

Herausgeber:
Albrecht Gnauck

Theorie und Modellierung von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2001



ASIM-Mitteilung AMB 80

Berichte aus der Umweltinformatik

Albrecht Gnauck (Hrsg.)

Theorie und Modellierung von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2001

Shaker Verlag
Aachen 2003

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Theorie und Modellierung von Ökosystemen : Workshop
Kölpinsee 2001 / Albrecht Gnauck (Hrsg.).
Aachen : Shaker, 2003
(Berichte aus der Umweltinformatik)

ISBN3-8322-1316-3

Copyright Shaker Verlag 2003

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-1316-3

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

Zur Befriedigung wirtschaftlicher, sozialer und kultureller Bedürfnisse der menschlichen Gesellschaft werden die natürlichen Ressourcen der Erde intensiv genutzt. Infolge dieser Ökosystemnutzungen verändert der Mensch die Natur. Parallel dazu ändert sich aber auch kontinuierlich der Zustand der 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. Während natürliche Umweltänderungen langfristig meist um ein relativ konstantes mittleres Niveau schwanken, ergeben sich bei anthropogenen Veränderungen der Ökosystemzustände oft extreme Schwankungen der beobachteten Zustandsgrößen. Zur Erfassung der Komplexität von Wechselwirkungen zwischen den verschiedenartigen Elementen von Ökosystemen wurden mathematische Modelle entwickelt, mit deren Hilfe weitere Kenntnisse über den Zustand und die Veränderungen in der Natur abgeleitet werden können. 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. Dabei ist es notwendig, vernetzte ökologische Wirkungen und Reaktionen vorherzusagen. Die Umweltforschung sieht sich heute einer wachsenden Nachfrage nach Handlungsempfehlungen gegenüber. Die Öffentlichkeit erwartet von der Umweltforschung rasche und verlässliche Aussagen über kritische Veränderungen der Umweltbedingungen und ihrer Auswirkungen auf die Lebensqualität der Menschen. Dieser interdisziplinäre Kontext erfordert eine verstärkte Integration verschiedener Wissensgebiete.

Der jährlich Ende Oktober in Kölpinsee/Usedom stattfindende Workshop hat das Ziel, ökologische, mathematische, systemtheoretische, ökonomische und soziologische Erkenntnisse der Umweltforschung mit Fortschritten in der Informatik, insbesondere auf den Gebieten Softwarewerkzeuge, Umweltdatenbanken, GIS, Simulationsmodelle oder Entscheidungsunterstützungssysteme zu verbinden. Angesprochen sind alle Fachgebiete, die einerseits zu theoretischen Konzepten der Modellierung und Simulation von Öko-

systemen beitragen, und andererseits durch Anwendung von Informatikwerkzeugen die Umweltsystemanalyse unterstützen und das Umweltmanagement fördern. Wissenschaftliche Schwerpunkte des Workshops sind deshalb Ökosystemtheorie, Ökosystemmodellierung, Simulationsmodelle und –software, Umweltdatenbanken, Entscheidungs- und Beratungssysteme, Modelle zum Ökosystemmanagement sowie die Kopplung von Simulationsmodellen mit GIS und Softwarewerkzeuge zum Umweltmanagement, wobei sich sektorale und mediale Betrachtungsweisen ergänzen.

Das Vortragsangebot des Workshops 2001 umfaßte Vorträge zu theoretischen Grundlagen von Ökosystemen, zur Entwicklung von Software-Werkzeugen für die Umweltmodellierung, zur Anwendung von Umweltdatenbanken, zur Modellierung und Simulation aquatischer und terrestrischer Ökosysteme sowie ökologischer Prozesse in künstlichen Ökosystemen, zur Modellierung und Simulation von Prozessen der Luftreinhaltung sowie zur Entscheidungsunterstützung und zum Wassergütemanagement von Flußeingangsgebieten. Die in diesem Band zusammengefaßten Beiträge stellen die ausgearbeiteten Fassungen der Vorträge dar, in die auch die Ergebnisse der Diskussion eingeflossen sind.

F.W. Dahmen, Mechemich, stellte Bausteine eines graphischen Strukturmodells für Ökosysteme vor. Ausgehend vom biologischen Umweltbegriff leitete er Umweltsysteme für einzelne Arten ab und aggregierte sie zu hierarchisch strukturierten größeren Einheiten mit biotischen und abiotischen Komponenten. Ökologische Wechselwirkungen werden ebenso abgebildet wie diejenigen mit der Umwelt. Durch verschiedenartige Gestaltung der Symbole (Farbe, Schraffur) gelingt ihm die Entwicklung einer graphischen Sprache zur Darstellung ökologischer Sachverhalte.

Brüggemann et al., Berlin/Neuglobsow, erläutern neue Ansätze zur Bewertung der Integrität von Ökosystemen, zu deren Quantifizierung bislang einfache statistische Maßzahlen oder informationstheoretische Maße verwendet werden. Ausgehend von einer Analyse dynamischer Nahrungsnetze wird als neues Maß die „medium articulation“ eingeführt. Dieses führt zu einer Überprüfung der „mesotrophic maximum hypothesis“, bei der die Integrität eines Ökosystems anhand der Nahrungsnetzstruktur beurteilt wird.

Die Dynamik ökologischer Systeme läßt sich meist nur durch Prozesse auf unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Skalen beschreiben. *M. Sonnenschein* und *Ute Vogel, Oldenburg*, schlagen in ihrem Beitrag eine formale Trennung der Skalen im Modell vor, um eine strukturierte und übersichtliche Modellierung von Ökosystemen zu erreichen. Dazu entwickeln sie eine Erweiterung asymmetrischer zellularer Automaten in Form von Hierarchieebenen. Diese erlaubt es, verschiedene Aggregationsniveaus räumlicher Strukturen zu definieren und innerhalb dieser Niveaus Zustandsübergänge auf unterschiedlichen Zeitskalen zu definieren.

Bewertungen von Wassergütezuständen beruhen auf unterschiedlichen methodischen Ansätzen. *B. Luther* und *A. Gnauck, Cottbus*, unterbreiten einen Vorschlag, wie die Klassifikation von Objekten und deren Bewertung simultan interpretiert werden können. Am Beispiel von Wassergütemustern an aufeinanderfolgenden Probenahmestellen des Spree-Havel-Gewässersystems wird die Vorgehensweise diskutiert.

L. Bogdan et al., Warschau/Wroclaw, widmen sich in ihrem Beitrag der mathematischen Modellierung dynamischer Prozesse in Kläranlagen. Sie erläutern im Detail die Prozeßgleichungen und Probleme der Parameterschätzung. Insbesondere diskutieren sie die Unterschiede zwischen theoretischen Möglichkeiten der Modellierung und den praktischen Erfordernissen konkreter Planungen ein.

Die Ableitung von Managementstrategien erfolgt häufig auf der Basis von Raum-Zeit-Daten. *H.-H. Thulke et al., Leipzig/Wusterhausen*, weisen in ihrem Beitrag auf Defizite in der Beschreibung von Datensammlungen mit traditionellen Methoden wie graphischer Darstellung, statistischer Evaluierung von Hypothesen und Datenaggregation hin. Als Ausweg wird eine neue Methode der Datenexploration aufgezeigt, die als Data Movies bekannt ist. Am Beispiel von Daten aus epidemiologischen Studien zum Vorkommen des Aujeszky-Virus im Wildschwein wird die Vorgehensweise demonstriert.

F. Köster et al., Oldenburg, stellen ein datenbankbasiertes Softwarewerkzeug i-EPI-SIM² zur Steuerung und Analyse von räumlich expliziten Simulationen vor. Als Anwendung präsentieren sie Simulationen zellularer Automaten, die mittels der genannten Software gesteuert und zur Auswertung von Simulationsläufen visualisiert oder mit Methoden der deskriptiven Statistik aufbereitet werden können.

Ein OpenGIS/HLA-basiertes Framework zur Integration von verteilten raumzeitvarianten Simulationskomponenten wurde von *A. Wytzisk, Münster*, diskutiert. Die Dimension „Zeit“ bleibt vom OGC und der kommerziellen GIS-Welt weitgehend unberücksichtigt. Um den Interoperabilitätsbestrebungen im Simulationsbereich gerecht zu werden und eine Verteilung eines Simulationsmodells über heterogene kooperierende Simulationswerkzeuge unterschiedlicher Zeitmanagementverfahren zu erlauben, wurde die High Level Architecture (HLA) geschaffen und im Jahr 2000 als IEEE-Standard veröffentlicht. Ergebnis der Arbeiten des Autors ist eine Integration des OGC-Standards und des IEEE-Standards in einer Servicearchitektur, welche die Abbildung und Simulation raumzeitvarianter Prozesse mittels verteilter heterogener Komponenten und Systeme unterstützt.

G. Brehme, Grimme, stellt in seinem Beitrag den Einfluß luftgetragener Emissionen aus Tierställen auf die Umwelt und die dazu notwendige Bestimmung des Luftvolumenstromes in den Mittelpunkt der Diskussion. Dabei verweist auf die bislang ungenügende Datenlage für mechanische und natürliche Lüftungssysteme. Es wird eine im landwirtschaftlichen Bereich erstmals verwendete Methode vorgestellt, die eine Überprüfung von Meßmethoden erlaubt sowie eine Qualitätsverbesserung der Daten mit sich bringt.

Ausgehend von steigenden Anforderungen an die Umweltberichterstattung und an den Emissionshandel stellt *F. Grüttner, Hohen Luckow*, edv-basierte Instrumente zur Bilanzierung von CO₂-Emissionen auf regionaler, sektoraler und einzelbetrieblicher Ebene vor. Die Instrumente bestehen aus einer Datenbank, einer Modellbibliothek, einem Simulationsprogramm und einem Einzelbetriebsmodell für landwirtschaftliche Betriebe. Für jedes Instrument werden ausgewählte Ergebnisse typischer Anwendungen diskutiert.

Die Bedeutung der Modellwahl ist Gegenstand der Betrachtungen von *W. Mirschel et al., Müncheberg*. Sie diskutieren anhand neuronaler Netze und fuzzy-Systeme Fragestellungen unterschiedlicher Prozeßebenen im Agrar- und Landschaftssektor. Für das Beispiel der Ertragsschätzung von Winterweizen werden fünf verschiedene Modellansätze vorgestellt und an einem unabhängigen Datensatz getestet, verglichen und einer Wertung unterzogen.

J. Studzinski et al., Warschau/Wroclaw, beschreiben in ihrem Beitrag ein komplexes System zur Modellierung, Optimierung und Steuerung von Prozessen in einer mechanisch-biologischen Kläranlage. Im Gegensatz zu den bisher angewendeten passiven Steuerungen erlaubt dieses rechnergestützte System eine aktive Steuerung der Abwasserreinigungsprozesse.

Anwendungen von Umweltdatenbanken sind nach wie vor ein Schwerpunkt auf dem Gebiet der Umweltinformatik. *Marion Voß et al., Müncheberg*, stellen eine Methode vor, wie man vorhandene Erkenntnisse für eine neue Fragestellung nutzen kann. Am Beispiel kleiner Modellregionen des Landes Brandenburg wurde der Frage nachgegangen, ob unter Beachtung des Ressourcenschutzes landwirtschaftliche Nutzflächen für eine Klärschlammasubstratbringung geeignet sind. Im Beitrag wird eine Methodik vorgestellt, wie georeferenzierte Ergebnisse unterschiedlicher Modelle in ein neues Modell integriert werden können.

Über die Bedeutung des Nährstoffes Silikat für die Algenentwicklung in der Elbe berichtete *M. Scharfe, Geesthacht*. Anhand eines einfachen, ausschließlich meteorologisch getriebenen Modells werden die Zusammenhänge zwischen Silikat und der Phytoplanktonbiomasse aufgezeigt. Das zeitreihenanalytische Modell ist zur Abschätzung der Chlorophyll-a-Konzentration am Wehr Geesthacht geeignet. Allerdings lassen sich keine kausalen Zuordnungen ableiten.

Die Bedeutung der Silikatlimitierung des Planktonwachstums in einem Fließgewässer diskutieren *G. Blöcker et al., Geesthacht*, am Beispiel der Elbe. Sie verwenden automatisch registrierte Zeitreihen, um die komplexe Phytoplanktondynamik aufzuklären. Es wird gezeigt, daß ein Verbrauch des aus dem Oberlauf der Elbe stammenden Silikates die Entwicklung der dominant auftretenden Kielselalgen in der Mittel- und Unterelbe zum Erliegen bringt. Allerdings lassen sich die Wassergüteprozesse anhand der Daten von nur einer Probenahmestelle schwer interpretieren.

Die mathematische Modellierung der Wassergüte eutropher monomiktischer Gewässer erfordert die Einbeziehung von Detailprozessen in die Modelle. *A. Hoffmann et al., Cottbus*, stellen Ergebnisse der Modellierung der P-Rücklösung aus dem Sediment eutro-

pher Flachseen des Havel-Gebietes vor. Dabei berücksichtigen sie insbesondere die Temperaturabhängigkeit der Phosphorfreisetzung unter anoxischen Bedingungen.

T. Strube et al., Berlin/Witzenhausen, modellieren die Wassergüte des Müggelsees mit Hilfe des Modells EMMO, welches die Dynamik der integrierten biotischen und abiotischen Prozesse prinzipiell richtig abbildet. Das Modell wurde mittels ECOBAS dokumentiert und modularisiert. Künftig soll das Modell um ein Temperatur- und ein Blaualgenmodul erweitert werden.

Zur Unterstützung von Entscheidungen im Umweltbereich und zum Umweltmanagement werden meist Datenbanken, Expertensysteme oder modellbasierte Decision Support Systeme verwendet. *A. Gnauck, Cottbus*, berichtet in seinem Beitrag über die Ergebnisse der Anwendung des DSS REHSPROX auf die Untere Oder und die Lausitzer Neiße. Für die durch kontradiktorische Zielfunktionen gegebenen gesellschaftlichen Konflikte werden mittels mehrkriterieller Optimierung Pareto-optimale Lösungen berechnet und als Kompromißvorschläge für den eigentlichen Entscheidungsprozeß zur Verfügung gestellt.

Fortschritte in der wissenschaftlichen Entwicklung eines Fachgebietes werden häufig durch Diskussionen mit Fachkollegen aus anderen Disziplinen erreicht. Die Sichtweise auf ein bestimmtes Thema aus einer anderen fachlichen Perspektive bringt nicht nur neue inhaltliche Facetten zum Ausdruck, sie bereichert auch die multidisziplinäre Umweltforschung. Workshops bieten dazu eine ausgezeichnete Plattform. Der wissenschaftliche Erfolg eines Workshops hängt nicht von seiner Organisation, sondern von den Teilnehmern selbst ab. Insbesondere von ihrer Bereitschaft, neue Ideen und Ergebnisse offen zu diskutieren, einem sachkundigen Auditorium auf Nachfragen bereitwillig zu antworten und auch kritische Bemerkungen zu akzeptieren.

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 haben. Mein Dank gilt Frau Dipl.-Ing. Kathleen Rothe für die technische und redaktionelle Bearbeitung der oft komplizierten Manuskripte. Für die Fertigstellung des druckreifen Manuskriptes bin ich Frau Kathrin Klotz und Herrn Dipl.-Ing. Hartmut Nemitz zu großem

Dank verpflichtet. 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.

Cottbus, im Oktober 2002

Albrecht Gnauck

Inhaltsverzeichnis

<i>Dahmen, F. W.</i> Vom biologischen Umweltbegriff abgeleitete Umweltsysteme einzelner Arten als Bausteine eines graphischen Strukturmodells von Ökosystemen	1
<i>Brüggemann, R., Wilhelm, T. und P. Kasprzak</i> Ansätze zur Klärung der "mesotrophic maximum hypothesis" - auf dem Weg zur Bewertung der Integrität von Ökosystemen	18
<i>Sonnenschein, M. und U. Vogel</i> Hierarchische asymmetrische zellulare Automaten zur Modellierung ökologischer Systeme auf mehreren Skalen.....	37
<i>Luther, B. und A. Gnauck</i> Multivariate Klassifikation zum Wassergütemonitoring.....	51
<i>Bogdan, L., Z. Nahorski, J. Studzinski und J. Lomotowski</i> Modellierung dynamischer Prozesse in Kläranlagen.....	73
<i>Thulke, H.-H., Th. Selhorst und Th. Müller</i> Dynamisches dynamisch wahrnehmen: Raum-Zeit Prozesse, Data Movies und Wildschweinherpes.....	89
<i>Köster, F., Meyer, W., Robbe, O. und M. Sonnenschein</i> Ein datenbankbasiertes Softwarewerkzeug zur Steuerung und Analyse von räumlich expliziten Simulationen.....	102
<i>Wytzisk, A.</i> Ein OpenGIS/HLA-basiertes Framework zur Integration verteilter raumzeitvariater Simulationskomponenten	120
<i>Brehme, G.</i> Luftvolumenstromberechnung mittels Kompartimentalisierung.....	136
<i>Grüttner, F.</i> Bilanzierung der CO ₂ -Emissionen auf regionaler und landwirtschaftlicher Ebene.....	149
<i>Mirschel, W., Wieland, R. und K.-O. Wenkel</i> Bedeutung der Modellwahl bei der Ertragsschätzung - Bauernschläue vs. Agrarwissenschaften	162

<i>Studzinski, J., Lomotoski, J., Bogdan, L., Nahorski, Z. und R. Szetela</i> Modellierung, Simulation und Optimierung von Prozessen in Kläranlagen	187
<i>Voß, M., Over, B. und R. Wieland</i> Integration externer Modelle in das Modell "Klärschlammkataster"	201
<i>Scharfe, M.</i> Bedeutung des Nährstoffes Silikat für die Algenentwicklung in der Elbe: Unsicherheit in der Struktur und den Parameterwerten eines prozessorientierten Modells	212
<i>Blöcker, G., Petersen, W. und F. Schroeder</i> Silikatlimitierung des Planktonwachstums in einem Fließgewässer aufgezeigt am Beispiel der Elbe	236
<i>Hoffmann, A., Gnauck, A. und Th. Tesche</i> Modellierung der Phosphorrücklösung aus dem Sediment eutropher Gewässer	251
<i>Strube, T., Benz, J., Brüggemann, R. und H. Behrendt</i> Entwicklung eines Wassergütemodells unter Nutzung der Prozessdatenbank ECOBAS	263
<i>Gnauck, A.</i> Modellentscheidungen oder Entscheidungsmodelle? - Decision Support zum Wassergütemanagement in Flußeinzugsgebieten	274