

Interdisziplinäre Methoden- und Werkzeuge für das Flusseinzugsgebietsmanagement - FLUMAGIS

Jörn MÖLTGEN

Institut für Geoinformatik der Westf. Wilhelms-Universität Münster, Robert-Koch-Str. 26-28, D-48149 Münster
Email: moeltgen@ifgi.uni-muenster.de

1 EINLEITUNG

Mit den veränderten Anforderungen an das Flusseinzugsgebietsmanagement durch die Einführung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) werden der Standardisierung von Bewertungsfaktoren, dem flächenhaften Monitoring und dem partizipativen Planungsgedanken besondere Bedeutung eingeräumt. Der Einsatz von Spatial Decision Support Systems (SDSS) ist in der Planungspraxis ein bewährtes Instrument zur Analyse, Interpretation und Wiedergabe von Daten zur Unterstützung planerischer Entscheidungsprozesse. Jüngere Ansätze aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz integrieren Expertenwissen in SDSS, um Umweltzustände zu diagnostizieren und verschiedene Planungsalternativen zu bewerten.

Zwischenzeitig existieren jedoch eine Reihe neuartiger Technologien (3D-Visualisierung, Web-services, etc.), deren Integration mit herkömmlichen Ansätzen den Informationswert der Systeme verbessern und vereinfachen sollte.

Im hier vorgestellten FLUMAGIS-Projekt werden prototypisch interdisziplinäre Methoden und Werkzeuge entwickelt, um Wissen über Planungen und Planungsauswirkungen unter Berücksichtigung möglichst vieler Aspekte aus verschiedenen Fachdisziplinen mit den Betroffenen diskutieren zu können. Es wird ein interaktives Werkzeug prototypisch entwickelt, das die Bewertung und (dreidimensionale) Visualisierung des Ist-Zustands der gewässer- und landschaftsökologischen sowie wasser- und stoffhaushaltlichen Bedingungen von Flussgebietslandschaften ermöglicht. Die Definition und virtuelle Darstellung der Entwicklungsziele sowie Methoden zur Identifikation von Störungen erlauben eine kausale Defizitanalyse des Gewässers. Die virtuelle Flusslandschaft soll interaktiv veränderbar sein („editierbar“) sein. Die Editierung dieser virtuellen Landschaft ermöglicht auf Basis einer interdisziplinären Daten- und Wissensplattform die gemeinsame Erarbeitung von zukünftigen Planungs- und Bewirtschaftungsszenarien. Eine weitere Unterstützung des Planungsprozesses erfolgt durch die Kopplung von GIS-Diensten, mikro- und mesoskaligen (Simulations-)Modellen und ontologiebasierten Wissensbasen zur Ableitung und Bewertung von Handlungsoptionen. Die prototypischen Entwicklungen werden am Beispiel der „Flusseinzugsgebietseinheit“ Ems vorgenommen.

2 ANFORDERUNGSANALYSE UND -MODELLIERUNG

Neben den technischen Herausforderungen (Kap 3-5) erfordert die Neuausrichtung der Gewässerbewirtschaftung eine präzise Anforderungs- und Akteursanalyse für eine anwendungsbezogene Entwicklung des FLUMAGIS-Prototypen. In enger personeller Anbindung an die verantwortlichen Gremien zur Umsetzung der WRRL wird dabei zunächst eine Akteursidentifizierung und –kategorisierung vorgenommen. Als Analyse-Ansatz wurde hierzu die an der TU Delft entwickelte *Dynamic Actor Network Analysis (DANA)* gewählt (DEHNHARDT 2002, BOTS ET AL. 1999).

Die Anforderungsanalyse, welche sich an den Vorgaben der WRRL orientiert, untersucht und modelliert, welche Funktionen für die jeweiligen Akteurs-Kategorien (Landschaftsplaner, Landwirt, Entscheidungsträger, etc.) erforderlich sind und in welcher Form sie präsentiert werden sollten. In einer weiteren Spezifikationsphase wird auf Grundlage von konkreten Anwendungsszenarien eine Vertiefung vorgenommen, die als Ergebnis detaillierte Klassen- und Sequenzdiagramme der Unified Modeling Language (UML) enthält. Diese dienen der späteren Implementierung in Java(3D). Die UML dient in allen Analyse- und Spezifikationsphasen als Modellierungssprache. Abbildung 1 stellt einen ersten Grobentwurf der Anforderungsmodellierung dar. Dieses konzeptionelle Modell wurde ergänzt durch einige beispielhafte Anwendungsszenarien. Der Bereich der Softwaremodellierung ist in diesem Stadium jedoch noch unberücksichtigt.

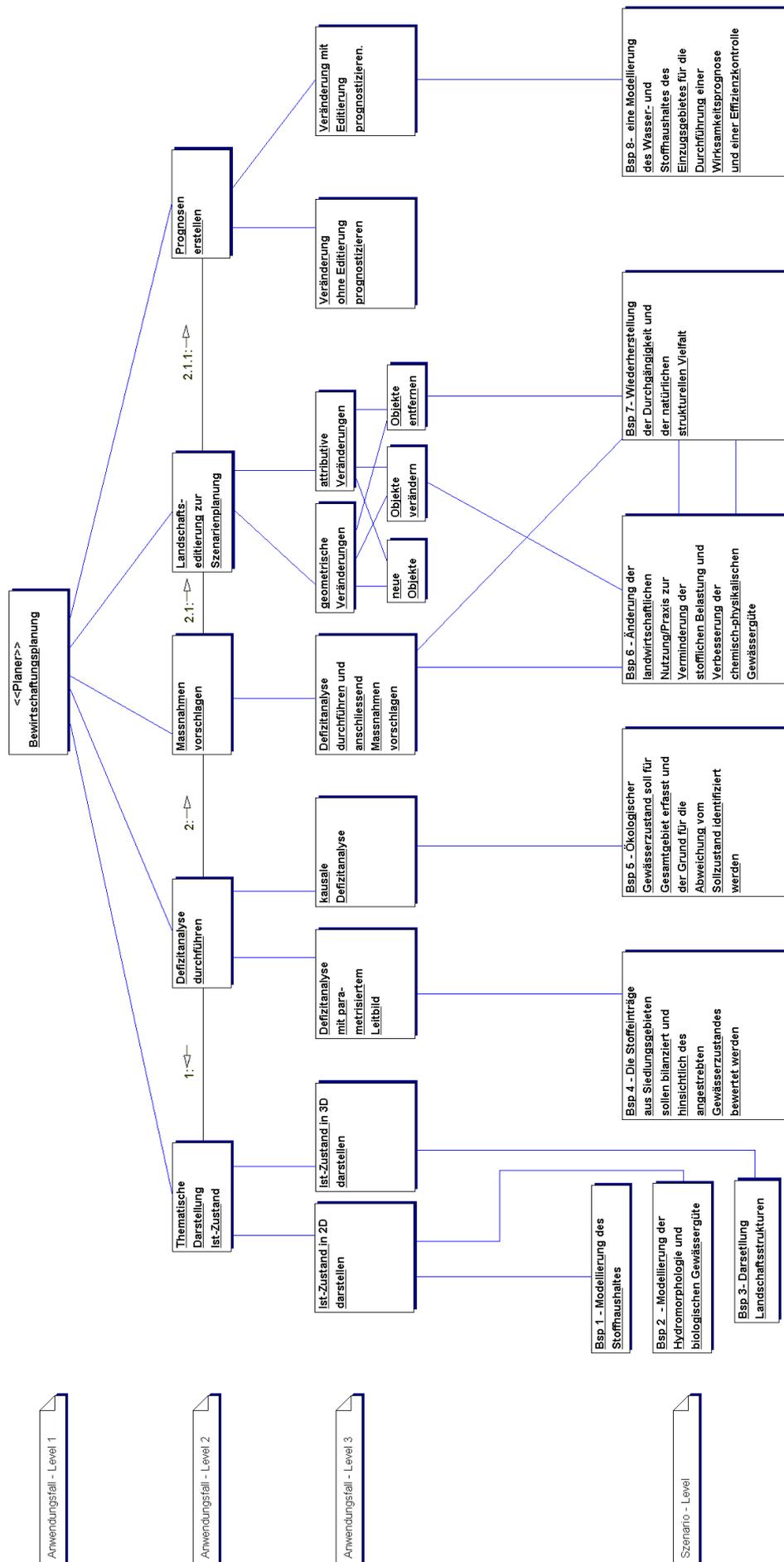


Abb. 1: Grobentwurf der Anforderungsmodellierung

3 SYSTEMARCHITEKTUR

Mit der Systemarchitektur fallen wichtige Entscheidungen zum System, die für die weiteren UML-basierten Spezifizierungen grundlegend sind. Die Systemarchitektur sollte daher frühzeitig folgende Fragen beantworten:

- Aus welchen (Sub-)Komponenten besteht das System?
- Welche Informationsflüsse gibt es zwischen den einzelnen Komponenten?
- Welche Schnittstellen bestehen zwischen den Komponenten?
- Welche Schnittstellen gibt es zu externen Systemen und Modellen?
- Welche Schnittstellen müssen entwickelt werden?

Basierend auf der Systemarchitektur müssen die Anforderungen an Komponenten, Schnittstellen, Datentypen und Methoden für das Softwaredesign weiter spezifiziert werden, die dann als Grundlage für die eigentlichen Implementierungsarbeiten dienen. Abb. 2 zeigt die Systemarchitektur in einer Übersichtsgaphik. Die Informationsflüsse zwischen den Komponenten werden in der Graphik als Verbindungslinien zwischen den Komponenten dargestellt. Ein die Benutzereingaben interpretierender Controller kann demnach auf verschiedene Komponenten zur Verwaltung, Interaktion, Analyse und Editierung von Planungsfällen zugreifen. Im folgenden wird auf die inhaltlichen Anforderungen der Interaktionsmodule (Kap. 4), der Wissensverarbeitung (Kap. 5) und der Analysemodule (Kap. 6) kurz eingegangen.

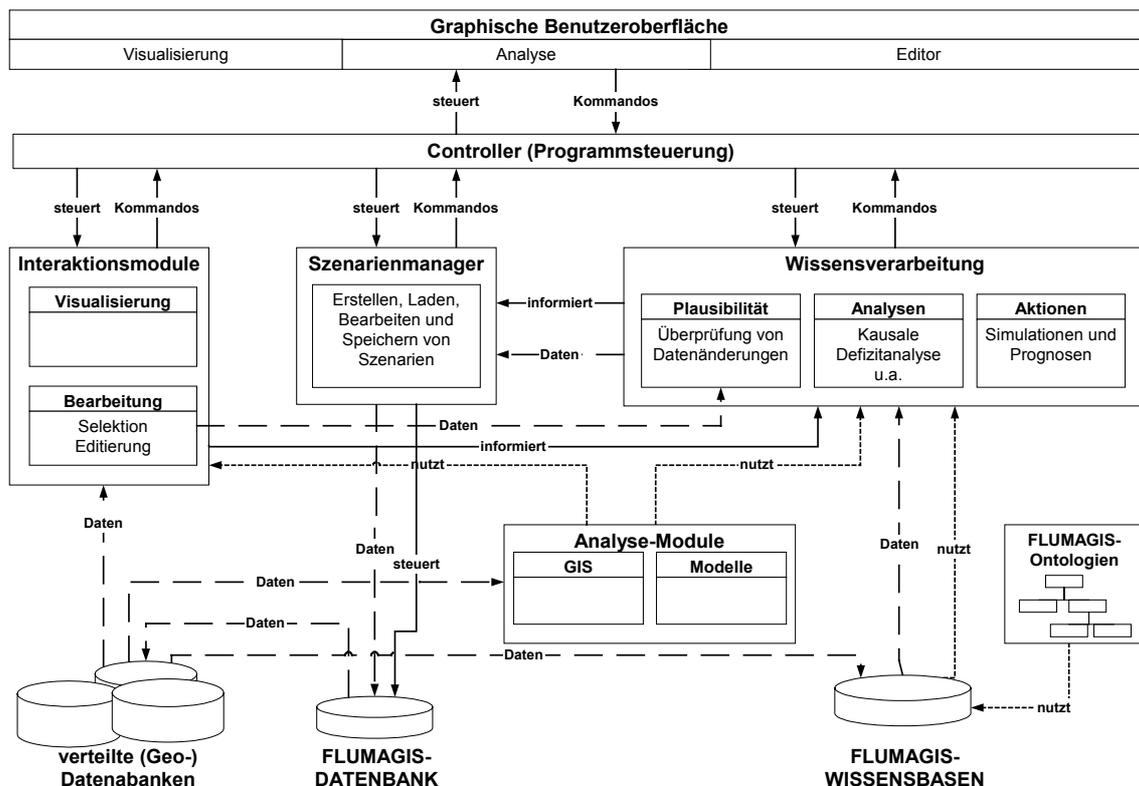


Abb. 2: Systemarchitektur für den FLUMAGIS-Prototypen (Quelle: MÖLTGEN & BORCHERT 2002)

4 VISUALISIERUNG UND „LANDSCHAFTSEDITIONIERUNG“

Insbesondere durch die Kopplung mit GIS-Technologie und 3D-Visualisierung kann Landschaftsplanung in herausragender Weise unterstützt werden, indem virtuelle Landschaften interaktiv geschaffen, analysiert und modifiziert werden. Die Visualisierung hat hier die Aufgabe, eine visuelle Repräsentation der Ideen des Planers zu generieren.

Flusslandschaften sollen zwar nicht fotorealistisch dargestellt werden, aber zumindest in einer Weise, die es partizipierenden Planungsbeteiligten ermöglicht, die wichtigen ökologischen und sozio-ökonomischen Gegebenheiten zu erkennen und verändern. Abb. 3 zeigt eine statische 3D-Landschaftsvisualisierung mit eingearbeiteten Planungsmaßnahmen. Eine direkte Interaktion ist bei statischen Visualisierung, hier mit dem World Construction Set, nicht möglich.



Abbildung 3: Vergleich von Visualisierungen Status Quo und Planungsszenario (Auenvvegetation und Randstreifen) mit gleichzeitiger Simulation eine jährlichen Hochwassers (Büscher 2002)

Je nach ermittelter Anforderung werden 2D und/oder 3D-Visualisierungen von Ist- und Soll-Zuständen angeboten. Die Visualisierungskomponente ist somit im Rahmen der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle von zentraler Bedeutung.

Visualisierung und *Landschaftsedition* erfordern jedoch auch gesonderte Funktionen die dem Nutzer die Navigation durch den virtuellen Raum und die Selektion von Objekten erlauben. Dazu wird z.Z. analysiert welche Objektstrukturen (z.B. einzelnen Bäume oder Baumgruppen) als Einzelobjekte selektierbar modelliert werden müssen. Die Navigationsanforderungen unterscheiden sich bei 2D- und 3D-Darstellungen.

Die 3D-Navigation umfasst beispielsweise folgende Modi:

- *fly through*: Der Nutzer kann frei im 3D Raum navigieren.
- *world in hand*: Der Benutzer behält seine Position. Der 3D Raum kann um alle Achsen rotiert werden.
- *zoom*: Die Funktionen *fly through* und *world in hand* sind mit der *zoom*-Funktion kombinierbar. (Bei senkrechter Aufsicht ist die Eingabe eines Maßstabes möglich. Alternative: Es wird die Distanz zur Oberfläche angegeben).

Bei der 2D-Navigation sind es:

- *Ausschnitt verschieben*: Bei gedrückter Maustaste kann der Kartenausschnitt in beliebige Richtung bewegt werden, bis der Mauszeiger den Rand des Szenariofensters erreicht.
- *zoom*: Es sind verschieden Unterfunktionen verfügbar: zoom auf alle selektierten Objekte, zoom auf UG, zoom auf eingegebenen Maßstab
- *Ausschnitt wählen*: Bei gedrückter Maustaste kann eine Auswahlbox aufgezogen werden. Der Inhalt dieser Auswahlbox wird dann in der Größe des Szenariofensters dargestellt.

Die Modifikation der Datengrundlage lässt sich in vier Grundtypen einteilen:

Typ	Geometrische Daten eines Objekts	Thematische Daten	Beispiel
1	ändern der Geometrie	nicht ändern	Fläche (Geometrie) eines Naturschutzgebiets ändern.
2	ändern der Position bei gleicher Geometrie	nicht ändern	Baumobjekt verschieben
3	nicht ändern	ändern	Nutzungstyp von Grünland auf Acker ändern.
4	Erzeugen/löschen einer Geometrie	Erzeugen / löschen eingeben	Einfügen/löschen einer Brücke und Eingabe von Standortangaben

Die geometrische Editierung erfordert im einzelnen die Bearbeitung (selektieren, verschieben, löschen, einfügen) von Vertices und Objekten. Die Thematische Editierung erfordert die Änderungen von Objektdaten, beispielsweise durch die Editierung von Attributtabellen.

In FLUMAGIS wird für die 3D-Visualisierung ein 3D-Client mit Java-3D entwickelt, der ein texturiertes Geländemodell in Echtzeit darstellt. Darauf werden georeferenzierte 2D-Objekte mittels geometrischer Berechnungen als 3D-Visualisierungs-Objekte positioniert (vgl. MAY ET AL. 2003).

5 WISSENSMODELLIERUNG

Um die Eignung und Bewertung von Maßnahmenplanungen bzw. Editierungen zu unterstützen, sind interdisziplinäre Daten- und Wissensplattformen erforderlich. Im einzelnen sollen die wissensbasierten Komponenten folgende Aufgaben übernehmen:

- Plausibilitätsprüfung bei der Editierung (thematische und geometrische werden Veränderungen auf Sinnhaftigkeit überprüft),
- kausale (Defizit-)Analysen (z.B. indirekter Stoffeintrag durch landwirtschaftliche Praxis),
- Herleitung möglicher Handlungsoptionen (z.B. Extensivierungsmaßnahmen),
- und Effizienzkontrolle (z.B. Überprüfung der biologisch-ökologischen Wirkung von Entwicklungsmaßnahmen).

Das hierzu zu verarbeitende Wissen lässt sich in folgende Typen gliedern:

- exaktes, berechenbares Wissen, numerische Ergebnisse, Beschreibung durch Formeln,
- qualitatives Wissen, Ergebnisse nicht numerisch, Beschreibung durch logische Verknüpfungen,
- unscharfes, empirisches Wissen und Vermutungen, Ergebnisse numerisch oder nicht, sind mit einem „Unschärfefaktor“ oder mit Vorbehalten behaftet, Logik evtl. vage oder unsicher.

Neben der Wissensakquisition sind die Formalisierung, Strukturierung, Modellierung und Weitergabe (es müssen Schnittstellen zur 3D-Visualisierung entwickelt werden) des Wissens die größte Herausforderung beim Aufbau der Wissensbasen. Zur Handhabung des Fachwissens werden ökologische, biozönotische und sozio-ökonomische Indikatoren entwickelt, die eine integrative Bewertung von Ist-Zustand und zukünftigen Szenarien in Anlehnung an die WRRL ermöglichen.

Für die technische Umsetzung soll ein möglichst hohes Maß an Interoperabilität der Wissensbasen gewährleistet sein. Dazu eignen sich ontologisch orientierte Wissensbasen (USCHOLD 1998). Mit *Domain Ontologies*, die nach GUARINO (1998) für die Modellierung kleinerer Weltausschnitte dienen, können jedoch nur statische Zustände beschrieben werden. Ein Schwerpunkt der Arbeiten zur Wissensmodellierung liegt daher in der Erweiterung der Domain-Ontologien durch Prozess-Ontologien. Dabei werden Konzepte entwickelt, die eine Modellierung von Prozessen als zeitlichen Ablauf von Handlungen ermöglichen (BORCHERT 2002).

6 MODELLE UND GIS

Die Modellierung des Wasser- und Stoffhaushalts stellt neben den vegetationskundlichen, limnologischen und sozio-ökonomischen Methoden (Indikatorsysteme) einen wesentlichen Beitrag für die wissensbasierte Analyse und Simulation dar. Für die Bearbeitung der unterschiedlichen Maßstabebenen der WRRL (Berichtsmaßstab, Bewirtschaftungsplanung) wurde für die skalenspezifische Modellierung des Wasser- und Stoffhaushalts eine besondere Vorgehensweise durch VOLK ET AL. (2003) ausgearbeitet.

Als Maßstabsebene wurde 1:500.000 (Berichtsmaßstab), 1:25.000 (Planungsmaßstab) und 1:5.000 für die konkrete Maßnahmenplanung festgelegt. Dies deckt sich mit den Anforderungen aus der WRRL. Ein wesentliches Problem stellt jedoch die Übertragbarkeit von Modellierungsergebnissen in größer oder kleinere Maßstabebenen beim Einsatz entsprechender Modelle dar (VOLK ET AL. 2003).

Um einen (Modellierungs-)Übergang zwischen den verschiedenen Maßstabebenen zu ermöglichen, sollen Indikatoren ermittelt werden, die fachlich als auch räumlich (z.B. in großen und kleinen Einzugsgebieten, unter verschiedenen geographischen Gegebenheiten) in den verschiedenen Ebenen verwendet werden können. Die entsprechenden Indikatoren können als Eingangsparameter für die Modellierung auf der nächsten Skalenebene dienen um somit den erforderlichen Skalenübergang zu ermöglichen (VOLK ET AL. 2003). Auf die Verwendbarkeit inhalts- und skalenbezogener Indikatoren werden z.Z. die Modelle NASIM, ArcEGMO, SWAT und ABIMO untersucht (VOLK ET AL. 2003).

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der vorgestellte Ansatz schlägt eine neue Arbeitsweise im Rahmen von komplexen Planungsprozessen vor. Die Visualisierung wird dabei zu einer wesentlichen Komponente innerhalb des Entscheidungsprozesses. Die Interaktionsmöglichkeiten ermöglichen eine konsensbasierte Planung, indem Planer Szenarien „ausprobieren“ können. Durch die Implementierung von Expertenwissen, Änderungsdetektions-Algorithmen und Verfahren zur Maßnahmededuktion werden „wissensbasierte Maßnahmen-Vorschlagssysteme“ geschaffen, die eine größere Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Planungsabläufen ermöglichen als herkömmliche GIS.

Das vorgestellte Paradigma der Landschaftseditierung erfordert semantische Plausibilitätsprüfungen während der Editiervorgänge. Zur Erkennung der vorgenommenen Modelländerungen, d. h. für den Vergleich des editierten Modells mit der Ausgangssituation, sind geeignete Algorithmen zu entwickeln.

Die Werkzeuge zur interaktiven 3D-Visualisierung werden z. Zt. am Institut für Geoinformatik weiterentwickelt. Methodische Schwerpunkte der Entwicklungen sind dabei die Umsetzung der 3D-Interaktion sowie die GIS-Anbindung.

Offen ist die Frage, bis zu welchem Grad sich das Wissen aus den beteiligten Disziplinen (Gewässerökologie, Landschaftsplanung, Wasserbau, etc.) unter Beachtung der wesentlichen räumlichen und thematischen Wechselwirkungen zusammentragen und formalisieren lässt. Von daher wird für die Wissensmodellierung unter Einbindung von Indikatorsystemen ein Augenmerk auf Standardisierungen im Bewertungsbereich ökologischer Zustände gelegt.

Die Softwarekomponenten sollen grundsätzlich interoperabel sein, d.h. es werden Standards des OpenGIS Consortium (OGC) bzw. der International Standards Organization (ISO TC 211) verwendet werden. Zudem werden Geobasisdaten und Geo-Dienste teilweise als OGC Web Map Services (WMS) und OGC Web Feature Services (WFS) implementiert.

Aktuelle Forschungsprojekte am Institut für Geoinformatik haben gezeigt, dass die Implementierung von Geo-Diensten als OGC Webservices auch für die Kopplung von Simulationsmodellen (z.B. zur Stoffhaushaltsmodellierung) ein hohes Synergiepotential beinhalten. Die *High Level Architecture for Modeling and Simulation* (HLA) stellt ein Framework zur Integration verteilter heterogener Simulationsmodelle dar. Nach WYTZISK (2003) bietet die Kombination mit der HLA eine geeignete Grundlage für die Spezifikation von Simulationsdiensten, welche „in Form interoperabler, in Geodateninfrastrukturen integrierter GI-Dienste Simulationsmodelle kontrollierbar und Ergebnisse von Simulationsläufen verfügbar machen“. Eine entsprechende Anwendung für die FLUMAGIS-Spezifikationen wird geprüft.

8 REFERENZEN

- BORCHERT, R. (2002): *Entwicklung von FLUMAGIS-Ontologien unter Protégé 2000*. FLUMAGIS Technical Note 19.1. Unveröffentlicht.
- BOTS, P.W.G., TWIST, M.J.W. VAN UND DUIN, J.H.R. VAN (1999): *Designing a Power Tool for Policy Analysts: Dynamic Actor Network Analysis*. In: R.H. Sprague & J.F. Nunamaker (eds.): *Proceedings HICSS '99*, Los Alamitos: IEEE Press.
- BÜSCHER, O. (2002): *Computerbasierte 3D-Visualisierung von Kompensationsmaßnahmen*. Diplomarbeit, Institut für Geoinformatik der Universität Münster.
- DEHNHARDT, A. (2002): *Akteursanalyse*. FLUMAGIS Technical Note 7. IÖW Berlin. <http://www.flumagis.de>
- GUARINO, N. (1998): *Formal Ontology and Information Systems*, in: Guarino, N. (Hrsg.): *Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98)*: 3-15.
- MAY, M., SCHMIDT, B., STREIT, U. & C. UHLENKÜKEN (2003): *Web-Service-basierte 3D-Visualisierung im Umfeld der Raumplanung*. In: Schrenk, M. (Hg.): *CORP 2003 - 8. Internationales Symposium zur Rolle der Informationstechnologie in der und für die Raumplanung*, Wien: Technische Universität Wien.
- MÖLTGEN, J., BORCHERT, R. (2002): *Systemarchitektur*. FLUMAGIS Technical Note 22. <http://www.flumagis.de>
- MÖLTGEN, J., B. SCHMIDT & W. KUHN (1999): *Landscape Editing with Knowledge-Based Measure Deductions for Ecological Planning*. In P. Agouris & A. Stefanidis, eds.: *ISD'99 - Integrated Spatial Databases*. Lecture Notes in Computer Science 1737, Berlin: Springer.
- USCHOLD, M. (1998): *Knowledge level modelling: concepts and terminology*, *The Knowledge Engineering Review* 13 (1): 5-29.
- VOLK, M., SCHMIDT, G., GRETZSCHEL, O. & M. UHL (2003): *Konzept zur skalenspezifischen Modellierung des Wasser- und Stoffhaushalt*. FLUMAGIS Technical Note 6. <http://www.flumagis.de>
- WYTZISK, A. (2003): *Interoperable Geoinformations- und Simulationsdienste auf Basis internationaler Standards*. IfGIprints, Bd. 19, Münster: Institut für Geoinformatik / Solingen: Verlag Natur & Wissenschaft, in Press

Das FLUMAGIS-Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Bekanntmachung "Flusseinzugsgebietsmanagement" gefördert.