

## 4.2.2 Ermittlung der teilflächenspezifischen Ertragspotenziale und Ertragserwartungen

### 4.2.2.1 Übersicht und Zusammenfassung

Die teilflächenbezogenen erreichbare Ertragshöhe stellt in precision agriculture eine wesentliche Grundlage für die Bestandesetablierung und -führung dar. Die Gestaltung des überwiegenden Teils der pflanzenbaulichen Maßnahmen wird an der in der Produktion möglichen, kulturartenspezifischen Ertragshöhe ausgerichtet (die Bemessung der Aussaatstärke, der N-Düngungshöhe etc.; s. Kap. 4.3.1: *Bestandesführung*). Ebenso werden lokale Ertragsabschätzungen benötigt, um in der Entscheidungsfindung der ortsdifferenzierten Pflanzenproduktion abzuwägen, ob einzelne Maßnahmen wirtschaftlich sind (u. a. Unkrautregulation, Pflanzenschutz). Für die Ableitung der teilflächenbezogenen Ertragspotenziale heterogener Standorte bzw. Bestände sollen im Verbundprojekt pre agro praxisreife und belastbare Methoden entwickelt werden.

Wesentliche Aufgabe der an dieser Methodenentwicklung beteiligten Teilprojekte<sup>1</sup> wird es sein, übertragbare Verfahren zu erarbeiten, die eine Abschätzung des kulturartenspezifischen *Ertragspotenzials* bzw. der *Ertragserwartung* von abgrenzbaren Teilflächen eines Ackerschlagelates erlauben. Das *Ertragspotenzial*<sup>2</sup> gilt als theoretischer Wert, ist statisch und unabhängig von dem tatsächlichen Anbau eines entsprechenden Bestandes. Die Fähigkeit eines realen Bestandes, dieses Ertragspotenzial zu erreichen (ggf. auch zu überschreiten), wird bestimmt durch die standörtlichen Anbaubedingungen der Teilfläche, den auf der Teilfläche durchgeführten Maßnahmen und exogenen Einflussgrößen (Witterung, Krankheiten, Konkurrenz, andere Störeinflüsse). Damit ist der tatsächlich realisierbare Ertrag eines konkreten Kulturpflanzenbestandes als eine dynamische Größe - als momentane *Ertragserwartung*<sup>3</sup> - zu betrachten.

Die Teilprojekte erarbeiten Methoden, die durch berührungsfreie (Geophysik, Fernerkundung) sowie indirekte Verfahren (Abschätzungs- bzw. Simulationsmodelle) die Fähigkeit von Standort und Bestand analysieren, welche Ertragshöhe für spezielle Kulturpflanzenarten und jede einzelne Teilfläche des Schlagelates als *Ertragspotenzial* bzw. *Ertragserwartung* erreichbar ist.

---

<sup>1</sup> Teilprojekte: *Ermittlung Ertragspotenziale: Bodenwasserspeicher* (TP II-6a); *Ertragspotenzialkarten* (TP II-6b)

<sup>2</sup> Das *Ertragspotenzial* (einer Kulturpflanzenart) stellt den theoretischen Mittelwert des Ertrages einer Kulturpflanzenart auf den jeweiligen Einzelflächen eines Schlagelates unter Annahme stressfreier Bedingungen (Nährstoffversorgung, Konkurrenz, Krankheiten etc.), bei einem mittleren Witterungsverlauf, bei einer mittleren Ertragsleistung seitens der Sorte und bei 'guter fachlicher Praxis' der Bewirtschaftung dar. Als Einflussgröße auf das Ertragspotenzial wirken somit vorrangig die Wasserversorgung sowie die energetischen Verhältnisse für den Kulturpflanzenbestand (Einstrahlung, Temperatur).

<sup>3</sup> Die *Ertragserwartung* stellt den theoretisch erreichbaren Wert des Ertrages eines konkreten Kulturpflanzenbestandes (einer Kulturpflanzenart) auf den jeweiligen Einzelflächen eines Schlagelates dar. Hierbei werden die bisherige Entwicklung und das Wachstum des Bestandes sowie die abgelaufene Dynamik von Bodenvariablen berücksichtigt. Als weitere Rahmenbedingungen für Entwicklung und Wachstum des Pflanzenbestandes ab dem Zeitpunkt der Ermittlung der Erwartung bis zur Ernte werden absehbare (meist mittlere) Bedingungen seitens Witterung bzw. der übrigen Einflussgrößen unterstellt.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass es mit Hilfe von geophysikalischen und fernerkundlichen Methoden möglich sein wird, eine schnelle Eingrenzung von Ertragspotenzialen der Teilflächen von Schlägen vorzunehmen. Die durchgeführten Modellanpassungen erlauben es, ergänzende Simulationen zur Ermittlung von Ertragspotenzialen verschiedener Standorte vorzunehmen.

Die Bearbeitung des Themenbereiches Ertragspotenziale und Ertragserswartung ist eine wesentliche Ebene für precision agriculture, in der viele Einzelaspekte in der Beschreibung der Standorte und der Bestandesentwicklung - und damit verschiedener F+E-Arbeiten von pre agro - integrativ gebündelt werden.

#### **4.2.2.2 Geophysikalische und fernerkundliche Ermittlung und Modellierung teilflächenspezifischer Ertragspotenziale bzw. Ertragserswartungen**

##### **4.2.2.2.1 Ziele**

In diesem Bereich werden drei verschiedene methodische Ansätze eingesetzt und zur Ableitung teilflächenspezifischer Bodeneigenschaften sowie von Standortcharakteristika und Ertragspotenzialen verknüpft. Diese Arbeiten umfassen:

- geophysikalische Untersuchungen zur Ableitung standortspezifischer Bodeneigenschaften (Kapitel 4.2.1.3),
- fernerkundliche Untersuchungen zur Bestimmung von teilflächenspezifischen Standorteigenschaften und statischen Ertragspotenzialen bzw. aktuellen Ertragserswartungen (Kapitel 4.2.2.2.4),
- Messungen und Modellierungen des pflanzlichen Wasserhaushalts und des Bodenwasserhaushalts zur Beschreibung von Ertragspotenzial und Ertragserswartung.

Die Gesamtzielsetzung liegt in der Beschreibung der *langfristigen, statischen Ertragspotenziale* und der *kurzfristigen, dynamischen Ertragserswartung*, die als Basisinformation für teilflächenspezifische Maßnahmen eingesetzt werden können.

Im Teilprojekt *Bodenwasserspeicher* wird der Einfluss der Wasserversorgung eines Standortes auf sein Ertragspotenzial erfasst. Hierfür müssen sowohl die Faktoren, die das Wasserangebot eines Standortes, als auch diejenigen, die die Wassernachfrage der Kulturpflanzen bestimmen, definiert und quantifiziert werden (Schmidhalter et al. 1998). Die Ableitung des statischen, langfristigen Ertragspotenzials aus Bodendaten, Pflanzendaten sowie Ergebnissen aus *fernerkundlichen* und *geophysikalischen* Analysen ist ein wichtiger Ansatz zur Erreichen dieses Zieles. Da die für kurze Zeiträume angesetzte Ertragserswartung eines Standortes wesentlich von der Witterung beeinflusst wird, müssen Methoden eingesetzt und entwickelt werden, die es erlauben, diese dynamische, kurzfristige Ertragserswartung zu quantifizieren.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden neben den o. g. Methoden auch Simulationsmodelle und Onlinesensoren zur Bestimmung des Bodenwassergehaltes eingesetzt. Weiter müssen Methoden

und Managementstrategien entwickelt werden, durch die sowohl das Ertragspotenzial als auch die aktuelle Ertragserswartung erfasst werden können und dementsprechend der Bestand gesteuert wird.

Der dritte Bereich, die *analytische Erfassung des Boden- und Pflanzenwasserhaushalts*, dient neben der Prozessaufklärung insbesondere der Eichung der ermittelten geophysikalischen und fernerkundlichen Informationen. Aus der Verknüpfung der drei Teilprojektbereiche sollen in einem ersten Schritt die Standortcharakteristika und der aktuelle Wasserhaushalt von Boden und Pflanzen und ihre Beziehung zum aktuellen Ertrag auf den Intensivmessstandorten Wulfen/Baasdorf abgeleitet werden. In einem zweiten Schritt wird auf Grundlage der auf allen Betrieben erhobenen ECa-Informationen eine Beschreibung der Bodeneigenschaften und der darauf basierenden teilflächenspezifischen Standortcharakteristika für die übrigen Betriebe angestrebt. Damit soll aufgezeigt werden, in welchem Maße mit geophysikalischer Information alleine und in Verknüpfung mit vorhandenen Informationen, wie der Reichsbodenschätzung bzw. Bodenkarten sowie Ergebnissen von Simulationen mit Wachstumsmodellen, ein detailliertes teilflächenspezifisches Ertragspotenzial abgeleitet werden kann. Unter Hinzunahme von weiteren Informationen soll stufenweise die mögliche qualitative Verbesserung dieser Aussage überprüft werden. Dies umfasst ein- oder mehrjährige Ertragskarten und in einer späteren Phase die auf den übrigen Betrieben erhobenen Spektralinformationen. Diese Validierungen werden in enger Zusammenarbeit mit den übrigen inhaltlich beteiligten Teilprojekten durchgeführt.

#### 4.2.2.2.2 Methoden

Die hier verwendete Grundlage für die *Bestimmung des Ertragspotenzials* bilden die Messung der elektrischen Leitfähigkeit mit dem ESMS-System (Durlesser et al. 1996) und die daraus resultierende Ableitung von Bodensubstratkarten (Durlesser und Stanjek 1997) sowie die fernerkundliche Erfassung des Pflanzenwasserstatus bzw. der Biomasse in bestimmten Vegetationsabschnitten durch Spektralanalyse. Die erfassten hochaufgelösten räumlichen Daten werden durch Ground-Truth Messungen geeicht (Lenz und Selige 1996). Bodenparameter werden an Einzelpunkten bestimmt. Der Pflanzenwasserstatus wird parallel zu den fernerkundlichen Messungen mittels der Scholanderbombe erfasst. Als Ergebnis der Messungen wird eine hochaufgelöste Karte der nutzbaren Feldkapazität entstehen. Daraus kann das Ertragspotenzial durch geeignete Abschätzungsansätze abgeleitet werden.

Grundlagen für diese Erfassung bzw. Ableitung des *Ertragspotenzials* sind neben der o. g. Karte der nutzbaren Feldkapazität vor allem kontinuierliche Messungen von Bodenwassergehalt, Pflanzenwasserstatus sowie Computersimulationen des Boden- und Pflanzenwasserhaushalts mit historischen Wetterdaten wie auch multitemporale Spektralanalysen. Der Bodenwassergehalt wird durch den Bodensensor EnviroScan an mehreren Standorten kontinuierlich in 5 Tiefen gemessen. Parallel dazu sind Tensiometer zur Erfassung der Saugspannung installiert. Diese Tensiometer werden ebenso wie die installierten Diviner Bodenwassersensoren wöchentlich abgelesen. Über die Vegetationsperiode verteilt wird der Pflanzenwasserstatus mittels der Scholander-

bombe bestimmt. Auch die ESMS-Messungen sollen kontinuierlich über die Vegetationsperiode durchgeführt werden, um den Einfluss des aktuellen Wassergehaltes des Bodens auf das Messsignal zu quantifizieren.

Methoden zur Ableitung des Pflanzenwasserverbrauches stellen die Si- bzw. die  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ -Methoden dar (Camp et al. 1995). Aus der Menge der Einlagerung von Silicium in Pflanzenteile kann auf den Wasserverbrauch rückgeschlossen werden. Das Verhältnis von  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$  in Blättern lässt Rückschlüsse über die Effizienz der Wassernutzung der Pflanze in definierten Wachstumsabschnitten zu. Beide Methoden können dazu dienen, Informationen über die Heterogenität der Wasserversorgung eines Standortes direkt aus der Pflanze abzuleiten.

Der selbe Ansatz wird auch bei der Ableitung des Wasserverbrauches einer Pflanze in definierten Vegetationsabschnitten durch Messung sensitiver Parameter des Wachstums, u. a. des Blattlängenwachstums, verfolgt.

Detaillierte methodische Beschreibungen der geophysikalischen und fernerkundlichen Untersuchungen als Grundlage für die Ableitung von Ertragspotenzialen bzw. der Ertragserwartungen finden sich in den Kapiteln 4.2.1.3 und 4.2.3.

#### **4.2.2.2.3 Stand der Arbeit**

Die *geophysikalischen Basisuntersuchungen* sind weitgehend abgeschlossen und werden nun einer Feinvalidierung zugeführt. Die *fernerkundlichen Untersuchungen* konnten programmgemäß durchgeführt werden und werden zur Zeit detailliert ausgewertet. Der Bereich *Pflanzen- und Bodenwasserhaushalt* konnte aufgrund der verzögerten Stellenbesetzung erst in der zweiten Jahreshälfte 1999 in Angriff genommen werden. Dieses erste halbe Bearbeitungsjahr diente im Wesentlichen der Einarbeitung in verschiedene Methoden zur Erfassung des Boden- und Pflanzenwasserhaushalts. Das ursprüngliche Konzept der Erfassung des volumetrischen Wassergehalts mit Equitensimetern wurde geändert, da sich eine elegante Lösung zur Erfassung des volumetrischen Wassergehalts mit einer kapazitiven Messmethode ergab. Diese Technik (Frequency-Domain-Technik, s. Kap. 4.2.1.3) wurde eingehend getestet und steht für die Untersuchungen im Jahr 2000 zur Verfügung. Mit diesem Prinzip lassen sich Wassergehalte auf einigen Intensivstandorten online ermitteln und auf Extensivstandorten durch wöchentliche Messungen. Die Techniken zur Erfassung des Wasserstatus der Pflanzen wurden intensiv getestet und sind nun operationell verfügbar.

#### **4.2.2.2.4 Ergebnisse und Diskussion**

Die *geophysikalischen Untersuchungen* haben es ermöglicht, ECa-Karten für alle Pflichtschläge sämtlicher Betriebe zu erstellen (Kap. 4.2.1.3). Diese Primärinformation ist in *premis* gespeichert worden und damit für alle Projektpartner in pre agro verfügbar. Sehr heterogene Bedingungen

finden sich auf den Betrieben Raguhn und Baasdorf verhältnismäßig weniger heterogene Bedingungen auf dem Betrieb in Thumbby.

Erste *Ergebnisse der Fernerkundung* sind sehr vielversprechend. Aufgrund der hohen Flächenleistung und der multitemporalen Erfassungsmöglichkeit von Pflanzenzuständen handelt es sich hier zweifellos um eine extrem leistungsstarke Methode. Bisherige fernerkundliche Untersuchungen waren häufig in ungenügendem Maße durch ein begleitendes Messprogramm am Boden abgestützt. Das Teilprojekt konzentriert sich deshalb sehr stark auf eine intensive Eichung der spektralen Informationen. Die begleitenden Messungen anlässlich der Flugkampagnen im Jahr 1999 haben den hohen Stellenwert dieser Arbeit aufgezeigt. Erste nun vorliegende Ergebnisse zeigen einen engen Zusammenhang zwischen der Oberflächentemperatur und der nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (Abb. 4.2.2-1). Letztere Größe ist vorerst vereinfacht nach Bodenansprache und Ableitung der nFK nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung abgeschätzt worden. Ein noch engerer Zusammenhang ergab sich zwischen der Größe *Bodenwasserspeicher* und beispielsweise dem *Rübenertrag* (Abb. 4.2.2-2). Abbildung 4.2.2-3 zeigt die Karte des bodenbürtigen Ertragspotenzials eines Schlages abgeleitet aus Daten des Daedalus-Multispektralscanners, von Boden- und Ertragsdaten. Die vollumfänglich vorliegenden prozessierten Daten werden nun eingehenden Vergleichen unterworfen.

Begleitend zu den Ground-Truth-Messungen der Fernerkundung sind im Jahr 1999 ergänzende Voruntersuchungen zum Wasserstatus der Pflanzen durchgeführt worden. Diese umfassten diurnale und aktuelle Wasserstatusmessungen und im Verbund mit der DFG-Forschergruppe *Informationssysteme Kleinräumige Bestandesführung* (IKB) der TU München-Weihenstephan auch spektrale Informationen des Stickstoff- und Wasserstatus der Pflanzen. Diese sind von großer Bedeutung bei der Validierung der fernerkundlichen Spektralinformationen und ergänzen deren Ground-Truth-Programm. Erste erfolgreiche Untersuchungen konnten zudem mit dem neuen kapazitiven System zur Erfassung des Bodenwasserstatus durchgeführt werden (Frequency-Domain-Technik, s. o.).

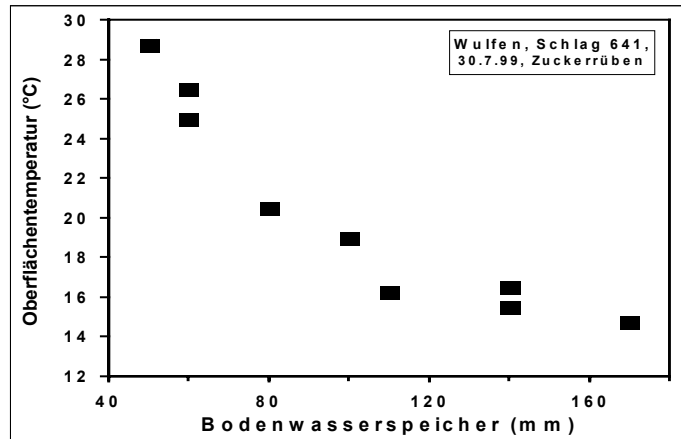


Abb. 4.2.2-1: Exemplarischer Zusammenhang zwischen der Oberflächentemperatur (Daedalus-Multispektralscanner) und der geschätzten nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum (Fingerprobe nach bodenkundlicher Kartieranleitung KA4) der Untersuchungsstandorte auf Schlag 641 des Betriebes Wulfen in 1999

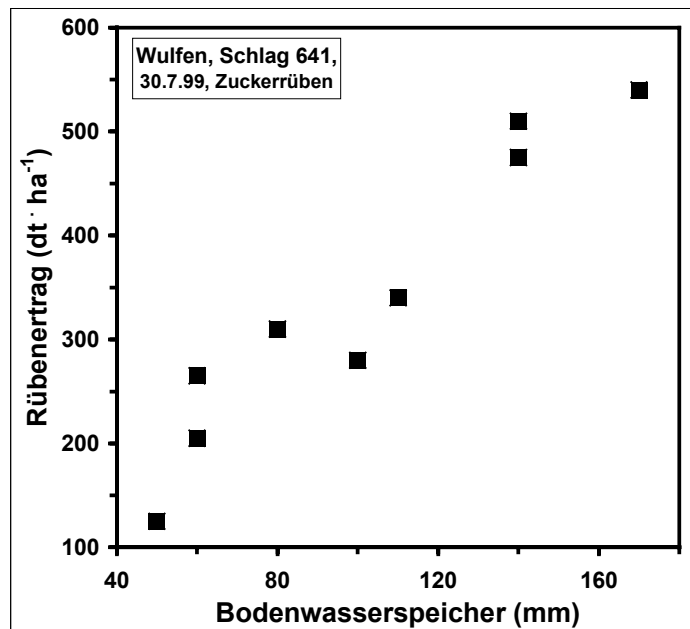


Abb. 4.2.2-2: Exemplarischer Zusammenhang zwischen der geschätzten nutzbaren Feldkapazität im Wurzelraum und dem Rübenertrag der Untersuchungsstandorte auf Schlag 641 des Betriebes Wulfen in 1999

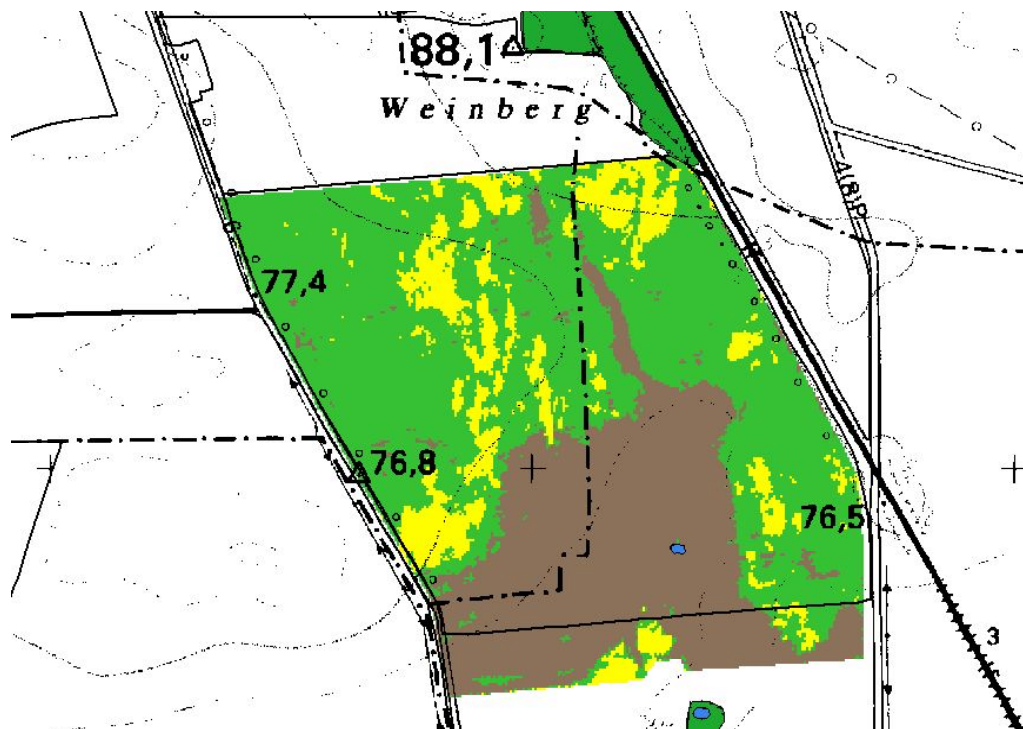


Abb. 4.2.2-3: Karte des bodenbürtigen Ertragspotenzials von Schlag 641 des Betriebes Wulfen; abgeleitet aus Daten vom 30.07.99 des Daedalus-Multispektralscanners, Bodendaten und Ertragsdaten; braun = hohes, grün = mittleres, gelb = niedriges Ertragspotenzial

### 4.2.2.3 Erstellung von Ertragspotenzialkarten mit Hilfe von Simulationsmodellen

#### 4.2.2.3.1 Einleitung und Problemstellung

Die bisher dargestellten Methoden erlauben die Untersuchung der die Ertragshöhe beeinflussenden Standortcharakteristika sowie die Ermittlung, welche Ertragshöhen der Kulturpflanzen am Standort erreicht werden können. Die dabei gewählten *geophysikalischen* und *fernerkundlichen* Methoden müssen ergänzt werden um Abschätzungsverfahren, die Bestandaufbau und artenspezifische Ertragsbildung berücksichtigen. Geeignete Abschätzungs- oder Simulationsmodelle sollen die physischen Standortbedingungen - im Sinne von Transferansätzen - in Potenziale bzw. Erwartungen, bezogen auf die Pflanzenbestände, übertragen. Erst so wird es möglich: (i) aus den allgemein abgeleiteten Standortcharakteristika die Ertragspotenziale für alle am Produktionsstandort relevanten Kulturpflanzenarten abzuleiten und (ii) die spezifischen Einflüsse von Sorten bzw. Anbaumaßnahmen auf Ertragspotenzial bzw. Ertragserwartung zu berücksichtigen (Werner 1995). Derartiges ist durch ausschließliche Analyse von Standortcharakteristika oder Bestandeszuständen, zudem noch in nur wenigen Beobachtungsjahren, nicht möglich. Umfangreich vali-

dierte und übertragbare Pflanzenwachstumsmodelle erlauben es, Simulationen zu verschiedenen, standortrelevanten Kulturpflanzenarten, Sorten und Anbausystemen vorzunehmen.

#### **4.2.2.3.2 Methoden und Vorgehensweisen**

##### *Prinzip der Ertragspotenzialabschätzung mit Pflanzenwachstumsmodellen*

Zur Ertragspotenzialabschätzung werden die Modelle CERES-WHEAT und CERES-MAIZE aus der Familie der CERES-Modelle (Otter-Nacke et al. 1987) genutzt. Diese Modelle arbeiten auf der Basis von Eingabedaten hinsichtlich bodenphysikalischer und bodenchemischer Eigenschaften, Klima, Sorteneigenschaften und Bestandesmanagement. Berechnet werden die zeitabhängige Entwicklung und Stoffbildung sowie der Ertrag des Pflanzenbestandes.

Die eigentliche Abschätzung der Ertragspotenziale für die Teilflächen der Pflichtschläge soll durch Langzeitsimulationen auf der Basis von standörtlichen Wetterdatenreihen erfolgen.

##### *Anpassung der CERES-Modelle an das aktuelle Sortenspektrum*

Um die Modelle CERES-WHEAT und CERES-MAIZE im Sinne der genannten Problemstellung anwenden zu können, ist es notwendig, diese an das aktuelle Sortenspektrum anzupassen. Durch Simulationsrechnungen und deren Abgleich mit den Ergebnissen der Landessortenversuche werden die modellinternen Sortenparameter iterativ angepasst, bis eine zufriedenstellende Übereinstimmung erreicht ist.

##### *Datenbeschaffung zur Durchführung von Mehrjahressimulationen*

Zur Nutzung der Modelle für eine Abschätzung von teilflächenspezifischen Ertragspotenzialen muss eine umfangreiche Datenbasis erstellt werden. Zum einen müssen für eine Anpassung des Modells an das aktuelle Sortenspektrum mehrjährige Klimadaten sowie Bestandes- und Anbaudaten aus Landessortenversuchen beschafft werden. Zum anderen ist es notwendig, auch für die Langzeitsimulationen auf den Pflichtschlägen entsprechende Datengrundlagen hinsichtlich Klima und teilflächenspezifischer Bodeneigenschaften zu schaffen.

##### *Modellanpassung an Trockenstresssituationen*

Erste Simulationsläufe mit CERES-WHEAT zeigten, dass das Modell in Jahren mit sehr geringer Niederschlagsversorgung und daraus resultierendem Trockenstress für den Pflanzenbestand eine deutliche Unterschätzung des Kornertrages im Vergleich zum Realertrag aufwies. Aus diesem Grund muss eine entsprechende Justierung und Anpassung des Modells an diese Sondersituation erfolgen. Dazu ist eine entsprechend empirische Datenbasis aus Jahren mit unterdurchschnittlicher Niederschlagsversorgung und entsprechendem Trockenstress der Pflanzenbestände zu schaffen.

##### *Mehrsimulationenrechnungen zur Abschätzung des Ertragspotenzials*

Die teilflächenspezifischen Ertragspotenziale werden durch mehrjährige (i.d.R. 30jährige) Simulationsläufe ermittelt. Dazu werden entsprechende Wetterdatenreihen sowie teilflächenspezi-

fische Bodeninformationen verwendet. Als Ergebnisse werden das Ertragsmittel über den Simulationszeitraum als Ertragspotenzial sowie ein Streuungsmaß als Parameter für die Eintrittswahrscheinlichkeit des geschätzten Potenzials abgeleitet.

#### 4.2.2.3.3 Ergebnisse und Diskussion

##### *Datenbeschaffung*

Mit der Datenbeschaffung konnte erst im August 1999 begonnen werden. Zunächst erfolgte eine Zusammenstellung der Sortenversuchsergebnisse aus den Landessortenversuchen der Bundesländer, in denen Projektbetriebe liegen. Die entsprechenden Bodeninformationen zu den Versuchsstandorten konnten zum Teil von den Versuchsstationen selbst, zum Teil von den Geologischen Landesämtern beschafft werden. Klimadaten wurden nach einer Sichtung der für die Versuchsstandorte und Projektbetriebe relevanten Klimastationen vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellt. Ergänzend konnte für die süddeutschen Projekt- und Versuchsstandorte auch dem Agrarmeteorologischen Messnetz Bayern geeignetes Datenmaterial entnommen werden.

##### *Probleme bei der Datenbeschaffung*

- Die Datenbasis zur Sortenanpassung konnte nicht in zufriedenstellender Weise erstellt werden, da für die Sorten Asketis, Ludwig und Thasos zum Teil nur einjährige Prüfergebnisse vorlagen.
- Es konnte nicht in jedem Fall sichergestellt werden, dass die verfügbaren Bodenkennwerte eine ausreichende Repräsentativität für die Sortenversuchsstandorte aufwiesen.
- Die durch den Deutschen Wetterdienst bereitgestellten Klimadaten wiesen Lücken auf, da nicht alle ausgewählten Stationen den vollständigen Parametersatz oder den vollständigen Zeitraum bereitstellen. Diese Lücken konnten jedoch durch entsprechendes Datenmaterial von Ersatzstationen geschlossen werden.
- Die vom Agrarmeteorologischen Messnetz Bayern erhaltenen Messwerte für die Globalstrahlung wiesen Ungenauigkeiten auf, so dass die Daten unbrauchbar waren und durch geeignetes Datenmaterial des Deutschen Wetterdienstes ergänzt werden mussten.

##### *Anpassung der CERES-Modelle an das aktuelle Sortenspektrum*

Eine Anpassung der Sortenparameter im Modell CERES-WHEAT erfolgte durch den Abgleich von Kenngrößen der Versuchsbestände mit den vom Modell berechneten Werten. Hier wurden zunächst die Sortenparameter iterativ justiert, die für Phänologie und Entwicklungsgeschwindigkeit der Bestände im Modell verantwortlich sind (in Tabelle 4.2.2-1 dargestellt am Beispiel des Termins „Ährenschieben“). In einem zweiten Schritt erfolgte eine Anpassung der Sortenparameter, die die Ertragsbildung und Ertragshöhe bestimmen (dargestellt am Beispiel des „Korntrages“).

Tab. 4.2.2-1: Anpassung von Sorteneigenschaften für Winterweizen in CERES-WHEAT durch Abgleich mit mehrjährigen Ergebnissen aus Landessortenversuchen (Phänologie und Korn-ertrag)

Sorte	Projekt- betrieb	Bundesland	Sortenversuchs- standort	Simula- tions- zeitraum	mittlere Abwei- chung des Termins Ährenschieben in Tagen (Realwert - sim. Wert)	mittlere Abwei- chung des Korner- trages in dt · ha <sup>-1</sup> (Realwert - sim. Wert)
Toronto	Baasdorf	Sachsen-Anhalt	Beetzendorf	1994 – 1997	2.8	-18.9
			Bad Lauchstädt	1994 – 1998	2.8	-13.9
			Biendorf	1994 – 1997	0.3	10.7
	Kassow	Mecklenburg Vorpommern	Tützpatz	1994 – 1998	2.6	6.2
			Vipperow	1995 – 1998	0.8	10.4
Zentos	Kassow	Mecklenburg Vorpommern	Tützpatz	1994 – 1998	1.6	3.7
			Vipperow	1995 – 1998	-1.8	8.3
Batis	Landshut / Essenbach	Bayern	Desching	1995, 1996, 1998	6.0	4.4
			Piering	1995 – 1998	6.0	-8.3
			Osterseeon	1994, 1995, 1997, 1998	4.0	12.5
			Köfering	1994 – 1998	2.0	0.5
	Raesfeld / Beckum	Nordrhein- Westfalen	Haus Düsse	1994, 1995, 1997, 1998	2.5	8.4
			Altenmellrich	1995 – 1998	0.5	7.1
Astron	Landshut / Reisach	Bayern	Desching	1995, 1996, 1998	0.3	1.5
			Piering	1995 – 1998	2.5	-16.5
			Osterseeon	1994, 1995, 1997, 1998	-1.0	15.7
			Köfering	1994 – 1998	-1.6	-2.9

Der derzeitige Stand der Sortenanpassung stellt sich wie folgt dar: Die Anpassung der Phänologie und Entwicklungsgeschwindigkeit konnte für alle geprüften Sorten auf den jeweiligen Standorten in zufriedenstellender Weise vollzogen werden. Die Eigenschaften der Sorten bezüglich Ertragsbildung und Ertragshöhe konnten bisher jedoch nur für Standorte in Mecklenburg-Vorpommern und Nordrhein-Westfalen in befriedigender Form justiert werden. Hier sind weitere Anpassungsrechnungen notwendig.

Im weiteren Projektverlauf muss davon ausgegangen werden, dass eine Anpassung des Modells an jede einzelne Sorte nicht geleistet werden kann. Vielmehr müssen entsprechende Sorten zu Gruppen zusammengefasst werden, so dass eine Justierung der modellinternen Sortenparameter nur noch für eine repräsentative Sorte jeder Gruppe zu erfolgen hat.

#### *Modellanpassung an Trockenstresssituationen*

Bei den Berechnungen zur Sortenanpassung wurde festgestellt, dass das Modell CERES-WHEAT eine deutliche Unterschätzung der Realerträge für Bestandessituationen mit Trockenstress oder Wassermangel vornimmt. Die zur Zeit verfügbare empirische Datenbasis muss je-

doch zunächst um entsprechendes Material aus Trockenjahren ergänzt werden, um die erforderlichen Anpassungen vornehmen zu können.

*Mehrjahressimulationsrechnungen zur Abschätzung des Ertragspotenzials*

Für die Aussaatperiode 1999 konnten aufgrund unvollständiger Modellanpassung sowie fehlender Standortinformationen keine modellgestützten Abschätzungen der Ertragspotenziale vorgenommen werden. Es musste ein einfacherer Algorithmus (s. Kap. 4.3.1: *Bestandesführung*) verwendet werden. Für die Aussaatperiode 2000 wird die Abschätzung unter Verwendung von CERES-WHEAT erfolgen. Die Pflichtschläge, für die bereits die teilflächenspezifischen Ertragspotenziale ermittelt wurden, sind in Tabelle 4.2.2-2 aufgeführt.

Tab. 4.2.2.-2: Übersicht über die Pflichtschläge, für die bis zum derzeitigen Zeitpunkt bereits Modellrechnungen durchgeführt wurden

<b>Standort / Betriebslage</b>	<b>Pflichtschlag</b>	<b>Sorte</b>	<b>Simulationszeitraum</b>	<b>mittlerer Ertrag des Schlages (dt · ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Variationskoeffizient</b>
Kassow	111_3	Toronto	1970 - 1998	72	31
Kassow	104_3	Zentos	1970 - 1998	75	151
Raguhn	Bullenstall	Toronto	1973 - 1998	75	143
Raguhn	Erbsenacker	Toronto	1973 - 1998	81	12
Landshut / Reisach	Oppoldinger Feld 1+2	Astron	1970 - 1998	98	9
Raesfeld / Beckum	Autobahn	Batis	1970 - 1998	80	52
Raesfeld / Beckum	Hagelsberg	Batis	1970 - 1998	86	158

In Tabelle 4.2.2-3 sind teilflächenspezifische Ertragspotenziale für zwei Pflichtschläge des Projektbetriebes Kassow - ermittelt durch Mehrjahressimulation - aufgeführt. Die Unterscheidung der Teilschläge erfolgte ausschließlich nach den aus der Reichsbodenschätzung abgeleiteten Kenngrößen der teilflächenspezifischen Bodenprofile (s. Kap. 4.2.1). Es zeigt sich der erwartete enge Zusammenhang zwischen nutzbarer Feldkapazität und vom Modell berechnetem mittlerem Kornertag.

Tab. 4.2.2-3: Ermittlung von teilflächenspezifischen Ertragspotenzialen (Mittelwert und Standardabweichung des Kornertrages) durch Mehrjahressimulation (1970-1998) am Beispiel des Projektbetriebes Kassow

Standort / Betriebslage	Pflichtschlag	Sorte	Teilfläche	Teilflächen- größe in % vom Gesamt- schlag	nFK	Mittelwert Korn- ertrag (dt · ha <sup>-1</sup> ) im Simulations- zeitraum	Standardabw. Kornertrag (dt · ha <sup>-1</sup> ) im Simulations- zeitraum
Kassow	111_3	Toronto	309	0.3	128	65	23
			267	0.9	135	66	22
			272	0.3	133	66	23
			273	4.3	139	67	23
			274	0.5	137	69	22
			268	10.4	136	69	22
			266	0.4	149	71	22
			270	18.5	156	74	21
			264	43.8	167	76	19
			310	0.3	171	76	20
			275	0.6	172	78	19
			261	7.6	169	78	19
			271	8.5	181	79	18
			Kassow	104_3	Zentos	130	2.2
119	6.4	104				63	25
108	3.3	104				63	24
109	0.8	104				63	24
116	0.4	105				63	24
139	2.7	115				67	24
136	2.4	136				75	24
131	4.9	159				81	22
117	1.8	159				81	22
135	0.8	165				83	21
129	2.0	168				83	21
118	2.5	171				84	20
134	2.6	172				86	20
107	35.8	179				87	19
128	29.0	180	87	19			

Beim Abgleich der aus der Reichsbodenschätzung abgeleiteten Kenngrößen der teilflächenspezifischen Bodenprofile mit den Boden- bzw. Ackerzahlen der Teilflächen zeigte sich, dass der eigentlich zu erwartende lineare Zusammenhang zwischen Acker- bzw. Bodenzahl und nutzbarer Feldkapazität nicht auftrat. Da sich aber der vom Teilprojekt *Bestandesführung* verwendete Algorithmus zur Ertragspotenzialabschätzung sehr stark an der Acker- bzw. Bodenzahl orientierte (s. Kap. 4.3.1), ergab sich hier auch ein enger Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen. Als Konsequenz daraus ergibt sich jedoch eine starke Abweichung der mit den beschriebenen unterschiedlichen Herangehensweisen ermittelten teilflächenspezifischen Ertragspotenziale. Aufgrund dieser Abweichungen sind die verwendeten Methodiken zur Ableitung teilflächenspezifischer Bodenparameter zu prüfen.

#### 4.2.2.3.4 Nutzung der Themenergebnisse im Verbundprojekt

Aufgrund der zum Zeitpunkt Planung Herbstaussaat 1999 noch nicht erfolgten Modellanpassung an das aktuelle Sortenspektrum und fehlender Datengrundlage zur Mehrjahressimulation konnten für die Aussaatplanung 1999 noch keine teilflächenspezifischen Ertragspotenziale an das Teilprojekt *Bestandesführung* übergeben werden. Die Ermittlung erfolgte - wie in Kapitel 4.3.1 dargestellt - mit einem einfacheren, auf Jahresniederschlagssumme und Boden- bzw. Ackerzahl basierenden Algorithmus.

Für die Aussaatplanung 2000 wird die Ableitung der Ertragspotenziale unter Verwendung von CERES-WHEAT in der beschriebenen Weise erfolgen.

#### 4.2.2.4 Ausblick

Ziel dieses Teilprojektes von pre agro ist es, Standortcharakteristika von Teilflächen heterogener Schläge aus geophysikalischen und fernerkundlichen Informationen abzuleiten und daraus Ertragspotenziale der einzelnen Teilflächen zu ermitteln. In einem abgestuften Vorgehen soll - zusammen mit den übrigen Bereichen der Standort- und Bestandesanalyse - aus den nun vorhandenen Primärinformationen (u. a. der ECa-Karte) ein detailliertes Bild der teilflächenspezifischen Standorteigenschaften abgeleitet werden (s. Kap. 4.2.1).

Die *Validierung der fernerkundlichen Informationen* wird zielgerichtet fortgesetzt und ab Mitte 2000 dürften erste differenzierte Karten der Standorteigenschaften und Ertragspotenzialkarten von Raguhn/Baasdorf vorliegen. Mit dem erfolgreichen Vorliegen der Befliegungen des Jahres 2000 wird es möglich sein, die Bedeutung mehrjähriger Informationen gezielt einzuschätzen. Mit Hilfe von Transferfunktionen soll dann gezielt der Versuch unternommen werden, in bisher nicht untersuchten Standorten die allgemeine Aussagefähigkeit der fernerkundlichen Information zu testen. Analog wie bei der ECa-Information wird mit dieser, aber auch mit anderen dann vorliegenden räumlichen Informationen, bspw. Ertragskarten, Bodenkarten, und anderen spektralen Karten eine Kreuzvalidierung der jeweiligen Dateninformationsquellen durchgeführt. Die dann vorliegenden detaillierten Informationen der Standorteigenschaften (bspw. nutzbare Feldkapazität) und der Ertragspotenziale sollen die Basis von Managementstrategien darstellen.

Mit Hilfe der *Modellierung des Boden- und Pflanzenwasserhaushalts* soll basierend auf den dann vorliegenden Detailinformationen eine Modellierung der *Ertragserwartung* erreicht werden. Diese Information soll vor allem die Information zum *Ertragspotenzial* ergänzen, indem die vorangegangene und zu erwartende Witterungssituation in die Planung der Umsetzung teilflächenspezifischer Maßnahmen einbezogen werden.

Wesentliche Verbesserungen der Schätzgüte für die Ertragspotenziale können erreicht werden, wenn die teilflächenspezifischen Bodeninformationen aus den übrigen Teilprojekten des Pro-

jektbereiches „Standort- und Bestandesanalyse“ vorliegen. Hierbei sind die *Hofbodenkarten* sowie die Ermittlung des Speichervolumens für Wasser durch das Teilprojekt *Bodenwasserspeicher* von besonderer Bedeutung.

Vergleichend werden für ausgewählte Standorte auch Ableitungen des Ertragspotenzials unter Verwendung von Modellen der AGROSIM-Familie (Wenkel und Mirschel 1995) durchgeführt.

Langfristig sollen die erzielten Ergebnisse auch zur Erstellung eines flexiblen, wissensbasierten Algorithmus zur modellgestützten Ertragspotenzialabschätzung auf Neuro-Fuzzy-Basis dienen.

#### 4.2.2.5 Zitierte Literatur

- Camp, K.-H., Stamp, P., Schmidhalter, U. (1995): Transpiration efficiency of tropical maize cultivars - Methodological approaches for field experiments. In: Proc. Internat. Congr. on drought tolerance of higher plants. Montpellier, France, X6.
- Durlessen, H., Auerswald, K., Berktold, A., Stanjek, H., Syring, K.M. (1996): Estimating the variation of clay and water content of soils with a GPS supported EM38 survey. UFZ-Bericht Nr. 5/1997, 208.
- Durlessen, H., Stanjek, H. (1997): Capability and limits of a DGPS supported EM38 survey for the fast estimation of the spatial variation of clay and water contents of soils. In: GOTTLIEB, J. et al. (Hrsg): Field Screening Europe. Kluwer, Dordrecht/Boston/London 73-76.
- Lenz, R., und Selige, Th. (1996): Fernerkundungsmethoden zur Charakterisierung von Standorteigenschaften und Wasserhaushalt; Erfassung und Analyse von Landschaftsstrukturen. Forschungsverbund Agrarökosysteme München, 13, 155-164.
- Otter-Nacke, S., Goodwin, D.C., Ritchie, J.R. (1987): Testing and Validating the CERES-Wheat model in diverse environments. AGRISTARS Publication No. YM-15-00407.
- Schmidhalter, U., Burucs, Z., Camp, K.H. (1998): Sensitivity of the root and leaf water status in maize (*Zea mays*) subjected to mild soil dryness. Austr. J. Plant Physiol., 25, 307-316.
- Wenkel, K.-O., Mirschel W. (1995): Agroökosystemmodellierung - Grundlage für die Abschätzung von Auswirkungen möglicher Landnutzungs- und Klimaänderungen. ZALF-Bericht Nr. 24, Müncheberg.
- Werner, A. (1995): Ziele und Möglichkeiten der kleinräumigen Bestandesführung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft [Hrsg.]: Technik für die kleinräumige Bestandesführung, KTBL-Hefte, Arbeitspapier 214: 7-26, Münster-Hiltrup (Landwirtschaftsverlag).