

Herausgeber:
Albrecht Gnauck

Modellierung und Simulation von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2007



ASIM-Mitteilung AM 114

Berichte aus der Umweltinformatik

Albrecht Gnauck (Hrsg.)

Modellierung und Simulation von Ökosystemen

Workshop Kölpinsee 2007

Shaker Verlag
Aachen 2008

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 2008

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-7686-7

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 Fachausschuss 4.6 „Informatik für den Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik e.V. veranstaltete vom 31.10.2007 - 02.11.2007 in Zusammenarbeit mit der GI-ASIM-Fachgruppe „Simulation in den Umwelt- und Geowissenschaften, Medizin, Biologie und Biophysik“ den 11. Workshop zur Modellierung und Simulation von Ökosystemen. Die Organisation des interdisziplinär ausgerichteten Workshops erfolgte durch den Lehrstuhl für Ökosysteme und Umweltinformatik der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus unter der wissenschaftlichen Leitung von *Univ.-Prof. Dr. habil. Albrecht Gnauck*. Der Workshop fand im Hotel „Zur Ostsee“, Ostseebad Kölpinsee/Insel Usedom statt.

Der thematische Bogen des Workshops spannte sich von komplexen Modellansätzen in der Landschaftsbewertung über die Anwendung neuronaler Netze zur Ökosystemmodellierung und GIS-Anwendungen bis hin zu Methoden zur Umweltberichterstattung, zur Entscheidungsunterstützung von Prozessen des Ökosystemmanagements sowie zur Datenerhebung über ökologische Prozesse. Ziele des Workshops waren die Zusammenführung von Informatikmethoden mit neuen Erkenntnissen der Umweltforschung sowie von Forschungsergebnissen auf dem Gebiet der Systemtheorie und Simulationstechnik und ihrer modellhaften Ausprägungen und Interpretationen unter Anwendung innovativer Informationstechniken und Softwarewerkzeuge. Die auf dem Workshop präsentierten 26 Beiträge waren den Schwerpunkten Modellierung (4 Beiträge), neuronale Netze (3 Beiträge), Ökosysteme und GIS (5 Beiträge), Umweltberichterstattung (2 Beiträge), Entscheidungsunterstützung (6 Beiträge) und Umweltdaten (5 Beiträge) zugeordnet. Ein Beitrag war stochastischen Aspekten in der Ökosystemmodellierung gewidmet. Die Vorträge wurden in deutscher und englischer Sprache gehalten.

A. *Gnauck, Cottbus*, eröffnete den Workshop und begrüßte die Teilnehmer sehr herzlich. Das Vortragsprogramm wurde mit den Beiträgen zum Schwerpunkt „Modellierung“ eröffnet.

In ihrer Arbeit stellen *W. Mirschel* und *K.-O. Wenkel, Müncheberg*, modellgestützte Folgenabschätzungen von Klimaänderungen in Agrarlandschaften vor. Für die Abschätzung der Auswirkungen auf Agrarlandschaften werden skalenbezogene Modelle benötigt, da die klimasensitiven komplexen Prozessmodelle auf regionaler Ebene

nicht immer mit den notwendigen Inputdaten versorgt werden können und meist nur eine regionale Parametrisierung gegeben ist. Anhand von Simulationen diskutieren die Autoren die Auswirkungen klimatischer Änderungen auf Produktivitätsindikatoren wie Biomasse und Ertrag. Regionale Simulationsrechnungen wurden mit Hilfe des Tools (SAMT) realisiert.

W. Röhricht, Müncheberg, berichtet über die Nutzung von mathematischen Modellen und Ökosystemsimitatoren im Rahmen von Planungsprozessen. Für einen sachbezogenen Diskurs wird der Lösung von Verständigungsproblemen zwischen den Akteuren ein hoher Stellenwert eingeräumt. Die fotorealistische und interaktive 3D-Visualisierung gesamter Landschaften ermöglicht eine Darstellung vielschichtiger ökosystemarer Zusammenhänge und gesellschaftlicher Zielvorstellungen.

Zur Kalibrierung komplexer Modelle sind umfangreiche Datensätze notwendig, um die Modellergebnisse korrekt interpretieren zu können. *F. Lopes-Tavares, G. Hörmann* und *N. Fohrer, Kiel*, zeigen anhand von SIMPEL (einer Kollektion von 1D-Modellen zur Simulation der Wasserbilanz) wie einfache Spreadsheet-Modelle genutzt werden können. Am Beispiel von Modellanalysen der Bornhöveder Seenkette wird die Vorgehensweise vorgestellt und die Effizienz der Methode demonstriert.

Einen anderen Weg gehen *S. Wei* und *A. Gnauck, Cottbus*. Sie verwenden kooperative und nichtkooperative spieltheoretische Modelle zur Modellierung und Simulation von Konflikten zwischen verschiedenen Gewässernutzern in einem Flussgebiet. Die methodischen Ansätze werden am Beispiel des Hanjiang-Flussgebietes vorgestellt. Die Simulationen werden anhand realer Wirtschaftsdaten durchgeführt.

Der Schwerpunkt „Neuronale Netze“ beginnt mit einem Beitrag von *O. Lünsdorf* und *F. Finke, Oldenburg*. Zur Abschätzung von anthropogenen Störungen auf einen Habitatverbund wird das individuen-orientierte Simulationsframeworks SimapD verwendet. Damit lassen sich ökologische Effekte von Entscheidungsmaßnahmen (z. B. Grünbrücken, Umzäunungen, Tempolimits usw.) einschätzen. Zur Verringerung der Rechenzeit werden Approximationsverfahren eingesetzt und mittels Fehlermetriken bewertet.

U. Rüppel und *P. Göbel, Darmstadt*, stellen ein KNN-basiertes Konzept zur Bestimmung der Infiltrationsmengen in der Grundwasserbewirtschaftung vor, um Aussagen über Grundwasserstände in Abhängigkeit variierender Infiltrationsmengen von Flusswasser geben zu können. Am Beispiel eines Projektgebietes im Hessischen

Ried werden das Grundwassermonitoring und erste Simulationsergebnisse vorgestellt.

Bei der Regelung von Müllverbrennungsanlagen ist ein modellprädiktiver Ansatz bislang nicht oder nur bedingt möglich, da die hohe Zahl unbekannter bzw. schwer zu beschreibender Prozesse und zeitliche Abhängigkeiten zwischen den Stell- und Regelgrößen die Formulierung eines expliziten mathematischen Modells erschweren. Einen Ausweg sehen *S. Birkenfeld, M. Reuter* und *S. Vodegel, Clausthal-Zellerfeld*, im Einsatz neuronaler Netze. Sie verwenden ein aus einem selbstorganisierenden Netz und einem Feed-Forward-Netz bestehendes hybrides Netz, um zukünftige Betriebszustände vorherzusagen.

F. W. Dahmen und *G. Dahmen, Mechernich*, diskutieren einen ontologisch begründeten Denkansatz zur Analyse, Diagnose und Prognose von Ökosystemen. Anhand der Metapher „von den richtigen Schlüsseln zu den richtigen Schlössern“ spannen sie aus geobotanischer Sicht den Bogen über holistische und reduktionistische Betrachtungsweisen in der Ökologie, über ganzheitliche Aspekte der Mustererkennung und strukturbildende Prozesse bis hin zu Erläuterungen von Begriffen wie direkte und indirekte Umwelt und dem von ihnen formulierten Relativitätsprinzip der Ökologie.

M. Kelschebach, S. Nickel, W. Busch, V. Staeger und *P. Vosen, Essen*, stellen ein GIS-integriertes fuzzy-regelbasiertes Modell zur ökologischen Auswirkungsprognose bergbaulicher Umwelteinwirkungen vor. Für Auswirkungsprognosen wird Expertenwissen aufbereitet und für den Aufbau von regelbasierten Modellen eingesetzt. Ein so konstruiertes GIS-integriertes fuzzy-regelbasiertes Modell ermöglicht in Verbindung mit einem stationären 3D-Grundwassermodell Prognosen von Standortpotentialen der Böden sowie Auswirkungs- und Biotoptypenprognosen.

Im Beitrag von *N. X. Thinh* und *V. V. Manh, Dresden/Hanoi*, stehen mathematische Simulationsmodelle und Geographische Informationssysteme als Werkzeuge für ein urbanes Umweltmanagement im Mittelpunkt. Am Beispiel von Umweltbelastungen (Luftqualität, Abwasser, Müllanfall) in Vietnam und speziell in Hanoi demonstrieren die Autoren die Leistungsfähigkeit der GIS-orientierten Methodik. Zum Vergleich der Ergebnisse und ihrer Interpretation verwenden sie auf Regressionsansätzen beruhende Indizes.

Die Kommunikation von elektronischen Plänen zwischen verschiedenen Akteuren spielt bei komplexen Bauvorhaben und neuen technologischen Entwicklungen eine

entscheidende Rolle. *J. Görmer, Clausthal-Zellerfeld*, berichtet über 3D-Geoinformationssysteme für das Bauwesen. Dreidimensionale, modellorientierte Planungen und die Nutzung von Projekt-Servern charakterisieren diese Entwicklungen. Am Beispiel von Aufgaben der Stadtplanung wird die Vorgehensweise erklärt.

N. X. Thinh und A. Flöter, Dresden, stellen in ihrem Beitrag anhand von Laserscannerdaten Berechnungsvorschriften für Gebäudevolumina und Gebäudeoberflächen mittels GIS-Daten vor. Unter Verwendung von relativen Gebäudehöhen werden städtische Strukturen als Planungsgrößen definiert und beschrieben. Mittels Zerlegung in Teilmengen ist eine Einschätzung von Vegetation und umbauten Raum möglich. Als theoretische Grundlage verwenden sie Elemente der mathematischen Strukturtheorie.

Die Umweltberichterstattung ist nicht nur ein wichtiges ökologisches Thema, sondern auch ein Schwerpunkt der Umweltinformatik. *J. Marx Gómez, R. Isenmann und D. Süpke, Oldenburg/Bremen*, diskutieren die webbasierte Implementierung eines Nachhaltigkeitsberichterstattungssystems. Von bisherigen Anwendungen unterscheidet sich das System dadurch, dass die Berichte nicht mehr in statischer Form vorliegen, sondern mittels einer Warenkorbfunktionalität flexibel in Inhalt und Ausgabeformat angepasst werden können. Am Beispiel eines digitalisierten Nachhaltigkeitsberichtes eines Unternehmens sowie mittels des Apache Cocoon Framework werden die Unterschiede und perspektivischen Möglichkeiten dargelegt.

J. Marx Gómez, R. Isenmann, S. Bunge und T. Path, Oldenburg/Bremen, stellen den Einsatz von Webservices in einer Software zur Nachhaltigkeitsberichterstattung vor. Die Kommunikation zwischen den Web- und den Applikations-Servern wird vollständig mittels Webservices-Technologie realisiert. Als Webservice-Server kommt die Webservice-Bibliothek *JBossWS* zum Einsatz.

B. Luther und A. Gnauck, Cottbus, diskutieren Paradigmen der Entscheidungstheorie und deren Anwendungen in der Wassergütwirtschaft. Mit Hilfe verschiedener multikriterieller Verfahren der Entscheidungstheorie werden retrospektive Bewertungen des Belastungszustandes an Probenahmestellen sowie prospektive Bewertungen der Gewässergüte am Beispiel des Spree-Havel-Gewässersystems vorgestellt.

R. Vogel und N. X. Thinh, Dresden, greifen diese Überlegungen auf und berichten über ein Indikatorset zur multikriteriellen Bewertung von Retentionsflächen in der deutschen Elbaue als vorbeugende Maßnahme zur Minderung von Schäden an Ge-

bäuden und in der Landwirtschaft. Als Grundlage für GIS-basierte Berechnungen der Indikatordatensätze verwenden sie thematische Geodatensätze der Bundesländer sowie Daten des ATKIS-DLM und des ATKIS-DGM. Gerasterte Indikatordatensätze dienen als Input für multikriterielle Bewertungen mittels der Compromise Programming-Methode.

Vorhersagen und Beurteilungen der Potentiale ländlicher Gebiete unter dem Einfluss eines regionalen Klimawandels werden durch *M. Berg, R. Wieland, W. Mirschel* und *K.-O. Wenkel, Müncheberg*, am Beispiel des Entscheidungsunterstützungssystems LandCaRe 2020 vorgestellt. Basierend auf einer Klimadatenanalyse werden agrarbetriebliche und regionale Modelle in die Vorhersage einbezogen und Wahrscheinlichkeitsaussagen formuliert. Schwerpunkte des DSS liegen auf einer schnellen und intuitiven Interaktion zwischen Akteuren und DSS sowie auf einer Entscheidungsunterstützung traditioneller und moderner agrarwirtschaftlicher Produktionsweisen.

Von der Bundesanstalt für Gewässerkunde wurde ein entscheidungsunterstützendes Informationssystem für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes entwickelt. *T. Hens* und *S. Rosenzweig, Koblenz*, berichten über das Modellsystem INFORM (INtegrated FIOodplain Response Model) zur Berücksichtigung ökologischer Belange beim Gewässerausbau und der Gewässerunterhaltung. Es ermöglicht eine integrierte Betrachtung ökologischer Prozesse in der Flussaue. INFORM.DSS setzt darauf auf und dient als Frontend zur Definition und Analyse der Auswirkungen von Unterhaltungs- und Flussbaumaßnahmen. Ein Vorteil bei der Anwendung des INFORM.DSS Clienten ist, dass Planungsarbeiten direkt in ihrem räumlichen Kontext (GIS-Funktionalitäten) erfolgen.

Ein Informations- und Entscheidungsunterstützungssystem zur Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen im technisch-ökologisch-ökonomischen-raumplanerischen Kontext stellen *M. Löw, G. Belger, M. Haase, T. Hens, D. Kuch, K. Lippert, M. Thül, C. Hübner, M. Ostrowski, A. Winterscheid, E. Fuchs, P. Horchler, V. Hüsing, S. Rosenzweig, J. Slikker* und *P. van Iersel, Wiesbaden/Koblenz/Darmstadt/s-Hertogenbosch/Breda*, vor. nofdp IDSS (nature-oriented flood damage prevention) ist ein mesoskaliges Planungsinstrument, das aus den Funktionsgruppen Projektdefinition, Analysewerkzeuge, interaktive Planungsinstrumente, Bewertungsfunktionen für Planungsmaßnahmen und einer Berichtskomponente sowie aus Schnittstellen zu anderen Systemen besteht. Es enthält umfangreiche Geofunktionen. In Variantenstudien

kann die Wirkung von Maßnahmenkomplexen analysiert werden. Evaluierungsfunktionen helfen Planungsszenarien zu bewerten bzw. zeigen weiteren Planungsbedarf auf.

J. Studzinski, Warschau, stellt in seinem Beitrag die Konzeption und erste Ergebnisse eines Steuerungssystems zur Führung einer kommunalen Wasserversorgung und Abwasserbehandlung am Beispiel der Stadt Rzeszow vor. Das im Rahmen eines nationalen Forschungsobjektes entwickelte komplexe Informationssystem umfasst den Betrieb des Wasserversorgungsnetzes, des Abwassernetzes und der Kläranlage. Es ist auch zu Planungszwecken geeignet.

Der Schwerpunkt „Umweltdaten“ wird mit einem Beitrag von *J. Łomowski und M. Keszzycka, Wrocław*, eingeleitet. Sie präsentieren umfangreiche experimentelle Ergebnisse zur Untersuchung der Algengrößenverteilung im Trink- und Abwasser mittels eines Laser-Granulometers, wobei insbesondere Verteilungsfunktionen und Mittelwerte zur Einschätzung der verschiedenen Suspensionen dienen. Zur Klassifikation der Bildanalysen werden clusteranalytische Verfahren angewendet. Eine Beurteilung der Ergebnisse erfolgt durch Intensitätsmaße.

Zur exakten mathematischen Beschreibung der Verteilungsfunktionen von Umweltvariablen entwickelt *J. Jarnicka, Warschau*, parametrische und nichtparametrische statistische Modelle, die optimale Parameterschätzungen erlauben. Mittels einer verallgemeinerten Schätzfunktion werden anhand von Klärwerksdaten vom Umfang $n = 10000$ sehr genaue Schätzungen erhalten und multimodale Verteilungen ermittelt. Die zwischen Zu- und Ablauf einer Kläranlage statistisch nachgewiesenen Unterschiede werden zur Klassifikation des Abwassers angewendet.

J. Horabik und Z. Nahorski, Warschau, referieren über Vor- und Nachteile von top-down bzw. bottom-up Methodologien zur Modellierung von Schadstoffausbreitungen in der Atmosphäre. Liegen Aktivitätsdaten von der Erdoberfläche vor, so lassen sich genaue Rückschlüsse auf die Verteilungen der Schadstoffe anhand einer top-down Strategie ermitteln und mit den Ergebnissen einer bottom-up Strategie vergleichen. Unter Anwendung von CAR-Modellen werden bottom-up Emissionen als abhängige Variable und Aktivitätsdaten als Kovariate angesehen. Dadurch lassen sich räumliche Korrelationen ermitteln.

Eine technisch orientierte Form des Umweltmonitoring präsentieren *R. Fritzsche, J. Görmer und G. Kemnitz, Clausthal-Zellerfeld*, mit ihrem Beitrag zur webbasierten

MSR-Technik für die Beobachtung solarer Meerwasserentsalzungsanlagen. Es wird ein Informatik-Tool vorgestellt, das die Funktionen klassischer MSR-Technik wahrnimmt. Durch den Einsatz einer eigenen Web-Plattform mit Open-Source-Software ist es möglich, den Status und die Prozesssteuerung über das Internet bereitzustellen.

Ein anderes Problem der Analyse von Umweltdaten wird von *J. D. Alegue Feugo* und *A. Gnauck, Cottbus*, aufgezeigt. Gegenstand ihres Beitrages über Zeitreihenanalysen instationärer Signale der Wassergüte sind Untersuchungen langer hochaufgelöster Zeitreihen der Gewässergüte von Seen und Talsperren. Anhand von Wavelet-Korrelationen leiten sie Aussagen über indikator-bezogene zeitliche Veränderungen der Ökosystementwicklung ab.

Mein herzlicher Dank gilt 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 Dr. Bernhard Luther, der die technische Bearbeitung der oft komplizierten Texte und Abbildungen mit innovativen Ideen durchgeführt und die Fertigstellung des druckreifen Manuskriptes betreut haben. Dem Shaker Verlag Aachen, insbesondere Frau Leany Maaßen, bin ich für die unkomplizierte und schnelle Herausgabe des Buches in der Reihe „Umweltinformatik“ sowie für die ausgezeichnete verlegerische Betreuung zu großem Dank verpflichtet.

Cottbus, im Juli 2008

Albrecht Gnauck

Inhalt

Mirschel, W. und K.-O. Wenkel

Modellgestützte Folgenabschätzung von Klimaänderungen
in Agrarlandschaften..... 1

Röhricht, W.

Vom Begriff zum Bild: Das SILVISIO-Projekt..... 17

Lopes-Tavares, F., G. Hörmann and N. Fohrer

Modelling Soil-Water Fluxes:
Comparison of the Soil-Plant-Atmosphere CoupModel
with the SIMPEL Soil-Water Spreadsheets 23

Wei, S. and A. Gnauck

Water Conflicts and their Solutions by Means of Game Theory 34

Lünsdorf, O. und J. Finke

Neuronale Netze für die Approximation ökologischer Simulationen –
Ein Vergleich anhand von SimapD 50

Rüppel, U. und P. Göbel

Grundwasserstandsprognosen mit Künstlichen Neuronalen Netzen
zur Bestimmung von Infiltrationsmengen..... 64

Birkenfeld, S., M. Reuter und S. Vodegel

Modellprädiktive Regelung von Müllverbrennungsanlagen
mit Neuronalen Netzen 73

Dahmen, F. W. und G. Dahmen

Ähnlichkeit an Stelle von Gleichheit betrachten - ein ontologisch begründeter
Denkansatz bei der Analyse, Diagnose und Prognose von Ökosystemen 87

Kelschebach, M., S. Nickel, W. Busch, V. Staeger und P. Vosen

GIS-integriertes fuzzy-regelbasiertes Modell zur ökologischen
Auswirkungsprognose bergbaulicher Umwelteinwirkungen..... 111

Thinh, N. X. and V. V. Manh

Two Approaches for Mathematical Modelling in Urban Environmental Studies –
Examples of Models and an Application to Air Pollution Monitoring
in Hanoi (Vietnam) 123

<i>Görmer, J.</i> 3D – Geoinformationssysteme für das Bauwesen.....	134
<i>Thinh, N. X. aund A. Flöter</i> Abschätzung des Gebäudevolumens und der Gebäudeoberfläche von Städten.....	147
<i>Marx Gómez, J., R. Isenmann und D. Süpke</i> Warenkorbfunktionalität zur Erstellung personalisierter Nachhaltigkeitsberichte.....	164
<i>Marx Gómez, J., R. Isenmann, S. Bunge und T. Path</i> Einsatz von Webservices in einer Software zur Nachhaltigkeitsberichterstattung.....	177
<i>Luther, B. und A. Gnauck</i> Entscheidungstheorie – Paradigmen, Methoden und Anwendungen in der Wassergütewirtschaft	183
<i>Vogel, R. und N. X. Thinh</i> Indikatoren zur multikriteriellen Bewertung von Retentionsflächen in der deutschen Elbaue.....	200
<i>Berg, M., R. Wieland, W. Mirschel und K.-O. Wenkel</i> LandCaRe 2020 – ein Entscheidungsunterstützungssystem zur Vorhersage und Beurteilung der Potentiale ländlicher Gebiete unter dem Einfluss regionalen Klimawandels.....	214
<i>Hens, T. und S. Rosenzweig</i> INFORM.DSS – Ein entscheidungsunterstützendes Informationssystem für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes zur Berücksichtigung ökologischer Belange beim Gewässerausbau und der Gewässerunterhaltung.....	230
<i>Löw, M., G. Belger, M. Haase, T. Hens, D. Kuch, K. Lippert, M. Thül, C. Hübner, M. Ostrowski, A. Winterscheid, E. Fuchs, P. Horchler, V. Hüsing, S. Rosenzweig, J. Siccer und P. van Iersel</i> nofdp IDSS - Ein Informations- und Entscheidungsunterstützungssystem zur Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen im technisch-ökologisch- ökonomisch-raumplanerischen Kontext.....	240
<i>Studzinski, J.</i> Rechnergestützte Entscheidungshilfe zur Führung eines kommunalen Wassernetzes	260

<i>Lomotowski, J. and M. Kęszycka</i> Investigation of Water Particle Sizing by Laser Granulometer	272
<i>Jarnicka, J.</i> Anwendung der zweiteiligen Dichteschätzmethode zur Analyse der Partikelgröße im Rohwasser	280
<i>Horabik, J. and Z. Nahorski</i> Analysis of Gridded Air Pollution Data Using Conditionally Autoregressive Models for Spatial Dependence	290
<i>Fritzsche, R., J. Görmer und G. Kemnitz</i> Webbasierte MSR-Technik für die Beobachtung solarer Meerwasserentsalzungsanlagen	300
<i>Alegue Feugo, J. D. and A. Gnauck</i> Time Series Analysis of Non-Stationary Water Quality Signals	313