

# Semantikverlust in integrierten Systemen – Ein Fallbeispiel aus der Umweltplanung

Lars Bernard und Hardy Pundt  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
Institut für Geoinformatik  
{bernard,pundt}@ifgi.uni-muenster.de

## Zusammenfassung

Anhand eines Anwendungsbeispiels aus der GIS-gestützten Klimaplanung werden Formen und Folgen des Semantikverlustes in integrierten Systemen diskutiert. Ausgangspunkt der Untersuchungen ist das System AtmoGIS, das meteorologische Modelle und GIS-Funktionen integriert. Besondere Beachtung finden die Datenflüsse in AtmoGIS. Beispielhaft werden mögliche Ursachen von Fehlinterpretationen der Simulationsergebnisse als Folge des Semantikverlustes aufgezeigt. Unter Einbeziehung objektorientierter und regelbasierter Techniken werden Ansätze skizziert, die einen Beitrag zur Lösung des angesprochenen Probleme liefern können.

## 1. Einleitung

Geoinformationssysteme (GIS) haben als Werkzeuge zur Realisierung von Umweltinformationssystemen (UIS) in den vergangenen Jahren zunehmend Eingang in die Umweltplanung und -verwaltung gefunden (Fürst et al. 1996). Derzeit werden UIS vorwiegend für die Erfassung, die Verwaltung und die Präsentation vorhandener raumbezogener Umweltinformationen eingesetzt. Darüber hinaus werden vielfältige Schritte in Richtung eines GIS-gestützten Umweltmonitorings durch die Anwendung elementarer GIS-Modellier- bzw. Analysefunktionen unternommen (Bluhm et al. 1996, Asche & Heiss 1994).

Der integrierte GIS-Arbeitsplatz, der die digitale Erfassung relevanter Raumdaten, den Zugriff auf verteilt vorliegende Ressourcen (Geodaten und Methoden), die komfortable Nutzung unterschiedlicher Simulationsmodelle für die Umweltplanung und letztlich die räumliche Analyse von Umweltdaten ermöglicht, ist derzeit allenfalls als (noch recht fernes) Gesamtziel aktueller Forschungsarbeiten zu erkennen.

In diesem Zusammenhang spielen eine Reihe aktueller Forschungsthemen eine bedeutende Rolle. Hierzu zählen die OpenGIS Initiative, dreidimensionale und dynamische GIS, Einsatz von Visualisierungstechniken (GeoViSC), Metadaten sowie wissensbasierte Systeme. In vielen Teilbereichen finden sich bereits Ansätze, die den Weg zu vollständig integrierten Systemen weisen (Kapetanios et. al. 1995,

Pundt et al. 1996, Balovnev et. al. 1997, Bernard et al. 1998, O'Conaill et. al. 1994). Jedoch muß festgestellt werden, daß bezüglich der Synthese der genannten Ansätze nach wie vor Defizite bestehen. Der Verlust der Semantik der Geodaten ist ein in vielen Publikationen angedeutetes, jedoch bislang ungelöstes Problem. In einem integrierten System werden die Ausgangsdaten oft mehrfach konvertiert, gefiltert, aggregiert und disaggregiert. Nur unter Berücksichtigung der Semantik der betrachteten Geodaten und geowissenschaftlichen Modelle sind Aussagen zur Qualität der Analyseergebnisse möglich. Diese Aussagen bilden die Basis für eine Systembeurteilung und bestimmen damit den Nutzen des gesamten Systems (Aspinall & Pearson 1996, Burrough et al. 1996).

In diesem Beitrag sollen anhand eines Anwendungsbeispiels aus der GIS-gestützten Klimaplanung mögliche Formen und Folgen des Semantikverlustes demonstriert werden. Der kurzen Beschreibung des integrierten Systems folgt eine exemplarische Darstellung der Datenflüsse in der GIS-gestützten Klimaplanung. Hier sollen beispielhaft die Ursachen möglicher Fehlinterpretationen untersucht werden. Mit der Diskussion von Lösungsansätzen schließt der Artikel.

## **2. AtmoGIS: Beispiel eines interoperablen Systems für die Integration von GIS und Umweltmodellen**

Die Integration dynamischer, dreidimensionaler Umweltmodelle in GIS scheitert derzeit an den zumeist zweidimensionalen Datenmodellen sowie der geschlossenen (fehlende Programmierschnittstellen) und monolithischen (keine Zerlegung in Komponenten möglich) Architektur traditioneller GIS (Fedra 1993, Bernard & Streit 1996). In der Umweltplanung eingesetzte meteorologische Simulationsmodelle können daher lediglich in loser Form an GIS gekoppelt werden (Bernard & Rose 1994, Braun 1997). Maßgebliche Vorteile der Integration von meteorologischen Modellen und GIS sind:

- Datenredundanz und Semantikverlust (verursacht durch den Transfer zwischen verschiedenen Systemen) können weitgehend vermieden werden. Die modellseitig benötigten Eingangsdaten und die Ergebnisdaten werden zentral im GIS verwaltet. Darüber hinaus stehen die in der meteorologischen Modellierung genutzten Datenmodelle (orographiefolgende Koordinaten, *staggered grids*; vgl. Pielke 1984) auch für die GIS-gestützte Analyse zur Verfügung.
- Analysefehler als Folge von in Modell und GIS unterschiedlich implementierten Funktionen werden vermieden (beispielsweise nutzen in der integrierten Anwendung Modell und GIS-Analysewerkzeuge denselben Algorithmus zur Bestimmung der Neigung).
- Der ständige Wechsel zwischen unterschiedlichen Anwendungsumgebungen erübrigt sich. Die Kombination mit geeigneten Benutzerschnittstellen in einer einheitlichen Systemumgebung führt zu einer besseren Bedienbarkeit.

Das im Rahmen der IOGIS Initiative (*interoperable offene GIS*, IOGIS 1997) in einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekt entstehende interoperable objektorientierte System AtmoGIS (*Atmospheric modeling and GIS*, Bernard et al. 1998) soll die Entwicklung von Anwendungsprogrammen ermöglichen, die ein oder mehrere meteorologische Simulationsmodelle, Verwaltungs-, Analyse- und Visualisierungsfunktionalitäten integrieren.

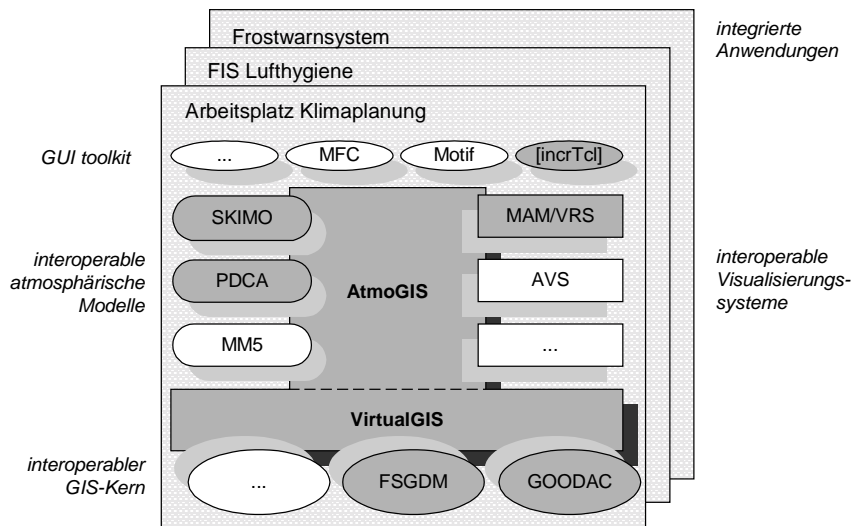


Abbildung 1

AtmoGIS Architektur (die grau unterlegten Komponenten sind gegenwärtig im Prototyp integriert, die weiß hinterlegten sind bislang nur konzeptionell berücksichtigt)

Abbildung 1 zeigt die Architektur des Systems AtmoGIS. Mit dem Ziel, die geforderten Ansprüche an Interoperabilität zu erfüllen, erfolgt die Implementierung des AtmoGIS-Prototypen einerseits auf Basis eines einfachen Dateisystems (FSGDM) zur Verwaltung von (3+1)D-Rastern, andererseits auf Basis des objektorientierten GIS-Kerns GOODAC (Becker et al. 1997), der auf der objektorientierten Datenbank ObjectStore aufsetzt. Die Funktionalitäten des GIS-Kerns werden in der als VirtualGIS bezeichneten Systemebene abstrahiert. Ein weiterer GIS-Kern, der die durch die VirtualGIS Ebene definierten Klassen bereitstellt, kann somit problemlos in AtmoGIS integriert werden. Die aufsetzenden AtmoGIS-Klassen können daher unabhängig von dem jeweils eingesetzten GIS-Kern bereitgestellt werden. Für den Applikationsentwickler, der die Klassen des VirtualGIS und die davon abgeleiteten AtmoGIS-Klassen verwendet, ist es unerheblich, ob die Applikation auf einem Datei- oder Datenbanksystem realisiert

ist. Die von AtmoGIS für die meteorologische Modellierung bereitgestellten Klassen können über eine C++-Schnittstelle angesprochen werden. Im Rahmen der Prototypenentwicklung wird das hydrostatische Mesoskalenmodell S\_KIMO-3 (S\_KIMO-3, 1997) und das unter Verwendung zellulärer Automaten realisierte mikroskalige Dispersionsmodell PDCCA (Krüger & Streit, 1998) in die AtmoGIS-Umgebung integriert. Analysewerkzeuge können über eine C++-Schnittstelle oder über die interpretative Scriptsprache [incr Tcl] auf AtmoGIS-Klassen zugreifen. Die Anbindung der ebenfalls objektorientierten Visualisierungs- und Renderingumgebung MAM/VRS an AtmoGIS erfolgt unter Einsatz von Iteratorklassen (Döllner & Hinrichs 1997).

Die zukünftigen Arbeiten zielen auf die Integration weiterer Modelle, etwa dem Mesoskalenmodell MM5 (PSU/NCAR 1997), der Unterstützung des "nestings" verschiedener Modelle in AtmoGIS, sowie der Entwicklung spezieller Fachinformationssysteme auf Basis von AtmoGIS.

### **3. Semantik und Semantikverlust in integrierten Systemen**

Nach einer kurzen Einführung zum Begriff "Semantik" soll ein konkretes Fallbeispiel mögliche Formen und Folgen des Semantikverlustes aufzeigen.

#### **3.1 Semantik**

Die gegenwärtige Diskussion um interoperable GIS-Werkzeuge betrifft erst in den letzten Jahren verstärkt auch den Aspekt der Semantik von Geodaten (Garcia-Solaco et al. 1996, Sheth 1995, Kuhn 1995). Es existieren substantielle Unterschiede bezüglich der Bedeutung und Beschreibung räumlicher Objekte in verschiedenen Nutzerkreisen. Insbesondere diese semantischen Unterschiede behindern jedoch den Datenaustausch und den Austausch von GIS-Funktionalitäten oft in beträchtlichem Maße. Abbildung 2 zeigt vereinfacht den Vorgang der Abstraktion von Realweltphänomenen zu Objekten, die schließlich mittels eines GIS repräsentiert werden können. Semantik tritt in diesem Fall an der Schnittstelle zwischen der Repräsentation (GIS-Anwendung) und der nutzerspezifischen Sicht auf einen konkreten, thematisch fixierten, Weltausschnitt auf (Bishr et al., 1998).

Erst die Interpretation dessen, was dem Nutzer durch das GIS (meistens per Visualisierung) vermittelt wird (computer representation), ermöglicht die Zuordnung einer "Bedeutung" (semantics) an die betrachteten Objekte (context world view). An einem Beispiel sie dies verdeutlicht: zwei Nutzer mit unterschiedlichen Sichtweisen auf räumliche Objekte können zwar dieselbe Darstellung am Computer betrachten (z. B. eine Landnutzungskarte), jedoch zu ganz unterschiedlichen Interpretationen gelangen. Beispielsweise verbindet ein Ökologe, der eine Naturschutzplanung durchführt, mit dem Begriff "Feuchtfäche" oder "Brachland" andere Eigenschaften als ein Klimatologe, der die Frostgefährdung im Obstbau abschätzen möchte.

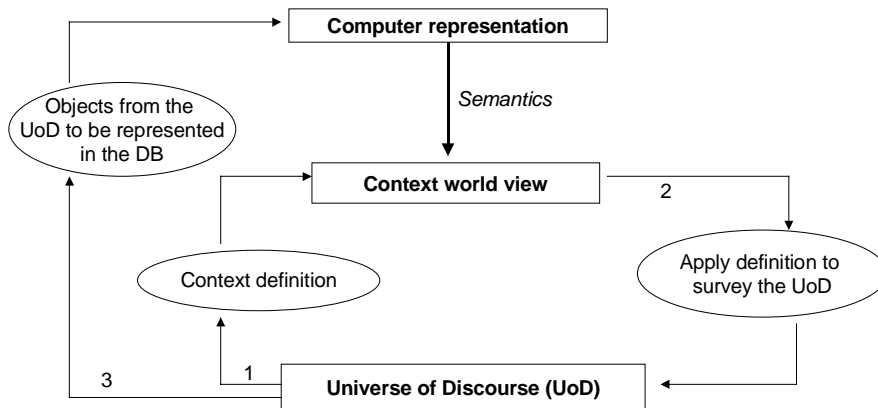


Abbildung 2

Abstraktion von Realweltphänomenen und Semantik (nach Bishr et al. 1998)

### 3.2 Fallbeispiel: Planung von Frischluftschneisen in der Stadtplanung

Anhand eines Beispiels zum Thema „Erstellung einer Klimakonfliktkarte ‚Städtische Belüftung‘“ werden Gefahrenpunkte dargestellt, an denen es zum Verlust semantischer Eigenschaften kommen kann. Außerdem werden mögliche Konsequenzen der Nichtbeachtung des Semantikverlustes aufgezeigt.

*Problemstellung:*

*Die Auswirkungen einer geplanten, starken baulichen Verdichtung auf die lufthygienischen und bioklimatischen Bedingungen eines Stadtteils sollen überprüft werden. Falls notwendig, sollen zusätzliche Belüftungsschneisen für diesen Stadtteil ermittelt werden.*

*Vorgehen:*

*Eingangsparameter für das integrierte System, das zur Bearbeitung der skizzierten Problemstellung eingesetzt wird, sind u. a. Landnutzungsdaten. Vorhandene ATKIS-Daten werden um die geplante Bebauung erweitert. Diese Ausgangsdaten werden zur Durchführung von zwei Simulationsrechnungen mit einem Strömungsmodell verwendet:*

1. für den Ist-Zustand

## 2. für den Planungszustand

*Ein Ergebnis der Modellrechnungen sind Karten der Windgeschwindigkeiten, die aus den simulierten Windfeldern abgeleitet werden. Diese Karten werden mit den ATKIS-Daten (bzw. den um die geplante Bebauung erweiterten ATKIS-Daten) verschnitten. Resultate sind Belüftungskarten für den Ist-Zustand und für den Planungszustand.*

*Planungsentscheidung:*

*Die Belüftungskarten zeigen trotz der verdichteten Bebauung im Planungszustand keine wesentliche Modifikation der Belüftungssituation durch die geplante Bebauung. Aufgrund dieses Ergebnisses wird auf die weitere Ausweisung von Belüftungsbahnen für den betrachteten Stadtteil verzichtet.*

In dem geschilderten Fallbeispiel ist möglicherweise eine falsche Planungsentscheidung getroffen worden. Zwei potentielle Fehlerquellen seien beispielhaft genannt:

1. Die zur Erstellung der Belüftungskarte herangezogenen ATKIS-Landnutzungsdaten sind sehr feinstrukturiert. Das Simulationsmodell benötigt jedoch stark aggregierte Daten. Es kann daher im Rahmen der Aggregation zu einem Verlust spezieller Informationen kommen.
2. Der verwendete Modellansatz parametrisiert Hinderniswirkung der geplanten Bebauung nicht oder nur unzureichend. Der Einsatz des Modellergebnisse zur Lösung der anfangs beschriebenen Problemstellung war somit nicht zulässig.

Den resultierenden Planungskarten ist in der Regel nicht zu entnehmen, wie die dargestellten Ergebnisse zustande gekommen sind. Es ist beispielsweise nicht transparent, ob Daten ausreichend und in einem akzeptablen Aggregationsniveau Berücksichtigung fanden. Ein Verlust semantischer Eigenschaften der Daten ist an dieser Stelle nicht mehr nachzuvollziehen. Dies erschwert die Interpretation der Karten bzw. kann, wie oben dargestellt, den Kartennutzer geradezu leiten, falsche Planungsentscheidungen vorzunehmen. Integrierte Systeme für die Umweltplanung sollten daher Werkzeuge bereitstellen, die einerseits die notwendigen Plausibilitätsprüfungen weitgehend unterstützen und andererseits dem Anwender helfen, den Prozeß der Entscheidungsfindung transparent darzustellen.

## 4. Lösungsansätze

Lösungsansätze für die angesprochenen Probleme sind Gegenstand aktueller Untersuchungen. Im folgenden sollen die Kombination von wissensbasierten Methoden mit dem objektorientierten Ansatz des Systems AtmoGIS als Lösungsstrategie für die im Fallbeispiel skizzierte Problematik diskutiert werden. Der Anwender soll dabei zum einem in der Modellauswahl und der Vorgabe der Modelleingangsdaten unterstützt werden. Zum anderen soll die Durchführung semantischer Plausibilitätskontrollen während der Ergebnisanalyse helfen, Fehlinterpretation zu verhindern.

Wissensbasierte Methoden, insbesondere der regelbasierte Ansatz, bieten den Vorteil, daß die Implementierung von Expertenwissen mittels Regeln dem Denken und Arbeiten z. B. des Fachplaners, sehr nahe kommt. Es kann zu einer sehr guten und effektiven Zusammenarbeit zwischen Programmentwickler und Sachbearbeiter kommen, die gewährleistet, daß gerade die praxisbezogenen und fach- bzw. regionalspezifischen Parameter und Charakteristika, die in einem Planungsvorgang bzw. bei der Auswahl *geeigneter* Modelle von herausragender Bedeutung sind, explizit Berücksichtigung finden. Es liegt daher nahe, wissensbasierte und GIS-Techniken miteinander zu verbinden (Townshend 1991, Pundt 1997).

#### 4.1 Wissensbasen zur Modellauswahl

Ein entscheidender Aspekt bezüglich der Produktion verlässlicher Ergebnisse im Rahmen der Simulation von Umweltphänomenen und -prozessen ist die Anwendung des *geeigneten* Modells. Nur allzu oft werden Modelle unkritisch angewendet und Ergebnisse, kartographisch entsprechend aufbereitet, in Planungen übernommen. Das Ergebnis der oben beschriebenen Szenarios weist sehr deutlich auf mögliche Folgen dieser Praxis hin.

Die Idee des Einsatzes wissensbasierter Techniken zur Unterstützung bei der Modell- und Methodenauswahl ist nicht neu. Verschiedenen Autoren haben bereits darauf hingewiesen, daß hier eine Möglichkeit besteht, die mehr oder weniger unkritische Anwendung von Umweltmodellen zu verhindern (Burrough et al. 1996). Nach wie vor verfügen aber wenige Systeme über derartige Komponenten. Dies erschwert eine Bewertung des Semantikverlustes im Verlauf der Bearbeitungsschritte und damit letztlich eine sachgerechte Beurteilung der Ergebnisse eines integrierten Systems enorm.

Ein integriertes System sollte über Module verfügen, die den Nutzer zunächst bei der Auswahl des Modells und im weiteren bei der Festlegung der Modellparameter unterstützen. Hierzu müssen neben den Eingangsdaten zusätzliche Informationen über das Planungsgebiet, Eigenschaften der Modellansätze usw. Berücksichtigung finden. Ein regelbasierter Ansatz bietet sich an, da mittels der Dialogkomponente die benötigten zusätzlichen Informationen vom Fachexperten bzw. -planer abgerufen werden können. Neben diesen fach- und regionalspezifischen Angaben kann eine Regelbasis auch Metainformationen über die Eingangsdaten sowie die zur Wahl stehenden Modellansätze einbeziehen. Die Auswertung dieser Informationen führt zu einem Modellvorschlag. Im Rahmen des Fallbeispiels sollte etwa geprüft werden:

- welche Modelle für die Simulation von Strömungs- und Temperaturfeldern einsetzbar sind,
- ob die Modelle für den betrachteten Maßstabsbereich und die zu untersuchenden meteorologischen Randbedingungen geeignet sind (ein hydrostatisches Mesoskalenmodell ist zwar zur Untersuchung von Hangabwinden bei autochthonen Wetterlagen, nicht jedoch bei Starkwindlagen geeignet),
- ob die Modellparametrisierungen in Anbetracht der untersuchten Fragestellung zulässig sind (“Werden im Modell Bebauungsstrukturen berücksichtigt?“)

In speziellen Anwendungsbereichen ist die Modellauswahl bereits mehr oder weniger festgelegt, wobei selbstverständlich auch spezielle Parameterkombinationen und Randbedingungen zu beachten sind. Diese sind in entsprechenden Vorschriften, beispielweise VDI-Richtlinien oder Bundesimmissionsschutzgesetz (etwa BImSchG 40.2) festgehalten. In derartigen Fällen ist es unproblematisch, die entsprechenden Vorschriften in Regelbasen umzusetzen und als Auswahlverfahren in das System zu integrieren.

Grundsätzlich geht es darum, in einer Regelbasis Wissen über die Daten und lokale Randbedingungen auf eine Weise zu kombinieren, die eine Auswahl des unter den gegebenen Umständen optimal angepaßten Modells gewährleistet. Vorteil einer systemseitig unterstützten Modellauswahl ist zum einen, daß mit einer hohen Wahrscheinlichkeit ein *geeignetes* Modell für die Simulationsrechnungen Einsatz finden wird. Zum anderen kann dokumentiert werden, warum ein spezielles Modell ausgewählt wurde und welche Problemfaktoren im Zusammenhang mit diesem Modell zu beachten sind. Insbesondere kann genau beschrieben werden, wie das entsprechende Modell arbeitet und mit welchen Informationsverlusten bei der Anwendung des Modells zu rechnen ist.

Durch die Integration einer entsprechenden Komponente in das System AtmoGIS ließe sich der Semantikverlust gegebenenfalls zwar nicht verhindern jedoch dokumentieren, d. h. transparent machen. Die Ergebnisse des Simulationsmodells können damit sicherer beurteilt werden. Im Fallbeispiel würde systemseitig ein Hinweis darüber vorliegen, ob und in welchem Maße die Änderung der Eingangsdaten überhaupt Konsequenzen für die Berechnungsergebnisse haben konnte. Die Beurteilung der Ergebnisse würde damit sicherlich wesentlich kritischer erfolgen. Eine Planungsentscheidung würde die Durchführung weiterer Analysen erfordern, was den Spielraum einer Fehlentscheidung (siehe Fallbeispiel) weiter minimieren kann.

#### **4.2 Semantische Plausibilitätskontrollen für die Auswahl der Modelleingangsdaten und die Ergebnisanalyse**

Automatische Plausibilitätskontrollen helfen in integrierten System eine Reihe möglicher Fehlerquellen von vornherein zu eliminieren bzw. auf mögliche Widersprüche im Datenbestand, in der Formulierung von Abfragen, usw. hinzuweisen. Hierzu wurden inzwischen erfolgreich Ansätze implementiert und als Komponenten in GIS-Werkzeuge eingebunden (Pundt 1997, Pundt & Kuhn 1998). Hier sollen die Einsatzmöglichkeiten entsprechender Plausibilitätskontrollen im Rahmen des beschriebenen Fallbeispiels und die Möglichkeiten zur Realisierung dieser Kontrollen in dem System AtmoGIS dargestellt werden.

Ist die Modellauswahl erfolgt, gilt es, die für den Modellauf notwendigen Randbedingungen vorzugeben. Hier können ebenfalls regelbasierte Komponenten zur Unterstützung des Anwenders eingesetzt werden. Die Vorgabe der Parameter, die in den Modellen zur physikalischen Determinierung einzelner Landnutzungsstrukturen verwendet werden (Rauhigkeitslänge, Wärmeleitfähigkeiten) kann beispielsweise durch die Zuordnung entsprechender Standardwerte zu den einzelnen ATKIS-Objekten erheblich erleichtert werden. Für

das Untersuchungsgebiet spezifische Änderungen dieser Nutzungen können dann im Dialog mit dem Anwender erfolgen. Plausibilitätskontrollen sollten an dieser Stelle helfen, die fehlerhaften Eingaben zu vermeiden (z. B. ein Hinweis auf mögliche Fehleingabe, wenn gleichzeitig für eine Fläche die Rauigkeitslänge von 0.3 m und eine 90%ige Wasserbedeckung vorgegeben werden).

Die in AtmoGIS erfolgte Kapselung der Geodaten und ihrer Methoden erlaubt eine einfache Implementierung entsprechender Plausibilitätskontrollen. So werden beispielsweise das Raster der Landnutzungsdaten, die zugeordneten physikalischen Parameter und die zugehörigen Methoden zum Setzen und Abfragen dieser Daten in einem Objekt *AtmoLanduse* modelliert. Das Objekt kann jede Änderung seiner Daten kontrollieren und entsprechende Plausibilitätsüberprüfungen durchführen. Darüber hinaus ist in dieser Form die Protokollierung der für das Objekt aufgerufenen Methoden und der erfolgten Zustandsänderungen des Objektes möglich. Auf die in dieser Weise erzeugten Metainformationen (vgl. Strobl, 1995) kann im Rahmen der späteren Ergebnisanalyse zurückgegriffen werden. Insbesondere die vielfach geäußerten Forderung nach Transparenz der angewandten Verfahren kann auf Grundlage dieser Metainformationen hiermit erfüllt werden.

Neben dieser Art der Plausibilitätsprüfungen, die Metainformationen einschließt, können eine Reihe weiterer Fehler und Widersprüche im Rahmen der Systemanwendung abgefangen werden. Ursache häufiger Fehler sind beispielweise unzulässige Kombinationen unterschiedlicher thematischer Datenebenen in einem integrierten System. Ein einfaches Beispiel ist die Verschneidung eines 500m-aufgelösten Höhenmodells mit einem Landnutzungsdatensatz, dessen Rasterzellen eine Ausdehnung von 25m haben. Sollen auf der Grundlage derartiger Daten Kaltluftflüsse berechnet werden, so ist mit einer starken Verzerrung der Simulationsrechnungen gegenüber der Realität zu rechnen. Hier können Plausibilitätsprüfungen schon im Vorfeld dafür sorgen, daß bei ungünstiger bzw. unzulässiger Datenausgangslage eine Warnung an der Benutzer weitergegeben wird und Berechnungen in speziellen Fällen gar nicht oder erst nach entsprechender Korrektur oder Ergänzung der Ausgangsdaten durchgeführt werden.

Neben der Prüfung der vorliegenden Daten hinsichtlich möglicher Widersprüche oder Fehler könnte eine Kombination mit Fachwissen weitergehende Plausibilitätsprüfungen ermöglichen. Die folgende Aussage etwa beinhaltet gleich mehrere Einzelaspekte, die mit den weiteren Ausgangsdaten verknüpft und zur Implementierung von Plausibilitätsprüfungen genutzt werden könnten: "Es ist daher zu untersuchen, welche vertikale Mächtigkeit der Bergwind erreicht, welche effektiven Quellhöhen in seiner vertikalen Erstreckung liegen und welche Quellstärken die einzelnen Quellen besitzen. Erst nach dieser Prüfung kann darüber entschieden werden, ob außer der nächtlichen Abkühlung an heißen Sommertagen auch eine lufthygienische Wirkung durch die Frischluftzufuhr vorliegt" (Beckröge 1988). Falls die Simulation dazu genutzt werden soll, um Belüftung einer Stadt mit Frischluft zu untersuchen, so können die Parameter mit Fachwissen kombiniert werden um Warnungen der Art "Keine lufthygienischen Auswirkungen der Frischluftzufuhr zu erwarten, weil..." an den Nutzer weitergegeben werden. Derartige Warnungen können wichtig sein, denn allein die Tatsache, daß Kaltluft fließt, sagt noch nichts über die Frischluftzufuhr aus.

## Fazit

Semantikverlust in integrierten Systemen ist gerade vor dem Hintergrund der Diskussion um interoperable GIS-Werkzeuge ein zunehmend Interesse erlangendes Forschungsgebiet. Der Verlust der Semantik kann sowohl beim Austausch von Geodaten zwischen unterschiedlichen Anwendern als auch bei der Nutzung von Geodaten in integrierten Systemen auftreten. Es gilt, Methoden und darauf aufbauend Funktionen zu entwickeln, die helfen, Semantikverlust zu verhindern oder zumindest zu minimieren. Wenn dies nicht möglich ist, muß wenigstens dokumentiert werden, wo es zu Semantikverlust kommen kann und welche Konsequenzen dies auf die Generierung von Ergebnissen (bzw. Ergebniskarten) hat. Weitere Grundlagenforschung im Bereich "Semantik von Geodaten" und Entwicklung von Methoden zur Überwindung von Problemen der "semantic non-interoperability" ist ebenso Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten wie der Versuch einer prototypischen Erweiterung des integrierten Systems AtmoGIS um die hier beschriebenen Ansätze (Wissensbasen, Plausibilitätskontrollen, Metadaten).

## Literatur

- Asche, A. und M. Heiss (1994): GIS-gestützte Naturschutzprojekte. In: Schriftenreihe des Westfälischen Amtes für Landes- und Baupflege - Beiträge zur Landespflege. Heft 8, Münster. S. 77-97.
- Aspinall, R.J. und D.M. Pearson (1996): Data Quality and Spatial Analysis. Analytical Use of GIS for Ecological Modelling. In: Goodchild, M., Steyeart, L.T., B.O. Parks (Hrsg.) GIS and Environmental Modelling. GIS World Books, Fort Collins, USA. S. 35-38.
- Balovnev, O.; Breunig, M. und A. B. Cremers (1997): From GeoStore To GeoToolKit: The Second Step. In Scholl, M. und A. Voisard (Hrsg.), Advances in Spatial Databases, Proc. 5th International Symposium SSD '97. Springer, Berlin. S. 223-237.
- Becker, L.; Bernard, L.; Ditt, H.; Hinrichs, K. H.; Schmidt, B.; Streit, U. und A. Voigtmann (1997): Ansätze zur Integration eines dynamischen Atmosphärenmodells in einen objektorientierten GIS-Kern. In: Tagungsband zum Workshop am Institut für Geodäsie und Geoinformatik der Universität Rostock "Zeit als weitere Dimension in Geo-Informationssystemen", Interner Bericht, Heft 7, Rostock. S. 97-105.
- Beckröge, W. (1988): Aspekte für die Planung. In: Stadtklima und Luftreinhaltung. VDI-Kommission Reinhaltung der Luft. Springer-Verlag.
- Bernard, L. und H. Rose (1994): Das Kaltluftabflußmodell KAMO/UVF als neues Planungsinstrument. In: Schriftenreihe des Westfälischen Amtes für Landes- und Baupflege - Beiträge zur Landespflege. Heft 8, Münster. S. 96-112.
- Bernard, L. und U. Streit (1996): Integration of Dynamic Models and GIS: Design of a Four Dimensional Atmospheric GIS. In: Proceedings 2nd International Conference on Municipal Information Systems and Urban Data Management, Prag. S. WG-II-7/1-WG-II-7/7.
- Bernard, L., B. Schmidt, U. Streit, C. Uhlenküken (1998): Managing, Modeling, and Visualizing High-Dimensional Spatio-Temporal Data in an Integrated System.

- GeoInformatica, Vol. 2, No. 1, Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, March 1998, pp. 59-77.
- Bishr, Y., H. Pundt, W. Kuhn, M. Radwan (1998): Probing the Concept of Information Communities – A first Step Toward Semantic Interoperability. In: Goodchild, M. (ed.): Proceedings of the Interop 1997, Santa Barbara, California (im Druck).
- Bluhm, M.; W. Beckers; G. Börner; C. Uhlenkükken; U. Streit (1996): Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten für das Landesumweltamt NRW. In: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen. Reihe I, Heft Nr. 115. Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main. S. 19-26.
- Braun, K. (1997): Der Einfluß mesoskaliger Windfelder auf die räumliche Verteilung des Niederschlags: Eine Untersuchung zur Regionalisierung von Niederschlagsdaten mit Hilfe eines mesoskaligen Strömungsmodells. Freiburger Geographische Hefte, 52, Institut für Physische Geographie, Universität Freiburg.
- Burrough, P.A.; van Rijn, R. und M. Rikken (1996): Spatial data Quality and Error Analysis Issues: GIS Functions and Environmental Modeling. In: Goodchild, M., Steyaert, L.T., B.O. Parks (Hrsg.) GIS and Environmental Modelling. GIS World Books, Fort Collins, USA. S. 29-34
- Döllner J. und K. Hinrichs (1997): The Design of a 3D Rendering Meta System. In Proc. of Eurographics Workshop on Programming Paradigms for Graphics 1997, Budapest, im Druck.
- Fedra, K. (1993): GIS and Environmental Modeling. In: Goodchild, M.F., Parks, B.O. und Steyaert, L.T. (Hrsg.): Environmental Modeling with GIS. Oxford University Press, Oxford. S. 35-51.
- Fürst, D., W. Roggendorf, F. Scholles, R. Stahl (1996): Umweltinformationssysteme. Schriftenreihe des Fachbereiches Landschaftsarchitektur der Universität Hannover, Beiträge zur räumlichen Planung, Band 46.
- Garcia-Solaco, M. Saltor, F., Castellanos, M. (1996): Semantic Heterogeneity in Multidatabase Systems. In: Bukhres, O.A. and A. K. Elmagarid (Hrsg.): Object Oriented Multidatabase Systems-A Solution for advanced Applications. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. S. 129-202.
- IOGIS (1997): Interoperable Offene Geowissenschaftliche Informationssysteme (IOGIS), Institut für Geoinformatik, Universität Münster, [http://ifgi.uni-muenster.de/3\\_projekte/4dgis/texte/iogis/IOGIS.html](http://ifgi.uni-muenster.de/3_projekte/4dgis/texte/iogis/IOGIS.html)
- Kapetanios, E.; Lorenz, H.P.; Wolber, M. und O. Trieschmann (1995): PROMISE - A Scientific Information System for the Analysis of Atmospheric Parameters. In: Kremers, H. und W. Pillmann (Hrsg.): Raum und Zeit in Umweltinformationssystemen. 9th International Symposium on Computer Science for Environmental Protection. Umweltinformatik Aktuell, Metropolis Verlag, Marburg. S. 295-307.
- Krüger, T., U. Streit (1998) : Simulation der Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre mit Zellulären Automaten. 10. Symposium für Angewandte Geographische Informationsverarbeitung (AGIT '98), Salzburg, im Druck.
- Kuhn, W. (1995): Semantics of Geographic Information. Technical University of Vienna, Dept. of Geoinformation. GeoInfo 7.
- O'Conaill, M.A.; Mason, D.C. und B.M. Bell (1994): Spatiotemporal GIS Techniques for Environmental Modeling. In P. M. Mather (Hrsg.): Geographical Information Handling - Research and Applications. John Wiley & Sons, West Sussex. S. 103-113.
- Pielke, R. A. (1984): Mesoscale Meteorological Modeling. Academic Press, London.

- PSU/NCAR (1997): PSU/NCAR mesoscale modeling system. <http://www.mmm.ucar.edu/mm5/mm5-home.html>.
- Pundt, H. & W. Kuhn (1998): Dependencies between Data Quality and Semantics – examples from the Field of Mobile Geocomputing (im Druck).
- Pundt, H. (1997): Wissensbasierte Komponenten zur Verbesserung der Datenqualität bei digitalen Feldkartierungen. In: Dollinger, F. und J. Strobl (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung IX. Salzburger Geographische Materialien, Heft 26, Universität Salzburg, Austria. S. 105-114.
- Pundt, H., K. Brinkkötter-Runde & U. Streit (1996): GPS-unterstützte, digitale Felddatenerfassung für Geoinformationssysteme in Land- und Forstwirtschaft. In: Dollinger, F. & J. Strobl (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII. Salzburger Geographische Materialien, Heft 24, Universität Salzburg, Austria. S. 110 - 119.
- S\_KIMO-3 (1997): Modellbeschreibung. Institut für Geoinformatik, Universität Münster, [http://ifgi.uni-muenster.de/3\\_projekte/skimo/texte/skimo.html](http://ifgi.uni-muenster.de/3_projekte/skimo/texte/skimo.html).
- Sheth, A. (1995): Data Semantics: What, Where and How? Technical Report TR-CS-95-003, LSDIS Lab, Dept. of CS, University of Georgia.
- Strobl, J. (1995): Grundzüge der Metadatenorganisation für GIS. In: Dollinger, F. und J. Strobl (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VII. Salzburger Geographische Materialien, Heft 22, Universität Salzburg, Austria. S. 275-282.
- Townshend, J.R.G. (1991): Environmental Databases and GIS. In: Maguire, D.; M. F. Goodchild and D.W. Rhind (eds.): Geographical Information Systems, Vol. 2: Applications. Longman Scientific & Technical, Harlow, Essex, England, S. 201 – 216.