

SOCRATES – ein objektorientiertes Modellsystem zur regionalen Abschätzung der Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimaänderungen auf Boden- und Pflanzengrößen

WILFRIED MIRSCHEL, MÜNCHEBERG
KURT CHRISTIAN KERSEBAUM, MÜNCHEBERG
MARTIN WEGEHENKEL, MÜNCHEBERG
RALF WIELAND, MÜNCHEBERG
KARL-OTTO WENKEL, MÜNCHEBERG

Abstract

A new object oriented model system called SOCRATES (SOil CRop ATmosphEre Simulation system) for estimation of landuse (type and intensity) and climate changes effects on water and matter balances as well as biomass formation is described. A regional application of SOCRATES for the whole Ücker river catchment is shown. Catchment percolation water and nitrogen leaching results for three different land use scenarios are represented.

1 Einführung / Zielstellung

Komplexe Landschaftsmodelle sind gekoppelt mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) und einem Szenario-Simulationstool eine unabdingbare Voraussetzung für die Abschätzung von Auswirkungen unterschiedlicher Landnutzungen und Bewirtschaftungintensitäten sowie möglicher klimatischer Veränderungen auf die Landschaft charakterisierende Indikatoren, die sie im abiotischen und biotischen Bereich sowohl qualitativ als auch quantitativ beschreiben. Zu diesen zählen unter anderem Boden- und Pflanzenindikatoren, wie Stickstoffauswaschung, Evapotranspiration, Sickerwasserabfluß sowie Biomassebildung und Ertrag.

Im Rahmen des im ZALF Müncheberg als Prototyp neu entwickelten *Entscheidungsunterstützungssystems für eine nachhaltige Landschaftsentwicklung (ZEUS – ZALF Entscheidungs-Unterstützungssystem)* interagieren dabei unter einer speziell entwickelten Software verschiedene sowohl die Landschaft als auch die Landschaftsprozesse beschreibende Komponenten (Wieland et al., 2002). Voraussetzung für eine ständige Erweiterung des Gesamtsystems ist dabei eine objektorientierte Systemstruktur.

Um in vornehmlich agrarisch genutzten Landschaften Aussagen zu oben genannten Indikatoren auf Acker- und Grünland treffen zu können, wurden im Rahmen des entwickelten Prototyps die bisher im ZALF einzeln verfügbaren, langjährig in Feld- und Praxisexperimenten erprobten und kalibrierten Modellkomponenten zum Bodenwasser- und zum Bodenstickstoffhaushalt sowie zum Pflanzenwachstum zu einer neuen objektorientierten Modellkomponente SOCRATES zusammengeführt.

2 Modellbeschreibung

Die in ZEUS integrierte Modellkomponente SOCRATES dient auf Acker- und Grünland der Abschätzung von Effekten verschiedener Landnutzungs- und Bewirtschaftungsoptionen sowie von Klimaänderungen auf den Wasser- und Stoffhaushalt sowie die Biomasse- und Ertragsbildung. SOCRATES behandelt eindimensional die Kompartimente Vegetationsdecke und durchwurzelte Bodenzone, wobei laterale Prozesse keine Berücksichtigung finden. Es baut auf den Modellalgorithmen der früher im ZALF Müncheberg entwickelten Modelle HERMES zur Beschreibung der Bodenstickstoffdynamik (Kersebaum & Beblík, 2001), THESEUS zur Beschreibung des Bodenwasserhaushaltes (Wegehenkel, 2000) sowie AGROSIM zur Beschreibung von Biomasse- und Ertragsbildung (Mirschel et al., 1996) auf. SOCRATES be-

schreibt unter Nutzung von Methoden der objektorientierten Modellentwicklung unter C++ bei einer zeitlichen Auflösung von einem Tag die Dynamik der wichtigsten Boden- und Pflanzengrößen. Abgebildet wird damit das Wechselspiel zwischen Boden, Pflanze, Atmosphäre und Management. Innerhalb von SOCRATES gibt es die Objekte „Pflanze“, „Bodenstickstoff“ und „Bodenwasser“ (Abb. 1).

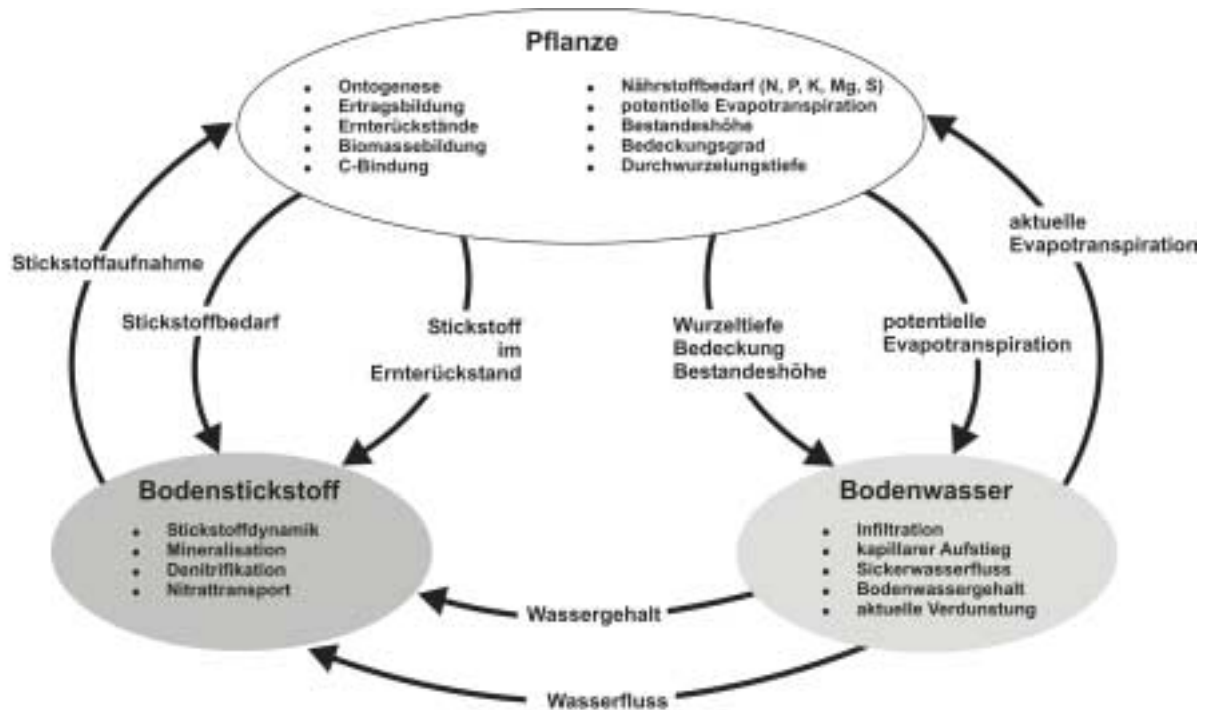


Abb. 1: Objektorientierte Struktur des Modellsystems SOCRATES und wechselseitiger Nachrichtenaustausch zwischen den Objekten

In jedem Objekt werden die entsprechenden prozeßbezogenen Zustandsgrößen und Indikatorvariablen berechnet. Das Objekt „Pflanze“ stellt neben den dynamischen Pflanzengrößen auch statische Größen zum Zeitpunkt der Ernte als Grundlage für Stoffbilanzen bereit. Hier erfolgt die zeitliche Steuerung über Temperatursummen und ist damit an die Ontogenese angepaßt. Ausgehend von einer den Standort, das Wetter, den Züchtungstrend und das Agromanagement berücksichtigenden Ertragsberechnung erfolgt die Beschreibung der dynamischen Biomasseentwicklung zwischen Aufgang/Pflanzung und Ernte mit Hilfe des auf Differentialgleichungen basierenden Evolon-Ansatzes nach Peschel/Mende (Peschel, 1988). Dabei werden Temperatur-, Wasser- und Stickstoffstreßabhängigkeiten berücksichtigt. Eine detaillierte inhaltliche Beschreibung des Objektes „Pflanze“, d.h. des darin enthaltenen Kulturpflanzenmodells, ist bei Mirschel et al. (2002) zu finden. Im Objekt „Bodenstickstoff“ werden die zum Stickstoffkomplex gehörenden Bodenprozesse und Zustandsvariablen beschrieben und damit für verschiedene Größen und Indikatoren Verläufe mit einer zeitlichen Auflösung von einem Tag berechnet. Dabei spielt das bodenfeuchte- und bodentemperaturabhängige Mineralisierungsmodell eine zentrale Rolle. Berücksichtigt werden auch die Stickstoffentzüge durch den Pflanzenbestand. Eine Beschreibung der im Objekt „Bodenstickstoff“ berücksichtigten Prozesse im Detail ist bei Kersebaum & Beblík (2001) zu finden. Im Objekt „Bodenwasser“ werden die zum Bodenwasserhaushalt gehörenden Prozesse und Zustandsvariablen beschrieben und ebenfalls in einer täglichen Auflösung zur Verfügung gestellt. Wesentliche Prozesse dabei sind die Versickerung, der kapillare Aufstieg und die aktuelle Evapotranspiration. Letztere basiert auf Ansätzen von Koitzsch (Koitzsch et al., 1980). Eine detaillierte Beschreibung der

im Objekt „Bodenwasser“ berücksichtigten Algorithmen ist bei Wegehenkel (2002) zu finden. In den Objekten „Bodenstickstoff“ und „Bodenwasser“ wird der Boden in 10-cm-Schichten bis in eine Tiefe von 1,5 m berücksichtigt. Der zwischen den einzelnen Objekten notwendige wechselseitige Nachrichtenaustausch zu den einzelnen Zustandsvariablen des Gesamtsystems ist in Abbildung 1 dargestellt.

3 Anwendungsbeispiel „Ücker-Einzugsgebiet“

Durch die Modell-GIS-Kopplung im Rahmen von ZEUS wird es möglich, die mit SOCRATES beschreibbaren Landschaftsindikatoren auch für größere Regionen zu quantifizieren und auf dieser Basis regionale Aussagen zu treffen. Voraussetzung ist aber, daß die für SOCRATES notwendigen Inputinformationen bereitgestellt werden können.

Als Beispiel für eine regionale Anwendung von SOCRATES soll das Flusseinzugsgebiet der Ücker im Nordosten Deutschlands mit einer Größe von ca. 5300 km² dienen. Dabei wurde das Gesamtgebiet in 21.252 Raster (154 x 138 Raster) mit einer Größe von je 25 ha (500m x 500m) eingeteilt.

Um die Auswirkungen verschiedener Nutzungen der Agrarflächen dieser Region auf Landschaftsindikatoren wie z.B. Sickerwasserabfluß und Stickstoffauswaschung zu quantifizieren, wurden mit SOCRATES für diese Region verschiedene Landnutzungsszenarien gerechnet. Als Bezugsbasis für einen Vergleich wird von einer Nutzung ausgegangen, die durch die gegenwärtige Förderpolitik in der Landwirtschaft geprägt ist (Szenario 1). In zwei weiteren Szenarien werden Landnutzungen abgeleitet, die aus unterschiedlich angenommenen Fördersituationen in der Landwirtschaft in 2010 resultieren. Einmal wird eine budgetneutrale Umschichtung von 20 % der Fördermittel hin zum ökologischen Landbau angenommen (Szenario 2) und zum anderen wurde zu einer angenommenen 20 %igen Umschichtung in den Ökolandbau zusätzlich noch der gesamte Subventionsfluß in die Landwirtschaft um 20 % vermindert (Szenario 3).

3.1 Datengrundlage

Bei der Einteilung des Gebietes in Raster wird davon ausgegangen, daß die einzelnen Raster als homogen betrachtet werden, d.h. an jedem Punkt des Rasters die gleichen Bedingungen bzw. Voraussetzungen hinsichtlich der angebauten Fruchtart, des Bodens, des Wetters und des Agromanagements herrschen. Damit müssen rasterweise für jedes der drei Szenarien die für SOCRATES notwendigen Inputinformationen und Parameter bereitgestellt werden.

Das erfolgt über verschiedene thematisierte GIS-Karten (Bodenkarte, Landnutzungskarte, Hydromorphietyp-Karte), über regionalisierte meteorologische Daten (Basis: meteorologisches Meßnetz) und über regions-, fruchtart- und anbauspezifische Agromanagement-Tabellen. Bei der Anbauspezifik wird nur zwischen konventionellem und ökologischem Anbau unterschieden. Ausgehend vom rasterbezogenen Standortregionaltyp aus der MMK (Mittelmaßstäbliche Kartierung) werden die dafür typischen Bodenprofile abgeleitet, für die anschließend über die KA4 eine bis 1,5 m Tiefe schichtbezogene Ableitung der für die Objekte „Bodenstickstoff“ und „Bodenwasser“ notwendigen Bodencharakteristika erfolgt.

3.2 Ergebnisse

Für das Ausgangsszenario (Szenario 1) sind in Abbildung 2 sowohl für die Versickerung als auch für den N-Austrag rasterweise die regionalen Verteilungen wiedergegeben. Im Vergleich zum Stickstoffaustrag aus den Agrarflächen des Einzugsgebietes der Ücker im Szenario 1 kommt es bedingt durch eine sowohl in der regionalen Verteilung als auch in der Intensität veränderten Landnutzung im Szenario 2 zu einer Reduzierung des Stickstoffaustrages um 3,1 % und im Falle des Szenarios 3 zu einer Reduzierung um 10,3 %.

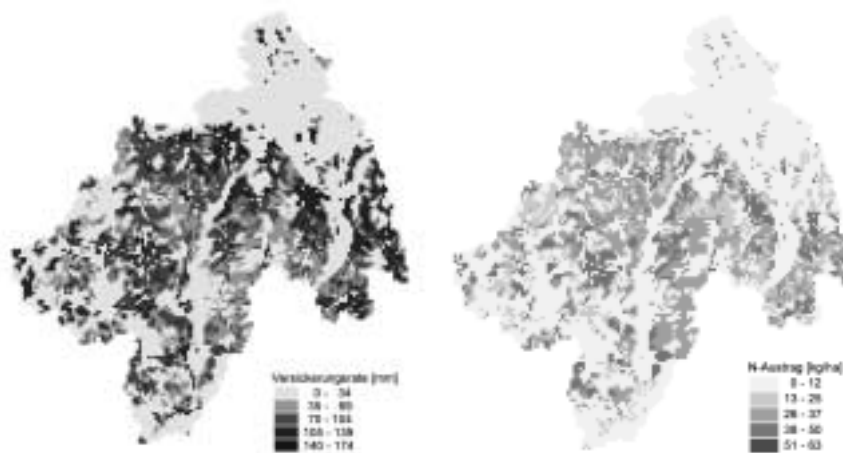


Abb. 2: Rasterbezogene regionale Verteilung von Sickerwasserabfluß (links) und Stickstoffaustrag (rechts) auf den Agrarflächen des Einzugsgebietes der Ücker (Szenario 1)

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

- KERSEBAUM, K.C.; BEBLIK, A.J. (1995): Performance of a nitrogen dynamics model applied to evaluate agricultural management practices. In: SHAFFER, M.J.; LIWANG MA; HANSEN, S. [Hrsg.]: Modeling carbon and nitrogen dynamics for soil management, S. 549-569, Boca Raton (Lewis Publishers).
- KOITZSCH, R.; HELLING, R.; VETTERLEIN, E. (1980): Simulation des Bodenfeuchteverlaufes unter Berücksichtigung der Wasserbewegung und des Wasserentzuges durch Pflanzenbestände. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd. 24, S. 717-725
- MIRSCHER, W., SCHULTZ, A.; WENKEL, K.-O. (1996): Agroökosystemmodelle als Bestandteile von Landschaftsmodellen. Arch. für Nat.-Lands. 35: 116-131.
- MIRSCHER, W.; WIELAND, R.; JOCHHEIM, H.; KERSEBAUM, K.C.; WEGEHENKEL, M.; WENKEL, K.-O. (2002): 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.
- WEGEHENKEL, M. (2000): Test of a modelling system for simulating water balances and plant growth using various different complex approaches. Ecological Modelling 129, S. 39-64
- WEGEHENKEL, M. (2002): Ein einfaches Modell für die Berechnung der Wasserbilanz unterschiedlicher Standorte. Landnutzung und Landentwicklung 43, S. 108-113
- WIELAND, R.; MIRSCHEL, W.; JOCHHEIM, H.; KERSEBAUM, K.C.; WEGEHENKEL, M.; WENKEL, K.-O. (2002): Objektorientierte Modellentwicklung am Beispiel des Modellsystems SOCRATES. In: GNAUK, A. (Hrsg.): Theorie und Modellierung von Ökosystemen, Shaker Verlag, Aachen, (im Druck)