

12 Ertragspotentialkarten (TP II-6b)

Teilprojektleiter: Dr. J. Pauly, Dr. A. Werner

Bearbeiter: Dipl. Ing. E. Kettner

12.1 Zusammenfassung

Die neue Version des Modelles CERES-WHEAT aus dem Modellierungspaket DSSAT 3.5 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, IBSNAT, 1999) wird seit November 2000 zur Ertragspotentialabschätzung genutzt. Wesentliche Veränderungen sind eine neue Arbeitsoberfläche, die statistische, geostatistische und ökonomische Auswertungen der Simulationsläufe ermöglicht, sowie ein zusätzlicher Koeffizient bei der Beschreibung der genetischen Sorteneigenschaften. Für die Abschätzung relevanter Kenngrößen des Substrates zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes wird ein neuer Algorithmus verwendet (nach Ritchie, Gerakis and Suleiman 1999), der die Trockenstresssituationen besser abbilden soll.

Die in dem CERES-WHEAT integrierte Winterweizensorte für Europa (Winter Europe) schätzt die Erträge zu niedrig, so dass erneut eine iterative Anpassung der Sortenparameter für die auf den Pflichtschlägen angebauten Sorten erfolgen musste. Die Sorten wurden in Sortengruppen eingeteilt, wobei die Anpassung für eine Leitsorte der jeweiligen Gruppe auf der Grundlage von Daten aus den Landessortenversuchen erfolgt. Anhand von langjährigen und einjährigen Simulationsläufen wurden bisher die Sortenparameter der Winterweizensorte Batis kalibriert.

Erste langjährige Simulationsläufe für die Pflichtschläge 2001 Autobahn, Tuehlig, Kiesberg und Rothenstein mit der Sorte Batis zeigen Ergebnisse, die zum Teil sehr zufriedenstellend sind, aber einer Evaluierung durch im Vegetationsjahr 2001 zu erhebende Bonituren und Ertragsmessungen noch bedürfen. Im weiteren Verlauf des Jahres 2001 sind die Ertragspotentialabschätzungen sowie die Simulation der Ertragserwartungen für alle Pflichtschläge 2001 geplant. Eine stärkere Zusammenarbeit mit den Teilprojekten „Luftbilder“, „Bestandesführung“ und „Bodenwasserspeicher“ wird angestrebt.

12.2 Bezug zum Verbundprojekt/Bedarf seitens anderer Teilprojekte

Im Teilprojekt Ertragspotentialkarten wurde eine Zusammenarbeit mit den Teilprojekten „Bodenwasserspeicher“ (TP II-6a) realisiert.

Daten aus den Teilprojekten „Bodenlandschaften“ (TP II-1), „Bestandesführung als Integrations-ebene“ (TP III-2), „Aufbereitung der Ertragskartierung“ (TP II-5) und „Ökonomie“ (TP IV-1) wurden für die eigenen Arbeiten genutzt. Die Bodendaten für die Pflichtschläge aus den Hofbodenkarten sind wesentliche Eingangsgrößen des Simulationsmodelles CERES-WHEAT zur Abschätzung des Bodenwasserhaushaltes (siehe Kapitel Methoden). Die Informationen zum Schlagmanagement wurden zum Teil den Ackerschlagkarteien (TP IV-1) entnommen. Die Daten aus den TP III-2 und II-5 wurden zur Überprüfung der Simulationsergebnisse für den Schlag Autobahn herangezogen.

12.3 Einleitung und Problemstellung

Die Abschätzung der teilflächenspezifischen Ertragspotentiale ist eine wesentliche Voraussetzung für ein gezieltes Bestandesmanagement wie es im Verbundprojekt angestrebt wird. Neben den Standortcharakteristika sind Bestandesdynamik und artenspezifische Ertragsbildungen zu berücksichtigen, um Ertragspotentiale bzw. Ertragserwartungen 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 Verbundprojekt *pre agro* das Simulationsmodell CERES-WHEAT des Programmpaketes DSSAT 3.5 eingesetzt.

12.4 Material und Methoden

12.4.1 Langjährige Ertragssimulationen

Seit November 2000 wird im Teilprojekt die neue Version des Modelles CERES-WHEAT aus dem Modellierungspaket DSSAT 3.5 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, IBSNAT, 1999) zur Ertragspotentialabschätzung genutzt.

Die Abschätzung der teilflächenspezifischen Ertragspotentiale erfolgt mittels langjähriger Simulationsrechnungen. Dazu werden Wetterdatenreihen von den Standorten benachbarter Klima- und Regenstationen verwendet sowie Bodeninformationen, die den Hofbodenkarten entnommen wurden. Die Ertragspotentiale werden punktuell (an den Bohrpunkten der Kartierung für Hofbodenkarten) berechnet, eine Übertragung in die Fläche soll mit Hilfe von weiteren Datenquellen (u. a. aus der Fernerkundung) erfolgen.

Für die Simulationsrechnungen werden folgende gemessenen Inputdaten benötigt:

- Wetter: Tageswerte für Minimal- und Maximaltemperatur sowie Globalstrahlung und Niederschlag. Die 30jährigen Wetterdaten kommen von repräsentativen Klima- und Regenstationen, die Wetterdaten ab 1999 von projekteigenen Stationen.
- Boden: Bodenkartierung/ Hofbodenkarte (Lamp, Herbst).

Aus den Eingangsgrößen werden die nachfolgenden Parameter abgeleitet:

- Bodenwassergehalte bei $pF \sim 4,2$, $pF \sim 1,8$ und bei Sättigung abgeleitet aus Textur (Algorithmus Ritchie et al. 1999),
- Evapotranspiration: berechnet auf der Grundlage der Priestley-Taylor Methode (Ritchie 1985)
- Sortenparameter: beruhen auf dem IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) crop model; Sortenkalibrierung auf Sortenversuchsstandorten der Landessortenversuche.

12.4.2 Änderungen in der Ceres-Version von DSSAT 3.5

12.4.2.1 Bodenkenngrößen

Bei der Berechnung der Kenngrößen des Bodenwasserhaushaltes wird ein neuer Algorithmus verwendet (nach Ritchie et al. 1999), der noch nicht in das Programm integriert ist. Die Bodenwassergehalte *Lower Limit* (~ Wassergehalt bei Welkepunkt) und *Drained Upper Limit* (~ Wassergehalt bei Feldkapazität) werden als Funktion aus Sand- und Tongehalt, Lagerungsdichte, Gehalt an organischer Substanz und dem Steingehalt bestimmt. Der Wert für den *Upper Limit Saturated* (Wassergehalt bei Sättigung) ist abhängig von der Lagerungsdichte. Die so ermittelten Kenngrößen für den Bodenwasserhaushalt sind die wesentlichen Größen, die zur Charakterisierung des Bodens im Modell dienen. Eine optimale Nährstoffversorgung der Böden wird bei den Simulationsrechnungen vorausgesetzt.

12.4.2.2 Sortenkoeffizienten

Das genetische Potential der Sorten wird im Modell anhand von sieben verschiedenen Koeffizienten beschrieben. Diese wurden in Langzeitversuchen für verschiedene Sorten, die vom Modell bereitgehalten werden, festgelegt. Als neuer Sortenparameter ist der Wert für die Blattentwicklung (PHINT) hinzugekommen. Der Parameter PHINT bezeichnet die Temperaturtage, die zwischen dem Erscheinen der Blätter liegen. Insgesamt lassen sich folgende Koeffizienten unterscheiden:

P1V: Relative Entwicklungsverzögerung bei nicht erfüllter Vernalisation

P1D: Relative Entwicklungsverzögerung bei suboptimalen Photoperioden

P5: Relative Kornfüllungsdauer in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit

G1: Kornzahl pro Ähre

G2: Kornfüllungsrate unter optimalen Bedingungen

G3: Biomasse eines Halmes und Ähre nach Abschluss des Längenwachstums unter stressfreien Bedingungen

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

12.4.3 Plausibilitätskontrolle

Bei den langjährigen Simulationsrechnungen werden die phänologische Entwicklung, die Biomasse- und Ertragsbildung abgebildet. Die Mittelwerte und Streuung der so ermittelten Parameter Blattflächenindex, Reifedatum und Kornertrag werden mit dem Ziel einer Plausibilitätskontrolle mit gemessenen Daten abgeglichen. Bisher erfolgt der Abgleich mit den Ertragskarten und den von dem Teilprojekt III-2 ermittelten Ertragspotentialen.

12.4.4 Anpassung der genetischen Sortenkoeffizienten im Modell

Die für CERES-WHEAT in DSSAT 3.5 angepassten Winterweizensorten können die europäischen Hochleistungssorten in ihren Maximalerträgen nicht hinreichend abbilden, daher muss eine Anpassung der Sortenkoeffizienten für diese Sorten erfolgen.

Darüber hinaus wurde gegenüber der bisher genutzten Version von CERES-Wheat ein zusätzlicher Sortenparameter eingeführt (siehe Kap. 12.4.2.2), so dass eine erneute Sortenkalibrierung erfolgen muss. Dazu liegen Boden-, Klima- und Bestandesdaten für verschiedene Sortenversuchsstandorte vor, anhand derer eine Kalibrierung der Sortenparameter vorgenommen wird. Es zeigte sich jedoch, dass mit dem vorhandenen Datenmaterial eine Anpassung jeder einzelnen Sorte nicht möglich ist. Daher wurden die Sorten aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und ihrer Zugehörigkeit zu Sortengruppen eingeteilt. Für jede Gruppe wurde die Sorte als Leitsorte ausgewählt, für die hinreichendes Datenmaterial zur Verfügung stand und die auf den Pflichtenflächen des Verbundprojektes am häufigsten angebaut wurde.

Tab. 12-1: Einteilung der Winterweizensorten in Sortengruppen

<i>Leitsorte der Sortengruppe</i>	<i>Zugehörige Sorten</i>	<i>Bemerkung</i>
Batis	Ludwig Asketis Pegassos	Qualitätsgruppe A, hoher Kornertrag
Toronto	Astron	Qualitätsgruppe A, mittlerer Kornertrag
Ritmo	Maverick	Qualitätsgruppe B, mittlerer Kornertrag
Drifter		Qualitätsgruppe B, hoher Kornertrag
Zentos	Thasos	Qualitätsgruppe E, mittlerer Kornertrag

Für jede Leitsorte erfolgt die Justierung der Modellparameter anhand eines Abgleiches von Kenngrößen (Phänologie und Ertrag) der Versuchsbestände der Landessortenversuche mit den simulierten Werten langjähriger Simulationsrechnungen. Zuerst wird die Phänologie (Termine von Feldaufgang, Ährenschieben, Gelbreife und Vollreife) angepasst (siehe Tab. 12-2). Ist die Anpassung zufriedenstellend, werden die Mittelwerte der Erträge der langjährigen Simulation mit den Mittelwerten der Sortenversuchsstandorte (meist liegen Ertragsdaten für 4 Jahre vor) verglichen. Wesentlich dabei ist, dass die Simulationen mit den gewählten Sortenkoeffizienten die Maximal- und Minimalwerte des Ertragsspektrums abbilden kann.

12.5 Ergebnisse

12.5.1 Anpassung der genetischen Sortenkoeffizienten im Modell

Die Anpassung der genetischen Koeffizienten ist bisher für die Leitsorte Batis in langjährigen Simulationsläufen und vierjährigen Simulationen erfolgt. Die Phänologie und Entwicklungsgeschwindigkeit konnte mit der Sorte Batis in langjährigen Simulationsläufen (Tab. 12-2) zufriedenstellend abgebildet werden.

Die für vier Jahre simulierten Erträge für die Sortenversuchsstationen Altenmellrich und Haus Düsse (Nordrhein-Westfalen) stimmen zum Teil sehr gut mit den gemessenen Erträgen überein (Abb. 12-1 und Abb. 12-2).

Tab. 12-2: Vergleich der Sorte Batis mit der im Modell vorgeschlagenen Winterweizensorte „Winter Europe“ und den in Sortenversuchen gemessenen Daten für Aufgang, Ährenschieben und Reife und den langjährig simulierten Erträgen von Batis und Winter Europe mit den real gemessenen Erträgen in Landessortenversuchen $dt \cdot ha^{-1}$ (Error = Abweichung zu „Batis“, Landessortenversuch).

Sorte	Aufgang	Ährenschieben	Reife	Mittlerer Kornertrag $dt \cdot ha^{-1}$ (28 Jahre)
Batis, simuliert	9. Okt.	8. Jun.	2. Aug.	111
Winter Europe, simuliert	9. Okt.	2. Jun.	13. Jul.	77
Batis, Landessortenversuch	7. Okt.	8. Jun.	27. Jul.	100 (4 Jahre)
Error Batis	2	0	6	11
Error Winter Europe	2	- 6	- 14	- 23

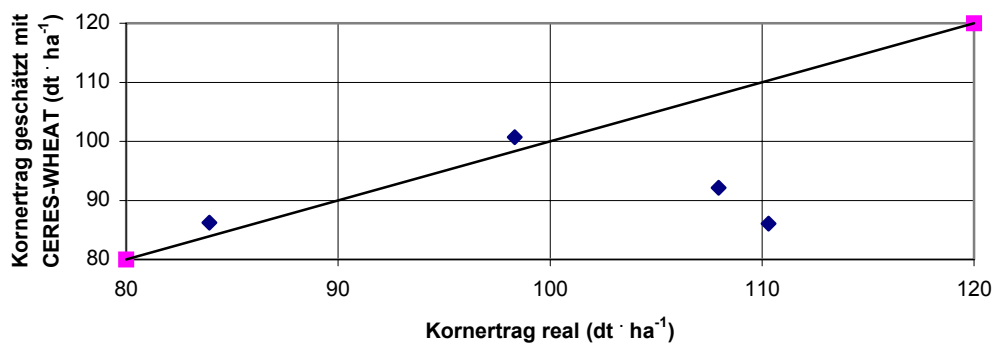


Abb. 12-1: Anpassung Sortenparameter der Sorte Batis, Sortenversuchsstandort Altenmellrich

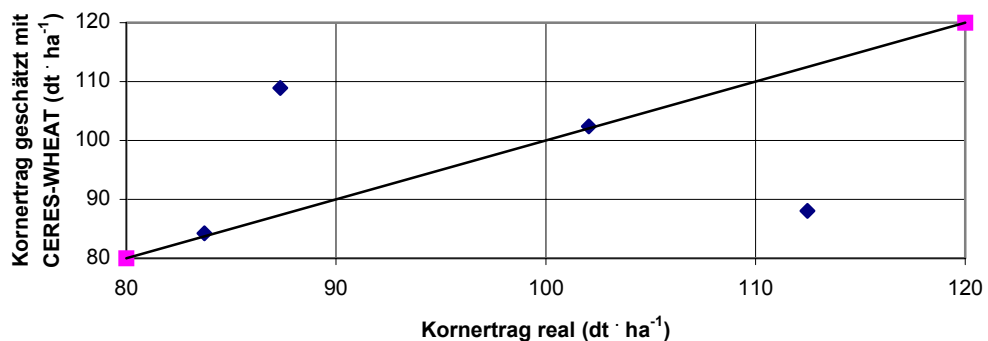


Abb. 12-2: Anpassung Sortenparameter der Sorte Batis, Sortenversuchsstandort Haus Düsse

Die langjährigen und vierjährigen Simulationsläufe zeigen eine sehr gute Übereinstimmung bei den Mittelwerten für den Reifetag und den Erträgen (Tab. 12-3 und Tab. 12-4). Auffallend bei der langjährigen Simulation ist der geringe Minimalertrag von nur 30 dt/ha in einem sehr trockenen Jahr. Im Modell kann der kapillare Aufstieg von Bodenwasser nicht berücksichtigt werden, so dass diese im Einzelfall für die Ertragsbildung entscheidende zusätzliche Wasserversorgung vom Modell nicht einbezogen wird. Des weiteren gibt das Modell einen festen Grenzwert für die maximal mögliche Entwässerung vor (Lower Limit pF 4,2), der in der Realität nach Trockenstress des Pflanzenbestandes aber variabel sein kann.

Tab. 12-3: Vergleich des Eintritts der Reife bei langjährigen und vierjährigen Simulationen auf den Sortenversuchsstandorten Haus Düsse und Altenmellrich; STABW- Standardabweichung

	Sorte	Mittelwert Reifetag	Max	Min	STABW
Langjährige Simulation	Batis	6. Aug.	14. Aug.	24. Jul.	5.9
4-jährige Simulation	Batis	2. Aug.	11. Aug.	24. Jul.	6.5
Abweichung zu „4-jähr.“		4 Tage	3.0	0.0	-0.6

Tab. 12-4: Vergleich der Erträge bei langjährigen und vierjährigen Simulationen auf den Sortenversuchsstandorten Haus Düsse und Altenmellrich; STABW- Standardabweichung

	Sorte	Mittelwert Kornertrag t · ha ⁻¹	Max	Min	STABW
Langjährige Simulation	Batis	9,1	12,0	3,0	1,7
4-jährige Simulation	Batis	9,3	10,1	8,6	0,5
Abweichung zu „4-jähr.“		-0,2	1,9	-5,7	1,2

12.5.2 Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen

Für den Pflichtschlag Autobahn (Betrieb Raesfeld) Erntejahr 2000 und die Pflichtschläge Autobahn, Tuehlig (Betrieb Raesfeld), Kiesberg (Betrieb Baasdorf), Rothenstein (Betrieb Thumbby) Erntejahr 2001 sind die teilflächenspezifischen Ertragspotentiale mittels langjähriger Simulationsrechnungen ermittelt worden. Die Unterscheidung in Teilflächen erfolgte anhand der Hofbodenkarten; für die Schläge Autobahn, Tuehlig, Rothenstein wurden Ertragspotentiale für alle Bodenprofile aus der Hof-Bodenkarte ermittelt.

Für den Schlag Autobahn zeigt sich, dass die simulierten Kornerträge, gemittelt über 28 Jahre, für die Profile zwischen 60 dt/ha und 90 dt/ha liegen bei einer relativ geringen Standardabweichung (Abb. 12-3). Die Maximal- und Minimalerträge über die Jahre zeigen jedoch eine sehr große Spannbreite. Eine deutliche Varianz der simulierten Erträge zeigt auch der Schlag Kiesberg für die verschiedenen nach Hof-Bodenkarte abgegrenzten Polygone. Die Maximalerträge liegen jedoch auf einheitlichem Niveau (Abb. 12-7). Für den Schlag Rothenstein lassen sich nur 3 simulierte Ertragsniveaus ausweisen, die Erträge für die Profile 1 - 9 und 20 - 40 liegen bei 60 dt · ha⁻¹ (Abb. 12-9).

Der Reifetag des Winterweizens variiert innerhalb eines Jahres zwischen den Profilen bzw. Polygonen relativ gering, die Schläge Kiesberg, Tuehlig und Rothenstein zeigen sogar keine Varianz (Abb. 12-6, Abb. 12-8 und Abb. 12-10).

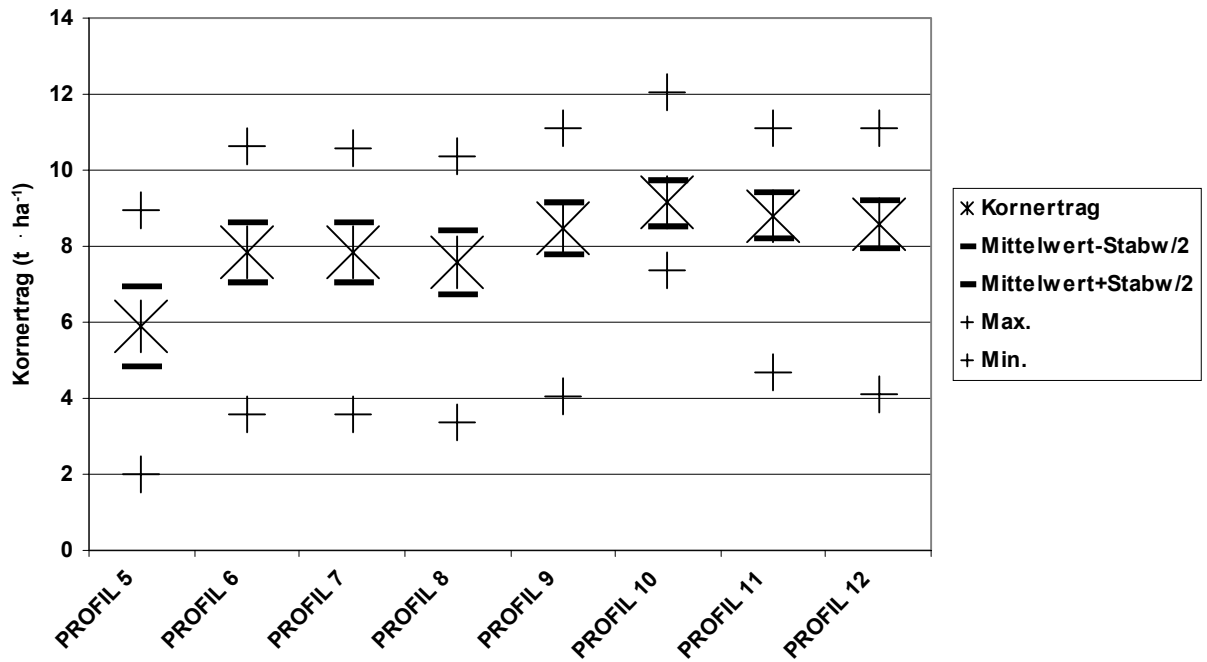


Abb. 12-3: Mittlere Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen für die nach Hof-Bodenkarte ausgewiesenen Bodenprofile, Schlag Autobahn, Betrieb Raesfeld

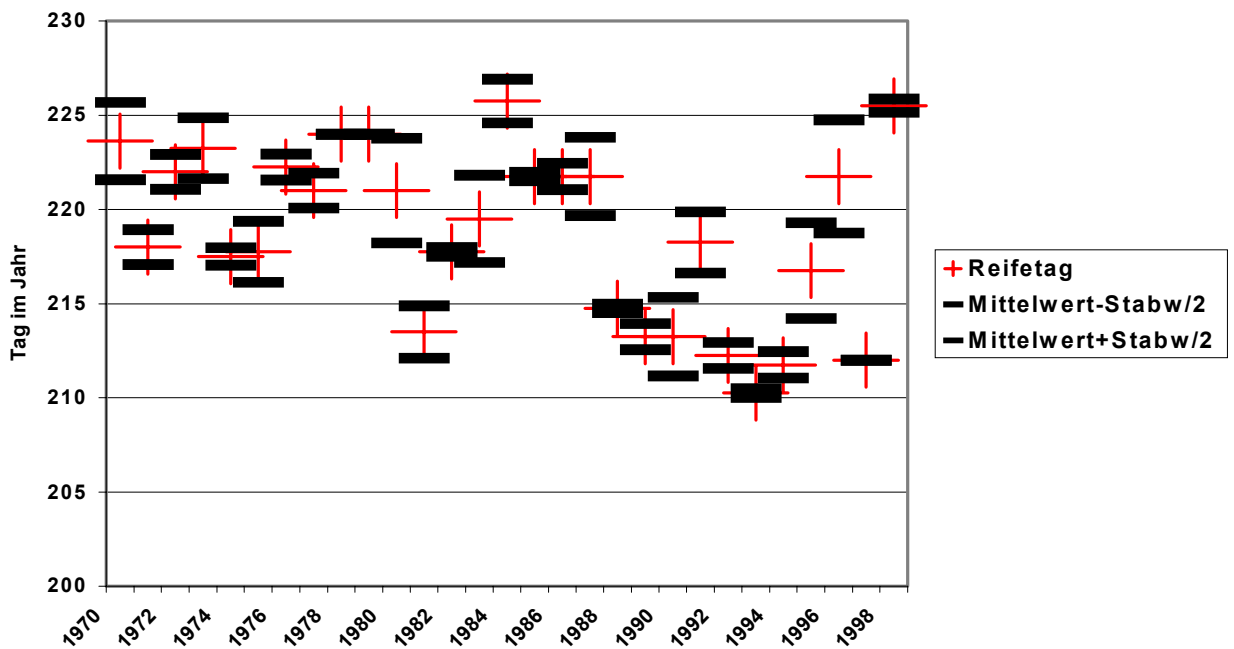


Abb. 12-4: Eintritt der physiologischen Reife von Winterweizen, Sorte Batis, im Einzeljahr bei langjährigen Simulationen, Mittelwert über alle Profile, Schlag Autobahn

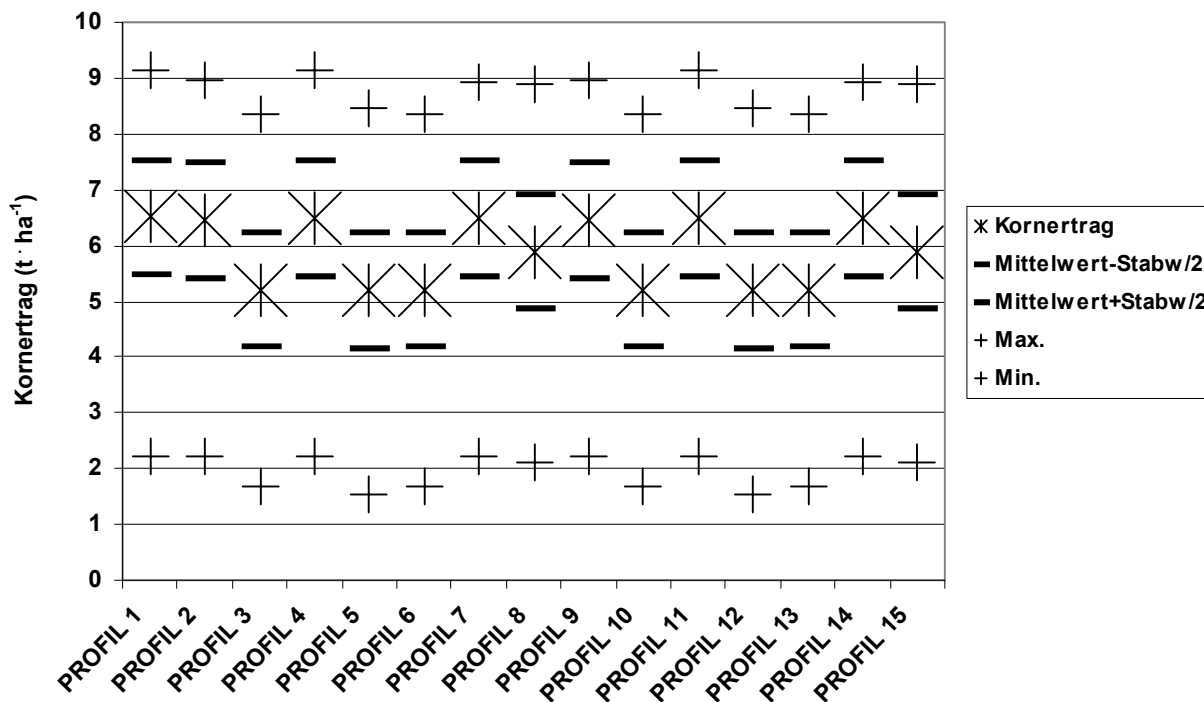


Abb. 12-5: Mittlere Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen für die nach Hof-Bodenkarte ausgewiesenen Bodenprofile, Schlag Tuehlig, Betrieb Raesfeld

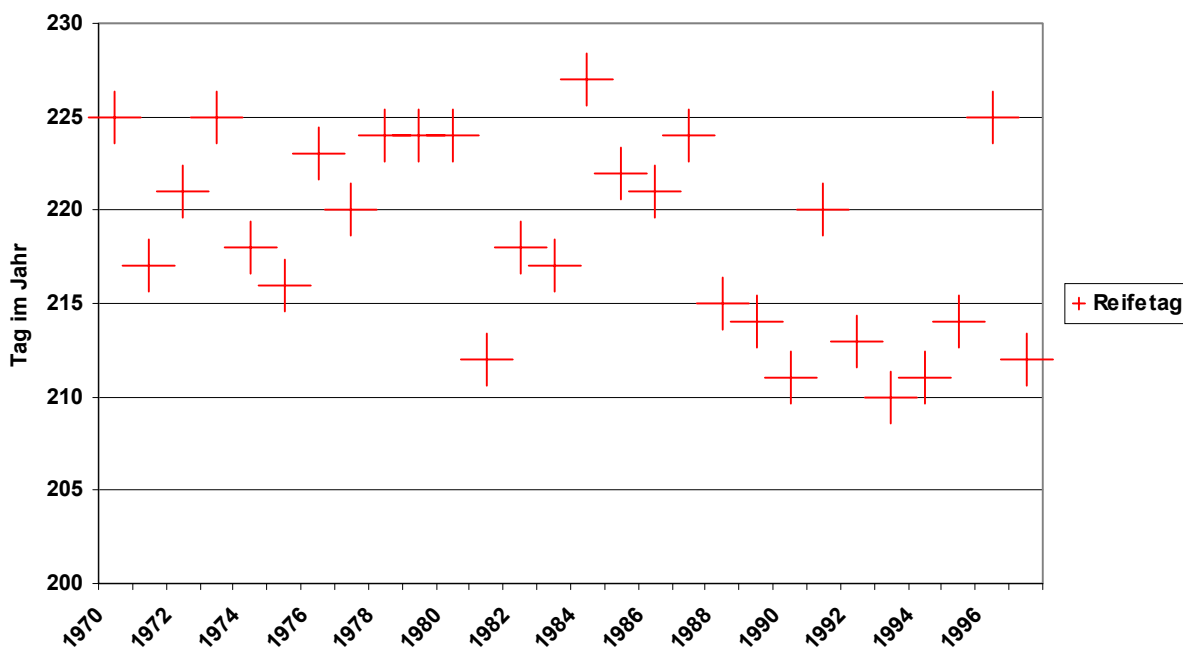


Abb. 12-6: Eintritt der physiologischen Reife von Winterweizen, Sorte Batis, im Einzeljahr bei langjährigen Simulationen, Mittelwert über alle Profile, Schlag Tuehlig

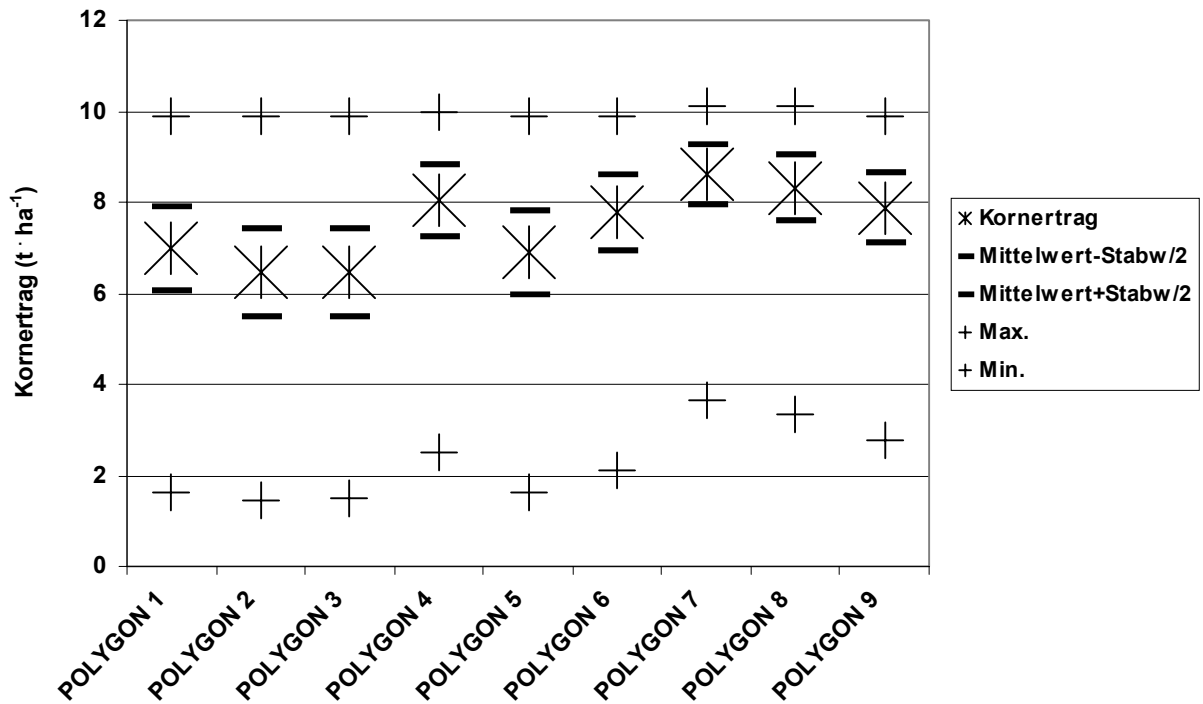


Abb. 12-7: Mittlere Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen für die nach Hof-Bodenkarte ausgewiesenen Bodenprofile, Schlag Kiesberg, Betrieb Baasdorf

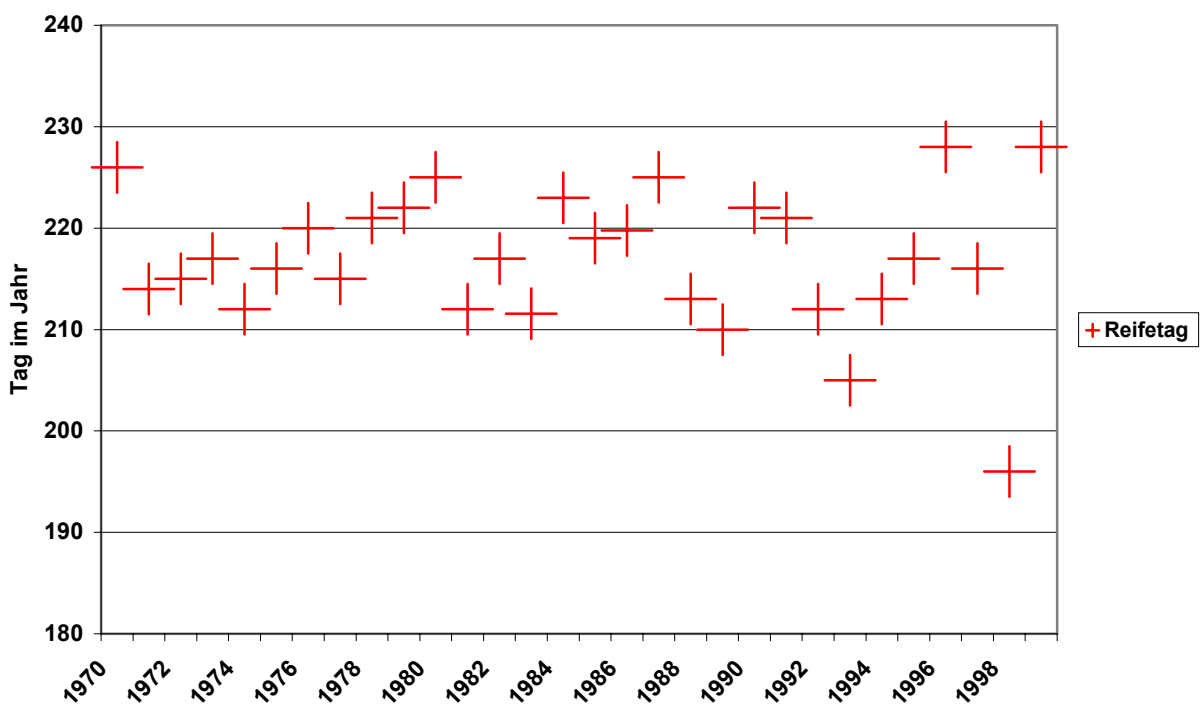


Abb. 12-8: Eintritt der physiologischen Reife von Winterweizen, Sorte Batis, im Einzeljahr bei langjährigen Simulationen, Mittelwert über alle Profile, Schlag Kiesberg, Betrieb Baasdorf

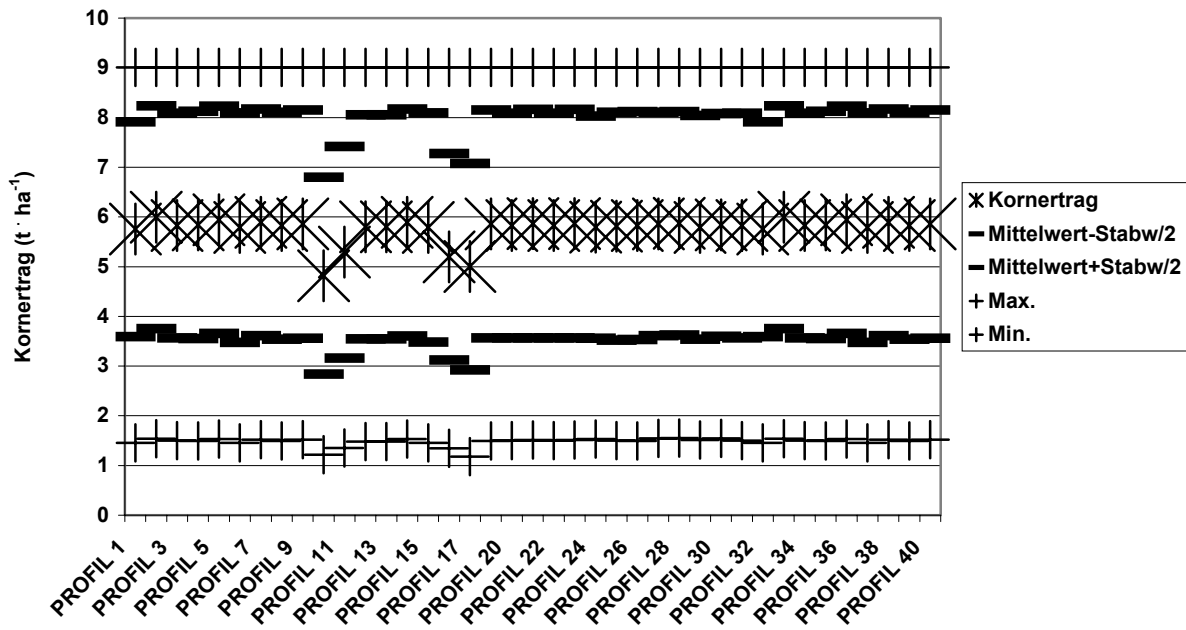


Abb. 12-9: Mittlere Ertragspotentiale aus langjährigen Ertragssimulationen für die nach Hof-Bodenkarte ausgewiesenen Bodenprofile, Schlag Rothenstein, Betrieb Baasdorf

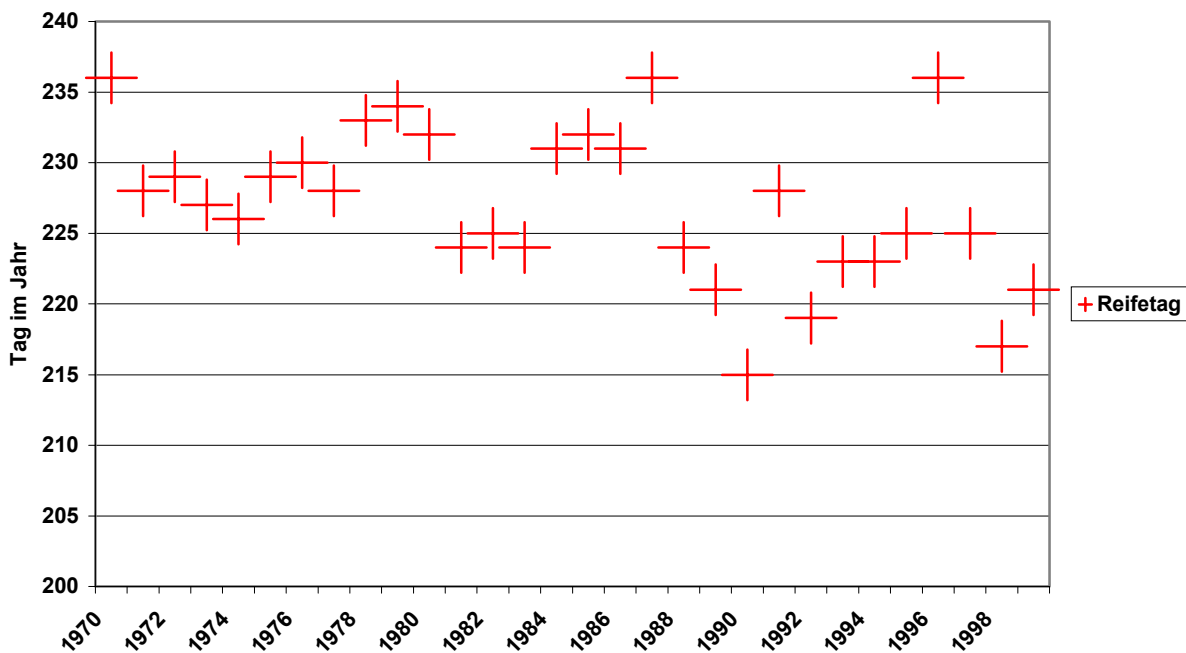


Abb. 12-10: Eintritt der physiologischen Reife von Winterweizen, Sorte Batis, im Einzeljahr bei langjährigen Simulationen, Mittelwert über alle Profile, Schlag Rothenstein

12.6 Diskussion

12.6.1 Sortenanpassung

Die in der neuen CERES Version im DSSAT 3.5 vorgeschlagene Sorte für Mitteleuropa „Winter Europe“ hat bei Simulationsläufen gezeigt, dass die Erträge im Vergleich zu realen Winterweizenbeständen zu niedrig geschätzt werden und die phänologischen Daten zu große Abweichungen von der Realität aufweisen (Tab. 12-2). Daher ist eine iterative Anpassung der im Projekt angebauten Sorten notwendig und teilweise bereits erfolgt. Die Sortenanpassung muss für weitere Sortengruppen durchgeführt werden. Die Daten der Landessortenversuche bilden dazu eine notwendige Grundlage. Die genaue Ableitung der Bodeninputdaten ist schwierig, da keine genauen Texturdaten für die Sortenversuchsstandorte vorliegen. Hier muss evtl. durch eine nachträgliche genaue Analyse der Versuchsflächen eine belastbarere und sichere Datenbasis geschaffen werden.

12.6.2 Ertragspotentiale

Die Mittelwerte der mittels langjähriger Simulationsläufe ermittelten Ertragspotentiale für die Standorte Autobahn, Tuehlig und Kiesberg zeigen zufriedenstellende Ergebnisse, allerdings können die Erträge zwischen den Jahren sehr stark schwanken. Ein Abgleich mit den übrigen bisher im Verbundprojekt angewendeten Methoden zur Ermittlung der Ertragspotentiale muss noch erfolgen.

Die Ertragspotentiale sind für die Sorte Batis ermittelt worden, die im Projekt nur auf dem Schlag Autobahn angebaut wurde. Es ist also noch zu prüfen, inwieweit die Sortenparameter für die real angebauten Sorten von den Sortenparametern der Sorte Batis abweicht. Dazu muss die Sortenanpassung für weitere Sorten erfolgen.

Bisher beziehen sich die Ertragspotentiale auf Punktdaten. Eine Interpolation in die Fläche ist bisher noch nicht erfolgt. Dazu ist ein Abgleich mit Ertragskarten und Fernerkundungsdaten notwendig. Eine genaue Vorgehensweise ist noch zu prüfen und mit den Teilprojekten II-5 und II-2 abzustimmen.

12.6.3 Modellevaluierung

Für die Modellevaluierung müssen Boniturdaten für die Pflichtschläge mit simulierten Werten verglichen werden. Dies ist mit den bisher erhobenen Boniturdaten nur zum Teil möglich. Bisher kann nur ein Abgleich mit dem Erntedatum und den Erträgen erfolgen. Eine Erweiterung des Boniturprogrammes um wichtige Kenngrößen der Bestandesentwicklung ist für das Jahr 2001 geplant.

12.7 Ausblick/zukünftige Arbeiten

Die Sortenkalibrierung wird auf weitere Versuchsstandorte der Landessortenversuche ausgedehnt. Um zuverlässigere Bodenkenngrößen für die Versuchsstandorte zu erhalten, sollen die notwendigen Texturdaten neu erhoben werden. In Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt II-6a soll die Sortenkalibrierung auch auf den Schlägen 641 und 644 im Betriebsteil Wulfen erfolgen.

Die Langzeitsimulationen sollen für alle Pflichtschläge Erntejahr 2000 und 2001 berechnet und sowohl mit Ertragskarten der entsprechenden Jahre als auch mit den bereits vom Teilprojekt III-2 vorgenommenen Ertragsschätzungen abgeglichen werden. Priorität haben die Simulationen für das Erntejahr 2001, für die auch aktuelle Ertragserwartungen während der Bestandesentwicklungen durch Simulationsrechnungen ermittelt werden sollen.

Die Evaluierung der Simulationsläufe soll u. a. auf per Fernerkundung ermittelten Bestandesparametern (NDVI, LAI) aufbauen. Dies erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Teilprojekt II-2.

12.8 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 Suleiman, A. (1999): Simple Model to estimate field-measured soil water limits. - In: American Society of Agricultural Engineers. Vol.42(6), 1609-1614.

12.9 Adressen

Dr. J. Pauly

Dr. A. Werner

Dipl. Ing. E. Kettner

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung

Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie

Eberswalder Str. 84

15374 Müncheberg

Tel: 033432/82-383

Fax: 033432/82-387

E-Mail: jpauly@zalf.de

landnutzung@zalf.de

ekettner@zalf.de