

Landschaftseditierung und wissensbasierte Maßnahmededuktion für die ökologische Planung

Jörn MÖLTGEN, Benno SCHMIDT, Werner KUHN,
Institut für Geoinformatik,
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem vorgestellten Ansatz wird eine neue Vorgehensweise zur Unterstützung ökologischer Planungsprozesse vorgeschlagen. Planer unterschiedlicher Fachrichtungen können Planungsalternativen an einem Arbeitstisch, auf dem eine virtuelle Landschaft dreidimensional visualisiert wird, experimentell „testen“ und diskutieren. Basierend auf dem spezifizierten Paradigma der „Landschaftseditierung“ ist dabei eine Modellierung der Landschaft auf sehr intuitive Art und Weise möglich. So können die dargestellten Geoobjekte quasi wie in einem Sandkasten direkt manipuliert werden (z. B. Umsetzen, Hinzufügen/Löschen von Objekten). Mit Hilfe der vorgestellten Benutzerschnittstelle ist die visuelle Spezifikation von Planungsszenarien und weitergehend eine kooperative Bearbeitung durch mehrere Planer möglich. Im Rahmen der Problemformulierung und Entscheidungsfindung ist die Visualisierung in der beschriebenen Umgebung somit von essentieller Bedeutung. Sobald Übereinstimmung über ein Szenario besteht, analysiert das System das modifizierte Landschaftsmodell, ermittelt die vorgenommenen Änderungen und leitet die Maßnahmen ab, die zur Herstellung dieses Zustandes in der realen Welt durchzuführen sind. Diese Maßnahmenherleitung erfordert den Aufbau einer interdisziplinären Wissensbasis. Durch die Verwendung von Expertenwissen gewinnt der Planungsprozeß dabei an Transparenz und Nachvollziehbarkeit.

1. MOTIVATION

Der Einsatz von Geoinformationssystemen (GIS) und „Spatial Decision Support Systems“ (SDSS) ist in der Planungspraxis ein bewährtes Instrument zur Analyse, Interpretation und Wiedergabe von Daten in Entscheidungsprozessen. Jüngere Ansätze aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz integrieren Expertenwissen in SDSS, um Umweltzustände zu diagnostizieren und unterschiedliche Planungsalternativen zu bewerten. Dieser Ansatz der Kopplung verschiedener Technologien zur Verarbeitung raum-

bezogener Daten wurde in diversen Projekten bereits erfolgreich angewendet. Inzwischen existiert eine Reihe neuartiger Technologien, deren Integration mit „herkömmlichen“ Ansätzen zu wesentlich leistungsstärkeren Systemen führen sollte. Der Visualisierung von Geodaten kommt dabei eine herausragende Bedeutung zu. Die Visualisierung von Landschaftszuständen sollte eng an Interaktionswerkzeuge gekoppelt sein, mit deren Hilfe die Landschaftszustände in einer „virtuellen Realität“ modifiziert und die Auswirkungen dieser Veränderungen abgeschätzt werden können. Landschaften werden mittels dieser Technologien „editierbar“. Das Editieren der virtuellen Landschaft kann durch den Einsatz weiterer Technologien (z. B. GIS, wissensbasierte Systeme) unterstützt oder ergänzt werden, was einer Kopplung der verschiedenen Ansätze gleichkommt.

Durch derartige Kopplungen können Planungsvorgänge qualitativ besser und effektiver durchgeführt werden als dies bislang bei analogen oder nur teilweise digital unterstützten Arbeitsabläufen der Fall gewesen ist. Planungsprozesse werden somit transparenter und nachvollziehbarer gemacht. Letztlich wird jeder einzelne Schritt im Verlauf des unterstützten Planungsablaufs dokumentierbar, d. h. jeder Planungsbeteiligte kann sich z. B. detaillierte Informationen darüber beschaffen, welche Editierungen zu einem anvisierten Landschaftszustand geführt und welche Maßnahmenvorschläge daraus abgeleitet wurden. Die endgültige Entscheidung über einzuleitende Planungsmaßnahmen bleibt dabei in der Verantwortung des Menschen. In der Realität ist es jedoch für den einzelnen Fachplaner aufgrund der vielseitigen Wechselbeziehungen in den verschiedenen Ökosystemen oft sehr schwierig, die „richtigen“ Entscheidungen zu treffen. Mit Hilfe der Künstlichen Intelligenz können Planer aus den vorhandenen Daten und Analyseergebnissen „objektive“ Entscheidungen herleiten, da die Wissensbasen mit interdisziplinärem Wissen verschiedener Fachexperten ausgestattet werden können.

Im Bereich der Landschaftsplanung kann eine visueller Eindruck die Berücksichtigung von landschaftsästhetischen Aspekten erleichtern: *“In every natural setting these two elements – visual and spatial – combine to create a distinctive view. The landscape designer must have a firm grasp of the visual and spatial character of the setting before he can begin to develop it”* (Higuchi 1989).

Zudem bietet eine 3D-Visualisierung eine verbesserte Nachvollziehbarkeit von räumlich-zeitlichen oder thematischen Beziehungen als traditionelle 2D-Karten (van Voris et al. 1993, Wherrett 1996).

Unabdingbar wird ein 3D-Ansatz besonders beim Entwurf von Landschaftsmodellen und der Präsentation von Planungsentwürfen. Auf der ei-

nen Seite können Planer durch eine derartige Darstellung ihre eigenen Entwürfe optimieren, auf der anderen Seite ermöglicht es Planungslaien diese Planungsentwürfe besser zu beurteilen. Finden darüber hinaus kognitive Aspekte Berücksichtigung, ermöglicht die dreidimensionale Darstellung ein besseres Verständnis räumlicher Zusammenhänge (z. B. wird die Beschattung eines Gewässers durch Bäume und deren unterschiedlicher Wuchshöhe unmittelbar ersichtlich). Zudem lassen sich im Dreidimensionalen intuitiv bedienbare Interaktionsmechanismen implementieren.

Ein weiteres innovatives Element ist die Deduktion von Maßnahmen für die Renaturierung oder bzw. naturnahe Gestaltung von Fließgewässern. Traditionelle SDSS zielen eher auf die Komposition von Datenbanken, räumliches Modellieren, graphische Darstellung und die Datenanalyse ab, um Entscheidungsprozesse zu unterstützen. Was bislang fehlt, ist die Integration von Expertenwissen in derartige Systeme, die eine Evaluierung verschiedener Planungsszenarien im Planungsprozeß erlaubt (Rizzoli 1997). Wissensbasierte SDSS (KBSDSS) können das Wissen und die Erfahrung von Experten einer speziellen Fachdisziplin repräsentieren und tragen ebenfalls zu einer erhöhten Transparenz von Entscheidungsprozessen bei.

Umweltplanung ist meistens ein gemeinschaftlicher und multidisziplinärer Prozeß. In der Regel ist das Ziel des Planers ein *“limited shared understanding of the current state of their geographical area, and threats to it, and the likely outcomes of various future actions...”* zu erhalten (van House et al 1998).

Von daher besteht ein Bedarf an Werkzeugen, die im Zusammenhang mit der Vorhersage von Landschaftsentwicklungen „computer-supported cooperative work“ (CSCW) unterstützen. „Workbench“-artige Umgebungen, wie sie insbesondere im Bereich der virtuellen Realität (siehe Beitrag von Uhlenkücken et al. in diesem Band) eingesetzt werden, besitzen das Potential diese Anforderungen zu erfüllen. So gesehen stellt die Integration von „Tisch-basierten“ virtuellen Landschaften und KBSDSS einen Ansatz für innovative planungsunterstützende Anwendungen dar.

Die Entwicklung einer Umgebung, welcher diesen kombinierten Anforderungen genügt, wirft jedoch Fragen zu Ein- und Ausgabetechniken und zur Gestaltung adäquater Benutzerschnittstellen auf. In unserem Beitrag versuchen wir hierauf Antworten zu geben. Das der Interaktion in diesem visuellen, interaktiven und wissensbasierten System zugrundeliegende Paradigma bezeichnen wir als „Landschaftseditierung“. Zur Erläuterung wird ein Fallbeispiel aus dem Bereich der Gewässerökologie verwendet.

2. DAS IDEALE INTERAKTIONSMODELL

Dieses Kapitel beschreibt einen möglichen Anwendungsfall des anvisierten Systems für Landschaftsplaner. Dabei haben die Planer die Aufgabe, ein Konzept für die naturnahe Gestaltung eines Fließgewässers zu erarbeiten.

Unsere Vision umfaßt verschiedene Schritte. Zunächst ist ein dreidimensionales Modell einer Flußaue darzustellen, welches einen Eindruck des gegenwärtigen Zustands vermittelt. Dabei werden folgende Elemente dargestellt:

- Gewässerbett (großmaßstäbig),
- Ufervegetation,
- Gewässerstrukturen,
- umliegende Landnutzung,
- Bebauung und
- Verkehrswege.

Zu diesen visuellen Objekten können die Planer unter Verwendung von GIS-Techniken verschiedene Attribute aus einer Datenbank abfragen. Dies schließt hydrologische, Gewässergüte-, Kataster-, limnologische und strukturelle (z. B. Naturnähe der Ufer, Anzahl von Querbauwerken, Tiefen- und Seitenerosion) Daten ein.

Durch die Untersuchung der virtuellen Realität und dem Erhalt von weiteren Informationen aus der Datenbank haben die Planer die Möglichkeit, die Qualität der Naturnähe der Aue zu bewerten und den Bedarf für naturnahe Entwicklungsmaßnahmen zu evaluieren.

Im vorliegenden Beispiel finden die Planer einen nahezu geradlinigen Gewässerlauf vor, der keinerlei Seitenerosion, nur Ansätze von Querbänken, kaum Gehölze und eine erhöhte Gewässertemperatur aufweist. Die Planer testen nun verschiedene Planungsszenarien, indem sie das aktuelle Landschaftsmodell „editieren“. Um die einzelnen Geoobjekte durch „Hineingreifen“ zu verändern, bedienen sie sich verschiedener Interaktionswerkzeuge. Es können Gewässerabschnitte „angefaßt“ werden, um deren geradlinigen in einen mäandrierenden Verlauf zu verändern und somit natürliche Mäandrierungsprozesse auszulösen die zur erhöhten Strukturvielfalt im Gewässer beitragen.

Während der Editierungsprozesse können sämtliche Gegebenheiten wie Bauungen, Verkehrswege oder Besitzverhältnisse bereits während des Planungsprozesses berücksichtigt werden. Zugleich läßt sich auch die Plausibilität der Editierungen überprüfen. So werden systemseitig bei-

spielsweise Änderungen, die im Modell zu einem bergaufwärts gerichteten Gewässerverlauf führen würden, direkt zurückgewiesen.

Weitere Arbeitsschritte der Planer könnten sich auf die Ufervegetation beziehen. Diese dient als Lebensraum für Tiere, als Schattenspender für das Gewässer und als Schutz vor übermäßiger Erosion. Die Planer können Bäume aus einer Art „Pflanzen-Center“ entnehmen und diese am Gewässer platzieren oder bereits bestehende Vegetationsstrukturen verändern. Durch wiederholtes Editieren entwerfen die Planer ein neues Landschaftsmodell, welches den interdisziplinären Anforderungen der Planer entspricht.

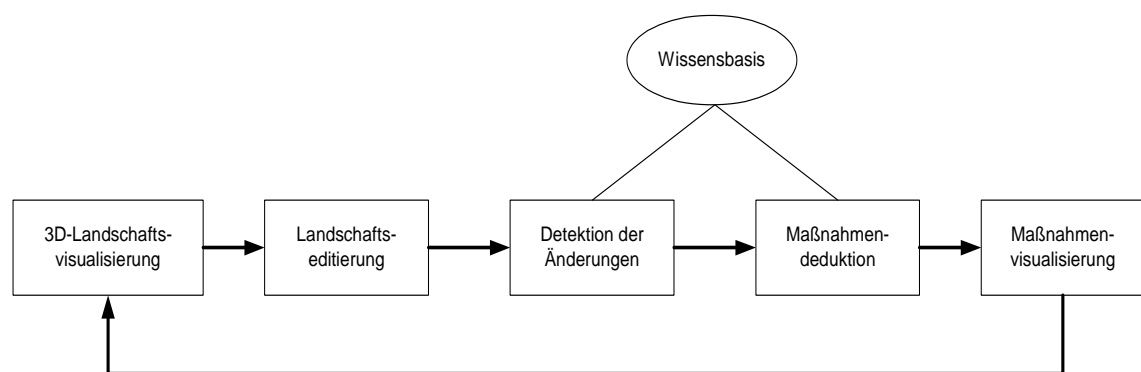


Abb. 1: Verfahrensablauf

Sobald die Planer einen Konsens gefunden haben, analysiert das System das modifizierte virtuelle Landschaftsmodell und leitet die Änderungen ab, die durchzuführen sind, um das Entwicklungsziel in der Realität umzusetzen. Dazu wird die Ausgangssituation mit dem geänderten Modell verglichen. Die detektierten Änderungen „triggern“ alsdann entsprechende in der Wissensbasis abgelegte Regeln zur Herleitung der notwendigen Maßnahmen.

Es gibt verschiedene technische Möglichkeiten zur Darstellung der Entwicklungsmaßnahmen. Maßnahmen wie 'Pflanzung von Ufervegetation', 'Tolerierung von Tiefen- und Seitenerosion' oder 'Rückbau von Sohl- und Uferbefestigungen' können als kartographische Symbole oder Piktogramme dargestellt und an den entsprechenden Gewässerabschnitten platziert werden. Auf ein spezielles Objekt bezogene Maßnahmen werden direkt an diesem platziert. Beispielsweise würde ein Schmutzwassereinleiter, welcher als Maßnahme vom Gewässer entfernt werden muß, als „durchgestrichen“ dargestellt. Zur weiteren Dokumentation wird eine Liste mit Angaben über geeignete Spezies (z. B. standortgerechte Baumarten) oder Sekundärmaß-

nahmen angefertigt. Textliche Erläuterungen veranschaulichen zudem, welche thematischen Attribute durch die durchzuführenden Maßnahmen betroffen werden.

3. WISSENSBASIS UND INFERENZMASCHINE

Die Maßnahmededuktion erfolgt unter Verwendung von Expertenwissen. Ein Katalog mit möglichen Entwicklungsmaßnahmen bildet die Grundlage für die Wissensbasis. Darin enthalten sind Maßnahmen wie 'Anpflanzung von Ufergehölzen' oder 'Duldung von Seiten- und Tiefenerosion' (Möltgen & Pundt 1998).

Um die Entstehung eines Mäanders praktisch umzusetzen, kann im Modell ein Mäander editiert werden. Diese Editierung löst dann eine Regel aus, welche die einzuleitenden Maßnahmen herleitet. Grundlage ist eine wissensbasierte Analyse des editierten Gewässerabschnitts, um abschnittsspezifisch geeignete Maßnahmen zu erhalten. Das folgende (vereinfachte und unter Verwendung von Pseudocode notierte) Beispiel zeigt eine Regel, die an einem Gewässerabschnitt zur Mäanderbildung führt. Dabei können sowohl thematische als auch räumliche Bedingungen und Änderungen eine Maßnahmenherleitung bedingen:

```

if historic water course is known
then
    if Attribute('property can be bought') = true
    then Measure('rebuilding of old water course') := true

    if Measure('rebuilding of old water course') = true
    then Measure('initial planting of bank coppice') := true
        Measure('creation of bank buffer zones') := true
        Measure('toleration of depth and width erosion') := true
    endif
else
    if Attribute('bottom or bank stabilization') = true
    then Measure('elimination of bottom and bank stabilization')
        := true

    if Attribute('river profile.width') /
        Attribute('river profile.depth') ≤ 2.0
    then Measure('broadening of river profile') := true
  
```

```
if Attribute('erosion') = true
then Measure('toleration of depth and width erosion') := true

if Attribute('indigenous trees') is valid upstream
then Measure('placement/toleration of deadwood') := true
else Measure('placement of troubling stones') := true

if Attribute('buffer zone') = false
then Measure('creation of bank buffer zones') := true
endif
```

Abbildung 2 zeigt den Zusammenhang von Zustandsänderungen, visueller Darstellung und Maßnahmededuktion.

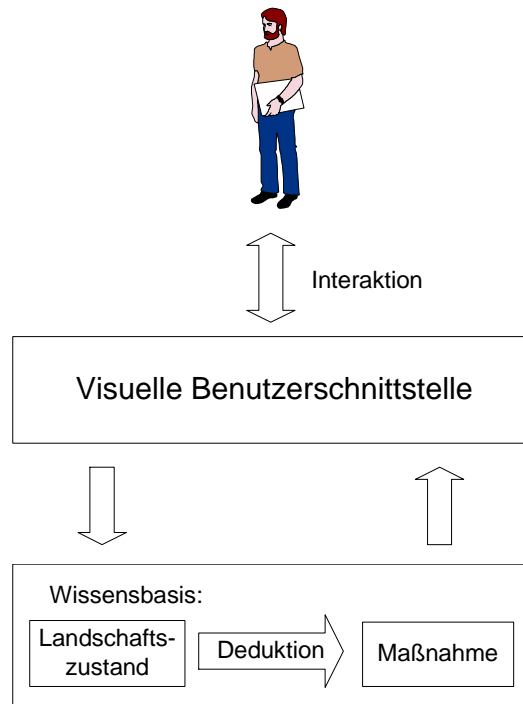


Abb. 2: Wissensbasis und visuelle Benutzerschnittstelle

4. SPEZIFIKATION DER BENUTZERSCHNITTSTELLE

Visualisierung hat zum einen die Aufgabe, eine visuelle Repräsentation der Ideen des Planers zu generieren. Andererseits sind hier die in der Geo-Datenbank vorgehaltenen Objekte und die abgeleiteten Maßnahmen darzustellen (siehe Abbildungen 2 und 3). Im Rahmen der Gestaltung der

Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Ein- und Ausgabe von Planungsideen ist die Visualisierungskomponente somit von zentraler Bedeutung (vgl. hierzu auch Beitrag von Uhlenkücken et al. in diesem Band).

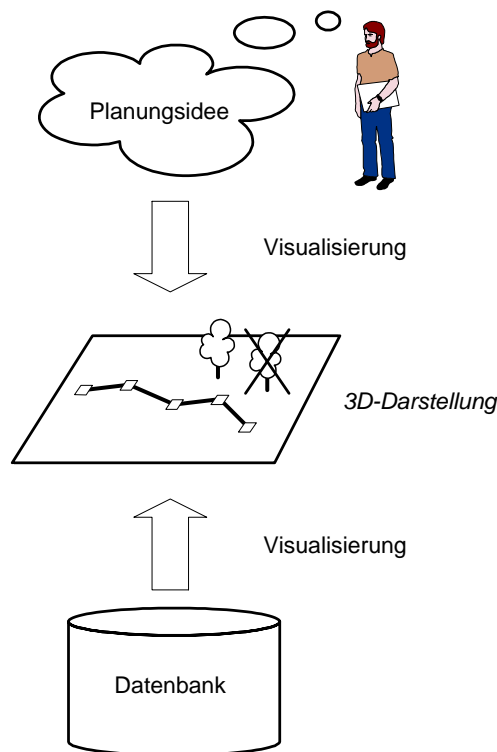


Abb. 3: Funktion der Visualisierung

Neben den Algorithmen zur Detektion der Zustandsänderungen und dem Aufbau der Wissensbasis ist die Benutzerschnittstelle systematisch zu entwickeln. So sind die Komponenten der Benutzerschnittstelle unter Verwendung des von Foley und van Dam (1982) vorgeschlagenen vierstufigen Sprachmodells spezifiziert worden.

Der *konzeptionelle Entwurf* definiert dabei die wesentlichen Konzepte der Applikation. Auf dieser Ebene erfolgt eine Betrachtung des wesentlichen mentalen Interaktionsmodells aus Anwendersicht. In diesem Fall umfaßt das Modell die (komplette) Landschaft, unterschiedliche Landschaftszustände, räumliche und thematische Entitäten, eine Menge (textueller) Fakten und Regeln sowie Entwicklungsmaßnahmen. Der Systemprototyp soll räumliche Entitätsklassen zur Handhabung von Geländeoberflächen, einzelner Bäume, Strauchgruppen, Gewässerverläufen sowie „Coverages“ zur Haltung parzellenbezogener Information (z. B. Landnutzungen oder Besitzverhältnisse) umfassen.

Zwischen diesen Elementen bestehen folgende Beziehungen: Ein Landschaftsobjekt kann verschiedene Zustände Z_i annehmen. Einer dieser Zustände beschreibt den aktuellen Landschaftszustand (Z_0). Weitere Zustände Z_i , $i \neq 0$, können Planungsszenarien beschreiben. Ein Landschaftszustand setzt sich zusammen aus räumlichen Entitäten, die im weiteren auch kurz als Geoobjekte bezeichnet werden. Die Landschaft ist verknüpft mit Fakten und Regeln, welche das Wissen über die räumlichen, zeitlichen und thematischen Beziehungen der Geoobjekte sowie der abzuleitenden Maßnahmen beinhalten. Da diese Regeln für verschiedene Landschaften gültig sein können, sind sie nicht Bestandteil einer Landschaft, sondern mit dieser assoziiert.

Der Anwender kann die visuellen Landschaftsteile editieren, indem er z. B. Geoobjekte hinzufügt oder die räumliche Ausdehnung oder äußere Erscheinung bestehender Geoobjekte ändert. Der Benutzerschnittstellen-Entwurf basiert dabei auf der Sandkasten-Metapher, d. h., der Anwender arbeitet (hier vor vor einem Tisch stehend) mit anfaßbaren und bewegbaren Gegenständen. Der Anwender wird erwarten, daß sich das System seiner alltäglichen Erfahrung entsprechend verhält (vgl. Kuhn 1992, Mark 1992). Beispielsweise verbleiben Objekte wie Bäume und Strauchgruppen unmittelbar an der Geländeoberfläche und können nicht über dieser schweben („Gravitationsbedingung“). Dadurch, daß dem Anwender Rückschlüsse vom bekannten Verhalten der nachempfundenen Umgebung auf das der unbekanntem möglich sind, weiß er, wie der „elektronische Sandkasten“ auf seine Eingaben reagiert. Auf diese Art und Weise lassen sich Landschaftszustände und Planungsszenarien intuitiv formulieren. Tabelle 1 zeigt die grundlegenden Entitätsklassen und die zugehörigen Interaktionsmöglichkeiten.

Tab. 1: Entitätsklassen und Interaktionsmöglichkeiten

Entitätsklasse	nicht-räumliche Interaktion	räumliche Interaktion
Landschaft	nur „high-level“ Objekt-kontrolle	über räumliche Entitäten
Landschafts-zustand	Maßnahmenherleitung	Editieren räumlicher Entitäten
<i>Räumliche Entitäten:</i>		
Gelände-oberfläche	(nicht notwendig hier)	Formen der Oberfläche

Baum	Attributfestlegung (Baumtyp, ...)	Hinzufügen, Verschieben, Größe ändern, Entfernen
Strauchgruppe	Attributfestlegung (Strauchtyp, ...)	Hinzufügen, Verschieben, Größe ändern, Entfernen
Gewässerverlauf /-abschnitte	Festlegung thematischer Attribute (Sohlbefestigung, ...)	Editieren des Verlaufs (Mäanderplatzierung, ...)
Aue	Festlegung thematischer Attribute (Sohlbefestigung, ...)	Ausdehnung erweitern
Parzellen	Setzen/Abfragen thematischer Attribute (z. B. Änderung der Landnutzung)	Teilen / Vereinigen von Parzellen
<i>Wissensbasis:</i>		
Fakten und Regeln	Editierung, Abfrage	-
Maßnahmen	(Deduktion „auf Tastendruck“)	Visualisierung

Die „Arbeitstisch“-Metapher (siehe Beitrag von Uhlenkücken et al. in diesem Band) ähnelt dem hier beschriebenen „Sandkasten“. Da die nicht-planare, editierbare Geländeoberfläche hier von zentraler Bedeutung ist und der Planer Gewässerverläufe auf dieser skizzieren und Bäume „in den Sand stecken“ möchte, haben wir allerdings den Begriff des Sandkastens favorisiert. (Treffender wäre vielleicht der Begriff des „Sandtisches“ gewesen.)

Im Rahmen des *semantischen Entwurfs* wird die Systemfunktionalität detailliert festgelegt. Hierzu werden die Signaturen der zu implementierenden Operationen spezifiziert. Insbesondere erfolgt auf dieser Ebene eine Definition der Bedeutungen der Ein- und Ausgabeoperationen. Darüber hinaus fand hier eine Betrachtung der evtl. auftretenden semantischen Fehler statt.

Zur Handhabung von Metaphern im Rahmen des Schnittstellenentwurfs wird von Kuhn und Frank (1991) ein formaler Ansatz basierend auf einer algebraischen Spezifikation vorgeschlagen. Die Implementierung der hier vorgestellten Benutzerschnittstelle wird in der Praxis nicht „funktionieren“, falls die innerhalb der Spezifikation gegebenen Gleichungen während

des Editierens verletzt werden. So ist zu gewährleisten, daß vor und nach einer Operation verschiedene Bedingungen eingehalten sind: Z. B. darf durch eine Editieroperation ein Baum nicht höher gezogen werden als seine maximale Wuchshöhe unter optimalen Bedingungen im jeweiligen Altersstadium, oder es darf Wasser nicht bergauf fließen und sich Baumkronen und Bodenkörper nicht räumlich überlappen. Es ist zu definieren, wie Verletzungen dieser Bedingungen während des Editiervorgangs zu behandeln sind.

Neben der Sandkasten-Metapher werden für die Umsetzung des Landschaftseditors eine Reihe weiterer Metaphern benötigt wie z. B. eine neben der eigentlichen Landschaftsvisualisierung befindliche Kiste mit Geoobjekt-Schablonen, aus welcher der Anwender zum Zweck der Kreierung neuer Geoobjekte eine entsprechende Schablone herausnehmen kann (z. B. das eingangs genannte „Pflanzen-Center“ mit verschiedenen Baumtypen). Weiterhin werden Griffe für die Editierung von Geometrien verwendet (bei Foley et al. 1996 „Handles“ genannt). So kann der Anwender z. B. den Stützpunkt einer einen Flußverlauf definierenden Polylinie greifen und verschieben. Alternativ könnte der Flußverlauf aber auch mit Hilfe eines Interaktionsmechanismus geändert werden, der auf der „Modellknete“-Metapher beruht: Der Anwender definiert Flußverlauf und -breite durch Drücken einer formbaren Masse.

Anmerkungen zum *syntaktischen* und *lexikalischen Entwurf* sind bei Möltgen et al. 1999 zu finden. Tabelle 2 faßt den vierstufigen Entwurf zusammen.

Tab. 2: Benutzerschnittstellen-Entwurf nach dem vierstufigen Sprachmodell von Foley und van Dam (1982)

	Objekte	Operationen
<i>Konzeptio- nelle Ebene</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Landschaft, Landschaftszustände und Geoobjekte im „Sandkasten“ • Fakten und Regeln (Plausibilitätsregeln und Maßnahmen) • Planungsdokumente (Texte, Karten, ...), kartographische Ausgabelemente 	<ul style="list-style-type: none"> • Möglichkeiten zur Zustandseditierung • Maßnahmenherleitung und Visualisierung

<i>Semantische Ebene</i>	<ul style="list-style-type: none"> • konkrete Klassen entsprechend der konzeptionellen Objekte 	<ul style="list-style-type: none"> • vollst. Liste (im softwaretechnischen Sinne) „virtueller“ Methoden
<i>Syntaktische Ebene</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Geoobjekte: direkt manipulierbare visuelle Objekte (Geometrien, Schalter, ...) • Wissensbasis: Text 	<ul style="list-style-type: none"> • Geoobjekte: Selektion, Punktlokalisierung • Wissen / Maßnahmen: Text / kartographische Elemente
<i>Lexikalische Ebene</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Visualisierung: Shutterbrille, Zeigegerät • Wissensbasis: wie in Texteditoren 	<ul style="list-style-type: none"> • Visualisierung: Kopf- und Handbewegungen, Schalteraktivierung • Wissensbasis: wie in Texteditoren

5. KOPPLUNG VON WISSENSBASIS UND VISUELLER BENUTZERSCHNITTSTELLE

Die Editierung von Geoobjekten kann zu einer Änderung des Landschaftszustandes führen. Um Maßnahmen ableiten zu können, muß das System diese Änderungen, welche entsprechende Regeln „triggern“ können, detektieren. Die ermittelten Maßnahmen werden unter Nutzung kartographischer Gestaltungsmittel visualisiert. Hierzu wird Information über die Geoobjekte, auf welche sich die Maßnahmen beziehen, benötigt.

Letztlich legen die in der Wissensbasis abgelegten Regel-Bedingungen fest, welche Änderungen nach einer Editierung zu detektieren sind. Diese Änderungen können sich auf geometrische, topologische oder thematische Ausprägungen beziehen. Tabelle 3 zeigt Beispiele dafür, wie Modifikationen von Geoobjekten Maßnahmen induzieren können.

Tab. 3: Beispiele für Geoobjekte die Maßnahmen triggern

Geoobjekt	Interaktion	relevante Änderungen	Mögliche Entwicklungsmaßnahmen
Baum	Baum hinzufügen	Koordinaten, Größe	‘Initialbepflanzung’, evtl. ‘Entfernung von Uferverbau’

Gewässerabschnitt	Wasserqualität vorgeben	Änderung der Wasserqualität	alle Maßnahmen, welche zu einer Qualitätsverbesserung beitragen
Gewässerverlauf	Mäander plazieren	Koordinaten, Krümmungsradius, Topologie	`Initialbepflanzung', `Tolerierung von Erosion', `Uferlandstreifen einrichten', etc.

Insgesamt erfordert der vorgestellte Ansatz die Kombination von

- interaktiver 3D-Echtzeit-Visualisierung,
- räumlichen und thematischen Abfragemöglichkeiten sowie
- einer Wissensbasis und einer Inferenzmaschine.

Aus softwaretechnischer Sicht besteht eine der Hauptaufgaben nun in der Herstellung einer geeigneten Verbindung zwischen diesen architektonischen Komponenten. Besondere Probleme werden dabei dadurch hervorgerufen, daß die seitens der Komponenten verwendeten Datenmodelle inkompatibel sind. Weitere Ausführungen zu dieser Integrationsaufgabe sind in Möltgen et al. 1999 sowie (teilweise) im Beitrag von Uhlenkükten et al. in diesem Band zu finden.

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der vorgestellte Ansatz schlägt eine neue Arbeitsweise im Rahmen von Planungsprozessen vor. Die Benutzerschnittstelle wurde basierend auf der Sandkasten-Metapher entworfen, um eine intuitive Interaktion zu ermöglichen. Damit wird die Visualisierung zu einer wesentlichen Komponente innerhalb des Entscheidungsprozesses.

Die Interaktionsmöglichkeiten ermöglichen eine Konsens-basierte Planung, indem Planer Szenarien „ausprobieren“ können. Durch die Implementation von Expertenwissen, Änderungsdetektionsalgorithmen und Verfahren zur Maßnahmededuktion werden aus 'knowledge-based spatial decision support systems' „wissensbasierte Maßnahmenvorschlagssysteme“. Dies ermöglicht eine größere Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Planungsabläufen.

Das vorgestellte Paradigma der Landschaftseditierung erfordert semantische Plausibilitätsprüfungen während der Editiervorgänge. Die Regeln, die in der Komponente zur wissensbasierten Maßnahmededuktion vorgehal-

ten werden, definieren dabei die Anforderungen an den Algorithmus zur Detektion der Zustandsänderungen.

Für die Landschaftsvisualisierung ist derzeit ein erster Prototyp basierend auf der 3D-Visualisierungsumgebung Mam/VRS (Döllner & Hinrichs 1999) und einer „virtuellen“ GIS-Komponente (Bernard et al. 1998) in Entwicklung. Eine prototypische 2D-GIS gekoppelte Regelbasis zur Maßnahmenherleitung konnte im Rahmen einer Diplomarbeit realisiert werden (Möltgen & Pundt 1998).

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.

In diesem Beitrag erfolgte eine Betrachtung hauptsächlich qualitativen Wissens. Von großer Bedeutung sind jedoch auch quantitative Prozesse. Die Autoren sind sich des großen Potentials einer Integration numerischer Simulationsmodelle bewußt.

Sowohl unscharfe Daten als auch räumliche Heterogenität und zeitliche sowie thematische Variabilität erfordern den Einsatz von Fuzzy-Technologien, da bislang mit den Wissensbasen eine Schärfe vorgegeben wird, der die Datenlage jedoch nicht entspricht (vgl. Grabaum & Steinhardt 1998, Lutze & Wieland 1997). Letztlich muß auch untersucht werden, inwieweit noch zeitliche und historische Aspekte (Landschaftsgenese) für eine umfassende Landschaftszustandsbeschreibung berücksichtigt werden müssen.

Die eigentliche Forderung nach einer Verbesserung von Qualität und Transparenz innerhalb von Planungsvorgängen wird erst erreicht werden können, wenn diese Probleme gelöst sind.

LITERATUR

- Bernard, L., B. Schmidt & U. Streit (1998): *AtmoGIS - Integration of Atmospheric Models and GIS*. Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Data Handling (SDH '98) in Vancouver, Canada, pp. 267-276.
- Döllner, J. & K. Hinrichs (1999): *An Object-Oriented Approach for Integrating 3D Visualization Systems and GIS*. Computer & Geosciences, special issue "Geoscientific Visualization", Elsevier Science, in press.

- Foley, J.D. & A. van Dam (1982): *Fundamentals of Interactive Computer Graphics*. Reading, MA: Addison-Wesley, pp. 217-243.
- Foley, J.D., A. van Dam, S.K. Feiner & J.F. Hughes (1996): *Computer Graphics : Principles and Practice*. 2nd ed., Reading, MA: Addison-Wesley.
- Grabaum, R. & U. Steinhardt, eds. (1998): *Landschaftsbewertung unter Verwendung analytischer Verfahren und Fuzzy-Logic*. UFZ-Bericht Nr. 6/1998, Leipzig: Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle.
- Higuchi, T. (1989): *The Visual and Spatial Structure of Landscapes*. Massachusetts Institute of Technology (MIT), MIT Press paperback edition, USA.
- Kuhn, W. (1992): *Paradigms of GIS Use*. 5th International Conference on Spatial Data Handling, Charleston, SC, pp. 91-103.
- Kuhn, W. & A.U. Frank (1991): *A Formalization of Metaphors and Image-Schemas in User Interfaces*. In D.M. Mark & A.U. Frank, eds.: *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*, Kluwer, pp. 419-434.
- Lutze, G. & R. Wieland (1997): *Fuzzy in der Landschaftsforschung und –modellierung*. In R. Grützner, ed. (1997): *Fortschritte in der Simulationstechnik : Modellierung und Simulation im Umweltbereich*. Braunschweig: Vieweg, pp. 233-247
- Mark, D. (1992): *Spatial Metaphors for Human-Computer Interaction*. 5th International Conference on Spatial Data Handling, Charleston, SC, pp. 104-112.
- Möltgen, J. & H. Pundt (1998): *Regelbasierte GIS-Werkzeuge zur Maßnahmenherleitung in der Gewässerpflege*. In J. Strobl & F. Dollinger, Hrsg.: *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung (AGIT '98)*, Salzburg, Heidelberg: Wichmann.
- 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: Digital Images and GIS*, . Lecture Notes in Computer Science, Berlin: Springer, in press.
- Rizzoli, A.E. & W.J. Young (1997): *Delivering Environmental Decision Support Systems: Software Tools and Techniques*. *Environmental Modelling & Software* 12(12), pp. 237-249.
- van House, N.A., M.H. Butler & L.R. Schiff (1998): *Cooperative Knowledge Work and Practices of Trust: Sharing Environmental Planning*

Data Sets. ACM 1998 Conference Proceedings on Computer Supported Work.

van Voris, P., W.D. Millard, J. Thomas & D. Urban (1993): *TERRA-Vision - The Integration of Scientific Analysis into the Decision Making Process*. International Journal of Geographic Information Systems, 7, pp. 143-164.

Wherrett, J.R. (1996): *Visualization Techniques for Landscape Evaluation: Literature Review*. Macaulay Land Use Research Institute (MLURI), Aberdeen, Scotland, <http://bamboo.mluri.sari.ac.uk/~jo/litrev>.