

# SAMT/DESIRE - eine Simulationsumgebung für räumliche Prozesse

Ralf Wieland, Xenia Holtmann, Granino Korn

Institut für Landschaftssystemanalyse  
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. Müncheberg  
Eberswalder Straße 84, 15374 Müncheberg  
rwieland@zalf.de  
holtmann@zalf.de

G. A. AND T. M. KORN INDUSTRIAL CONSULTANTS  
7750 South Lakeshore Road, #15, Chelan, WA 98816  
gatmkorn@aol.com

**Abstract:** Vorgestellt wird das integrierte Modellierungstool „SAMT/DESIRE“ . Es besteht aus einer Kombination eines gridbasierten GIS, einem Fuzzy-Entwicklungstool, einer neuronalen Netzumgebung und dem dynamischen Simulationstools DESIRE. Durch die Integrationsfähigkeit unterschiedlicher Modelle der einzelnen Komponenten wird es möglich, selbst komplexe Wechselwirkungen, wie bei der Betrachtung der Nachhaltigkeit von Landschaften auftreten, zu modellieren und zu simulieren.

## 1 Einleitung

Eingriffe des Menschen in die Landschaft, Veränderung des Klimas, Entwicklung neuer Techniken, wie genetisch veränderte Pflanzen, Umstellung auf "nachwachsende Rohstoffe" etc. erfordern eine ganzheitliche Betrachtung der Wirkungen auf die Landschaft. Für diese ganzheitliche Modellierung der Entwicklung von Landschaften wird eine Kombination unterschiedlicher Modellansätze notwendig. Modelle mit auf die Aufgabenstellung angepassten räumlichen und zeitlichen Skalen kommen zum Einsatz. Rückkopplungen zwischen einzelnen Prozessen in der Landschaft erzeugen nichtlineare Modellkopplungen, die einer eingehenden Untersuchungen bedürfen, um in der Simulation wichtige von weniger wichtigen Abhängigkeiten zu trennen. Es wurde ein neues Werkzeug entwickelt, bestehend aus dem in [Wr04] vorgestellten Simulationstool SAMT, einem Vektorsimulationssystem (DESIRE) sowie Zusatzmodulen zur Fuzzy-Modellierung und zur Anwendung neuronaler Netze. Das Simulationssystem „SAMT/DESIRE“ wird im weiteren vorgestellt. Schwerpunkt wird auf die softwaretechnische Lösung, die Interfaces und Methoden, die sich aus der Integration der Dynamik über DESIRE ergeben, gelegt.

## 2 SAMT und DESIRE

SAMT [samt] ist ein einfaches gridbasiertes GIS. Es beinhaltet die wichtigsten Gridoperationen, die üblicherweise von einem Rastergrid erwartet werden. Beispielsweise ist es möglich, ein Grid zu verschneiden, zu skalieren, zu normieren etc. Diese Gridoperationen werden begleitet von einem Satz von Analysefunktionen. Sie erlauben es, statistische Zahlen (Mittelwert, Standardabweichung) zu berechnen, Histogramme unterschiedlicher Binanzahl zu erzeugen, Höhenprofile als Transekt auszuwählen etc. Ebenfalls zur Analyse gehört das Modul zur Sensitivitätsuntersuchung von Modellen in SAMT. Dieses Modul ist für alle Modelltypen von SAMT geeignet, also auch für Fuzzy-Modelle und neuronale Netze. Zusätzlich wurde für die Fuzzy-Modelle eine spezielle Analysetechnik integriert, die es erlaubt, flächenscharf die Simulation zu untersuchen und die Wirkung der Fuzzyregeln zu testen. Substanziell für ein GIS ist die Verbindung zur Datenbank, in SAMT wird MySQL als relationales Datenbank Managementsystem eingesetzt. Zusätzlich zu den Grundfunktionen sind in SAMT Im- und Exportfunktionen zum ARCGIS integriert. Vervollständigt wird SAMT durch eine Reihe von „Spezial“-Funktionen bis hin zur dreidimensionalen Darstellung. Wesentlichstes Merkmal von SAMT ist die einfache Integrierbarkeit von Modellen, insbesondere Fuzzy-Modelle und neuronale Netze. Gemeinsam lag diesen Modellierungsansätzen eine statische Betrachtung der Landschaft zugrunde. Die Simulation ging davon aus, dass die Eingangsgrößen, wie Landnutzung, Strukturvielfalt, Standorte der Windkraftanlagen etc. während eines Simulationslaufes als konstant anzusehen sind. Um Änderungen zu simulieren, mussten die Eingangsgrößen variiert werden und die Simulation erneut gestartet werden. Eine Zeitabhängigkeit der Eingangsgrößen und die Reaktion der Landschaft als System wird durch Differenzialgleichungen ausgedrückt. SAMT konnte bisher dynamische Fragestellungen behandeln, doch dazu musste der Code direkt in C++ formuliert werden. Unter Nutzung der Gnu Scientific Library standen die notwendigen Routinen zur Verfügung, was fehlte war ein Rahmen, in dem die dynamischen Modelle ausprobiert und parametrisiert werden konnten. Außerdem sollte die Entwicklung der dynamischen Modelle nicht mehr an Kenntnis der doch recht komplizierten Syntax von C++ gebunden sein. Es bot sich an, ein freies dynamisches Simulationstool in SAMT zu integrieren. DESIRE, ein Simulationstool von Korn [korn], wurde als geeignet für diese Aufgabe gefunden. Es zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- einfache (Basic artige) Syntax
- durch Verwendung eines vektorisierenden Compilers extrem schnell und auch für Fragestellungen mit hoher Komplexität (bis zu 40000 Differenzialgleichungen) geeignet
- Open Source, es kann damit speziell den Anforderungen von SAMT angepasst werden
- schlechte graphische Ausgabe, die heutigen Anforderungen nicht mehr gerecht wird
- sehr schlechte Bedienbarkeit über eine Shell

Letztere zwei Punkte zeigen auf, dass eine Neuimplementierung von Teilen von DESIRE notwendig war. DESIRE wurde im Rahmen einer Diplomarbeit mit einer modernen graphischen Benutzeroberfläche (unter Nutzung von Qt) versehen. Ebenfalls neu gestaltet wurde die Ausgabe der Graphiken der Simulation. Unter Nutzung der qwt-Bibliothek entstand eine Graphikausgabe, die frei skalierbar, interaktiv anpassbar und als Bild exportierbar ist. Letztere Eigenschaft erlaubt die Integration von Simulationsergebnissen in Veröffentlichungen. Wesentlicher Vorteil der neuen Graphik ist die Möglichkeit, die Ausgabe auch nach einer Simulation aktiv zu halten und somit Ergebnisse verschiedener Simulationsläufe vergleichbar zu machen.

### **3 Integration von DESIRE in die räumliche Simulationsumgebung SAMT**

Der Schwerpunkt bei der Neugestaltung von DESIRE lag in der Integration in SAMT. Es sollte Folgendes möglich sein:

- Nutzung von DESIRE als Modellentwicklungswerkzeug für dynamische Modelle
- Test und Parametrisierung dynamischer Modelle
- Nutzung von Daten aus SAMT für die Simulation
- Übergabe von Simulationsergebnissen von DESIRE nach SAMT
- Nutzung der Fuzzy-Modelle aus SAMT in DESIRE
- Nutzung der neuronalen Netze aus SAMT in DESIRE

Die Übergabe von Daten von und nach SAMT erwies sich als einfach realisierbar. Für die lose Kopplung beider Systeme wurde die Übergabe in Form eines binären Files vorgesehen. Das ist robust und für die Mehrzahl der Anwendungen ausreichend schnell. Alternativ gibt es die Möglichkeit einer Kopplung über shared Memory und deren Verwalten über Semaphore. Nachteilig bei dieser, auf hohe Geschwindigkeit optimierten Kopplung, ist die mögliche Beeinflussung beider Programme bei auftretenden Fehlern. Nicht verschwiegen werden soll, dass trotz der hohen Anzahl von Differenzialgleichungen in DESIRE die Datenmenge von SAMT diese überfordern kann. 40000 Differenzialgleichungen stehen oft mehrere Millionen Datensätze aus SAMT gegenüber. Unter Nutzung der räumlichen Daten innewohnenden Redundanz oder der Verwendung geeigneter Interpolationsverfahren konnte dieses Problem entschärft werden. Interessant ist die Nutzung von Fuzzy-Modellen in DESIRE. DESIRE kann die unter SAMT entwickelten Fuzzy-Modelle direkt lesen und in eine Simulation integrieren. Das kann dazu genutzt werden, um Fehler in den Fuzzy-Modellen, die sonst unsichtbar sind, aufzudecken. Weiterhin können Fuzzy-Modelle als Teil einer Differenzialgleichungen auftreten. Diese Möglichkeit ist interessant, da damit unscharfe Modelle auch zur Beschreibung der Systemdynamik einsetzbar sind. Hier bietet sich noch ein breites Forschungspotenzial.

Die Integration von neuronalen Netzen in DESIRE ist ein weiteres Merkmal, wie sich die räumliche Komponente SAMT und DESIRE ergänzen. In DESIRE können die neuronalen Netze als Modelle einer tief greifenden Analyse ihres Verhaltens unterzogen werden. Unstimmigkeiten, die im räumlichen Kontext der vielen Daten oft nicht auffallen, werden auf diese Weise entdeckt und können behoben werden. Damit ergänzt und erweitert DESIRE die in SAMT integrierten Analysemodule. Ebenfalls denkbar ist der Einsatz von neuronalen Netzen als Teil einer dynamischen Simulation. Hier können beispielsweise mit Hilfe neuronaler Netze bestimmte Parameter, die in die Simulation eingehen, berechnet werden.

## 4 Einsatzmöglichkeiten von SAMT/DESIRE

Neben Einsatzmöglichkeiten in der Habitatmodellierung [WV00] wurde SAMT/DESIRE entworfen, um komplexe Fragestellungen, die die Nachhaltigkeit einer Entwicklung einer Region betreffen, zu bearbeiten [WV04]. Hierzu ist es notwendig, inhaltliche Themen in Beziehung zu setzen. So hat eine Änderung des Klimas einen großen Einfluss auf die agrarische Nutzung, was wiederum zu einer Beeinflussung abiotischer (Grundwasserneubildung, Erosion, Nitrateintrag in Boden und Wasser etc.) und auch biotischer Prozesse führt. Zu beachten ist, dass die primäre Klimaänderung nicht nur direkt, sondern über die geänderte Landnutzung auch indirekt auf die zu untersuchenden Prozesse wirkt. Das kann sowohl positiv oder negativ wirken. In einer Reihe von Projekten z.B. MAGIM [magim], Preagro II [We05] oder dem beantragten AGROCLIM-ADAPT, wird SAMT/DESIRE eingesetzt, um solche komplexen Zusammenhänge zu modellieren. Hier kommt vorteilhaft zum tragen, dass SAMT unterschiedliche Modelle miteinander koppeln kann. Durch die Kombination mit DESIRE ist nun auch die Untersuchung komplexer dynamischer Simulationen einfach möglich.

## Literaturverzeichnis

- [korn] <http://members.aol.com/gatmkorn/>.
- [magim] <http://www.magim.net/>.
- [samt] <http://www.samt-lsa.org>.
- [We05] Wenkel, K.O.; Mirschel, W.; Bobert, J.; Wieland, R.: „Modellgestützte Generierung von Ertragskarten“ GIL, 2005.
- [WV00] Wieland, R.; Voss M.: „Land use change and habitat quality in Northeast German agro-landscapes.“ - In: Tenhunen, J. D., R. Lenz, R. Hantschel [Hrsg.]: Ecosystem approaches to landscape management in Central Europe: 2000; 341-346, Berlin (Springer) (Ecological Studies; 147).
- [WV04] Wieland, R.; Voss, M.: „Spatial Analysis and Modeling Tool - structure possibilities and applications“ in IASTED: „Environmental Modeling and Simulation“, Nov. 2004.
- [Wr04] Wieland, R.; Voss, M.; Mirschel, W.; Wenkel, K.-O.; Ajibifun, A.A.: SAMT – eine neue Open Source Plattform zur Landschaftsanalyse, Modellentwicklung und Integration räumlich expliziter pkologischer und pkonomischer Modelle. Tagungsband GIL 2004; S. 137-140.