

Interdisziplinäre Methoden- und Werkzeuge zur Planung und Kontrolle für das Flusseinzugsgebietsmanagement mit GIS

Jörn Möltgen & Ulrich Streit
Institut für Geoinformatik, Universität Münster
Münster

ZUSAMMENFASSUNG

Im FLUMAGIS-Projekt werden Werkzeuge entwickelt, die das Planen von Maßnahmen im Flusseinzugsgebietsmanagement unterstützen. Grundlage hierfür ist eine 2D/3D-Visualisierungsumgebung, eine multidisziplinäre Wissensmodellierung sowie die Integration ökologischer und sozioökonomischer Modelle und GI-Dienste. Planer und Planungsbetroffene erhalten die Möglichkeit der Analyse von Ist-Zuständen. Eine Kopplung von Wissensbasis und Datenbank ermöglicht eine kausale Defizitanalyse. Diese ist Grundlage für eine „Landschaftseditierung“. Mittels geometrischer und/oder attributiver Veränderungen am dargestellten Ist-Zustand, können Planungsmaßnahmen virtuell durchgeführt werden. Verschiedene Modell- und Methodenimplementierungen ermöglichen eine Wirkungsanalyse über die ausgeführten Maßnahmen.

EINLEITUNG

Die Umsetzung der WRRL entspricht einem Paradigmenwechsel im Flusseinzugsgebietsmanagement. Die Ausrichtung der Bezugsräume auf Flussgebiete und Flussgebietseinheiten, die kombinierte Betrachtung naturwissenschaftlicher und sozioökonomischer Aspekte, sowie der hohe Stellenwert der Öffentlichkeitsbeteiligung sind Beispiele für einen höchst integrativen Planungsansatz. Zukünftige Planungsprozesse im Flusseinzugsgebietsmanagement, wie beispielsweise die Phase der Bewirtschaftungsplanung, erfordern eine erhöhte Planungstransparenz. Dies erhöht nicht nur den Aufwand der Selbstverwaltungskörperschaften (z.B. Wasserverbände) beim Gewässermanagement, es verlangt auch eine multidisziplinäre Herangehensweisen. GIS und räumliche Entscheidungsunterstützungssysteme (SDSS) stellen bewährte Instrumente zur Analyse, Interpretation und Wiedergabe von raumbezogenen Planungsdaten für die Planungspraxis dar. Methoden aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz ermöglichen die Integration von Expertenwissen in SDSS, die es erlauben zukünftige Umweltzustände zu diagnostizieren und Planungsalternativen zu bewerten.

Ziel des FLUMAGIS-Projektes (www.flumagis.de) ist die multidisziplinäre Entwicklung von Methoden und DV-Werkzeugen zur Unterstützung von Planung und Management in Flusseinzugsgebieten. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung eines interaktiven Werkzeuges, das die Bewertung und (dreidimensionale) Visualisierung des Ist-Zustandes 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 Defizitanalyse des Gewässers. Die virtuelle Flussgebietslandschaft ist interaktiv veränderbar („editierbar“). Die Editierung dieser virtuellen Landschaft ermöglicht die gemeinsame Erarbeitung von zukünftigen Planungs- und Bewirtschaftungsszenarien im Sinne der EU-WRRL. Auf Basis einer interdisziplinär entwickelten Daten- und Wissensplattform werden komplexe Wirkungszusammenhänge verschiedener Ökosysteme exemplarisch nachvollziehbar. Auswirkungen unterschiedlicher Planungsszenarien, aber auch mögliche Konfliktfelder, werden transparent, erleb- und diskutierbar für die beteiligten Akteure. Die Visualisierung dient somit insbesondere auch der Partizipation.

Eine Voraussetzung für die Wirkungsanalyse und Entscheidungsunterstützung von Planungsprozessen ist die Kopplung von GI-Diensten, mikro- und mesoskaligen (Simulations-) Modellen (u.a. Wasserhaushalts- und Stoffhaushaltsmodelle) und Wissensbasen. Die Wissensbasen werden durch Kooperation von Fachexperten aus den Bereichen Landschaftsökologie, Wasserwirtschaft, Hydrologie, Limnologie, Sozioökonomie und Geoinformatik entwickelt.

Als Forschungsergebnis des FLUMAGIS-Projekts, werden konkrete Aussagen über die Möglichkeiten einer Planungs- und Entscheidungsunterstützung durch die Kopplung verschiedenartiger Technologien, Methoden, Werkzeuge und Wissensmodellierungen erwartet. Die Innovation liegt nicht im Einzelbeitrag einer Technologie (z.B. der virtuellen 3D-Welt) oder einer Methode, sondern in der Gesamtintegration aller berücksichtigten Ansätze. Numerische Modellierung, Wissensmodellierung oder 3D-Visualisierung sind als Einzelbeiträge in der räumlichen Planung längst etabliert. Die Kopplung dieser Einzelbeiträge beinhaltet jedoch ein Analyse und Planungspotenzial, welches im Rahmen des Flusseinzugsgebietsmanagements bislang nicht genutzt wurde.

Somit liegt der Beitrag des FLUMAGIS-Projekts nicht in konkreten Vor-

schlagen für die Bewirtschaftungsplanung, sondern in der Entwicklung von Softwarewerkzeugen, die zukünftig den Prozess der Bewirtschaftungsplanung und Partizipation unterstützen könnten. Die prototypischen Softwarekomponenten werden im Projektzeitraum exemplarisch nur für ausgewählte fachliche und räumliche Fallbeispiele entwickelt. Als Bezugsraum dient das Einzugsgebiet der nicht-schiffbaren Ems. Die entwickelten Komponenten werden an Realdaten aus diesem Bereich getestet.

Abbildung 1 zeigt die drei Arbeitsbereiche des FLUMAGIS-Projekts, die gleichzeitig den Arbeitsablauf und die Arbeitszusammenhänge im Projekt widerspiegeln. Die Arbeitsgebiete I und II sind weitestgehend abgeschlossen und bilden bis zum Projektende die Grundlage für Arbeitsgebiet III.

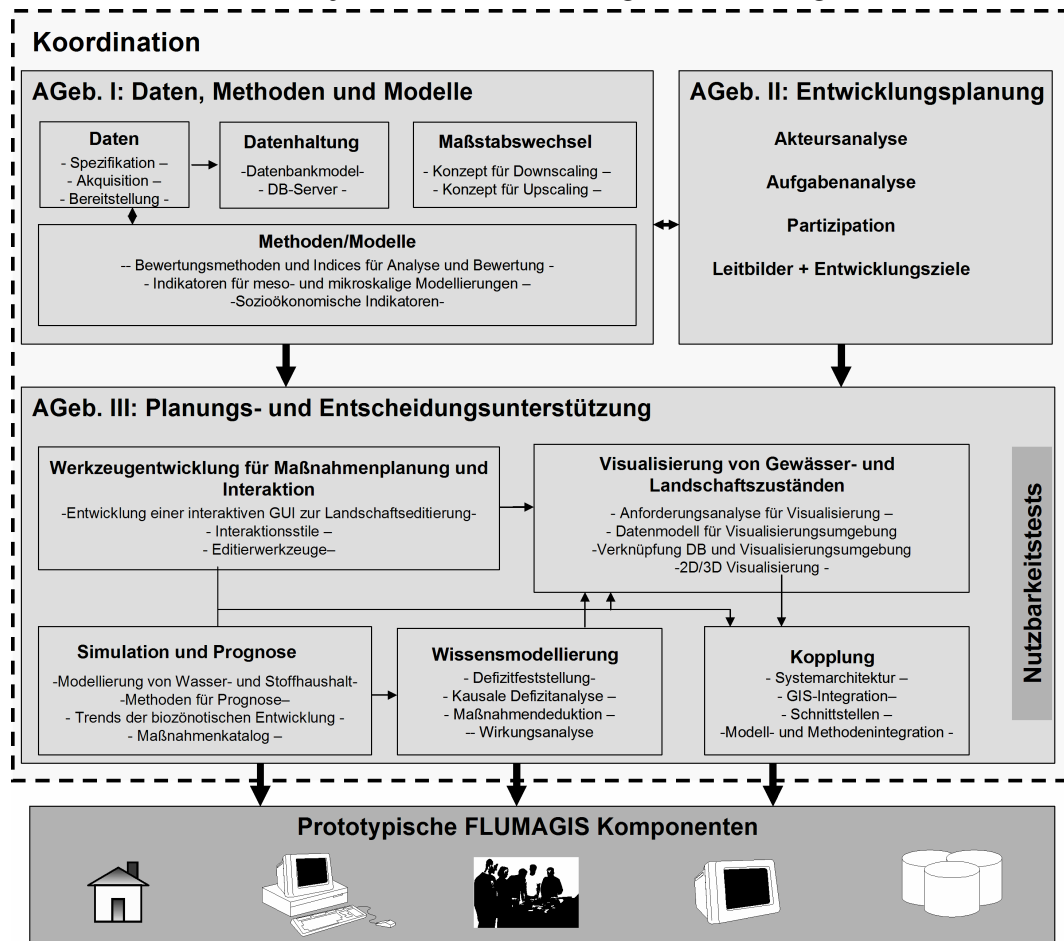


Abb. 1: FLUMAGIS-Projektorganisation

VON DER ANFORDERUNGSANALYSE ZUR SYSTEMSPEZIFIKATION

Neben den technischen Herausforderungen der Systemimplementierung er-

fordert die anwendungsbezogene Entwicklung eines Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystem eine präzise Akteurs- und Anforderungsanalyse. Um die Anforderungen, die sich auch zukünftig durch die Neuausrichtung der Gewässerbewirtschaftung ergeben, identifizieren zu können, wurde eine enge personelle Anbindung an die verantwortlichen Gremien zur Umsetzung der WRRL im Emseinzugsgebiet vereinbart. Durch eine enge Verzahnung von Aufgabenträger und Projektgruppe konnten Umsetzungsstrategien für die WRRL rechtzeitig für die Aufgabenmodellierung erkannt und berücksichtigt werden.

Darüber hinaus wurde eine weitergehende 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 Anforderungs- und Aufgabenanalyse diente der Erfassung inhaltlicher Vorgaben, die sich aus der WRRL ableiten lassen, und wie sie ggf. in Funktionen umgesetzt werden können. Die Modellierung erfolgte in einem 3-stufigen Vorgehen, von einer konzeptionellen, semantischen zur syntaktischen Ebene (MÖLTGEN 1999).

Die Anforderungsanalyse wird differenziert nach den jeweiligen Akteurs-Kategorien (Landschaftsplaner, Landwirt, Entscheidungsträger, etc.), da die Anforderungen an die Inhalte und an die Form der Darstellung je nach Akteursgruppe variieren können.

Bezogene auf die Akteursgruppe der Planer zeigt Abb. 2 die Grundfunktionalitäten (kursiv gedruckt) für den FLUMAGIS-Prototypen. Grau hinterlegt sind die notwendigen Softwarekomponenten.

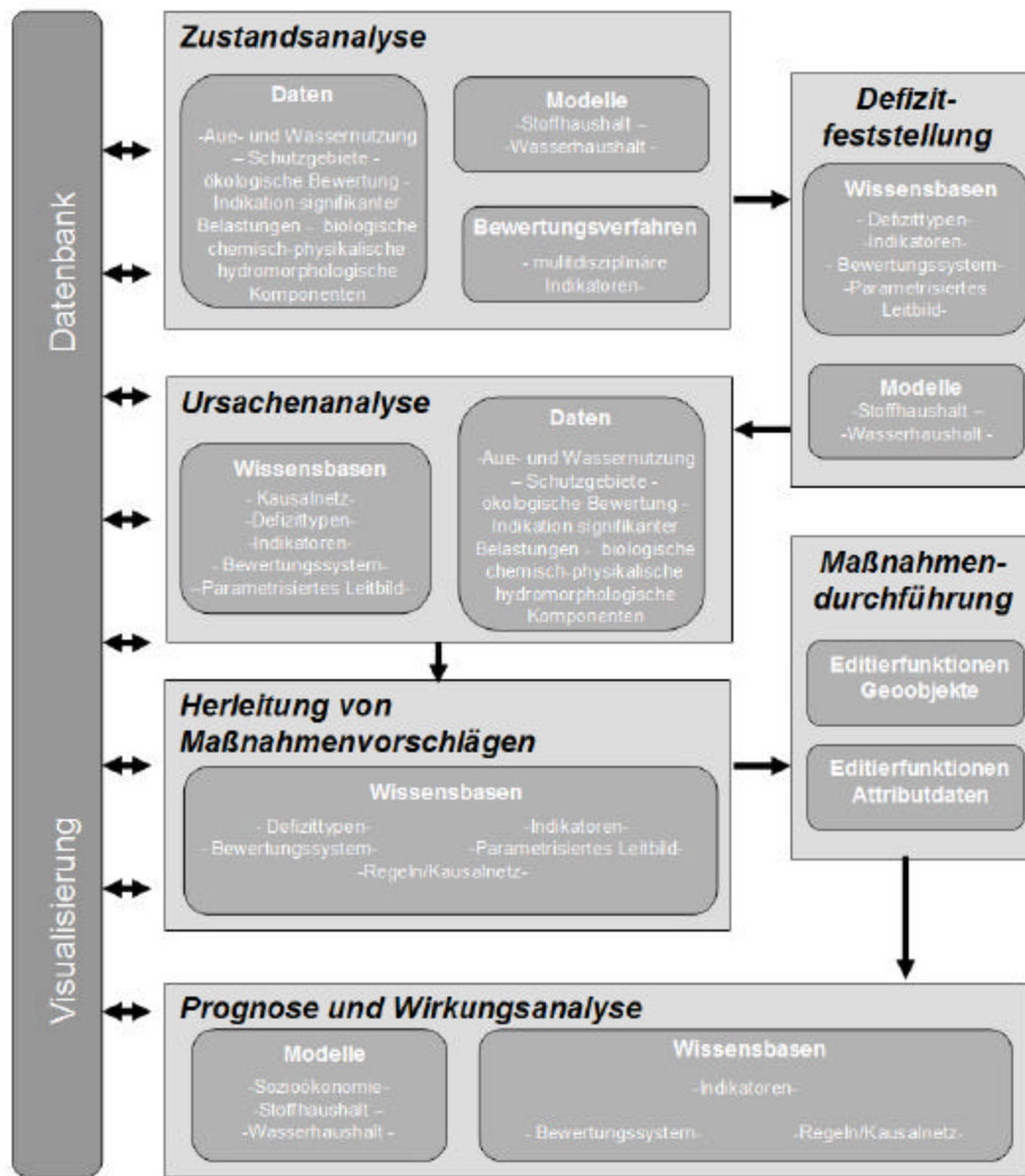


Abb. 2: Übersicht über FLUMAGIS Grundfunktionen (kursiv) des Prototypen. Dunkel hinterlegt ist die systemseitige Komponente.

Die weitere Spezifikationsphase wurde auf Grundlage von konkreten Fallbeispielen vorgenommen. Hierbei werden Anforderungen in Systemfunktionalitäten umgesetzt. Als Modellierungsnotation wird die Unified Modeling Language (UML) eingesetzt. Die UML hat sich als Quasi-Standard-Werkzeug für das objektorientierte Design durchgesetzt. UML besitzt unterschiedliche Notationen zur Beschreibung der Problemstellung und zur Systemspezifikation. Folgende Elemente der UML werden für den Analyse- und

Spezifikationsprozess im FLUMAGIS-Projekt genutzt:

UML Element	Anwendungszweck
<i>Use Case</i>	Anforderungsanalyse
<i>Klassendiagramme</i>	Systemspezifikation/ Anforderungsanalyse
<i>Sequenzdiagramme</i>	Systemspezifikation

Für die weiteren UML-basierten Spezifizierungen mussten frühzeitig grundlegende Entscheidungen hinsichtlich Schnittstellen, Datentypen und Methoden gefällt werden, die sich auf Systemarchitektur und Softwaredesign auswirken. Folgende Fragen standen dabei im Vordergrund:

- Aus welchen (Sub-)Komponenten soll das System bestehen?
- 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?

Für weitergehende Erläuterungen zur Funktionsspezifikation und Systemarchitektur siehe MAY ET AL. in diesem Band.

PLANUNGSUNTERSTÜTZUNG- VISUALISIERUNG UND EDITIERUNG

Für die Veranschaulichung und das Verständnis abstrakter wissenschaftlicher Phänomene sowie als Kommunikationsinstrumentarium, haben visuellen Darstellungen in der Planungs- und Entscheidungsunterstützung einen besonderen Stellenwert. Insbesondere durch die Kopplung von GI-Technologien und 2D/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.

Im FLUMAGIS-Projekt sollen Flusslandschaften zwar nicht fotorealistisch dargestellt werden, aber zumindest in einer Weise, die es partizipierenden Planungsbeteiligten ermöglicht, die wichtigen ökologischen und sozioökonomischen Gegebenheiten zu erkennen und zu verändern. Als Visualisie-

rungsumgebung kommt eine so genannte „Workbench-Umgebung“ zum Einsatz, die die Manipulation von Objekten wie auf einer Arbeitsfläche unterstützt. Vor dem Hintergrund kooperativen Planens, stellt die Workbench somit eine Umgebung dar, die Planern und Planungsbetroffenen die gemeinschaftliche Exploration von Landschaft und Planungsszenarien ermöglicht. Abb. 3 zeigt den Einsatz der Workbench – hier als Fotomontage mit 3D-Landschaftsmodell der Ems.



Abb. 3: Workbench als Visualisierungs- und Planungsumgebung

Je nach Anforderung und Datenlage werden im FLUMAGIS-Projekt 2D und/oder 3D-Visualisierungen von Ist- und Soll-Zuständen angeboten. Die Visualisierung und *Landschaftseditierung* 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 Editiermöglichkeiten von Objekten lassen sich in vier Grundtypen einteilen:

Typ	Geometrische Daten eines Objekts	Thematische Daten	Beispiel
1	ändern der Geometrie	--	Fläche (Geometrie) eines Naturschutzgebiets ändern.
2	ändern der Position bei gleicher Geometrie	--	Baumobjekt verschieben

3	- -	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 Attributtabelle.

Für die technische Umsetzung der FLUMAGIS Visualisierungskomponenten s. May et al. in diesem Band.

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),
- Wirkungsanalyse (welche Entwicklungstrends müssten sich nach bestimmten Maßnahmen einstellen) (Borchert 2003).

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

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

Zur Handhabung des Fachwissens werden ökologische, biozönotische und sozioökonomische Indikatoren entwickelt, die eine integrative Bewertung von Ist-Zustand und zukünftigen Szenarien in Anlehnung an die WRRL er-

möglichen. Beschreibungen der in die Wissensbasen einfließenden Indikatoren und Bewertungsmethoden finden sich in diesem Band bei BOHN, PÖPPERL & MEYER, HIRSCHFELD sowie GRETZSCHEL ET AL. Die technische Umsetzung der Wissensmodellierung als Kausalnetz wird von BORCHERT beschrieben.

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 Maßstabsebenen 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 größere oder kleinere Maßstabsebenen beim Einsatz entsprechender Modelle dar.

Um einen (Modellierungs-)Übergang zwischen den verschiedenen Maßstabsebenen zu ermöglichen, wurden Indikatoren ermittelt, 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 wurden z.Z. die Modelle NASIM, ArcEGMO, SWAT und ABIMO untersucht. Ergebnisse siehe GRETZSCHEL ET AL. in diesem Band.

IMPLEMENTIERUNG

Die Softwarekomponenten sollen grundsätzlich interoperabel sein. U.a. werden Standards des OpenGIS Consortium (OGC) verwendet. Zudem werden Geobasisdaten und Geo-Dienste teilweise als OGC Web Map Services

(WMS) und OGC Web Feature Services (WFS) implementiert. GI-Dienste werden jedoch auch auf Basis von MapObjects for Java entwickelt (s. MAY ET AL. in diesem Band).

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 noch geprüft.

REFERENZEN

- BORCHERT, R. (2003 - under review): *How can a knowledge base run executables on the frame level?* - Sixth International Protégé Workshop, Manchester/England July 2003.
- 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.
- DEHNHARDT, A. (2002): *Akteursanalyse*. FLUMAGIS Technical Note 7. IÖW Berlin.
<http://www.flumagis.de>
- 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., 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.
- 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. 20, Münster: Institut für Geoinformatik / Solingen: Verlag Natur & Wissenschaft, (im Druck).

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