

Berichte aus der Bauinformatik

Tino Schonert

**Zur Kopplung finiter Element Approximationen
und zellbasierter Fuzzy-Modelle**

Holistischer Modellansatz zur Simulation
hydro-ökologischer Prozesse

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.

Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 2007

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 978-3-8322-6648-6

ISSN 1612-6262

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

Zusammenfassung

Aufgrund der steigenden Anforderungen und zunehmenden Komplexität von Fragestellungen in Natur- und Ingenieurwissenschaften ergibt sich in Zukunft die Notwendigkeit der Simulation gekoppelter Probleme, bei denen unterschiedliche physikalische, chemische, biologische und ökologische Prozesse miteinander in Wechselwirkung treten. Zur Beschreibung der zu berücksichtigenden Phänomene sind in der Vergangenheit unterschiedlichste Modellansätze entwickelt worden. Typische Vertreter sind hierbei u.a. stetige Approximationen auf der Basis finiter Elemente, finiter Volumen oder finiter Differenzen, welche sich insbesondere im Bereich der Strukturmechanik oder Fluidodynamik zur Lösung von Differentialgleichungen, die sich aus den physikalischen Gesetzmäßigkeiten ergeben, etabliert haben. Hingegen haben sich diskrete Simulationsmodelle auf der Basis zellulärer regelbasierter Automaten als geeignetes Werkzeug erwiesen, wenn sich Abhängigkeiten und Wirkungsbeziehungen regelbasiert formulieren lassen, wie in Biologie und Ökologie. Darüber hinaus lässt sich eine Vielzahl von Prozessen in Natur und Technik identifizieren die nur mit einem gewissen Grad an Unschärfe beschrieben werden können. Ein grundlegendes Konzept zur Beschreibung von Unschärfe ist die Fuzzy-Theorie, wobei zur Repräsentation der Zustandsgrößen linguistische Variablen verwendet werden. Es wird ein fuzzy-basierter Modellansatz als alternative Modellbeschreibung vorgestellt, mit dem sich die zeitliche Entwicklung und Zustandsänderung der Systemgrößen durch linguistische Expertenregeln beschreiben lässt.

Die Anwendbarkeit fuzzybasierter Modellansätze wird im Rahmen der Modellbildung und Simulation hydro-ökologischer Prozesse im Küstenbereich untersucht. Zur Beschreibung der überwiegend physikalischen Prozesse im Gewässer, wie Seegang, Strömung und Transport, wird ein stabilisiertes finite Element Modell genutzt. Die Berücksichtigung ökologischer Prozesse, wie benthische Ökosysteme, und deren Interaktion auf Hydro- und Morphodynamik erfolgt durch Abbildung der komplexen regelbasierten Wirkzusammenhänge in Form eines dynamischen Fuzzy-Systems. Eine ganzheitliche Modellbildung und Simulation solcher gekoppelter Probleme erfordert Kopplungsmechanismen, die die unterschiedlichen Modellparadigmen berücksichtigen und eine konsistente Übertragung der Systemparameter sicherstellen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Kopplung finiter Element Approximationen und zellbasierter Fuzzy-Modelle. Die prinzipiellen Unterschiede erfordern geeignete Strategien der Modellkopplung, die eine konsistente Übertragung der Systemgrößen von einem Modell ins andere gewährleisten. Neben geometrischen Fragestellungen und konservativen Übertragungsstrategien ist vor allem der Einsatz geeigneter Fuzzifizierungs- und Defuzzifizierungsmethoden erforderlich, die eine konsistente Abbildung stetiger und diskreter Modellparameter erlauben. Ausgehend von Untersuchungen im Labor und in der Natur werden geeignete Ansätze, die die Interaktion zwischen Bewuchs, Strömung und Morphodynamik durch Berücksichtigung der biomechanischen Eigenschaften wiedergeben, im Rahmen einer physikalische phänomenologischen Kopplung vorgestellt.

Die Integration der entwickelten Modellansätze und Kopplungsstrategien in ein holistisches Modellsystem ermöglicht eine ganzheitliche Betrachtung und Simulation hydro-, morphodynamischer und ökologischer Prozesse. Anhand erster qualitativer Untersuchungen des gekoppelten Modellsystems wird die Anwendbarkeit des

fuzzybasierten Ansatzes sowie die Tragfähigkeit des vorgestellten Kopplungsschemas gezeigt. Damit werden hochaktuelle Fragestellungen aus dem Bereich der numerischen Simulation hydro-ökologischer Prozesse aufgegriffen und auf der Basis der Methoden und Techniken der Bauinformatik generalisierbare Lösungsansätze entwickelt. Die im Rahmen der Arbeit vorgestellten fuzzybasierten Modellansätze, Kopplungsstrategien und Algorithmen schaffen die Voraussetzung zur Kopplung unterschiedlichster Modellmodule und bilden die Grundlage für die Übertragung auf andere Bereiche in Naturwissenschaft und Technik.