

# Kulturpflanzenmodell zur Abschätzung von Ertrag und pflanzlicher Produktivität

WILFRIED MIRSCHEL, MÜNCHEBERG  
RALF WIELAND, MÜNCHEBERG  
KARL-OTTO WENKEL, MÜNCHEBERG

## Abstract

*An uniform structured crop model for regional estimation of yield and biomass in dependence on type and intensity of landuse is described. The generic crop model uses only regional available input data. Two examples, the estimation of sugar beet yield and the estimation of biomass accumulation between emergence and ripening for winter wheat are shown.*

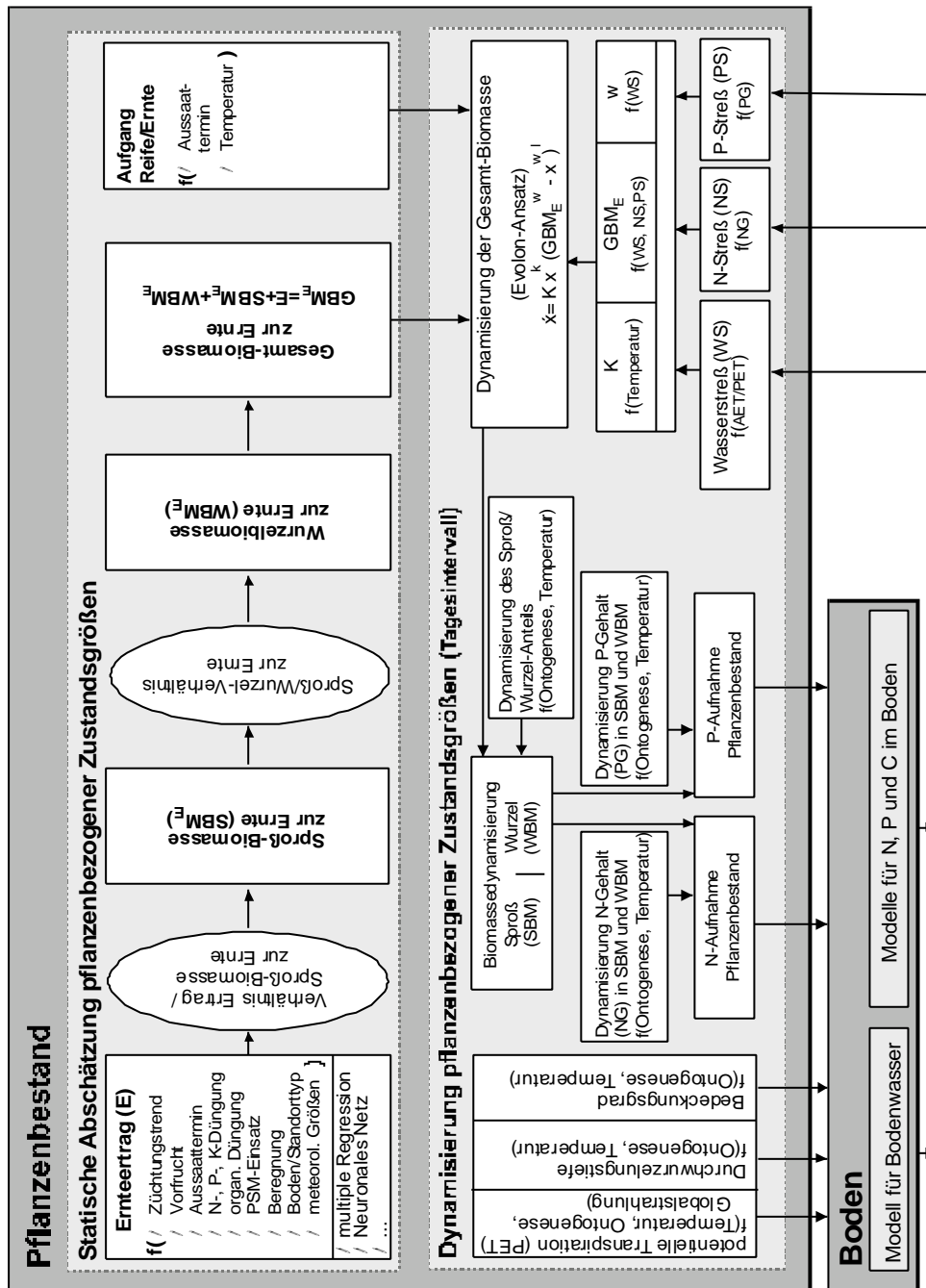
## 1 Einführung /Zielstellung

Für die regionale Abschätzung von Auswirkungen unterschiedlicher Nutzungsstrategien und –intensitäten sowie möglicher Klimaänderungen in Agrarlandschaften sind standortdifferenzierte Aussagen zu den Potenzialen pflanzlicher Produktivität und Ertragsbildung - zwei pflanzenbezogene Landschaftsindikatoren - eine wichtige Voraussetzung. Da auf Landschaftsebene mit Experimenten im herkömmlichen Sinn aufgrund dazu notwendiger räumlicher, zeitlicher sowie finanzieller Einschränkungen nicht gearbeitet werden kann und häufig Zukunftsabschätzungen gefordert werden, muß auf Simulationsexperimente zurückgegriffen werden. Für eine Abschätzung der beiden oben genannten Landschaftsindikatoren auf Ackerland sind einfach strukturierte Kulturpflanzenmodelle notwendig, die gleichzeitig Züchtungs- und Technologietrends berücksichtigen müssen. Die dafür notwendigen Modelle sind nicht so sehr in Richtung abzubildender Prozeßtiefe auszurichten, sondern sind hinsichtlich der regional typischen und damit zu berücksichtigenden Fruchtartenpalette sowie der im regionalen Maßstab nur restriktiv zur Verfügung stehenden Inputdaten auf die notwendige Anwendungsbreite zu orientieren. Im Zusammenwirken mit anderen Modulen innerhalb von Landschaftsmodellen sind durch die Kulturpflanzenmodelle sowohl die Biomassefraktionen zur Ernte (statische Größen) als Voraussetzung für Stoffbilanzen als auch die zeitabhängigen Verläufe für einzelne Biomassefraktionen zwischen Aufgang und Ernte (dynamische Größen) als Voraussetzung für die Kopplung mit dynamischen Bodenmodellen bereitzustellen. Im Beitrag wird deshalb ein einheitlich strukturiertes und mit wenigen, regional verfügbaren Inputdaten auskommendes generisches Kulturpflanzenmodell nebst ersten Ergebnissen für Winterweizen und Zuckerrüben vorgestellt.

## 2 Modellstruktur

Das fruchtartenübergreifend einheitlich strukturierte Kulturpflanzenmodell zur Abschätzung von Biomasseakkumulation und Ertrag auf Ackerstandorten unter Praxisbedingungen besteht aus einem statischen und einem dynamischen Teil (Abbildung 1). Im statischen Modellteil erfolgt ausgehend von einer standorttyp-, wetter-, züchtungstrend- und managementabhängigen Abschätzung des ökonomisch verwertbaren Ertrages sowie der Abschätzung der Termine für Aufgang und Reife/Ernte mittels bewirtschaftungssystem- und fruchtartabhängiger Verhältnisgrößen (Piorr, 2001) die Abschätzung der gebildeten Sproß-, Wurzel- und Gesamtbio-masse zum Erntetermin. Die Ertragsabschätzungen zu den einzelnen Fruchtarten können je nach Datenverfügbarkeit mit unterschiedlichen Methoden vorgenommen werden. Bei ausreichend großen Datenpools wird auf die multiple lineare Regression bzw. auf Neuronale Netze, die in der Regel bessere Ergebnisse erbringen, zurückgegriffen. Eine ausführliche Beschreibung der Struktur des für die Ertragsschätzung bei unterschiedlichen landwirtschaftlichen

Fruchtarten zur Anwendung gebrachten Neuronalen Netzes ist bei Wieland et al. (2001) zu finden. Bei beschränkt zur Verfügung stehenden Daten kann der Ertrag landwirtschaftlicher Fruchtarten auch nach Roth (Roth, 1995) bzw. nach Kindler (Kindler, 1992) abgeschätzt werden. Letztere beiden Verfahren schätzen dabei die standortbezogenen Potenzial- bzw. Naturalerträge mit sehr einfachen Ansätzen ab. Die Abschätzung des Eintreffens der beiden Ontogenesestadien Aufgang und Reife erfolgt anschließend mittels Temperatursummen ( $T > 0\text{ °C}$ ), beginnend bei Aussaat bzw. Pflanzung. Bei Winterweizen sind das  $129\text{ °C}$  für den Aufgang (DC 10) und  $1965\text{ °C}$  für die Reife (DC 92).



**Abb. 1: Einheitliche Modellstruktur zur Abschätzung von Biomasse und Ertrag landwirtschaftlicher Fruchtarten auf Ackerstandorten**

Im dynamischen Modellteil erfolgt zwischen Aufgang und Reife eine Dynamisierung der Spross-, Wurzel- und Gesamtbiomasse als Grundlage für die Bereitstellung von täglichen Raten der Stickstoff- und Phosphoraufnahme für die entsprechenden Bodenmodelle.

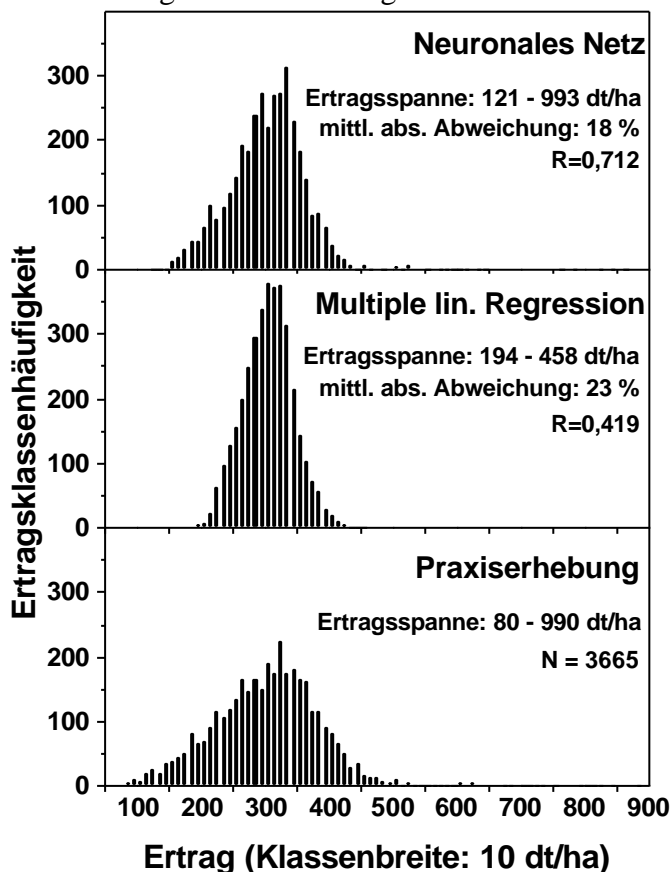
Mathematisch umgesetzt wird das durch den leistungsstarken Evolon-Ansatz nach Peschel/Mende (Peschel,1988)

$$\dot{x} = K \cdot x^k \cdot (GBM^w - x^w)^l,$$

einen Differentialgleichungsansatz, der günstig mit dem Runge-Kutta-Verfahren gelöst werden kann. In diesem Ansatz sind x die Wachstumsgröße und GBM das Wachstumsziel, d.h. hier die gesamte Biomasse zur Ernte. Über den Exponenten k lassen sich kooperative Wachstumsprozesse abbilden, über die Exponenten w und l entsprechende Destruktionsprozesse berücksichtigen und über K läßt sich die Prozessgeschwindigkeit, wie z.B. auch ein Wachstumsstillstand bei Temperaturen < 0 °C, beschreiben. Mittels Rückkopplung mit den Bodenmodellen und die damit mögliche Ausweisung von Streßgrößen wird auf die Parameter des Evolon-Ansatzes Einfluß genommen und somit der typisch sigmoide Verlauf der Wachstumskurve streßbedingt verändert und damit realitätsnäher abgebildet. Auf die Anwendung und Implementierung des Evolon-Ansatzes im Rahmen der Kulturpflanzenmodelle wird bei Wieland et al. (2001) im Detail eingegangen. Parallel dazu wird ebenfalls über Temperatursummen (T > 0 °C) die Dynamik von Durchwurzelungstiefe und Bedeckungsgrad abgebildet. Die Fruchtartbezogenheit des einheitlich strukturierten Kulturpflanzenmodells wird über fruchtartspezifische Parametersätze erreicht. Eine detaillierte Beschreibung einzelner Algorithmen und Modellansätze ist beispielhaft für die Fruchtart Winterweizen bei Mirschel et al. (2001) zu finden.

### 3 Datengrundlage und Ergebnisse

Für die Parametrisierung des Kulturpflanzenmodells für die Fruchtarten Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste, Sommergerste, Winterraps, Zuckerrüben, Hafer und Kartoffeln wird auf umfangreiche über die gesamten neuen Bundesländer verteilte repräsentative schlagbezo-

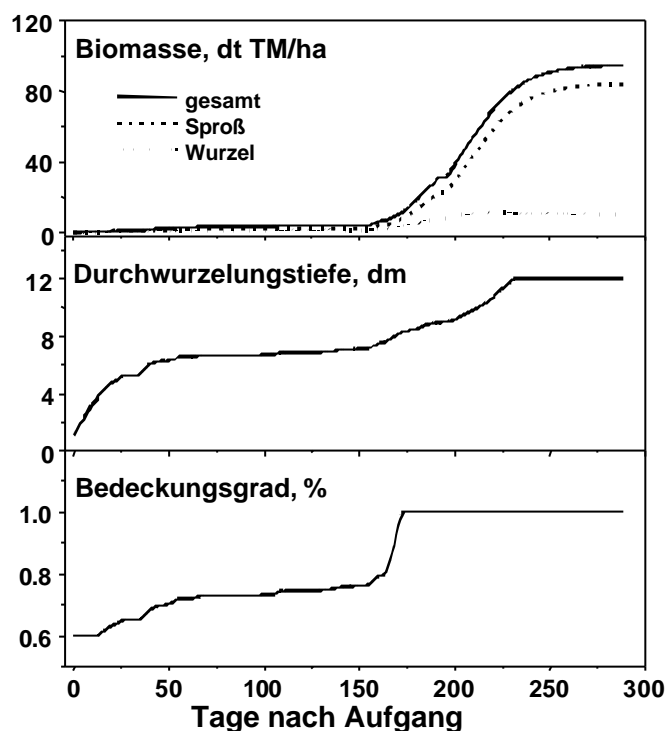


gene Praxiserhebungen des integrierten Anbaus aus dem Zeitraum von 1976 bis 1989 sowie die dazugehörigen Wetterdaten der entsprechenden repräsentativen meteorologischen Stationen zurückgegriffen. Insgesamt sind das 39.004 Datensätze, pro Fruchtart zwischen 2.900 und 9.200.

Beispielhaft für die statische Ertragsschätzung sind in Abbildung 2 für Zuckerrüben den Ertragserhebungen (Praxisdaten) die zum einen mittels einer multiplen linearen Regression und zum anderen mittels eines Neuronales Netzes ermittelten Ertragsschätzungen gegenübergestellt.

Abb. 2: Gegenüberstellung praxiserhobener und modellmäßig geschätzter Zuckerrübenerträge (gesamte neue Bundesländer, 1976-1989)

Die Häufigkeitsverteilung über die Ertragsklassen zeigt deutlich die besseren Ergebnisse, die mit dem Neuronalen Netz erzielt werden. Auch die Ertragsspannweite wird beim Neuronalen Netz besser abgedeckt.



Ein Beispiel für die tagesschrittweise Dynamisierung der Biomasseakkumulation in ihren einzelnen Fraktionen sowie der Dynamik von Durchwurzelungstiefe und Bedeckungsgrad zwischen Aufgang und Reife ist in Abbildung 3 für einen Winterweizenbestand dargestellt. Bei der Biomasse-dynamisierung wird von der zur Ernte vorhandenen Gesamtbiomasse ausgegangen.

Abb. 3:  
Biomasse, Durchwurzelungstiefe und Bedeckungsgrad bei Winterweizen in ihrer Dynamik zwischen Aufgang und Reife (Neubrandenburg, 1984)

#### 4 Danksagung

Diese Arbeit wurde gefördert durch das Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg und das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft.

#### 5 Literatur

- KINDLER, R. (1992): Ertragsschätzungen in den neuen Bundesländern. Verlag Pflug und Feder GmbH, St. Augustin, 230 S.
- MIRSCHER, W.; WIELAND, R.; JOCHHEIM, H.; KERSEBAUM, K. C.; WEGEHENKEL, M.; WENKEL, K.-O. (2001): Einheitliches Pflanzenwachstumsmodell für Ackerkulturen im Modellsystem SOCRATES. In: GNAUK, A. (Hrsg.): Theorie und Modellierung von Ökosystemen. Shaker Verlag, Aachen, (im Druck)
- PESCHEL, M. (1988): Regelungstechnik auf dem Personalcomputer, Verlag Technik, Berlin, 206 S.
- PIORR, H.-P. (2001): Entwicklung und Zukunft der Agrarlandschaften in Deutschland. Habilitationsschrift, Universität Potsdam
- ROTH, R. (1995): Ertragsschätzung für landwirtschaftliche Kulturen. In: BORK, H.-R.; DALCHOW, C.; KÄCHELE, H.; PIORR, H.-P.; WENKEL, K.-O.: Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen: ökologische und ökonomische Konsequenzen. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, S. 59-61
- WIELAND, R.; MIRSCHER, W.; JOCHHEIM, H.; KERSEBAUM, K. C.; WEGEHENKEL, M.; WENKEL, K.-O. (2001): Objektorientierte Modellentwicklung am Beispiel des Modellsystems SOCRATES. In: GNAUK, A. (Hrsg.): Theorie und Modellierung von Ökosystemen. Shaker Verlag, Aachen, (im Druck)