

Herausgeber:
Albrecht Gnauck

Modellierung und Simulation von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2002



ASIM-Mitteilung AMB 82

Berichte aus der Umweltinformatik

Albrecht Gnauck (Hrsg.)

Modellierung und Simulation von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2002

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-3295-8

ISSN 1616-0886

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Vorwort

Durch direkte und indirekte Nutzungen von Ökosystemen verändert der Mensch die Natur. Parallel dazu ändert sich aber auch kontinuierlich der Zustand unserer Umwelt. Diese Veränderungen unterscheiden sich von den anthropogen bedingten Änderungen hinsichtlich ihres Charakters, ihrer Änderungsgeschwindigkeiten und -richtungen sowie hinsichtlich ihrer Intensität. Sie sind zeitlich und räumlich unterschiedlich ausgeprägt und verlaufen auf verschiedenen Skalen. Zur Vermeidung volkswirtschaftlicher Schäden und irreversibler Eingriffe in die natürlichen Lebensgrundlagen liefern rechnergestützte Informationssysteme und Prozesssimulationen fachbezogene Entscheidungsgrundlagen. Aus diesem Grunde wurden im letzten Jahrzehnt in der Ökosystem- und Umweltforschung umfangreiche Forschungsarbeiten auf den Gebieten des Stoffumsatzes in Ökosystemen und des Stoffstrommanagements, der Modellierungs- und Simulationstechnik, der Integration sozio-ökonomischer Prozesse in Umweltmodelle sowie der Visualisierung von Umweltänderungen durchgeführt. Die durch die Ökosystemnutzungen bedingten Änderungen im Naturhaushalt sind gegenüber natürlichen Schwankungen von Umweltgrößen unterschiedlich zu bewerten. Natürliche Veränderungen der Umwelt schwanken in der Regel gleichmäßig um ein mittleres Niveau. Messbare Veränderungen dieser Mittelwerte sind dann nur über lange Zeiträume zu beobachten, wie es bei langfristigen Wetter- und Klimaaufzeichnungen sowie hydrologische Messreihen der Fall ist. Völlig andere Auswirkungen ergeben sich bei anthropogenen Veränderungen der Natur. Sie führen zu raschen, oft extremen Schwankungen der jeweils beobachteten Zustandsgrößen, wobei die Mittelwerte sprunghaft geändert werden, und zu starken Fluktuationen in den biozönotischen Strukturen sowie in den Funktionen von Ökosystemen. Primärdatenerfassung, Signalanalyse, statistische Auswertungen, liefern rechnergestützte Informationssysteme und Prozesssimulationen sowie fachbezogene Entscheidungsgrundlagen spielen deshalb für die Modellierung und Simulation eine wesentliche Rolle.

Ökosystemmodelle bereiten häufig einem Anwender aus unterschiedlichen Gründen große Schwierigkeiten. Einerseits ist die Beschaffung von Eingangsdaten ein sehr zeit- und arbeitsintensiver Vorgang mit meist hohem finanziellem Aufwand. Dieser Eingangs-

datenaufwand kann durch angepasste Computertechnologien wie die Anwendung von Datenbanken, Datennetzwerken sowie von Geographischen Informationssystemen (GIS) und satellitengestützter Datenerfassung (GPS) reduziert werden. Der direkte Aufwand bei der Dateneingabe kann durch eine komfortable Mensch-Maschine-Schnittstelle reduziert werden. Andererseits sind gewisse Modellparameter nur schwer oder nur indirekt oder als Summenparameter bestimmbar (z. B. kinetische Parameter). Dann müssen entsprechende Werte vom Anwender geschätzt oder aus anderen Informationsquellen methodisch aufwendig abgeleitet werden. Oft sind auch gleichzeitige, parallele Einflüsse von Variablen auf mehrere Zielgrößen oder synergetische Wirkungen von Systemvariablen ungenügend berücksichtigt. Das bedeutet, dass neben kausal begründeten Wechselwirkungen und netzartigen Kopplungsstrukturen auch unscharfe Zusammenhänge in den Ökosystemmodellen zu berücksichtigen sind. Solche modernen hybriden Modellansätze sind aber gegenwärtig noch nicht gut ausgearbeitet und allgemein verfügbar. Insbesondere stellt die Auswertung von Umweltdaten mit mathematischen Prozessmodellen und komplexen Simulationswerkzeugen eine aktuelle Aufgabe dar, um die Effekte von geplanten Eingriffen in den Naturhaushalt abschätzen zu können. Dieser interdisziplinäre Kontext erfordert eine verstärkte Integration verschiedener Wissensgebiete. Aus diesem Grunde bestehen die Ziele des Workshops in der Zusammenführung von neuen systemtheoretischen, mathematischen und ökologischen Erkenntnissen der Umweltforschung, ihren Ausprägungen und Interpretationen in mathematischen Modellen sowie der Darstellung der Simulationsergebnisse mittels Informatik-Werkzeugen.

Das wissenschaftliche des Workshops 2002 umfasste Beiträge zu mathematischen Grundlagen der Modellierung und Simulation von Ökosystemen, zur Entwicklung Kopplung von Software-Werkzeugen für die Umweltmodellierung, zur Datenbankentwicklung, zur statistischen Analyse aquatischer und terrestrischer ökologischer Prozesse, zur Wassergütemodellierung sowie zur Visualisierung von Umweltprozessen. Ausführliche Vortrags- und Diskussionszeiten prägten wiederum den Workshop. Die in diesem Band zusammengefaßten Beiträge stellen die ausgearbeiteten Fassungen der Vorträge dar, in die auch die Ergebnisse der Diskussion eingeflossen sind.

A. *Gnauck, Cottbus*, stellt zu Beginn des Workshops Automaten und Kategorien als grundlegende mathematische Konzepte zur Modellierung und Simulation von Ökosystemen vor. Auf der Grundlage eines allgemeinen Automatenmodells fasst er Ökosysteme als Kommunikationsnetzwerke auf und formuliert ökologische Prozesse mittels kategorientheoretischer Beschreibungen. Ein Ausblick wird auf die Entwicklung einer relationalen Ökologie gegeben.

N. X. *Thinh, Dresden*, greift den automatentheoretischen Faden auf und erläutert ein Modell für die Simulation der Siedlungsdynamik. Dazu wurde das Grundkonzept eines zellulären Automaten durch multivariate Zellzustände und durch Einbindung von GIS-Funktionalitäten erweitert. Das Simulationsmodell wurde mittels *MATHCAD* entwickelt und mit der GIS-Software *Arc/Info* gekoppelt. Anhand digitaler Flächennutzungsdaten der Stadtregion Dresden wurde die Arbeitsweise des Automaten demonstriert.

Gewinnung und Auswertung räumlicher Daten zur Modellierung und Simulation terrestrischer ökologischer Prozesse stellen Problemkreise dar, denen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss. C. *Müller et al., Müncheberg*, berichten über Korrelationen zwischen Standortheterogenität und Artendiversität in Agrarlandschaften. Unter Auswertung von Felddaten und in Datenbanken gespeicherter Information werden statistische Modelle entwickelt, die zur Quantifizierung von Standortheterogenitäten und zur Abschätzung der potentiellen Biodiversität dienen.

Für longitudinal strukturierte aquatische Ökosysteme sind Einschätzungen von Zustandsänderungen an verschiedenen Raumpunkten durch eine Analyse von Zeitreihen möglich. A. *Gnauck, Cottbus*, gibt eine Übersicht über die gegenwärtig in der Wassergütwirtschaft angewendeten Signalmodelle. Diese ermöglichen sowohl statische, als auch dynamische Signalbeschreibungen. Weiterführende Arbeiten werden auf dem Gebiet der hochaufgelösten zeitlichen Identifikation von Einzelereignissen, als auch in der getrennten Behandlung von kurz- und langwelligem Signalverhalten gesehen.

Die Vielzahl von Simulationsstudien in der Ökologie und in der Umweltforschung hat in der Vergangenheit zu unübersichtlichen und häufig nicht kompatiblen Modellentwicklungen und darauf basierenden Simulationsstudien geführt. J. *Finke und M. Sonnenschein, Oldenburg*, stellen ein Informationssystem zur Verwaltung simulationsbasierter ökologi-

scher Studien vor. Durch eine benutzerfreundliche graphische Oberfläche wird nicht nur eine komfortable Datensuche, sondern auch eine Wiederholung von Simulationsläufen sowie das Hinzufügen von neuen Studien ermöglicht. Dadurch wird es bei Projektbearbeitungen möglich, auch zurückliegendes Wissen in aktuelle Anwendungen zu integrieren.

Die Anwendbarkeit von Wassergütemodellen auf unterschiedliche Fließgewässer wird von *K.-E. Lindenschmidt und D. Wagenschein, Magdeburg*, untersucht. Die Arbeitsweise der Modelle *WASP5* und *QSim* und deren Anwendungen auf hydraulisch und hydrologisch verschiedene Gewässer wie Saale, Spree und Teltowkanal werden exemplarisch vorgestellt. In der Diskussion sind Vor- und Nachteile der Modelle gegenübergestellt.

Wassergütemodelle und Optimierungsprozeduren stellen Werkzeuge zum Wassergütemanagement dar. *B. Luther, Cottbus*, stellt dazu ausführlich den Simulator *ISSOP* vor und koppelt ihn über eine Schnittstelle mit dem Eutrophierungsmodell *HavelMod*. In einer ersten Anwendung berichtet er über optimale Parametereinstellungen des Simulationsmodells.

Nachhaltiges Gewässergütemanagement ist ein vielschichtiger und komplizierter Prozess. *U. Simon und R. Brüggemann, Berlin*, überprüfen dazu Erwartungshaltungen der Wasserwirtschaft im Hinblick auf hydrologische und stoffliche Auswirkungen von Nutzungsänderungen. Sie vergleichen dazu auf Expertenwissen beruhende Bewertungen mit simulierten Ergebnissen auf der Grundlage von Indikatoren. Anhand von Hasse-Diagrammen diskutieren sie Übereinstimmungen und Unterschiede in den Bewertungen.

Anhand des regional für Acker- und Grünland einsetzbaren objektorientierten Agroökosystemmodells *SOCRATES* stellen *W. Mirschel et al., Müncheberg*, fest, dass ein rechnergestütztes, effektives und nachhaltiges Management von Ökosystemen bei Kopplung von verschiedenen Simulatoren möglich ist. Sie stellen dazu eine nutzerfreundliche, interaktive Softwarelösung mit einer Modell-GIS-Kopplung vor und präsentieren erste Ergebnisse einer regionalen Anwendung für das Ücker-Einzugsgebiet.

Die Visualisierung von Simulationsergebnissen stellt nicht nur aus wissenschaftlichen und pädagogischen Gründen eine grundlegende Bedingung in der Ökosystemforschung dar, sondern sie ist ein wesentlicher Beitrag zur Akzeptanz von Umweltforschungsvorhaben durch die Öffentlichkeit. Diesem für die Modellierung und Simulation von Ökosystemen wichtigen Thema sind zwei Beiträge gewidmet. *R. Wieland* und *M. Voß, Münchenberg*, diskutieren dazu aktuelle Probleme der 3D-Visualisierung. In ihrer Übersicht stellen sie heraus, für welche Belange moderne Visualisierungsmethoden vorteilhaft eingesetzt werden können und welche Anwendungen noch Defizite aufweisen.

Der Erfolg eines Workshops hängt weniger von seiner Organisation, als von den Teilnehmern selbst und ihrer Bereitschaft, die vorgetragenen Ideen und Ergebnisse offen zu diskutieren, einem sachkundigen Auditorium auf Nachfragen bereitwillig zu antworten und auch kritische Bemerkungen zu akzeptieren. Obwohl jeder der Beiträge eine individuelle Sichtweise des jeweiligen Fachgebietes repräsentiert, ergänzen sich die methodischen Ansätze oder geben zu neuen Überlegungen Anlass. Aus diesem Grunde gilt mein herzlicher Dank allen Teilnehmern, Vortragenden und Diskussionsrednern am Workshop. Insbesondere bin ich den Autoren der Beiträge zu Dank verpflichtet, die die Mühe der Ausarbeitung ihrer Vortagsmanuskripte nicht gescheut und auf den Druck gewartet haben. Nach langer Zeit konnte die Finanzierung des Bandes doch noch gesichert werden. Personalkürzung und Übernahme anderer Aktivitäten haben ebenfalls zu einer verlängerten Bearbeitung des Workshopbandes beigetragen. Dafür bitte ich alle Autoren um Verständnis. Mein besonderer herzlicher Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Hartmut Nemitz für die technische und redaktionelle Bearbeitung der oft komplizierten Texte sowie für die Fertigstellung des druckreifen Manuskriptes. Dem Shaker Verlag Aachen, insbesondere Frau Leany Maaßen, habe ich für die unkomplizierte Herausgabe des Buches in der Reihe „Umweltinformatik“ und für die ausgezeichnete verlegerische Betreuung zu danken.

Inhaltsverzeichnis

<i>Gnauck, A.</i> Automaten und Kategorien – Grundlagen zur mathematischen Modellierung und Simulation ökologischer Netzwerke	1
<i>Thin, N. X.</i> Entwicklung und Umsetzung eines Konzeptes für zelluläre Mehrebenen- Automatenmodelle zur Stadtsimulation	22
<i>Müller, C., G. Berger, M. Glemnitz, S. Malt und H. Pfeffer</i> Ansätze zur Quantifizierung und Korrelation von Standortheterogenität und Artendiversität	36
<i>Gnauck, A.</i> Signalmodelle von Zeitreihen der Wassergüte	62
<i>Finke, J. und M. Sonnenschein</i> Info X – ein Informationssystem zur Verwaltung simulationsbasierter ökologischer Studien	81
<i>Lindenschmidt, K.-E. und D. Wagenschein</i> Gewässergütemodellierung der Saale im Rahmen eines Flußgebietsmanagementsystems	91
<i>Luther, B.</i> Simulationsmodell und Optimierung – Werkzeuge zum Wassergütemanagement	107
<i>Simon, U. und R. Brüggemann</i> Erwartungshaltungen der Wasserwirtschaft auf dem Prüfstand	119
<i>Mirschel, W., Wieland, R. und M. Voß</i> Interaktive Softwarelösung zur Quantifizierung von Agroökosystemen für wissenschaftliche Praxis und Lehre	139
<i>Wieland, R. und M. Voß</i> 3D – Visualisierung in der Umweltsimulation	155