

#### 4.2.3.5 Nutzung von spektralen Signaturen der Pflanzenbestände zur Ermittlung des Bodenwasserspeichers

In diesem Bereich von *pre agro* erfolgt die Bereitstellung von Basiskarten über die räumliche Verteilung und Abgrenzung von aktuellen Zuständen der Pflanzenbestände sowie von bodenbürtigen Standorteigenschaften anhand von spektralen Signaturdaten. Darüber hinaus dienen die methodischen Entwicklungsarbeiten der verbesserten Erhebung und Prozessierung von räumlichen und quantifizierbaren Daten für das precision agriculture. Dazu werden Hyperspektralsensoren der flugzeuggestützten Fernerkundung eingesetzt. Die Befliegungen werden durch terrestrische Messkampagnen begleitet. Diese dienen der Erhebung von bodenkundlichen und pflanzenbaulichen/-physiologischen Referenzdaten an solchen Standorten, die repräsentativ sind für die Heterogenität der Standorteigenschaften auf den untersuchten Betrieben. Die Daten der geoelektrischen Messungen (s. Kapitel 4.2.1.3) dienen zur Eichung, aber auch ergänzenden Verknüpfung dieser Fernerkundungsdaten.

Die wichtigsten fernerkundungsrelevanten *Ergebnisziele* in der gegenwärtigen Projektphase sind, angelehnt an die o. a. Zielliste (Kap. 4.2.3.2):

- Kurzfristige Bereitstellung aktueller *Zustandskarten* der Bodenoberfläche und der Pflanzenbestände für die Bestandesführung,
- Bereitstellung von *Standortkarten* zu Bodenfunktionen und Standortpotenzialen,
- Entwicklung von *Indikator-Signatur-Modellen* des Systems Boden-Pflanze-Sensor zur algorithmischen Ableitung von Bodeneigenschaften und Standortpotenzialen mittels bioindikativer Verfahren und Transferfunktionen,
- Validierung und Operationalisierung von Verfahrensschritten zum *Preprocessing* der Fernerkundungsdaten (Sensorkalibrierung, Reflexionskalibrierung, Geokodierung und Atmosphärenkorrektur).

##### 4.2.3.5.1 Erhobene Daten, eingesetzte Methoden und Vorgehensweisen

*Befliegungen:* Am 19. Mai 1999 wurde eine Befliegung des Betriebes Wulfen mit den Hyperspektralsensoren DAIS (DLR, Oberpfaffenhofen) und HyMap (Integrated Spectronics, Australia) durchgeführt. Der Sensor DAIS zeichnet aus dem Wellenlängenspektrum von 480-14.000 nm diskontinuierlich 79 Spektralbereiche auf. Der HyMap-Sensor zeichnet aus dem Wellenlängenspektrum von 420 bis 2.500 nm kontinuierlich 128 engbandige Spektralbereiche auf. Es wurden jeweils 120 qkm bei 5 m (HyMap) und 6,5 m (DAIS) Rasterzellenweite aus 3.000 m Flughöhe mit einer DO228 der DLR als Flugzeugplattform aufgenommen.

Am 30. Juli 1999 erfolgte eine Befliegung mit dem Multispektralsensor Daedalus AADS 1268 ATM der DLR kombiniert mit CIR-Luftbildfilm. Der Daedalus-Sensor zeichnet aus dem Wellenlängenspektrum von 480-14.000 nm diskontinuierlich 12 Spektralbereiche auf. Es wurde mit 5 Flugstreifen ein zusammenhängender Landschaftsausschnitt von 1.500 km<sup>2</sup> bei 5 m Rasterzellenweite mit einer Cessna Karavan der DLR als Flugzeugplattform aufgenommen. Das Flugzeug

war ausgestattet mit einem digitalen Flugführungssystem, DGPS und Lasergyroskopen als Fluglagesensoren. Im aufgenommenen Landschaftsausschnitt liegen die Flächen der Betriebe Wulfen, Aken, Baasdorf, Petersberg, Queis und Landsberg.

Die spektralen Bilddaten wurden mit den DGPS-Daten des Flugleitsystems und mit den Fluglagedaten der Laser-Gyroskope über Zeitkoordinaten datentechnisch zusammengeführt. Die Bilddaten wurden dann soweit nötig atmosphärisch korrigiert. Anschließend erfolgte die Prozessierung der Bilddaten zu Spektralkarten im geographischen Koordinatensystem nach Gauss-Krüger unter Verwendung eines neuen Geokodierungs-Verfahrens und mit Berücksichtigung des DGM. Abschließend werden die aus parallelen Bildstreifen stammenden Teil-Karten mittels radiometrischer Randausgleichsverfahren und Matching-Routinen zusammengeführt.

*Referenzdaten:* Zwischen Mai und November 1999 wurden kontinuierlich und bei befliegungsbegleitenden Messkampagnen Referenzdaten an repräsentativen Standorten der befliegenen Betriebe erhoben. Die pflanzenbaulichen/-physiologischen und bodenkundlichen Daten dienen den standortspezifischen Untersuchungen zum Ursache-Wirkungsmechanismus im System Boden-Pflanze, der Ableitung von Transferfunktionen und der Entwicklung von Indikator-Signatur-Modellen. Sie sind unabdingbar für die Prozessierung von metrischen Zustands- und Standortkarten. Folgende Daten zur Charakterisierung der Pflanzenbestände wurden auf 19 Pflicht- und Untersuchungsschlägen mit den Nutzungen Winterweizen, -gerste, -roggen, Zuckerrüben und Körnermais der Betriebe Wulfen, Aken, Baasdorf und Queis erhoben:

- Beschreibung der Bestandesmorphologie mittels Deckungsgrad, Biomasse, Aufwuchshöhe, Bonität und Ontogenese-Stadium an ca. 65 Standorten,
- Beschreibung physiologischer Zustände mittels Wasserpotenzial an ca. 14 Standorten, Chlorophyllstatus mittels SPAD und Welkestatus an ca. 35 Standorten, N-Gesamt-Proben an ca. 65 Standorten,
- Ernteschnitte und N-Gesamtproben zu Korn/Stroh an ca. 65 Standorten, Rübenernte an ca. 18 Standorten.

Proben zur Charakterisierung der Böden von Pflicht- und Untersuchungsschlägen wurden an ca. 200 Referenzstandorten mittels 4 - 8 cm-Bohrkernen bis 1,5 m genommen, feldbodenkundlich angesprochen und als Horizontproben für spätere Laboranalysen aufbereitet (s. Kap. 4.2.1.3).

#### **4.2.3.5.2 Stand der Arbeiten und erste Ergebnisse**

*Preprocessing:* Ein Verfahren zur vollautomatischen Geokodierung von Flugzeugscannerdaten auf der Basis von Fluglagedaten, Positionsdaten des Flugleitsystems und des digitalen Geländemodells wurde validiert und ein Beitrag zu seiner Optimierung geleistet. Mit diesem am DLR-Institut für Methoden der Fernerkundung konzipierten Verfahren konnte das Preprocessing von Flugzeugscannerdaten entscheidend beschleunigt und geometrisch verbessert werden.

*Systemvergleiche und Ertragsprognosen:* Mit diesen Arbeiten kann frühestens im Winter 2000/2001 begonnen werden, da Daten verschiedener Teilprojekte und von mehreren Terminen aus mindestens 2 Jahren benötigt werden.

*Zustandskarten:* Über Korrelationsanalysen mit Referenzdaten zur Beschreibung der Bestandesmorphologie und physiologischer Bestandeszustände wurden metrische (quantitative) Zustandskarten erstellt. Abbildung 4.2.3-10 zeigt als Beispiel die von der Transpirationsleistung der Pflanzenbestände abhängigen Oberflächentemperaturen im Schlag 641 des Betriebes Wulfen am 30.7.99. Die beträchtliche Variabilität korreliert mit ersten Daten zum Bodenwasserspeicher und den im Oktober des Jahres 1999 ermittelten Rübenerträgen (Abb. 4.2.2-1, 4.2.2-2; Kap. 4.2.2).

*Indikator-Signatur-Modelle:* Erste statistische Analysen stützen die bereits in früheren Arbeiten zum Wirkungsgefüge des Systems Boden-Pflanze-Sensor gemachten Erkenntnisse, dass sich bodenbürtige Eigenschaften und Potenziale von Standorten aus Multispektraldaten herleiten lassen. Ein erstes, allerdings noch nicht validiertes Ergebnis ist als bodenbürtiges Standortpotenzial dargestellt in Abb. 4.2.2-3 des Kapitels Ertragspotenziale (4.2.2). Die Untersuchungen zur multifaktoriellen Analyse des Wirkungsgefüges Boden-Pflanze-Sensor und die Ableitung von Transferfunktionen werden im Jahr 2000 einen Arbeitsschwerpunkt bilden und Ausgangspunkt für die Herleitung von Karten bodenbürtiger Standorteigenschaften und -potenziale sein.

*Standortkarten:* Neben den Arbeiten zur Ableitung des Ertragspotenzials ergaben erste spektralanalytische Untersuchungen eine hohe Abbildbarkeit von Humusunterschieden und Mineralausstattung von Oberböden in den Daten des Hyperspektralsensors HyMap. Diesbezügliche Ergebnisse könnten relevant sein für die Planung differenzierter Bodenbearbeitung, Aussaat sowie die Mineralisation und Immobilisation von Stickstoff. Zur Validierung und Quantifizierung dieser Vorergebnisse fehlen jedoch noch Bodenanalysen und eingehendere statistische Untersuchungen. Abbildung 4.2.3-11 zeigt die Differenzierung des Oberbodens. Die Darstellung erfolgte mittels solcher Spektralkanäle, die signifikant Unterschiede im Mineralbestand (Fe-Oxide) und in Humusgehalt/-farbe abbilden. Erste Standortkarten mit wissenschaftlich fundierter Validierung werden in der Mitte des Jahres 2000 vorliegen.

#### 4.2.3.5.3 Querverbindungen zu anderen Teilprojekten

Von den Boden- und Bestandesdaten erhebenden Teilprojekten werden Inputdaten für die Erzielung der teilprojekteigenen Aufgaben benötigt. Ebenso werden im Rahmen von gemeinsamen methodischen Arbeiten Ertragskarten, digitale Geländemodelle und Bewirtschaftungsangaben aus den betrieblichen Schlagkarteien benötigt. Methodenentwicklungen finden beispielsweise in Zusammenarbeit mit den Teilprojekten *Aufbereitung Ertragskartierung* (Kap. 4.2.3.6) und *Ertragspotenziale* (Kap. 4.2.2) statt. Der Output und die Ergebnisse der hier dargestellten Arbeiten werden von allen Teilprojekten in *pre agro* benötigt, die auf Zustands- und Standortkarten zurückgreifen. Insbesondere werden dies die Teilprojekte zur *Bestandesführung* und den übrigen

Teilprojekten sein, die Regeln für die Ableitung von Applikationskarten entwickeln (Aussaat in Bestandesführung; Bodenbearbeitung; Düngung; Herbizide, Fungizide und Wachstumsregler).

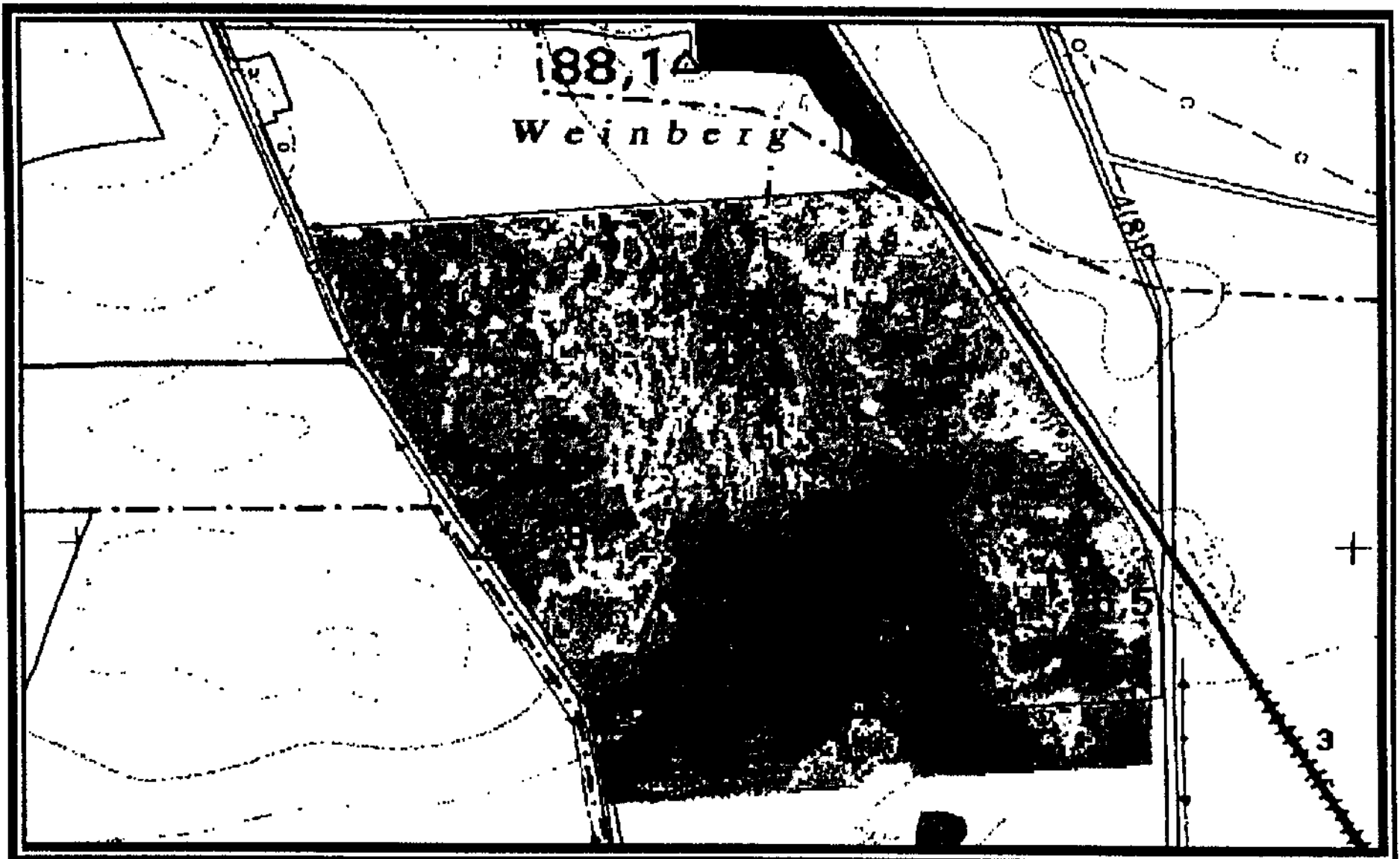


Abb. 4.2.3-10: Karte der Oberflächentemperaturen von Schlag 641 des Betriebes Baasdorf (Wulfen) am 30.07.99 (Daedalus-Multispektralscanner); blau = geringe Temperaturen / hohe Transpirationsleistung; grün = mittlere Temperaturen und Transpirationsleistungen; gelb/rot = hohe Temperaturen und geringe Transpirationsleistungen

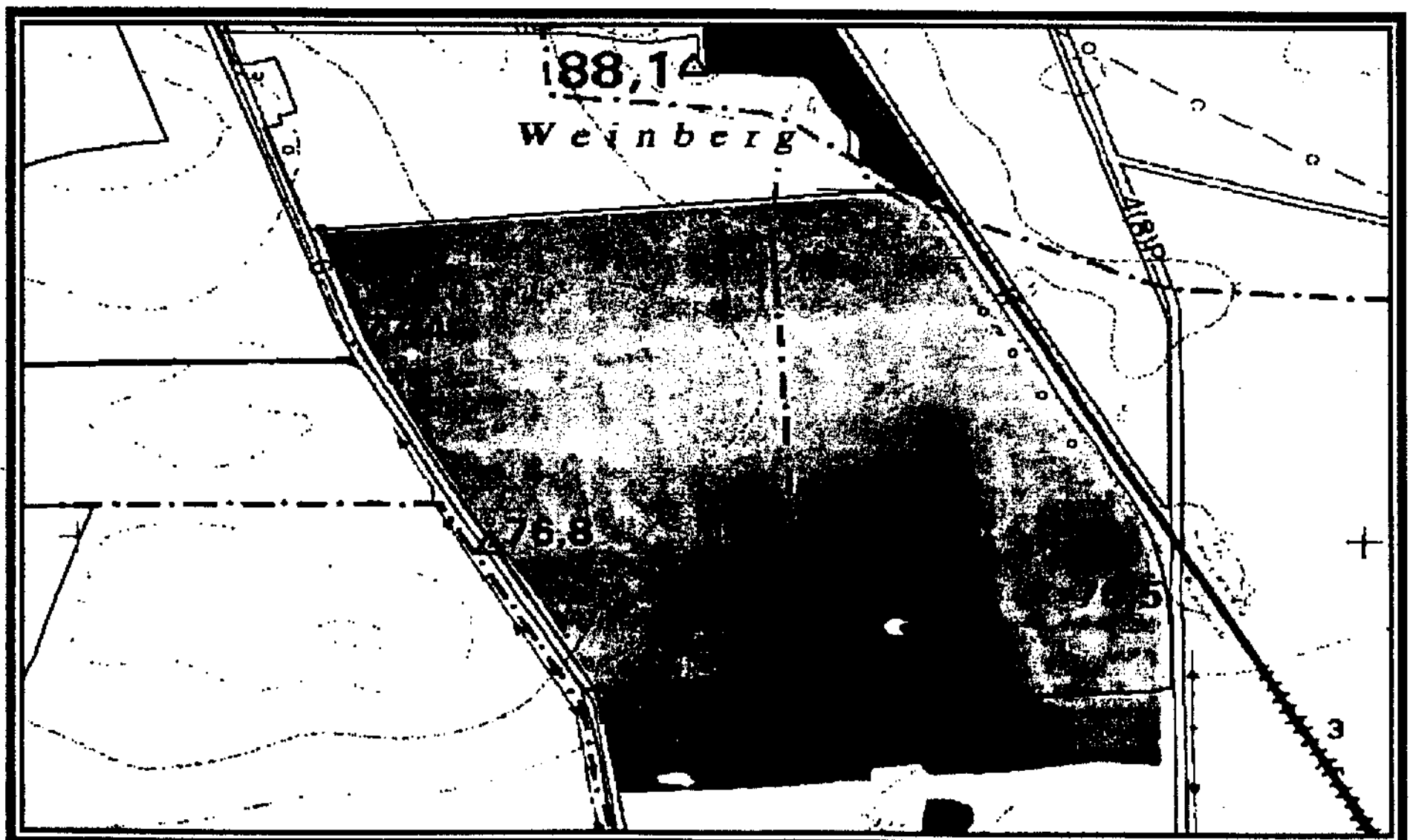


Abb. 4.2.3-11: Falschfarben-Karte der differenzierten Bodenoberfläche von Schlag 641 des Betriebes Baasdorf (Wulfen) am 19.05.99 (HyMap-Hyperspektralscanner)

#### 4.2.3.5.4 Ausblick für das Jahr 2000

Die eingangs genannten ergebnisorientierten Ziele werden unverändert weiterverfolgt:

*Preprocessing:* Zur Operationalisierung der noch nicht gelösten Verfahrensschritte des Pre-processings von Flugzeugscannerdaten – radiometrische Rohdatenkorrekturen und Mosaiking von Flustreifen – wird die schon bei der Geokodierung erfolgreiche Zusammenarbeit mit dem DLR-Institut für Methoden der Fernerkundung fortgesetzt.

*Systemvergleich:* In Zusammenarbeit mit den übrigen Teilprojekten, die auch Fernerkundungsverfahren einsetzen (*Luftbilder, Bestandesinformationen*), ist zum Ende des Jahres 2000 ein erster methodischer Vergleich der im *pre agro*-Verbund eingesetzten Fernerkundungssysteme geplant.

*Zustandskarten:* Zur Unterstützung der Bestandesführung und als Instrument der Wirkungskontrolle von standortspezifischen Managementstrategien werden Zustandskarten vor allem zur Biomasseentwicklung und zur Stickstoffaufnahme prozessiert werden. Diese werden auf Korrelationen mit Referenzdaten aus den Messkampagnen zurückgreifen und als metrische (quantitative) Zustandskarten ausgeführt.

*Indikatormodelle und Standortkarten:* Die entwicklungsmethodischen Arbeiten zur Herleitung bioindikativer Transferfunktionen bis hin zu Indikator-Signaturmodellen werden den Arbeitsschwerpunkt der fernerkundlichen Arbeiten dieses Teilprojektes bilden. Die Untersuchungen des Wirkungsgefüges Boden-Pflanze-Sensor mit multivariaten Methoden der räumlichen Statistik und die algorithmische Segmentierung von Spektraldaten stehen dabei im Vordergrund. Erste Standortkarten mit wissenschaftlich fundierter Validierung werden Mitte 2000 vorliegen.

*Messkampagnen und Befliegungen:* Zum Schossbeginn von Winterweizen und gleichzeitig freier Bodenoberfläche von Zuckerrüben- und Körnermaiskfeldern ist eine Befliegung mit einem Multispektralscanner geplant. Begleitend wird eine Messkampagne zur Beschreibung der Pflanzenbestände und der Bodenoberfläche durchgeführt. Zur Abreife von Winterweizen und bei gleichzeitigem Auftreten von Wasserstressphänomenen in Zuckerrüben- und Körnermaiskfeldern ist eine weitere Befliegung mit einem Multispektralscanner vorgesehen. Diese wird ebenfalls zur Beschreibung der Pflanzenzustände durch ein terrestrisches Messprogramm begleitet. Kontinuierlich soll im Sommerhalbjahr der Bodenwasserhaushalt untersucht werden (siehe auch Kapitel *Ertragspotenziale: 4.2.2*). Des weiteren müssen die bereits gewonnenen Bodenproben einer zielgerechten Analytik zugeführt werden und ihre Auswertung gemeinsam mit den andren bodenbezogen arbeitenden Teilprojekten erfolgen.