachtung neben anderen Verfahren als eine aussagekräftige Methode herausgestellt (Jensen 1996, S. 262).

Das im Jahr 2001 neu in die Auswertung aufgenommene Modul „Change Detection“ erlaubt dynamische Abweichungsanalysen durch die Einbeziehung der Rohdaten von Überflügen unterschiedlicher Zeitpunkte. Dazu werden zunächst die NIR-Rohbilder deckungsgleich (pixelgenau) mit Hilfe eines Geo-Informationssystems (GIS) anhand entsprechender Passpunktverfahren georeferenziert. In einem zweiten Schritt wird eine Histogrammangleichung der unterschiedlichen Aufnahmen durchgeführt. Dies ist unbedingt erforderlich, da das Videosystem nicht kalibriert ist und je nach Jahreszeit, Flugrichtung und Sonnenstand unterschiedlich belichtet. Danach erfolgt die Berechnung eines relativen Differenzbildes, indem die Aufnahme zum Zeitpunkt t_0 vom Bild zum Zeitpunkt t_1 subtrahiert wird. Das so entstandene Differenzbild wird abschließend in geeignete prozentuale negative bzw. positive Abweichungsklassen eingeteilt (Skalierung) und mit einer entsprechenden Falschfarbenskala thematisiert.

Voraussetzungen für einen derartigen Subtraktionsalgorithmus sind ein identisches Aufnahmesystem, eine einheitliche Datenbearbeitung, eine möglichst genaue Koregistrierung (Jensen 1996, S. 259) sowie geringe Abweichungen im Aufnahmewinkel. All diese Bedingungen konnten im Wesentlichen in den Jahren 1999 und 2000 erfüllt werden.

9.5 Ergebnisse

Um zu überprüfen, ob zwischen dem zonalen Abreifeverhalten eines Schlages über die Jahre hinweg Zusammenhänge bestehen, wurde auf Daten des Projektschlages 141 in Wulfen (Versuchsbetrieb WIMEX, Baasdorf) zurückgegriffen. Dieser Schlag ist bereits im Jahr 1999 zum Zeitpunkt der Körnermaisabreife (04.09.99) überflogen worden. Im Jahr 2000 war dieser Schlag mit Winterweizen bestellt. Während der Abreife konnten zweimal NIR-Bilder aufgenommen werden, am 18.06.00 sowie am 25.06.00. NIR-Bilder eignen sich zur Dokumentation morphologischer Veränderungen während des Abreifeprozesses besonders gut (Gausman u. a. 1969). Mit zunehmender Seneszenz einer Kultur nimmt der photosynthetisch aktive grüne Blattflächenindex (Green Leaf Area Index, GLAI) ab, was sich unmittelbar in einer reduzierten NIR-Reflexion widerspiegelt (Kühbauch und Dockter 1991).

Abb. 9-1 zeigt die Ergebnisse der Regressionsanalyse. Mit einem Bestimmtheitsmaß (r^2) von über 0,79 lassen sich die NIR-Werte vom 18.06.00 recht gut über eine e-Funktion aus den NIR-Werten vom 04.09.99 erklären. Praktisch ausgedrückt heißt dies, dass zwischen dem zonalen

Abreifeverhalten des Winterweizens im Jahr 2000 und der Abreife des Körnermaises im Vorjahr ein hoher statistisch nachweisbarer Zusammenhang besteht.

Allerdings gibt die Regressionsanalyse noch keinerlei Auskunft darüber, wie viel Prozent des Schlages ein vergleichbares Abreifeverhalten zwischen den beiden Jahren ausweist, wie stark die NIR-Werte differieren und wo im Schlag vergleichbare Abreifezonen liegen.

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wurde eine Abweichungsanalyse über die Berechnung eines relativen Differenzbildes angestellt. Dazu wurden die NIR-Werte des Überfluges vom 18.06.00 über eine „Grauwerttransformation“ an die NIR-Werte des Luftbildes vom Vorjahr angeglichen.

Das Histogramm in Abb. 9-2 gibt Auskunft darüber, wie viel Prozent der Fläche des Schlages 141 welche prozentuale Abweichung zwischen den NIR-Grauwerten der beiden Überflüge aufweist. Demnach treten in ca. 50 % des Schlages Differenzen auf, die im Bereich +/- 5 % liegen. Aufgrund der bisherigen praktischen Erfahrungen in der Auswertung von digitalen NIR-Bildern zum Zeitpunkt der Abreife können wir davon ausgehen, dass diese Differenz vernachlässigbar ist.

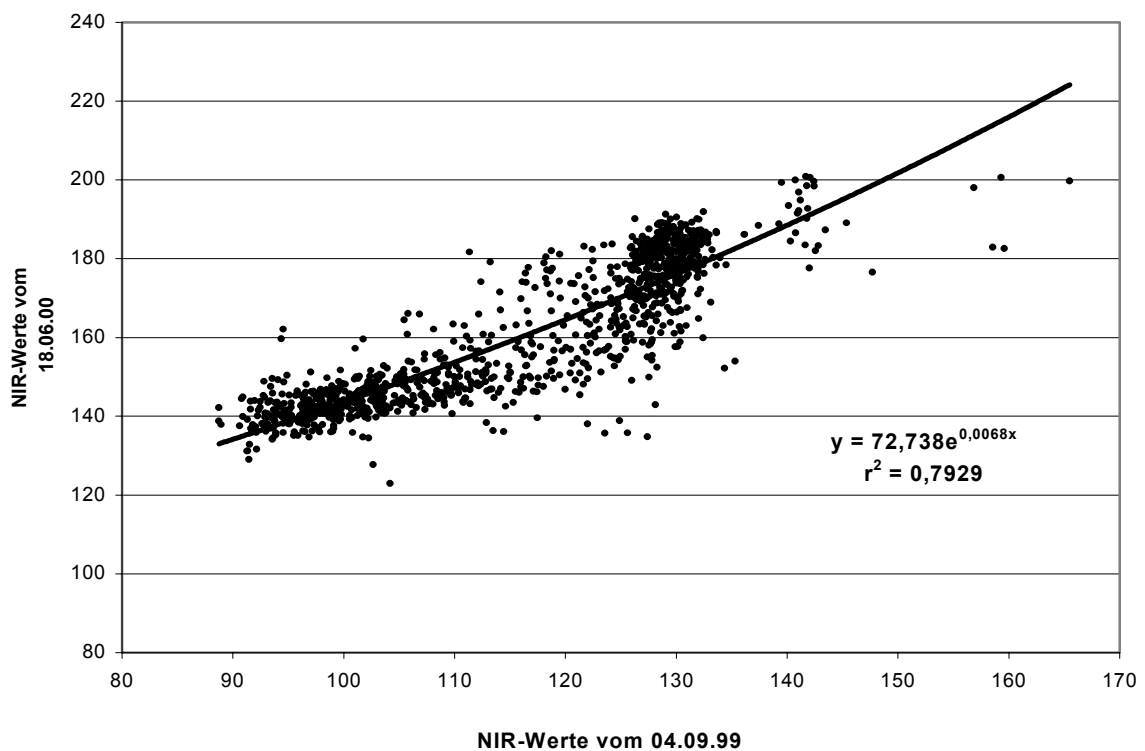


Abb. 9-1: Zusammenhang zwischen NIR-Werten vom 18.06.00 (Y) und 04.09.99 (X) (Schlag 141 WIMEX; Pixelgröße 20 m)

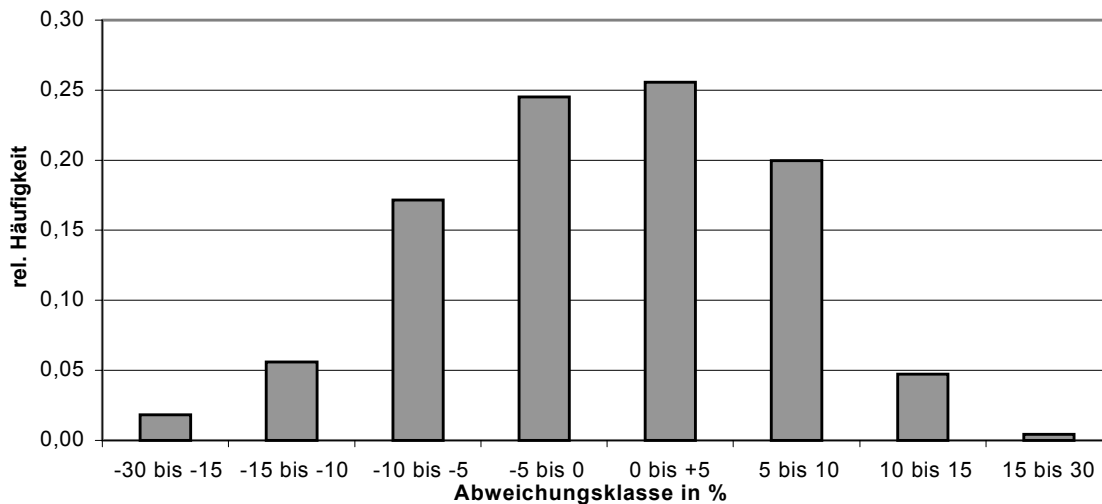


Abb. 9-2: Verteilung der Abweichung der Abreife-NIR-Werte von 2000 zu 1999
(Schlag 141 WIMEX; N = 1142; Pixelgröße 20 m)

Somit wird über die Hälfte der Schlagfläche in eine ortstreue, reflexions- und damit ertragsstabile Zone eingestuft. Allerdings muss in einem weiteren Schritt deren Ertragspotential (hoch, mittel bzw. tief) definiert werden. Angenommen, die Abweichungsklasse +/- 10 % wird als bedingt ertragsstabile Zone interpretiert, fallen sogar 85 % des Schlages in die mehr oder weniger stabilen Zonen. Wir halten diese Aussage für fundamental, denn nur für ortstreue, ertragsstabile Zonen lassen sich variable Inputstrategien aufstellen, die in der Praxis auch zu nachweisbaren Erfolgen bei der Realisierung der ökonomischen und ökologischen Zielsetzung des ortsspezifischen Pflanzenbaus führen.

Als ein Kompromiss für die Klasseneinteilung wurde für die Erstellung der folgenden „Variabilitätskarte“ davon ausgegangen, dass eine relative NIR-Abweichung bis zu +/- 7,5 % (ca. 79 % der Fläche) für pflanzenbauliche Inputvariationen als ertragsstabil anzusehen ist. Die thematische Karte in Abb. 9-3 zeigt, wo die ertragsstabilen (weißen Zonen) bzw. ertragsinstabilen Zonen (grauen Zonen) liegen. Für die Letzteren können aus heutiger Sicht noch keine sicheren Prognosen gemacht werden, welche Ertragspotentiale diesen Arealen zuzuteilen sind.

Um nun den ortstreuen, ertragsstabilen Zonen ein Ertragspotential zuteilen zu können, ist eine Überlagerung (Verschneidung) der Variabilitätskarte mit den Ertragskarten der Jahre 1999 und 2000 vorzunehmen (TP II-5).

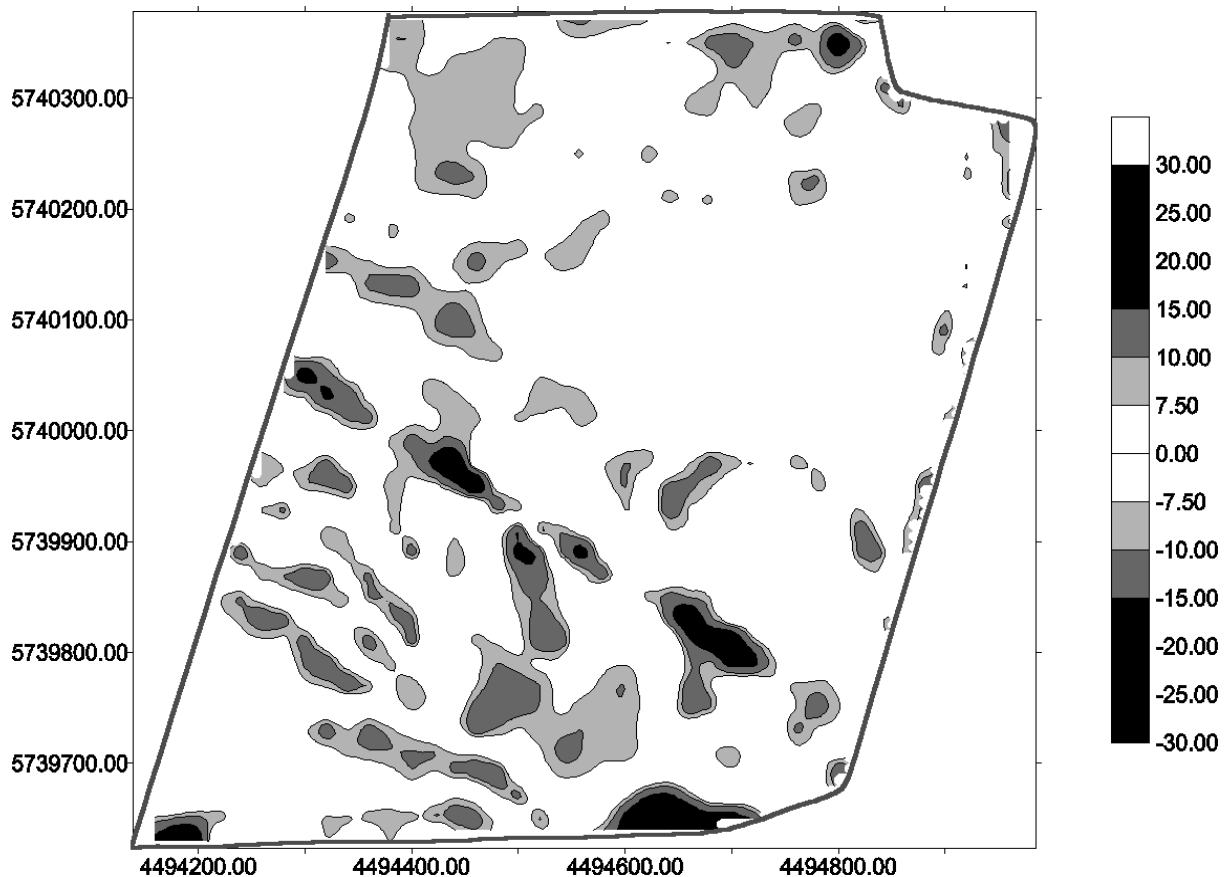


Abb. 9-3: Variabilitätskarte des Schlags 141

Ein interessantes Nebenergebnis der umfangreichen Auswertungsarbeiten war die Feststellung, dass sowohl die Wahl des Überflugzeitpunktes als auch die gewählte Bodenauflösung (Pixelgröße) einen statistisch signifikanten Einfluss auf das Ergebnis ausüben. So ergab die Regressionsanalyse mit einer Pixelgröße von nur 10 m ein um 15 Prozentpunkte geringeres Bestimmtheitsmaß. Dies ist ein Hinweis darauf, dass mit einer Verbesserung der Bodenauflösung von Satellitendaten im Rahmen der hier aufgeführten Fragestellung nicht unbedingt bessere Analyseergebnisse zu erzielen sind als mit den derzeitigen Satellitentypen der „20-Meter-Klasse“ (Landsat, Spot und IRS). Auch in anderen Forschungsarbeiten wurden bei der Klassifizierung von Vegetationstypen derartige Phänomene bereits festgestellt.

Des Weiteren zeigten Regressionsrechnungen mit NIR-Daten des Überfluges vom 25.06.00 ein deutlich niedrigeres Bestimmtheitsmaß. Daraus lässt sich für die Praxis ableiten, dass der Wahl des Überflugzeitpunktes eine ganz besondere Bedeutung zukommt. Erfolgt der Überflug zu spät, geht ein Teil der Information über das Abreifeverhalten verloren. Dies trifft vor allem in Trockenjahren zu, in denen Abreifeprozesse schlagartig verlaufen können und eine Woche schon ausschlaggebend für den Erfolg einer Fernerkundungsmission sein kann.

Neben dem zweijährigen Vergleich wurden auch Differenzanalysen innerhalb einer Wachstumsperiode angestellt. Abb. 9-4 gibt einen Überblick mit Hilfe der Mehrfenstertechnik des Geo-Informationssystems „TOPOL“. Im linken und rechten oberen Fenster sind die klassifizierte Falschfarben-NIR-Aufnahmen vom 06.04.00 bzw. 27.04.00 dargestellt. Die blauen Zonen repräsentieren die zum jeweiligen Zeitpunkt im Vergleich zum Schlagmittel unterentwickelten Be-

standesareale, die grünen Zonen die durchschnittlich einzustufenden Bestände und die gelben bzw. roten Zonen die in der Bestandesentwicklung am weitesten fortgeschrittenen Teilschläge.

Im Differenzbild (vgl. mittleres oberes Fenster in Abb. 9-4) wird erkennbar, dass über eine allein auf Basis von Momentaufnahmen erstellte Schlageinschätzung zu beträchtlichen Fehlinterpretationen führen kann: So stellt sich das schwarz umrandete Areal im Differenzbild durchaus nicht als eine Problemzone dar. Die Farbkodierung weist nämlich eine Zunahme der NIR-Werte um über 7,5 % aus. Der Schlag fängt also in diesen Zonen an, seinen Wachstumsrückstand aufzuholen. Spätestens hier stellt sich für die anderen Teilprojekte die Frage, wie derartige „Aufholerzonen“ pflanzenbaulich zu führen sind.

Der Blick auf das 2. Differenzbild (vgl. Abb. 9-4 unteres Fenster in der Mitte) verdeutlicht, dass tatsächlich die in den Frühjahrsmomentaufnahmen ausgewiesenen „rückständigen“ Zonen diejenigen Zonen sind, die im Abreifeprozess am längsten die höchsten NIR-Werte aufweisen (vgl. rechtes unteres Fenster). Die Überlagerung dieser „Durchhaltezeiten“ mit der Ertragskarte 2000 hat zweifelsfrei ergeben, dass dies auch gleichzeitig die Zonen mit den höchsten Ernteerträgen sind.

9.6 Diskussion

Im Jahr 2000 wurden erstmals im Projekt multitemporale NIR-Analysen angestellt. Das für den Schlag 141 beispielhaft dargestellte Verfahren der Datensubtraktion (Change Detection) zeigt mit seinen Ergebnissen neue Möglichkeiten der Bereitstellung von aussagekräftigen Standortinformationen auf.

Allerdings gelten die im Kapitel 9.5 gemachten Aussagen so nur unter Berücksichtigung des bisher abgelaufenen Wetters. So war der Spätsommer und Frühherbst des Jahres 1999 durch eine anhaltende Trockenheit gekennzeichnet. Ebenso ist der Frühsommer 2000 durch eine lang anhaltende Trockenheit charakterisiert. Ob beim Wechsel von einem Trockenjahr auf ein relativ feuchtes Jahr diese Zoneneinteilung noch gültig ist, wird sich erst im weiteren Verlauf des Projektes klären lassen.

Überhaupt werfen multitemporale Analysen in Form von „Change Detection“ neue Fragen auf, die es während der verbleibenden Projektlaufzeit noch zu klären gilt. Während bisher die Hauptfragestellung in der NIR-Fernerkundung darauf abzielte aufzuzeigen, wo etwas zu einem bestimmten Zeitpunkt anders war, erweitert sich nun die Fragestellung: Welche Parameter sind dafür ausschlaggebend, dass Areale in ortstreue, ertragsstabile Zonen eingeteilt werden können bzw. was die dynamische Variabilität einer Zone bedingt.

9.7 Ausblick/zukünftige Arbeiten

Zu den wichtigsten Aufgaben wird es im Jahr 2001 gehören, möglichst von allen Standorten NIR-Bilder der phänologisch wichtigen Zeitpunkte (Frühjahr sowie Abreife) zu liefern. Dadurch soll es, sofern die Witterungsbedingungen (Flugwetter) mitspielen, möglich werden, neben Baasdorf auch für andere Standorte multitemporale Auswertungen (Change Detection) zu liefern, die für eine aussagekräftigere Standortcharakterisierung und die Ableitung entsprechender variabler Inputstrategien unerlässlich sind.

Für den Versuchsstandort Baasdorf (Schlag 141) ergeben sich bereits jetzt folgende Fragestellungen, die u. E. in die künftigen Arbeiten anderer Teilprojekte (u. a. TP II-1a „Hof-Bodenkarten“) zu integrieren sind:

- welche Bodenmerkmale können für ertragsstabile Hohertragszonen definiert werden,
- welche Bodenmerkmale können für ertragsstabile Niedrigertragszonen definiert werden,
- welche Bodenmerkmale sind in ertragsinstabilen Zonen anzutreffen.

Für das Teilprojekt „Digitale NIR-Luftbilder“ wird darüber hinaus die Fragestellung zu klären sein, ob die bereits festgestellten Spektralzonen unabhängig von der Witterung „ortstreu“ sind oder sich in „nassen“ Jahren verlagern.

Herauszustellen ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass nur eine bis zum Projektende kontinuierlich durchgeführte NIR-Befliegung identischer Schläge die für die praktische Anwendung elementare Fragestellung klären kann, wieviel Befliegungen denn überhaupt erforderlich sind, um teilschlagspezifische ertragsstabile bzw. ertragsinstabile Zonen in den unterschiedlichen Klimaregionen Deutschlands aus Fernerkundungsdaten ableiten zu können.

Da sich allerdings die Anzahl der Versuchsstandorte gegenüber der ursprünglichen Planung von 6 auf 8 erhöht hat, wird das Teilprojekt auch im Jahr 2001 nicht alle Versuchsbetriebe 4-mal befliegen können.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt des Teilprojektes wird die Verwendung der NIR-Daten im Rahmen der Standortanalyse sein. Die Verschneidung von Fernerkundungsdaten mit den Informationen aus der RBS hat für die Praxis erhebliche Bedeutung.

Schließlich ergibt sich durch Kooperation mit der Hochschule Anhalt (FH) die Möglichkeit, ein neues digitales Low-Cost-System einzusetzen, das neben RGB-Bildern ebenfalls NIR-Bilder bereitstellt. Ein Teil der für das Jahr 2001 vorgesehenen Befliegungen wird Daten für einen Systemvergleich bereitstellen.

9.8 Literatur

- Dohmen B., Reh, A. und Wagner, U. (1997): Mit „Luftaufklärung“ zum Teilschlagmanagement.- Neue Landwirtschaft, 10, S. 20 ff.
- Dohmen, B. (1999): 3 Years of Applied Airborne Videography in Germany: The Development of a Low Cost System and Its Use in Precision Agriculture. - Proc. of the 4th. International Airborne Remote Sensing Conference in Ottawa, Vol. I, S. 281 ff.
- Dohmen, B. und Reh A. (1999): Möglichkeiten und Erfahrungen mit Videotechnik als Sensorsystem für Fernerkundung . - In: Sensorsysteme im Precision Farming, Interner Bericht Heft Nr. 12, Institut für Geodäsie und Geoinformatik d. Universität Rostock, S. 37 ff.
- Dohmen, B. und Reh, A. (2001): Multitemporale NIR-Luftbilder im ortsspezifischen Pflanzenbau. Landtechnik 3.
- Gausman, H.W., Allen, W. A., Myers, V.I. und Cardenas, R. (1969): Reflectance and internal structure of cotton leaves, *Gossypium hissutum* L. - Agron. J. 61 : S. 374 ff.
- Jensen, J.R. (1996): Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective. - 2. Auflage, New Jersey.
- Kühbauch, W. und Dockter K. (1991): Fernerkundung in der Land- und Forstwirtschaft. - Gesellschaft für Informatik in der Land- Forst- und Ernährungswirtschaft, Band 1.

9.9 Adressen

Prof. Dr. B. Dohmen
Dipl. Ing. agr. (FH) A. Reh
Agro-Sat Consulting GmbH
Schulstraße 3
06388 Baasdorf
Tel: 03496/550-929
Fax: 03496/550-929
E-Mail: mail@agro-sat.de

