

Entwicklung von Soft- und Hardwarekomponenten zur Charakterisierung von Kulturpflanzenbeständen

PETER WERNECKE, QUEDLINBURG
WOLFGANG LIEDECKE, QUEDLINBURG
JOHANNES MÜLLER, QUEDLINBURG
GEROLF DUBSKY, QUEDLINBURG
MATHIAS STRUTZ, QUEDLINBURG
WULF DIEPENBROCK, HALLE

Abstract

The characterization of crop stands in space and time requires the development, implementation and test of mathematical models describing crop structure, growth and ontogenesis as well as appropriate measuring methods and devices to obtain sufficient and accurate experimental data for model calibration and validation. In this context selected soft- and hardware-components, developed in the Agroecosystems Research Group at the Institute of Agricultural Ecology, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg e.V., are discussed.

1 Einführung

Kulturpflanzenbestände sind durch eine detaillierte Raum- und Zeitstruktur charakterisiert, die sich in der zeitlich veränderlichen Architektur des Sproß-Wurzelsystems der Pflanzenbestände im Verlaufe ihrer Ontogenese, in der Kurz- und Langzeitdynamik der Stoff- und Energieaustauschprozesse im Systemverbund "Atmosphäre-Pflanzenbestand-Boden" sowie in der räumlich-zeitlich-funktionalen Differenzierung der pflanzlichen Organe ausprägt. Zur Charakterisierung und Quantifizierung dieser Strukturen sind von den Autoren in den letzten Jahren Soft- und Hardwarekomponenten entwickelt worden, die in diesem Beitrag näher vorgestellt werden.

2 Allgemeine Entwicklungsziele

Unsere Arbeitsgruppe hat sich zum Ziel gesetzt, Soft- und Hardwareprodukte bereitzustellen, die für die Quantifizierung ökosystemarer Kenngrößen und Prozesse sowie für die Erfassung der Wechselwirkungen in agrarischen Ökosystemen einsetzbar sind. Die Arbeiten zur Modellierung schließen die Entwicklung nutzerfreundlicher Simulationsumgebungen zur einfachen Handhabung der Simulationsmodelle, zur Auswahl von Szenarien, zur Durchführung von Simulationsstudien sowie zur Zustandsdiagnose pflanzlicher Bestände wie auch Tools zur Modellidentifikation und Parameterschätzung sowie Kalibrierungs-, Validierungs-, Optimierungs- und Visualisierungsverfahren ein. Die zu entwickelnden Meßverfahren und Sensoren sollen die Messung aller relevanten Komponenten des Vektors der experimentellen Einflußgrößen mit einer der Aufgabenstellung adäquaten Abstrakte erlauben. Um diese vielschichtigen und komplexen Ziele zu erreichen, sind die Soft- und Hardwarekomponenten sinnvoll aufeinander abzustimmen, im Verbund einzusetzen bzw. neu zu entwickeln.

3 Detaillierte Beschreibung einzelner Software- und Hardwarekomponenten

3.1 Ontogenese-Modelle

Die Ontogenese-Modelle (ONTO-WW, ONTO-WG, ONTO-WR) wurden für die Kulturpflanzenarten Winterweizen (WW), Wintergerste (WG) und Winterrap (WR) entwickelt und berechnen die Entwicklungsstadien (Dezimalcode DC) der Pflanzenbestände auf der Basis lokaler Wetterdaten (WERNECKE und CLAUS 1996). Seit 1996 werden die zwei Softwarekomponenten ONTO-WW und ONTO-WG im Rahmen der Schaderregerprognose für Getreidebestände in mehreren Bundesländern genutzt (ROSSBERG und WERNECKE 1997). Auf der Basis von mehrjährigen Bonitur- und Umweltdaten des Landes Sachsen-Anhalt und weiterer Bundesländer konnten die Ontogenesemodelle standortspezifisch erfolgreich validiert werden. Die neuentwickelte Modellkomponente *Onto98ProDC* berechnet eine mittelfristige Entwicklungsprognose für die Getreidearten auf der Basis von aktuellen zehntägigen Wetterprognosen, die vom Deutschen Wetterdienstes wöchentlich zweimal bereitgestellt werden. Das Prognoseverfahren wird zur Zeit in Zusammenarbeit mit einem Agrarunternehmen in Sachsen-Anhalt getestet.

3.2 Simulation von Stoffbilanzen

Das Black-Box-Prozeßmodell *Chow98* berechnet die Stoffproduktion von Fruchtfolgen der Kulturpflanzenarten Winterweizen (WW), Wintererste (WG) und Wintererbsen (WR) unter Berücksichtigung der Einflüsse des Stickstoff- und Wasserhaushaltes über den Zeitraum mehrerer Jahre. Für den Standort Quedlinburg und die Jahre 1993-95 sind die Zeitverläufe der Trockenmasse (C), der Stickstoffmasse (N), des Entwicklungszustands (O) des Pflanzenbestandes und die Wasserbilanz (W) auf der Basis von Tagesmittelwerten berechnet worden (Abb. 1).

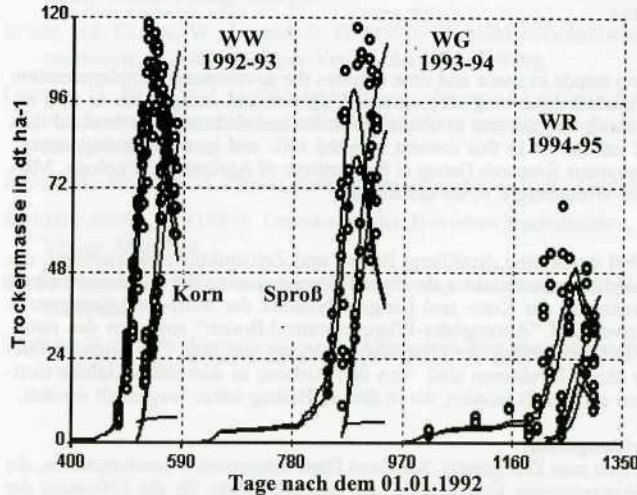


Abb. 1: Simulation der Trockenmasse-Dynamik der Fruchtfolge Weizen-Gerste-Raps, Meßfeld AÖI Quedlinburg. Meßwerte (°), Simulation (—); vegetative und reproduktive Kompartimente in zwei Wiederholungen

3.3 Modellierung von virtuellen Pflanzenbeständen

Die Software VICA ermöglicht es, Pflanzenbestände in ihrer räumlich dreidimensionalen Bestandesstruktur zu modellieren, den Photonentransfer in diesen virtuellen Pflanzenbeständen zu simulieren und die Ergebnisse über farbkodierte Abbilder des Modellsystems Licht-Pflanzenbestand-Boden zu visualisieren. VICA gestattet insbesondere die Modellierung des Strahlungstransfers für Einzelpflanzen oder stark heterogen strukturierte Pflanzenbestände. Eine menügesteuerte Modellparametrisierung erlaubt es, interaktiv virtuelle Pflanzenbestände unterschiedlicher Architektur zu konstruieren. Es ist u.a. auch möglich, Tagesgänge und vertikale Profile der diffusen und direkten photosynthetisch aktiven Strahlung im Pflanzenbestand bei Vorgabe optischer Eigenschaften des Pflanzenbestandes zu berechnen.

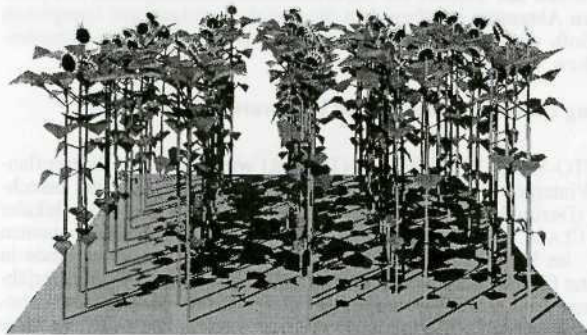


Abb. 2: Virtueller Pflanzenbestand - Photonentransfer

Es ist u.a. auch möglich, Tagesgänge und vertikale Profile der diffusen und direkten photosynthetisch aktiven Strahlung im Pflanzenbestand bei Vorgabe optischer Eigenschaften des Pflanzenbestandes zu berechnen.

3.4 Modellierung des Gasaustausches von Kulturpflanzenbeständen

Die gekoppelten Prozesse des CO₂- u. H₂O-Gasaustausches (MÜLLER und WERNECKE 1996) und des Energieaustausches (PIGLA und CLAUS 1993) von Pflanzenbeständen werden mit einem deterministischen, modular strukturierten Mehrschichtmodell am Beispiel des Winterweizens (*Triticum aestivum* L.) beschrieben. Der Zusammenhang zwischen pflanzenbaulich relevanten Bestandesmerkmalen und dem CO₂-Austausch bzw. der Transpiration der Bestände wird in dem Modell unter Berücksichtigung der vertikalen Profile dieser Größen abgebildet. Die physiologischen und biophysikalischen Kernmodule des Modells erfassen alle relevanten Prozesse mit ausreichendem Detaillierungsgrad und liegen gegenwärtig in einer für Winterweizen parametrisierten Version vor. Zur Modellüberprüfung und -kalibration wurden die Raten des CO₂-Austausches und der Evapotranspiration von Winterweizenbeständen der Sorte "Orestis" an Parzellenteilstücken (ca. 1 m², Meßfeld Agroökosystemforschung Quedlinburg, Stickstoffdüngung 0 bzw. 120 kg N ha⁻¹) mit einem Großküvettenystem (siehe Liedecke und Müller 1996) unter Einsatz eines CO₂-H₂O-Gasanalysator bestimmt. Begleitend wurden die erforderlichen klimatischen Kenngrößen sowie die vertikalen Profile des Blattflächenindex (LI-2000, LICOR) und der Flächenkonzentrationen des Stickstoffs und des Chlorophylls (SPAD 502, MINOLTA) der

Blattspreiten erfaßt. Der Einfluß der Umweltfaktoren, der Stickstoffversorgung der Pflanzen sowie weiterer Bestandesfaktoren auf den CO₂- und H₂O-Gasaustausch wird durch das Modell in guter Übereinstimmung mit den Meßdaten wiedergegeben (Abb. 3). Die Parameter der Grundcharakteristiken des Gasaustausches wurden aus Gaswechsellmessungen an Einzelblättern bestimmt.

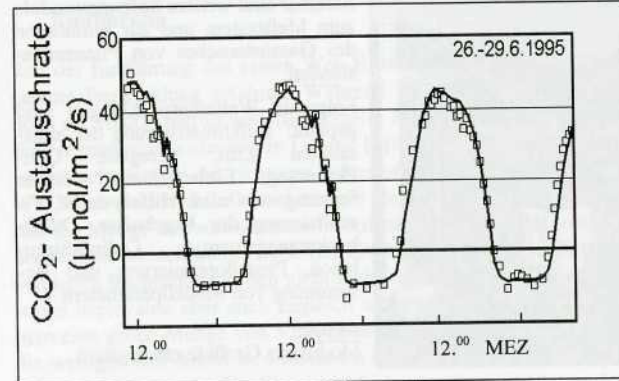


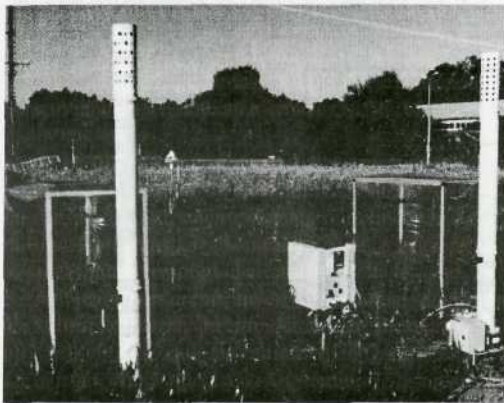
Abb. 3: CO₂-Austauschrate von Winterweizen Meßwerte und Simulation

3.5 Agrarökologische Datenbank

Die agrarökologische Datenbank umfaßt mehrere miteinander verbundene und über ein Metainformationssystem verwaltete Komponenten, zu deren Handhabung eine interaktive Datenbankoberfläche aufgebaut wird. Basiskomponente ist eine Datenbank zur Archivierung, Verwaltung und Pflege der Datenbestände mehrjähriger agrarökologischer Komplexversuche. In dieser Datenbank werden die gesamten, vollständigen Tages- und Jahresverläufe umfassende Klima- und Bodendaten des Versuchsstandortes Quedlinburg (Umweltmonitoring) sowie die hierzu kohärenten Zeitreihen von biochemischen und physiologischen Kenngrößen der Stoffproduktion von Kulturpflanzenbeständen erfaßt. Mit den umfangreichen experimentell ermittelten Zeitreihen von Zustandsgrößen der Pflanzenbestände und der Umgebung wird ein Datenfundus verfügbar, der zur Modellparametrisierung und -validierung genutzt werden kann. Ziel ist die Schaffung einer innovativen Daten- und Wissensbasis zur Ableitung und Darstellung von Zusammenhängen zwischen Kenndaten der pflanzlichen Entwicklung innerhalb eines agrarischen Ökosystems und den Umweltdaten.

3.6 Modulares Großküvettenystem

Das für Gasaustauschmessungen an Pflanzenbeständen entwickelte Küvettenystem kann durch seinen modularen Aufbau unterschiedlichen Pflanzenarten und Meßbedingungen im Freiland leicht angepaßt und damit einer Vielzahl von Aufgabenstellungen in Forschung und Praxis gerecht werden. Anwendungsgebiete sind z. B. die pflanzenphysiologische Forschung, die Ökosystemforschung, die Pflanzenbauforschung, die Pflanzenzüchtung und der Umweltschutz. Die Konstruktion des Küvettenystems gewährleistet nahezu homogene mikroklimatische Bedingungen in der Assimilationsküvette und gestattet es, die Abweichungen von den äußeren Umgebungsbedingungen gering zu halten. Sensoren zur Erfassung der mikroklimatischen Einflußgrößen ermöglichen eine exakte Charakterisierung der Umgebungsbedingungen der Pflanzen in der Küvette. Die mitgelieferte Software gibt umfangreiche Unterstützung beim Installieren und Testen der Meßeinrichtung, bei der Erstellung von den jeweiligen Versuchsbedingungen angepaß-



ten Meßprogrammen und bei der Archivierung der Ergebnisse. Optional lieferbar sind weitere Softwaremodule zum Meßsystem und zur Simulation des Gasaustausches von Pflanzenbeständen.

Folgende Weiterentwicklungen sind geplant: Teilklimatisierung der angesaugten Luft, geregelte CO₂-Dosierung, Einbeziehung weiterer Spurengase, Online Hilfesysteme, Visualisierung der Ergebnisse, Datenbankmanagement, Online-Simulation, Prozeßoptimierung und Bestimmung von Modellparametern

Abb 4:
Modulares Großküvettenystem

4 Literatur

- LIEDECKE, W.; MÜLLER, J. (1996): Meßtechnische Voraussetzungen für die Erfassung des CO₂-Gasaustausches "Pflanzenbestand-Atmosphäre". In: Mühle H. und Claus, S. (Hrsg): Reaktionsverhalten von agrar. Ökosystemen homogener Areale. Teubner 1996, 229-241.
- MÜLLER, J.; WERNECKE, P. (1996): Modell des CO₂-Gasaustausches von Pflanzenbeständen. In: Mühle H. und Claus, S. (Hrsg): siehe oben, 77-105.
- PIGLA, U.; CLAUS, S. (1993): Two Leaf Temperature Models of Winter Wheat. Model. Geosphere Processes 1993, 67-82.
- ROSSBERG, D.; WERNECKE, P. (1997): Weiterentwicklung des Simulationsmodells ONTO (Ontogenese Wintergetreide), bedingt durch seine Anwendung. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, 1997, 49 (9), S. 223-227.
- WERNECKE, P.; CLAUS, S. (1996): Modelle der Ontogenese für die Kulturarten Winterweizen, Wintergerste und Winterarras. In: Mühle, H., Claus, S. (Hrsg.): siehe oben, 105-120.