

Herausgeber:
Albrecht Gnauck

Modellierung und Simulation von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2006



ASIM-Mitteilung AMB 107

Berichte aus der Umweltinformatik

Albrecht Gnauck (Hrsg.)

Modellierung und Simulation von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2006

Shaker Verlag
Aachen 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Copyright Shaker Verlag 2007

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6058-3

ISSN 1616-0886

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Die Fachgruppe 4.6.3 „Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften“ im Ausschuss 4.6 „Informatik für den Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik e.V. veranstaltete vom 25.10.2006 - 27.10.2006 in Zusammenarbeit mit der GI-ASIM-Fachgruppe „Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften, Medizin, Biologie und Biophysik“ zum zehnten Mal in Folge einen Workshop zur Modellierung und Simulation von Ökosystemen. Die Organisation des Workshops erfolgte durch den Lehrstuhl für Ökosysteme und Umweltinformatik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus unter der Leitung von Universitätsprofessor Dr. *Albrecht Gnauck*, der auch den interdisziplinär ausgerichteten Workshop wissenschaftlich leitete. Der Workshop fand wiederum im Hotel „Zur Ostsee“, Seebad Kölpinsee/Usedom unter fürsorglicher Betreuung durch Familie Kirsch, die Besitzer des Hotels, statt. Aus Anlass des Jubiläumsworkshops warteten sie zur Freude aller Workshopteilnehmer mit einem gelungenen maritimen Abendessen auf. Für diese wohlschmeckende Überraschung bedankten sich alle Teilnehmer sehr herzlich.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit hat eine gute und lange Tradition in der Fachgruppe „Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften“. 10 Jahre Workshop in Kölpinsee zeigen nicht nur eine Kontinuität in der wissenschaftlichen Arbeit an, sondern beschreiben auch inhaltliche Entwicklungslinien der Modellierung und Simulation von Ökosystemen. Der thematische Bogen der Workshops spannt sich von theoretischen Denksätzen in der Ökologie über Arbeiten zur Daten- und Signalanalyse, über einfache und robuste mathematische Prozessmodelle und komplexe Ökosystemmodelle bis hin zu Entscheidungsunterstützungssystemen zum Ökosystemmanagement. Bewährte und moderne Methoden der mathematischen Modellierung verbunden mit Simulationstechniken bilden ein breites Fundament zur Beschreibung, Interpretation und Visualisierung ökologischer Sachverhalte. Ziele der bisherigen Workshops waren stets Kombinationen von systemtheoretischen, mathematischen, physikalischen, biologischen und ökologischen Erkenntnissen der Umweltforschung sowie deren modellhafte Ausprägungen und Interpretationen unter Anwendung innovativer Informatikstechniken und Softwarewerkzeuge. Der 10. Workshop setzte diese Tradition fort und war auf die Schwerpunkte Theorie ökologischer Systeme, Werkzeuge zur Ökosystemsimulation, Datenerfassung und – analyse, Umweltinformationsprozesse sowie

Modellentwicklungen ausgerichtet. Leider konnten die im Teilnehmerkreis des Workshops hoch geachteten und geschätzten Landschaftsökologen *G. Dahmen* und *F. W. Dahmen, Mechernich*, infolge gesundheitlicher Probleme nicht teilnehmen und ihr Spiel „Ökowaage“ demonstrieren. Die Teilnehmer des Workshops richteten herzliche Grüße mit dem Wunsch auf baldige Genesung an beide Wissenschaftler.

Traditionell eröffnete *A. Gnauck, Cottbus*, den Workshop und begrüßte alle Teilnehmer sehr herzlich. Insbesondere gab er seiner Freude darüber Ausdruck, dass der Sprecher des Fachausschusses 4.6 in der GI und Präsident der Internationalen Vereinigung für Umweltschutz, *Dr. Werner Pillmann*, aus Wien angereist war. *W. Pillmann, Wien*, überbrachte herzliche Grußworte des Fachausschusses und betonte den hohen Stellenwert der durch die Fachgruppe geleisteten Arbeit, die mit jährlich zwei Workshops im Frühjahr und im Herbst wesentlich zum aktiven wissenschaftlichen Leben des Fachausschusses beiträgt. Insbesondere wurde von ihm die durch den Workshop in Kölpinsee gebildete interdisziplinäre Diskussionsplattform zwischen Naturwissenschaftlern, Ökologen, Informatikern und Ingenieuren als außerordentlich wertvoll hervorgehoben. *A. Gnauck* bedankte sich in seiner Erwidern für die große Ehre, die dem von ihm geleiteten Workshop durch den Besuch von Herrn *Dr. Pillmann* zuteil wurde. Er versicherte, dass auch in den folgenden Jahren interdisziplinär organisierte Workshops unter seiner Leitung stattfinden werden, die auf die Thematik Modellierung und Simulation ökologischer Systeme, auf innovative systemanalytische Methoden, auf moderne Informatikwerkzeuge und Visualisierungsmethoden sowie auf systemtheoretische Methoden des Umweltmanagements gerichtet sind.

Die insgesamt 19 deutsch- bzw. englischsprachigen Beiträge dieses Bandes sind nach Eröffnungs- und Abschlussvortrag den Schwerpunkten Theorie (3 Beiträge), Informatikwerkzeuge (3 Beiträge), Daten (4 Beiträge), Methoden der Umweltinformation (3 Beiträge) und mathematische Modelle (4 Beiträge) zugeordnet.

In seinem Eröffnungsvortrag berichtete *W. Pillmann, Wien*, über den Schutz von Grünräumen im Stadtgebiet der österreichischen Hauptstadt. Ausgehend von den bestehenden gesetzlichen Grundlagen informierte er über das flächendeckende Langzeit-Monitoringprogramm „BiotopMonitoring Wien“. Neben einer detaillierten Bestandsaufnahme von 21500 begrünten Flächen im Stadtgebiet von Wien stellte er qualitative und quantitative Veränderungen der Stadtbäume sowie den Grad der Bodenversiegelung und die Versiegelungsdynamik vor. Methodisch spannte er den Bo-

gen vom Photo zum digitalen Luftbild. Er erläuterte eine Methodik zur Grünraumerfassung und Verallgemeinerung in einem Systemmodell zur Grünraumsicherung. Im Ergebnis erhalten administrative Einheiten Entscheidungsgrundlagen in Form eines Informationssystems für die Planung, das Grünraummanagement und für den Naturschutz.

Der drei Beiträge umfassende thematische Schwerpunkt „Theorie“ wurde durch einen Beitrag polnischer Wissenschaftler eingeleitet. Die durch das Kyoto - Protokoll hervorgerufenen technologischen Veränderungen in Ländern mit gering entwickelter Nationalökonomie interpretieren *J. Gadomski* und *Z. Nahorski, Warschau*, anhand von Szenarioanalysen der CO₂-Produktion. Auf der Basis eines makroökonomischen Optimierungsmodells werten sie Niedrigpreis- und Hochpreisvarianten aus und diskutieren methodische Vor- und Nachteile sowie die resultierenden Effekte für die ökonomische Entwicklung.

Makro-ökonomische Methoden werden oft zum Vergleich von Volkswirtschaften angewendet. Fließgewässereinzugsgebiete werden qualitativ meist anhand von Bilanzgleichungen der Wassergüter verglichen. Im Gegensatz dazu verwenden *S. Wei und A. Gnauck, Cottbus*, kooperative und nichtkooperative spieltheoretische Modelle zur Modellierung und Simulation von Konflikten zwischen verschiedenen Gewässernutzungen in einem Flussgebiet. Am Beispiel des Hanjiang-Flussgebietes zeigen sie die methodischen Ansätze auf und simulieren Gewinne und Verluste der Spieler bei unterschiedlichen Strategien.

Im letzten Beitrag zu theoretischen Entwicklungen auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation von Ökosystemen beschreibt *A. Gnauck, Cottbus*, die methodischen Zutritte zur Ökosystemmodellierung aus systemtheoretischer Sicht für diskrete und kontinuierliche Systeme. Dabei unterscheidet er zwischen der häufig angewendeten physikalischen Zustandsmodellierung, der zeichenkettenorientierten algebraischen Modellierung und der informationstheoretisch begründeten Netzwerkmodellierung.

Der thematische Schwerpunkt „Werkzeuge zur Modellierung“ wird mit einem Beitrag von *M. Heuner, Koblenz*, eingeleitet. Sie berichtet über die Erarbeitung von Habitatmodellen für Tideröhrichte, die als naturraumtypischer Uferbewuchs gezeitenbeeinflusster Gewässer ein bedeutendes Kompartiment von Ästuarökosystemen bilden. Die regelbasierten Modelle werden in Kombination mit GIS als Hilfsmittel zur Prognose von Veränderungen der Tideröhrichte bei baulichen Eingriffen in Ästuar ver-

wendet. Allerdings sind bivariate Modelle in ihrer Aussagekraft eingeschränkt, so dass multivariate Modelle entwickelt werden müssen.

J. Finke, Oldenburg, greift den Gedanken des Habitatschutzes auf und entwickelt ein individuen-orientiertes Simulationsframework SimapD zur Abschätzung von anthropogenen Störungen auf den Habitatverbund. Landschaften werden durch Verkehrswege zerschnitten. Die Zerschneidung und Fragmentierung der Habitate beeinträchtigen die Bewegungen von Wildtieren, insbesondere Säugetiere, in hohem Maße. Ziel der Softwareentwicklung ist es, anhand von Szenarioanalysen herauszufinden, welche Gegenmaßnahmen zur Verbesserung der Konnektivität des Habitatverbundes geeignet sind.

R. Wieland, W. Mirschel und K.-O. Wenkel, Müncheberg, geben in ihrem Beitrag einen Überblick über die räumliche Simulationsumgebung SAMT V 2.0 und die darin integrierten verschiedenen Modellierungstools. Neben einfachen Operationen sind in SAMT komplexe Analysefunktionen wie Cluster Algorithmen und Netzwerkalgorithmen enthalten. Die Mächtigkeit von SAMT wird anhand der integrierten Toolboxes zur fuzzy-Modellierung (SAMT_FUZZY), zur Simulation von Prozessen mit neuronalen Netzen (SAMT_NN) sowie zur 3D-Visualisierung deutlich. Dynamische Simulationen werden durch die Integration der Toolbox SAMTDESIRE ermöglicht.

Der Schwerpunkt „Daten“ wird durch einen Beitrag über optimale Entscheidungen beim Emissionshandel anhand unsicherer Information durch *P. Bartoszczuk, Warschau*, eingeleitet. Er analysiert anhand von fünf verschiedenen Weltregionen wie USA, Japan, OECD und Europa, Kanada-Australien-Neuseeland, Osteuropa und die frühere Sowjetunion die Voraussetzungen und optimale Varianten des internationalen Handels mit Emissionszertifikaten. Unter Berücksichtigung unsicherer Information über die tatsächliche Luftbelastung diskutiert er optimale Entscheidungen über den Zertifikatehandel sowie Vor- und Nachteile.

Ein anderes Problem der Datenanalyse wird von *J. D. Alegue Feugo und A. Gnauck, Cottbus* aufgezeigt. Gegenstand ihres Beitrages sind signalanalytische Untersuchungen langer hochaufgelöster Zeitreihen (10min, 1h, 1d) der Gewässergüte der Potsdamer Havel. Zur Wassergütemodellierung werden häufig Fourier-Polynome sowie stationäre Bilanzgleichungen verwendet, wobei die Zeitstruktur der Signale oft unberücksichtigt bleibt. Aufgrund fester Frequenzanteile in den Polynomen einerseits, und durch externe Triebkräfte hervorgerufene stochastische Modulationen öko-

logischer Prozesse kommt es zu Verschiebungen zwischen realer Zeitreihe und dem approximierenden Signalmodell, die zu inkorrekten Simulationsergebnissen führen. Zur Aufdeckung solcher Verschiebungen werden Wavelet Funktionen angewendet. Anhand von Wavelet-Korrelationen leiten sie Aussagen über Indikator bezogene Längen von Probenahmeintervallen ab.

Während in den beiden vorangegangenen Beiträgen bestehende Datenreihen analysiert wurden, gehen *J. Görmer*, *S. Harneit* und *H. Lessing, Clausthal-Zellerfeld*, den umgekehrten Weg. Sie beschreiben die Leitungsdetektion mit intelligenten Systemen und die Zusammenführung unterschiedlicher Datenpools durch multisensorielle Datenfusion. Im Zusammenhang mit Baumaßnahmen entstehen immer wieder hohe finanzielle Verluste durch zerstörte Kommunikationskabel sowie Ver- und Entsorgungsleitungen. Mit Hilfe von Sensorsystemen wie Bodenradar, Elektromagnetik und Seismik werden Bodendaten erfasst und mittels neuronaler Netze automatisiert ausgewertet und mittels GIS visualisiert. Daraus lassen sich zuverlässige Interpretationen über den Leitungsverlauf gewinnen.

Die Visualisierung der Gewässergüte für komplexe Gewässergeometrien liefert bei Anwendung bekannter GIS-Verfahren oft ungenaue Ergebnisse. Mittels Kopplung von Zellulären Automaten und GIS-Funktionalitäten wird die Aussagequalität erhöht. *R. Heinrich, Cottbus*, zeigt am Beispiel der Änderungen der Stickstoffkonzentration in Seen der Unteren Havel-Wasserstraße die theoretische und praktische Vorgehensweise auf und diskutiert anhand von angenommenen Wachstums- und Abbauprozessen die interpolierten Konzentrationsgefälle.

Im Schwerpunkt „Umweltinformation“ berichtet *J. D. Alege Feugo, Cottbus*, über die Umweltsituation in Kamerun. Im Überblick beschreibt er Gewässer- und Luftverschmutzungen, die Waldschadensentwicklung sowie Bodenbelastungen und Boden Degradierungen. Parallel dazu gibt er Einsicht in die Umweltpolitik des Landes und erläutert Handlungsspielräume beim Umweltmanagement.

Der Beitrag von *S. Wei, Cottbus*, ist ausschließlich auf die aktuelle Situation der Wasserressourcen in China und deren Bewirtschaftung gerichtet. Ausgehend von den geographischen und klimatischen Bedingungen werden die aktuelle wasserwirtschaftliche Situation analysiert und Möglichkeiten der Wasserversorgung von Gebieten mit Wassermangel durch überregionale Gewässerüberleitungen vorgestellt. Da-

bei sind die zu transportierenden Mengen und die Anforderungen an die Wassergüte in Abhängigkeit von den ökonomischen Bedingungen zu beachten.

Im Beitrag von *S. N. Islam, Cottbus*, werden die Umweltschäden durch Eindringen von Salzwasser in Süßwasserökosysteme eindringlich dargestellt. Am Beispiel des Sundarbans Feuchtgebietes in Bangladesh weist er nach, wie empfindlich Mangrovenwälder auf Änderungen des Salzgehaltes reagieren und in ihrer Produktivität gestört werden. Änderungen der Halinität erfolgen sowohl durch geringeren Süßwasserzufluss aus dem Ganges, als auch durch verstärktes Eindringen von Salzwasser in die Flussniederungen und die Deltaregion der großen Flüsse.

Dass Umweltinformation nicht ohne Hilfe von entsprechenden Softwareprodukten gegeben werden kann, wird von *A. Solsbach, J. Marx Gómez, I. N. Athanasiadis und P. A. Mitkas, Oldenburg/Thessaloniki*, ausführlich dargestellt. Am Beispiel einer multiagenten basierten Middleware für das Umweltinformationsmanagement beschreiben sie die Zusammenführung und Verarbeitung von Information aus verschiedenen Quellen und zeigen Architektur und Funktionsweise des Systems AMEIM auf.

Der erste Schritt auf dem Weg zur Ökosystem- bzw. Umweltmodellierung ist der Entwurf eines konzeptionellen Modells. Der Schwerpunkt „Modelle“ beginnt deshalb mit dem Beitrag von *P. Golinska und J. Marx Gómez, Oldenburg*, über das Modellkonzept eines agenten-basierten Systems für die Planung und Koordinierung des Stoffflusses in geschlossenen Versorgungsketten. Dabei werden unterschiedliche Strategien in der Organisation von Stoffflüssen diskutiert und die Lebenszyklen von Produkten in die Planungsprozesse einbezogen.

W. Mirschel, J. Bodert, R. Wieland und K.-O. Wenkel, Müncheberg, verwenden das Softwaretool SAMT zur Ermittlung teilschlagbezogener Ertragszielkarten als Voraussetzung für die Managementplanung im Rahmen eines „präzisen Ackerbaus“ (precision agriculture). Ausgehend von einer standortbezogenen Ertragspotenzialschätzung werden die Inhalte unterschiedlicher Informationsquellen in einem Hybridmodell zusammengeführt. Dieses enthält statistische Modelle und fuzzy-Relationen. Die Modellergebnisse werden mit praktisch ermittelten Ergebnissen am Beispiel eines Winterweizenschlages verglichen und ausführlich diskutiert.

Die Modellierung und Bewertung der Ökoeffizienz von Siedlungsstrukturen ist Gegenstand des Beitrages von *N. X. Thinh, U. Schumacher und K. Geier, Dresden*. In Analogie zum Ökoeffizienzkonzept für Produkte und Unternehmen entwickeln sie

einen pragmatischen Ansatz auf der Basis von Indikatoren. Als Datenbasis verwenden sie die Grundgesamtheit von 440 Landkreisen und kreisfreien Städten, deren Siedlungsstrukturen anhand verschiedener Dimensionen (Indikatoren) analysiert werden. Dabei sind der Zerklüftungsgrad sowie der Vernetzungsgrad der Siedlungsstrukturen wesentliche Grundlagen zur Bewertung der Ökoeffizienz.

Abschließend gibt A. *Gnauck, Cottbus*, einen Überblick über 10 Jahre Workshop Kölpinsee. Er klassifiziert dabei die Beiträge nach theoretischen und praktischen Gesichtspunkten.

Der Workshop wurde von allen Teilnehmern als sehr konstruktiv und informativ eingeschätzt, was aber ohne die aktive Beteiligung aller Teilnehmer nicht möglich ist. Mein herzlicher Dank gilt deshalb allen Teilnehmern, Vortragenden und Diskussionsrednern des Workshops. Den Autoren der Beiträge schulde ich nicht nur großen Dank für die Mühe der Ausarbeitung ihrer Vortragsmanuskripte, sondern auch für ihre Geduld bis zur Herausgabe des Buches. Insbesondere gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Hartmut Nemitz, der die technische Bearbeitung der oft komplizierten Texte und Abbildungen mit bewunderungswürdiger Geduld und vielen neuen Ideen durchgeführt sowie die Fertigstellung des druckreifen Manuskriptes intensiv betreut hat. Dem Shaker Verlag Aachen, insbesondere Frau Leany Maaßen, bin ich für viele Ermutigungen und die unkomplizierte Herausgabe des Buches in der Reihe „Umweltinformatik“ und die ausgezeichnete verlegerische Betreuung zu großem Dank verpflichtet.

Cottbus, März 2007

Albrecht Gnauck

Inhalt

<i>Pillmann, W.</i> Biotopmonitoring im städtischen Raum – Analyse der Grünraumentwicklung Wiens.....	1
<i>Gadomski, J. and Z. Nahorski</i> The Kyoto Protocol Induced Technological Change.....	12
<i>Wei, S. and A. Gnauck</i> Game Theoretic Approaches to Model Water Conflicts on a River Basin Scale.....	22
<i>Gnauck, A.</i> On Approaches to Ecosystems Modelling	41
<i>Heuner, M.</i> Erarbeitung von Habitatmodellen für Tideröhrichte	55
<i>Finke, J.</i> Ein Simulationsframework zur Bewertung von großräumigen Habitatnetzen	67
<i>Wieland, R., W. Mirschel and K.-O. Wenkel</i> Spatial Analysis and Modelling Tool V2.0 – Systems Design.....	78
<i>Bartoszczuk, P.</i> Optimal Decision Making in Emission Trading With Uncertain Data.....	97
<i>Alegue, J. D. and A. Gnauck</i> Time-Scale Investigation of High Frequency Data from River Havel	109
<i>Görmer, J. S. Harneit und H. Lessing</i> Leitungsdetektion mit intelligenten Systemen durch Datenfusion.....	123
<i>Heinrich, R.</i> Interpolation von Gewässergütedaten in GIS mit Zellulären Automaten	137
<i>Alegue, J. D.</i> Environmental Degradation and Management Options in Cameroon.....	159
<i>Wei, S.</i> A Survey on the Situation of Water Resources and Water Management in China	171

<i>Shafi, N. I.</i> Water Salinity and Thresholds for the Protection of Mangrove Wetland Ecosystems in the Sundarbans Rrgion.....	187
<i>Solsbach, A., J. Marx Gómez, I. N. Athanasiadis and P. A. Mitkas</i> Eine agenten-basierte Middleware für das Umweltinformationsmanagement	202
<i>Golinska, P. and J. Marx Gómez</i> Concept of an Agent-Based System for Planning and Coordination of Material Flow in Closed Loop Supply Chains	224
<i>Mirschel, W., J. Bodert, R. Wieland, und K.-O.Wenkel</i> YIELDPLAN – ein Hybridmodell zur teilflächenbezogenen Erstellung von Ertragszielkarten für Precision Agriculture.....	240
<i>Thinh, N. X., U. Schumacher, R. Vogel und K. Geier</i> Modellierung und Bewertung der Ökoeffizienz von Siedlungsstrukturen – Ein pragmatischer Ansatz.....	254
<i>Gnauck, A.</i> Theory, Modelling and Simulation of Ecosystems – 10 Years Workshop Kölpinsee	269