

5.3 Ertragspotentialkarten (TP II-6b)

Teilprojektleiter: Dr. A. Werner

Teilprojektbearbeiter: Dipl. Ing. E. Kettner, Dr. J. Pauly

5.3.1 Zusammenfassung

Zur Abschätzung von Ertragspotentialen und Ertragserwartungen für die Teilflächen der *pre agro*-Schläge wird seit November 2000 die neue Version des Modelles CERES-WHEAT aus dem Modellierungspaket DSSAT 3.5 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, IBSNAT, 1999) genutzt.

Die Abschätzung des Ertragspotentials von Teilflächen ist eine wesentliche Voraussetzung für eine gezielte Durchführung von precision agriculture. Neben den Standortcharakteristika sind sortenspezifische Bestandesentwicklung und Ertragsbildung zu berücksichtigen, um Ertragspotentiale bzw. Ertragserwartungen abschätzen zu können. Als Ertragspotential werden die fruchtartenbezogenen und sortentypischen, über die Varianz der standörtlichen Witterung gemittelten, standortspezifischen Erträge definiert. Aufbauend auf diesem Ertragspotential wird die Ertragserwartung als die Ertragshöhe bezeichnet, die aufgrund der bereits durchgeführten Maßnahmen und des Witterungsverlaufes unter der spezifischen Jahressituation noch zu erreichen ist.

Für das Erntejahr 2002 wurden für alle Pflichtschläge auf der Grundlage der Hof-Bodenkarte die Simulationen der Erträge durchgeführt und daraus die Ertragspotentiale errechnet. Diese Werte wurden mit dem Teilprojekt III-2 (Bestandesführung) erörtert sowie Vergleiche zu gemessenen Ertragsdaten der Ertragskarten und mit Zusatzinformationen von Feldbonituren verglichen. Dabei zeigten sich unterschiedlich gute Übereinstimmungen zwischen Simulationsergebnissen und Erhebungsdaten. Für die Betriebe Raguhn (Sachsen-Anhalt; Leipziger Tieflandbucht), Raesfeld (Nordrhein-Westfalen) und Groß-Twülpstedt (Bremen-Magdeburg-Breslauer-Urstromtal; Niedersachsen) konnten die Ertragspotentiale in die Entscheidung zur Aussaatplanung 2001 einfließen. Standorte, die extremen Einflüssen wie Trockenstress ausgesetzt sein können oder meeresnahe Lagen, hingegen zeigen bisher keine zufriedenstellenden Ergebnisse für die Ertragspotentiale, dort werden die in der Praxis erreichbaren Erträge durch die simulierten Ertragspotentiale unterschätzt.

Für ausgewählte Standorte wurden Ertragspotentialkarten erstellt. Die Flächenabgrenzung wurde aus den Hof-Bodenkarten übernommen. Die Ableitung einer methodischen Vorgehensweise bei der Festlegung der Polygonzüge für Teilflächen gleichen Ertragspotentials auf der Basis langjähriger Simulationsrechnungen und Standortinformationen (Substrat- und Reliefparameter) erfolgt im nächsten Projektjahr.

Summary

Currently no established methods for an economic assessment of site-specific field treatments exist. Thus, this paper presents two approaches to assess site-specific nitrogen fertilization on project fields.

The first approach derive site-specific yield-response functions from standardised yield-response functions to conduct economic analysis. The results of this method show an increase of gross margin due to a site-specific nitrogen fertilization of 25 €/ha on average for the experimental fields. Furthermore it was demonstrated that the increase of gross margin is determined by yield variation and yield level.

The second approach use a plant-growth simulation model (HERMES), in cooperation with the project partner TP IV Kersebaum, to identify the optimal site-specific nitrogen application. Due to the complexity of the model only one experimental field could be analysed. The simulation results demonstrate a potential gross margin increase up to 50 €/ha for the investigated field. The results also show that the kind of information used to derive the site-specific fertilization recommendations has an impact on the economic success. The highest gross margin increase was achieved by using soil information of the "Reichsbodenschätzung", while information based on intensive soil sampling and the advanced information method of "Hof-Boden-Karten" lead to lower gross margin increases.

These potential increases of gross margin due to a site-specific fertilization were opposed to the average investment for precision farming of farms participating in "preagro". This leads to the conclusion that a profitable use of precision farming technology for a site-specific fertilization seems to be possible in farms exceeding 300 ha of cereals.

5.3.2 Bezug zum Verbundprojekt und Bedarf seitens anderer Teilprojekte

Das Teilprojekt Ertragspotentialkarten stellte für die Aussaatplanung der Pflichtschläge zum Jahr 2002 dem Teilprojekt III-2 (Bestandesführung) die mit dem Modell CERES-Wheat simulierten Ertragspotentiale zur Verfügung. In regelmäßigen Abständen wurden die Ergebnisse zwischen den beiden Teilprojekten diskutiert und abgestimmt, so dass die Ertragspotentiale als Entscheidungsgrundlage in die Aussaatplanung mit einfließen konnten.

Als wesentliche Eingangsgrößen des Simulationsmodells wurden Bodeninformationen aus dem Teilprojekt II-1a (Hof-Bodenkarten) genutzt. Weiterhin sind Informationen zum Schlagmanagement aus den Ackerschlagkarteien eine wichtige Datenquelle (Teilprojekt IV-1, Ökonomie).

In Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt II-6a (Bodenwasserspeicher) wurde weiter an der Validierung des Simulationsmodells bzw. der Anpassung von Standortinformationen als Eingangsgrößen zum Simulationsmodell auf Standorten mit Trockenstress gearbeitet.

Zur Überprüfung der Simulationsergebnisse wurden Daten aus dem Teilprojekt II-5 (Aufbereitung von Ertragsdaten) und Boniturdaten aus dem Teilprojekt III-4 (Düngung) herangezogen.

5.3.3 Einleitung und Problemstellung

Die Abschätzung des Ertragspotentials ist eine wesentliche Voraussetzung für eine gezielte Maßnahmengestaltung im precision agriculture. Neben den Standortcharakteristika sind sortentypische Bestandesentwicklung und Ertragsbildung zu berücksichtigen, um Ertragspotentiale bzw. Ertragsersparungen zuverlässig abschätzen zu können. Umfangreich validierte und übertragbare Wachstumsmodelle bieten die Möglichkeit, Simulationen zu verschiedenen, standortrelevanten Kulturpflanzenarten, Sorten und Anbausystemen vorzunehmen. Für die Abschätzung der Ertragspotentiale wird im Forschungsverbund *pre agro* das Simulationsmodell CERES-Wheat des Programmpaketes DSSAT 3.5 eingesetzt.

Als Ertragspotential werden die fruchtartenbezogenen und sortentypischen, über die Varianz der standörtlichen Witterung gemittelten, standortspezifischen Erträge definiert. Aufbauend auf diesem Ertragspotential wird die Ertragsersparung als die Ertragshöhe bezeichnet, die aufgrund der bereits durchgeführten Maßnahmen und des Witterungsverlaufes unter der spezifischen Jahressituation noch zu erreichen ist. Neben der Abschätzung von Ertragspotentialen sollen mit dem Simulationsmodell CERES-Wheat auch Ertragsersparungen für einzelne Anbaujahre abgeschätzt werden. Ertragsersparungen wurden exemplarisch für einzelne

Standorte berechnet, werden aber in der laufenden Vegetationsperiode verstärkt berücksichtigt, um das Schlagmanagement in seinen Entscheidungen zu unterstützen.

Die Anpassung der Sortenkoeffizienten des Simulationsmodells CERES-Wheat an das Sortenspektrum der europäischen Hochleistungssorten ist im letzten Jahr erfolgreich durchgeführt worden¹, so dass diese als Grundlage für die Simulationen der Ertragspotentiale für die Pflichtschläge 2002 genutzt werden konnten.

Als Vergleichsdaten für die Simulationsergebnisse liegen bisher Ertragsmessungen und Boniturdaten für einzelne Schläge aus bis zu drei Jahren vor.

5.3.4 Material und Methoden

5.3.4.1 Simulation von Ertragspotentialen

Zur Ertragspotentialabschätzung wird die neue Version des Modelles CERES-WHEAT aus dem Modellierungspaket DSSAT 3.5 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, IBSNAT, 1999) genutzt.

Die Abschätzung der teilflächenspezifischen Ertragspotentiale erfolgt mittels mehrjähriger Simulationsrechnungen (Werner et al., 2000). Dazu werden langjährige Wetterdatenreihen nahegelegener Klima- und Regenstationen verwendet sowie Bodendaten, die im Zuge der Hof-Bodenkarten (TP II-1a) kartiert wurden. Die Ertragspotentiale werden zunächst punktuell berechnet.

Für die Simulationsrechnungen werden folgende gemessene Eingangsdaten benötigt:

Wetter: Tageswerte für Minimal- und Maximaltemperatur sowie Globalstrahlung und Niederschlag. Die 30jährigen Wetterdaten stammen von nahe liegenden Klima- und Regenstationen, die Wetterdaten ab 1999 von eigenen Stationen des Forschungsverbundes *pre agro*.

Die zur Simulation erforderlichen Bodendaten konnten aus den Bodenkartierungen des Teilprojektes Hof-Bodenkarten erhalten werden. Aus diesen werden die nachfolgenden Parameter abgeleitet:

Bodenwassergehalte bei pF ~ 4,2, pF 1,8 und bei Sättigung abgeleitet aus Textur (Algorithmus nach Ritchie et al., 1999),

Sortenparameter: beruhen auf dem IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) crop model; Sortenkalibrierung auf Sortenversuchsstandorten der Landessortenversuche. Es lassen sich folgende Koeffizienten unterscheiden:

- P1V: Relative Entwicklungsverzögerung bei nicht erfüllter Vernalisation
- P1D: Relative Entwicklungsverzögerung bei suboptimalen Photoperioden
- P5: Relative Kornfülldauer in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit
- G1: Kornzahl pro Ähre
- G2: Kornfüllungsrate unter optimalen Bedingungen
- G3: Biomasse eines Halmes und einer Ähre nach Abschluss des Längenwachstums unter stressfreien Bedingungen

PHINT: Temperaturtage, die zwischen dem Erscheinen von zwei Blättern liegen.

Im Modell erfolgt die Berechnung der Evapotranspiration auf Grundlage der Priestley-Taylor-Methode (Ritchie, 1985).

¹

s. Kap. Ertragspotentialkarten in der KTBL-Sonderveröffentlichung 035 aus dem Jahr 2001

5.3.4.2 Ertragspotentialkarten

Für ausgewählte Pflichtschläge des Jahres 2002 wurden Ertragspotentialkarten erstellt. Die Hof-Bodenkarte diente dabei als Grundlage für die Abgrenzung von Arealen gleicher Ertragspotentiale. Für die einzelnen Teilflächen eines Schlages wurden meist mehrere Ertragspotentiale auf der Grundlage von Bodeninformationen simuliert. Der Mittelwert der Ertragswerte aus den mehrjährigen Simulationen stellt das errechnete Ertragspotential der einzelnen Teilfläche dar.

Die Berücksichtigung von weiteren Informationsquellen kann die Qualität von Ertragspotentialkarten deutlich erhöhen. Für den Schlag Finkenherd wurden folgende im Projekt vorliegende Daten ausgewertet:

- Eca-Karten
- Ertragskarten (2000 und 2001)
- Luftbilder, NIR-Bilder
- Topographie (Digitales Geländemodell)
- Bodendaten.

Auf der Grundlage der Daten wurden Flächen gleichen Ertrages ausgegrenzt und mit den Bodeninformationen abgeglichen.

5.3.4.3 Validierung Ertragspotentiale

Bei den mehrjährigen Simulationsrechnungen werden Ertragspotentiale, Wachstumsstadien, Biomasse und Blattflächenindex errechnet, die mit gemessenen Daten abgeglichen werden können. Dieser Abgleich erfolgte mit Ertragskarten und eigenen Bonituren wie den LAI-Messungen, Handernten, Einzelkorngewicht und Entwicklungsstadien.

Weiterhin wurden die Ertragspotentiale mit den konkreten Erfahrungen von Praktikern sowie mit den Einschätzungen der Ertragspotentiale des Teilprojektes III-2 (Bestandesführung) abgeglichen.

5.3.5 Ergebnisse

5.3.5.1 Ertragspotentiale für die Pflichtschläge 2002

Für alle Pflichtschläge zum Erntejahr 2002 wurden Ertragspotentiale mittels mehrjähriger Simulationsrechnungen ermittelt. Die Ergebnisse wurden danach mit dem Teilprojekt III-2 (Bestandesführung) erörtert, um ein Maß für die Qualität der Simulationsergebnisse zu gewinnen. Dabei zeigen sich sehr gute Simulationsergebnisse für die Schläge der Betriebe Raguhn, Groß Twülpstedt und Raesfeld. Im Folgenden werden einzelne Ergebnisse diskutiert.

Für den Schlag Bullenstall lassen sich zwei deutlich unterschiedliche Ertragspotentialniveaus, 80 dt/ha und 55 dt/ha, ableiten (Abb. 5.3-1). Der Schlag Bullenstall liegt in der Leipziger Tieflandsbucht mit einem mittleren Jahresniederschlag von 460 mm und einem Braunerde Tschernosem als Hauptbodenform. Das relativ geringe Ertragspotential von 55 dt/ha lässt sich durch eine Kieseinlagerung erklären, die sich im Südwesten quer durch den Schlag zieht und in dessen Bereich die Böden sehr flachgründig sind.

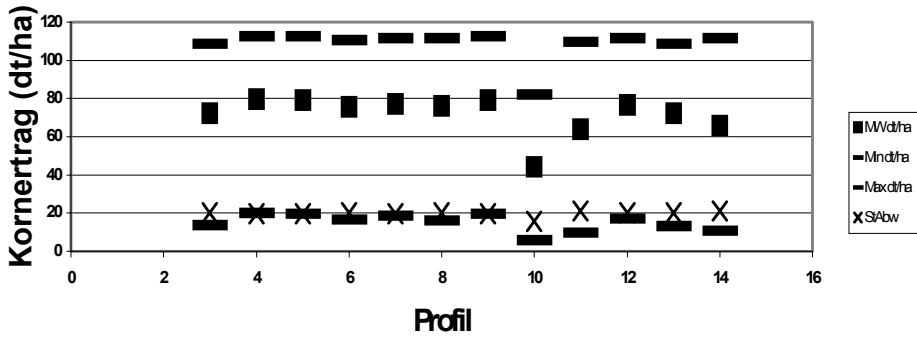


Abb. 5.3-1: Mittlere Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen, Bezeichnung der Bodenprofile nach Hof-Bodenkarte, Schlag "Bullenstall", Betrieb Raguhn

Fig. 5.3-1: Average yield potential based on long-term yield simulation for different soil profiles for the field "Bullenstall"

Auffällig ist die Spannweite der Erträge für die einzelnen Profile, die Minimalerträge liegen bei 20 dt/ha (Abb. 5.3-2). Betrachtet man die Ertragsverteilung über die Jahre für alle berücksichtigten Bodenprofile, so fallen die insgesamt niedrigen Ertragspotentiale für das Jahr 1975 auf.

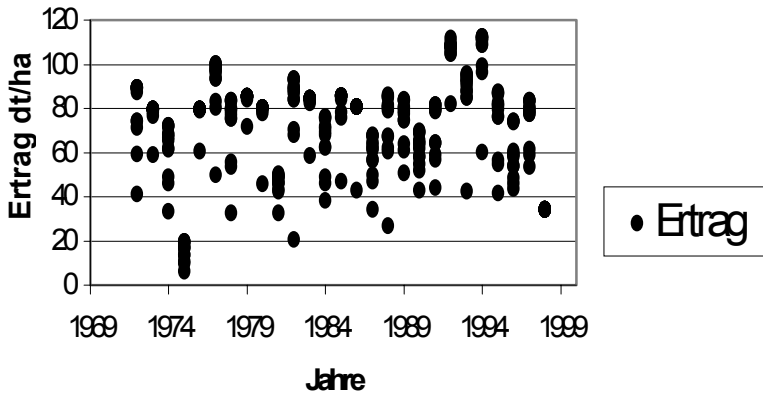


Abb. 5.3-2: Ertragspotentiale einzelner Jahre über alle Profile, Schlag "Bullenstall", Betrieb Raguhn

Fig. 5.3-2: yield potential of single years over all profiles, field "Bullenstall"

Der Schlag Almker Straße (Betrieb Groß Twülpstedt) (Abb. 5.3-3) zeigt Ertragspotentiale zwischen 70 dt/ha und 80 dt/ha. Die Heterogenität dieses Schlages ist relativ gering.

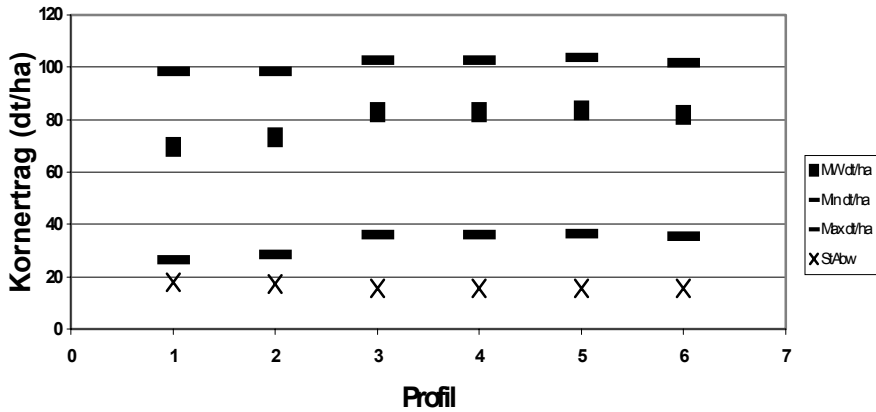


Abb. 5.3-3: Mittlere Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen, Bezeichnung der Bodenprofile nach Hof-Bodenkarte, Schlag "Almker Straße", Betrieb Groß Twülpstedt

Fig. 5.3-3: Average yield potential based on long-term yield simulation for different soil profiles for the field "Almker Straße"

Die Ertragspotentiale für den Schlag Kassow 106 liegen zwischen 60 dt/ha und 100 dt/ha (Abb. 5.3-4).

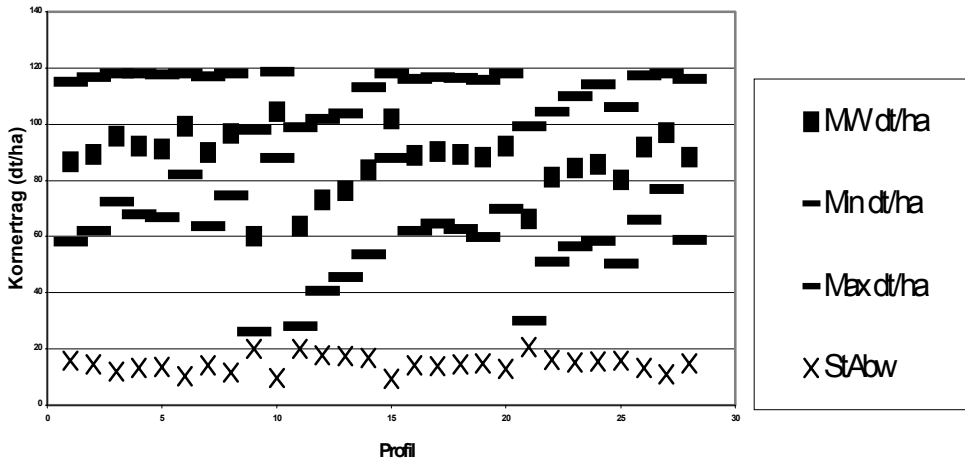


Abb. 5.3-4: Mittlere Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen, Bezeichnung der Bodenprofile nach Hof-Bodenkarte, Schlag "Kassow 106-1"

Fig. 5.3-4: Average yield potential based on long-term yield simulation for different soil profiles for the field "Kassow 106-1"



5.3.5.2 Ertragspotentialkarten

Die Ertragspotentialkarten wurden für einzelne Schläge erstellt, bei denen die Abgrenzung nach der Hof-Bodenkarte die wahrscheinliche Ertragsverteilung widerspiegelt. Diese entspricht gut den Erwartungen des Teilprojektes Bestandesführung.

Für den Schlag Bullenstall wurden für die Flächen der Hof-Bodenkarte die mittleren Erträge der Ertragskartierung und die Ertragspotentiale errechnet. Die Flächenverteilung der Relativ-erträge zeigt eine sehr gute Übereinstimmung (Abb. 5.3-5, s. Anhang). Die Ertragspotentiale liegen aber über den gemessenen Erträgen, da in den Simulationen immer von einer optimalen Versorgung der Kulturpflanze bzw. einer konkurrenzfreien Situation ausgegangen wird, die aber in der Realität nicht unbedingt unterstellt werden kann. Somit sind diese Abweichungen durchaus zufriedenstellend.

Für den Schlag Autobahn wurde eine Ertragspotentialkarte erstellt und mit Ertragsmessungen für das Jahr 2001 verglichen (Abb. 5.3-6, s. Anhang). Wird nur die räumliche Verteilung relativ hoher und niedriger Erträge betrachtet, zeigen sich nur für den mittleren Teil des Schlages gute Übereinstimmungen. Während die Ertragspotentialkarte die geringsten Ertragspotentiale im Süden ausweist, zeigt die Ertragskarte von 2001 die niedrigsten Erträge im Norden.

Eine Karte mit simulierten Erträgen für das Erntejahr 2000 für den Schlag Finkenherd zeigt Abb. 5.3-7 (s. Anhang). Für die räumliche Abgrenzung von Arealen gleichen Ertrages wurden Zusatzinformationen aus Eca-Karten, Luftbildern, NIR-Bildern, gemessenen Ertragskarten vergangener Jahre, dem Geländemodell und der Hof-Bodenkarte genutzt und mit der gemessenen Ertragskarte verglichen. Sowohl in der gemessenen als auch simulierten Karte lassen sich zwei Ertragszonen ausweisen; das räumliche Muster von hohen und niedrigen Ertragszonen stimmt sehr gut überein.

5.3.5.3 Vergleich von Einzeljahressimulationen mit Ertragsmessungen und Bonituren

Für den Schlag Autobahn, Betrieb Raesfeld, wurden erste Vergleiche von Boniturdaten mit Einjahressimulationen durchgeführt. Einschränkend sei vorangestellt, dass die Bonitурpunkte und die Bodeninformationen für die Simulationen nicht an den gleichen Punkten erhoben wurden, aber möglichst nahe liegende Punkte miteinander verglichen wurden. Dadurch findet sich in den Vergleichswerten auch die räumliche Standortvariabilität wieder. Die Handernten zeigen für die Bonitурpunkte M_2 und M_1 gute Übereinstimmungen mit den simulierten Erträgen für das Jahr 2001. Auffallend ist jedoch an allen Punkten die geringe Tausendkornmasse in den Simulationsergebnissen.

Tab. 5.3-1: Vergleich von Bonituren mit einjährigen Simulationsrechnungen für das Jahr 2001, Schlag "Autobahn", Betrieb Raesfeld [LAI = Blattflächenindex, TKM = Tausendkorngewicht]

Tab. 5.3-1: Comparison between counting's and single year yield simulation for the year 2001, field "Autobahn" [LAI = leaf area index, TKM = thousand kernel weight]

Boniturstelle R 2 und Bodenprofil Nr. 6,11,12			
	Messwerte	Simulation (MW)	Error
LAI 05/17/01(day137)	3,94	2,83	1,11
LAI 06/11/01(day162)	4,79	2,41	2,38
Ertrag dt/ha	78,5	93,2	-14,68
Erntedatum	7/29/01	7/16/01	13,00
TKM g	42,76	29,4	13,36

Boniturstelle M 2 und Bodenprofil Nr. 8			
	Messwerte	Simulation	Error
LAI 05/17/01(day137)	3,44	2,78	0,66
LAI 06/11/01(day162)	4,88	2,36	2,52
Ertrag dt/ha	85,6	92,5	-6,92
Erntedatum	7/29/01	7/16/01	13,00
TKM g	45,89	29,4	16,49

Boniturstelle R 1 und Bodenprofil Nr. 7			
	Messwerte	Simulation	Error
LAI 05/17/01(day137)	3,23	2,83	0,40
LAI 06/11/01(day162)	4,57	2,40	2,17
Ertrag dt/ha	77,6	93,2	-15,58
Erntedatum	7/29/01	7/16/01	13,00
TKM g	46,63	29,4	17,23

Boniturstelle M 1 und Bodenprofil Nr. 10			
	Messwerte	Simulation	Error
LAI 05/17/01(day137)	4,17	2,86	1,31
LAI 06/11/01(day162)	5,24	2,43	2,81
Ertrag dt/ha	86,9	93,6	-6,63
Erntedatum	7/29/01	7/16/01	13,00
TKM g	46,24	29,5	16,74

5.3.6 Diskussion

5.3.6.1 Ertragspotentialkarten

Die Erstellung der Ertragspotentialkarten erfolgte auf der Grundlage der Hof-Bodenkarten. Dieses führte in den meisten Fällen zu nicht befriedigenden flächenhaften Darstellungen. Die Abgrenzung von Flächen gleichen Ertragspotentials muss noch gemeinsam im Verbundprojekt gelöst und dabei methodologisch systematisiert werden.

Die für den Schlag Finkenherd angewandte Methode zur Ausgrenzung von Flächen gleichen Ertrages scheint vielversprechend und soll in Zusammenarbeit mit den Teilprojekten II-1b (Relief), II-4 (Bestandesinformation), II-2 (Luftbilder), III-2 (Bestandesführung) und II-6a (Bodenwasserspeicher) weiter vertieft werden.

5.3.6.2 Modellvalidierung

Für die Modellvalidierung werden Boniturdaten für die Pflichtschläge mit simulierten Werten abgeglichen. Die Vergleiche, die für das Jahr 2001 durchgeführt worden sind, zeigen, dass das Modell die Ertragsniveaus in ebenen, nicht grundwasserbeeinflussten oder trockenen Standorten, gut abbilden kann. Problematisch wird es auf Standorten, die besonderen klimatischen Einflüssen ausgesetzt sind, z. B. meeresnahe (und damit höhere Luftfeuchtigkeit) Standorte (Thumby), von Trockenstress bedrohte Gebiete (Wulfen).

In den Simulationsläufen wird das Einzelkorngewicht wesentlich zu niedrig geschätzt, was sich durch die vergleichsweise hohen Simulationsergebnisse zu den Kornzahlen je Flächeneinheit auszugleichen scheint. An einer Verbesserung soll mit den Modellentwicklern gearbeitet werden.

5.3.7 Ausblick und zukünftige Arbeiten

Ertragspotentialkarten sollen für weitere Projektschläge erstellt werden. Die Ableitung einer methodischen Vorgehensweise bei der Festlegung der Polygonzüge für Teilflächen gleichen Ertragspotentials auf der Basis langjähriger Simulationsrechnungen und Standortinformationen (Substrat- und Reliefparameter) muss gemeinsam mit betroffenen Teilprojekten erfolgen. Die Überprüfung der Einsatzmöglichkeit des Modells auf Projektschlägen soll durch Bonituren in der kommenden Vegetationsperiode weiter untersucht werden. Dazu sollen Daten für Validierungen erhoben werden. Für die Pflichtschläge Finkenherd (Wulfen), Bullenstall (Raguhn) und Am Kreuz (Raesfeld) werden hierzu im Jahr 2002 im Abstand von zwei Wochen u. a. die Entwicklungsstadien, LAI-Messungen und die Biomasse bestimmt. Für die gleichen Zeiträume sollen die Ertragsersparungen mit aktuellen Wetterdaten simuliert werden, um gemessene und simulierte Daten vergleichen zu können und die aktuellen Ertragsersparungen in die Entscheidung zum Schlagmanagement einfließen zu lassen.

In Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt II-6a (Bodenwasserspeicher) soll die Sortenkalibrierung für weitere Sorten auf den Schlägen 641 und 644 im Betriebsteil Wulfen erfolgen.

Mit Hilfe von Fernerkundungsdaten soll der Blattflächenindex geschätzt werden, um die Simulationsläufe für die Pflichtschläge zu evaluieren. Eine Zusammenarbeit insbesondere mit den Teilprojekten Luftbilder und Bestandesinformationen wird hierzu vorgenommen.

5.3.8 Literatur

- Tsuji, G.Y; Jones, J.W. und S. Balas (eds.). 1994. DSSAT v3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Ritchie, J.T. 1985. A user-oriented model of the soil water balance in wheat. In: W.Day and R.K. Atkins (eds). Wheat Growth and modelling, 295-305. Plenum Publishing Corporation, NATO-ATO Series.
- Ritchie, J.T., Gerakis, A. and A. Suleiman. 1999. Simple Model to estimate field-measured soil water limits. In: American Society of Agricultural Engineers. Vol.42(6), 1609-1614.
- Werner, A., Dölling, S., Jarfe, A., Kühn, J. , Pauly, J., Roth, R. (2000). Deriving Maps of Yield-Potentials with Crop Models, Site Information and Remote Sensing. P.C. Robert, R.H. Rust, and W.E. Larson, [ed.] 2000: Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture, July 2000, Minneapolis, Minnesota