

GIS-BASIERTE STADTINFORMATIONSSYSTEME IM INTERNET: WISSENSCHAFTLICHE FRAGESTELLUNG, TECHNOLOGIE UND REALISIERUNG

Alexander Zipf (Fachhochschule Mainz) zipf

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird dargelegt, welche Forschungsfragen sich bei der Entwicklung GIS-basierter Stadtinformationssysteme im Internet ergeben – wobei das mobile Internet eingeschlossen ist. Im Bereich der zu realisierenden Anwendungen liegt der Schwerpunkt vor allem auf Touristeninformationssysteme. Die Aussagen zur Technik sind dabei relativ unabhängig von der Anwendungsdomäne. Die Erfahrungen zur Realisierung solcher internetbasierter Systeme beruhen auf einer mehrjährigen Beschäftigung mit dem Thema, angefangen mit dem Promotionsprojekt „Deep Map GIS“ (ZIPF 2000), als auch späteren Folgeprojekten am European Media Laboratory in Heidelberg (POSLAD et al. 2001, ZIPF & ARAS 2002). Die behandelten Themen umfassen Internet-GIS, Infrastrukturen für verteilte GIS, Erhöhung der Interoperabilität durch Nutzung von Standards des OpenGIS Consortiums (OGC), Erzeugung von 3D-Stadtmodellen und interessenspezifische Tourenplanung.

Einleitung

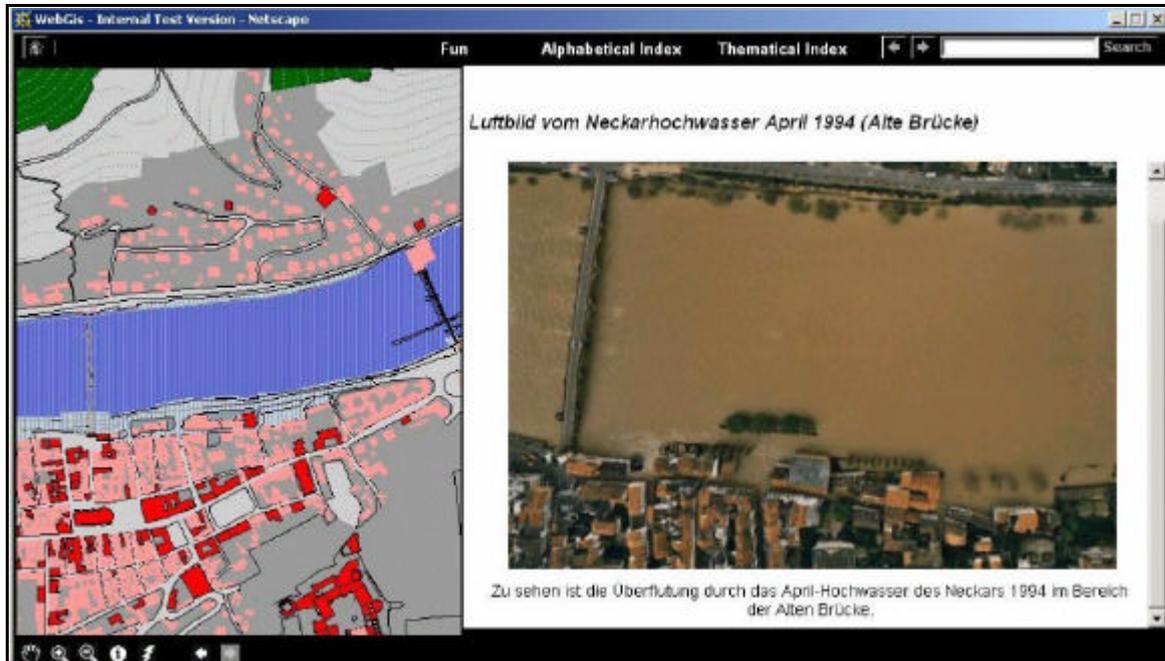
Vor wenigen Jahren noch auf wenige experimentelle Dienste beschränkt, finden sich im Internet seit einiger Zeit verschiedene Beispiele für interaktive Kartenanwendungen oder Routenplanungen. In firmeninternen Intranets werden in verstärktem Maße ebenfalls GIS-Funktionalitäten über Web-Browser zur Verfügung gestellt. Im Rahmen des Projektes „Deep Map GIS“ wurden am Beispiel der Stadt Heidelberg schon sehr früh (ab 1997) innovative Lösungen für auf GIS basierende Stadtinformationssysteme für Touristen im Web entwickelt. Basierend auf diesen Erfahrungen wird aufgezeigt, welche Forschungsfragen damals und heute relevant sind, welche Technologien hierfür zur Verfügung stehen und welche Ergebnisse bei der Realisierung einer Web-basierten Benutzungsoberfläche für die Reisevorbereitung erzielt werden können. Dabei werden folgende Aspekte betrachtet:

- ? Datenbankbindung und Realisierung eines Web-basierten Stadtführers mit Funktionen zur interaktiven, dynamischen Kartographie (2D), sowie Tourenplanung und -visualisierung,
- ? dynamische Generierung von VRML-Modellen und 3D-Kartographie,
- ? benutzerorientierte GIS-Dienste,
- ? Interoperabilität durch offene Standards.

Insbesondere wurden eine Reihe typischer GIS-Funktionalitäten wie Anzeigen historischer Hochwasserstände, Suche von bestimmten Standorten, Visualisierung historischer Bbauungsstände, Animation von Routenvorschlägen etc. realisiert (vgl. Abb. 1). Insbesondere werden Möglichkeiten neuartiger, interaktiver 3D-GIS für das Internet aufgezeigt. Ziel der Forschungstätigkeit war es, die Schwachstellen bisheriger GIS für die Entwicklung benutzernahe Informationssysteme zu identifizieren und zu verbessern.

Abbildung 1: Hochwasserinformation im Deep Map WebGIS

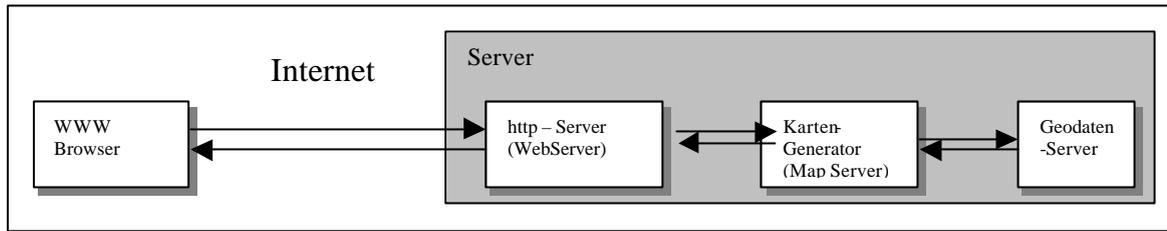
Die linke Karte zeigt die Ausdehnung des Neckarhochwassers vom April 1994 in senkrechter Schraffur. Rechts ist das entsprechende Luftbild zu sehen.



GIS im Internet

GIS-Anwendungen im Internet können in verschiedene Typen eingeteilt werden. Die folgenden Kategorien sind nach dem Spektrum ihrer angebotenen Dienste definiert. Die Benennungen orientieren sich vor allem an den von WebGIS-Anbietern gewählten Begriffen und früheren Ansätzen zur Klassifizierung von WebGIS (vgl. STAHL 1998; STROBL 1997). Eine einfache Architektur solcher Systeme zeigt Abbildung 2.

Abbildung 2: Allgemeine Architektur von Internet-GIS (vereinfacht)



Die Übergänge zwischen den Klassen sind fließend, so daß die Einordnung konkreter Anwendungen z.T. problematisch ist. Weiterhin sollte berücksichtigt werden, daß sich eine Reihe von Anwendungen noch in Entwicklung befindet, ständig weitere Funktionalität erhält und sich damit in Richtung höherwertiger WebGIS-Dienste bewegt und damit die Kategorie wechselt

Innerhalb eines Internet_GIS liefert ein Web-Map-Server (WMS) Karten entweder als Bitmaps oder als eine Reihe von Graphikelementen. Im Falle von Rastergraphiken unterstützen Web-Map-Server normalerweise die Formate GIF, JPEG oder PNG, sowie zunehmend WBMP (WAP-Bitmap). *Scalable Vector Graphics (SVG)* ist ein zunehmend verbreitetes graphisches Vektorformat. Clients Web-Browser fordern im Allgemeinen Karten von einem WMS als benannte Informationsebenen an und können Parameter wie die Größe des zurückgegebenen Bitmap, als auch das dabei zu verwendende räumliche Referenzsystem berücksichtigen. Auf diese Weise kann ein Client Anfragen zu verschiedenen WMS-Implementierungen stellen und die Ergebnisse selbst überlagert darstellen¹. Bei der Realisierung bieten sich auf Seiten des Clients verschiedene Techniken an (vgl. FUTTER 1999; JÖST 2000). In Tabelle 1 sollen die Vor- und Nachteile der wichtigsten Typen zur Realisierung von WebGIS-Systemen skizziert werden.

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Techniken für Web-GIS

Technik	Vorteile	Nachteile
<i>HTML, HTTP, CGI</i>	einfache Architektur, auf Standards basierend mit jedem Web-Browser (ab HTML 2.0) möglich alle Funktionen auf dem Server	nur Rasterkarten am Client möglich für jede Funktion muss eine HTTP-Verbindung aufgebaut werden Client nur als Terminal genutzt
<i>Plug-Ins und externe Viewer</i>	hohe Performance, da Nutzung systemspezifischer Funktionen entsprechende Plug-Ins oder Viewer sind verfügbar Vektorgraphik möglich	Installation und Wartung zusätzlicher Software auf dem Client Versionsproblematik Nicht plattformunabhängig
<i>Java-Applet</i>	Ausnutzung der Client-Hardware hohe Interaktivität / Funktionalität (relativ) plattformunabhängig Vektorgraphik möglich	Voraussetzung: Java-VM für das entsprechende Betriebssystem Performanz

¹ Heute existiert mit der Web-Map-Server-Spezifikation des OpenGIS Consortiums (OGC) eine standardisierte Schnittstelle für derartige Kartendienste. Auf die Arbeit des OGC wird später noch eingegangen.

Da je nach Einsatzgebiet (Intranet versus Internet) unterschiedlichen Anforderungen an den GIS-Client gestellt werden, verfügen die meisten professionellen Produkte heute sowohl über HTML- als auch Java-Varianten. Handelt es sich bei der anzustrebenden Architektur um eine server-zentrierte Variante, werden in der Regel eher HTML-Clients verwendet, während Plug-Ins bzw. Java zum Einsatz kommen, wenn der Funktionsumfang des Client anwächst. Dies deutet an, dass flexible Lösungen und Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Techniken notwendig sind.

Prototypen von Deep Map WebGIS

Die ersten Prototypen des Deep-Map-WebGIS bestanden aus einem interaktiven Applet zur Anzeige der stufenlos zoombaren und verschiebbaren Karte. Auf dieser konnten wichtige Sehenswürdigkeiten angeklickt werden, zu denen dann Informationen aus der Datenbank angezeigt wurden (vgl. Abb. 3). Umgekehrt ermöglichten diverse Suchfunktionen das „Stöbern“ in der multimedialen Datenbasis. Ausgehend von den gefundenen Einträgen konnte dann die Funktion „Auf Karte anzeigen“ aktiviert werden. Dies ist nicht nur direkt für Gebäude oder ähnliche räumliche Objekte möglich, sondern auch für Ereignisse oder Personen, weil diese über diverse Verknüpfungen mit den entsprechenden räumlichen Wirkungsstätten verknüpft – und damit „verortet“ – sind. Die folgenden Abbildungen zeigen eine kleine Auswahl der dargebotenen geographischen, historischen, kunsthistorischen und allgemein touristischen Themen (vgl. WEINMANN et al. 2000).

Abbildung 3: Deep-Map-Daten zur Heidelberger Stadtgeschichte

Ein Schwerpunkt der Deep-Map-Datenbank bilden verschiedene Themen zur Stadtgeschichte Heidelbergs. Daneben finden sich zahlreiche Abhandlungen zu einzelnen Sehenswürdigkeiten, historischen Persönlichkeiten und Ereignissen sowie kunstgeschichtlichen Themen.

Für weitergehend Interessierte werden zahlreiche zusätzliche geographische Themen zu Heidelberg angeboten. Darunter unter anderem Verkehr, Klima und ökologische Themen.

Abbildung 4: Deep-Map-Datenbank zur Landschaftsgeschichte und Geologie

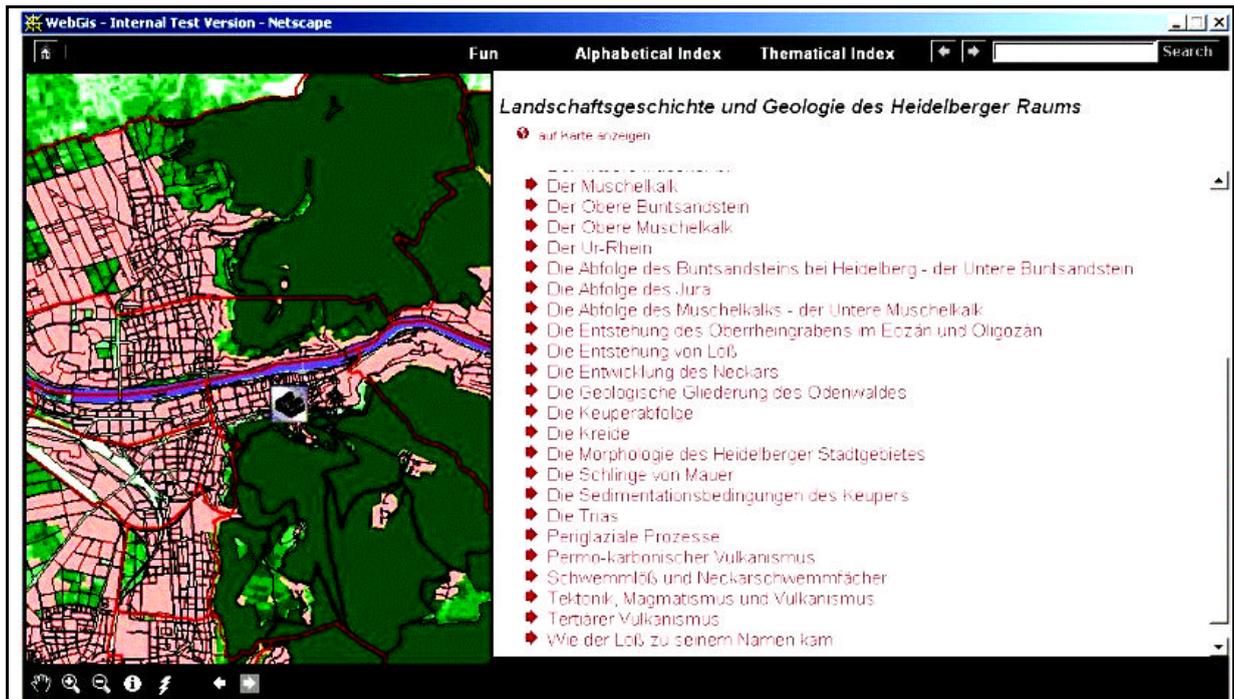


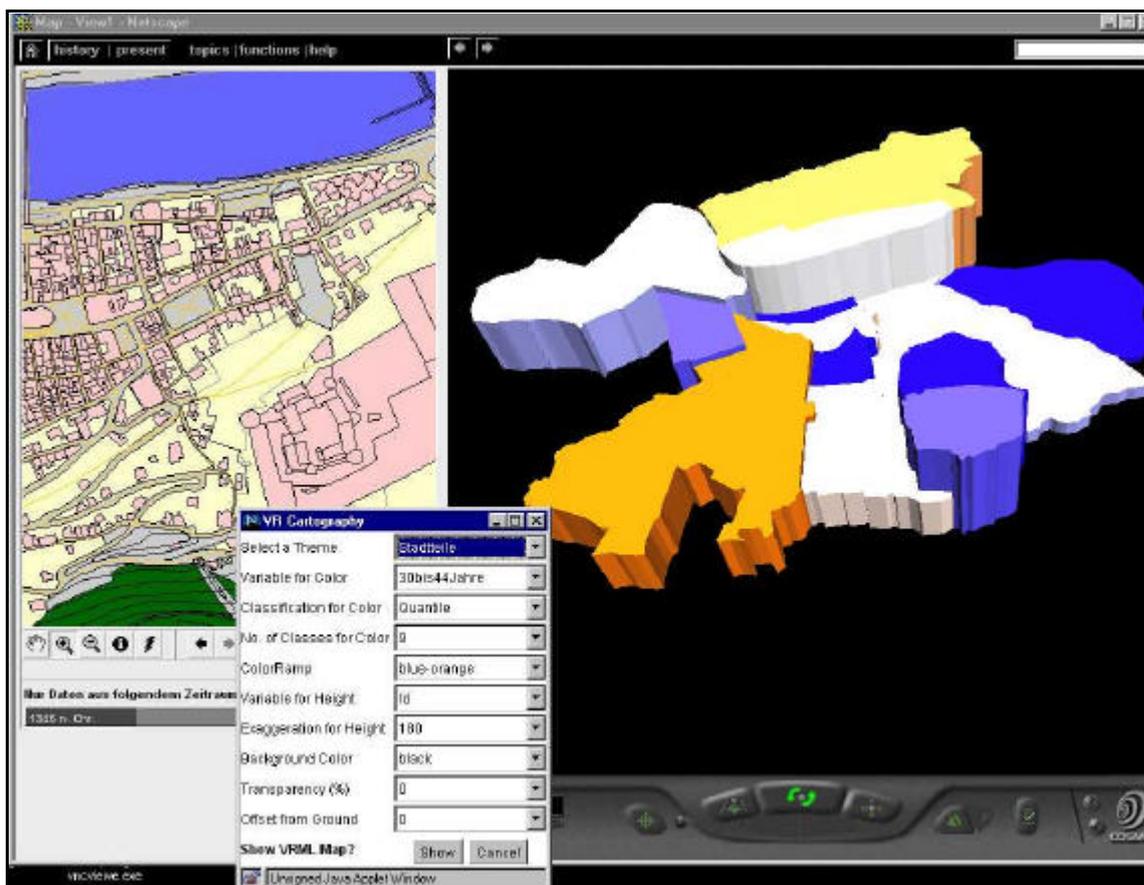
Abbildung 5: Detailinformationen zur Alten Brücke in Heidelberg



VR-Kartographie im Deep-Map-WebGIS

Beispielhaft für die verschiedenen weiteren Funktionalitäten des Deep-Map-WebGIS wird das 3D-Kartographie-Modul vorgestellt. Dieses bot schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt die Möglichkeit, interaktiv über das Internet thematische 3D-Karten als VRML-Modell zu erzeugen und diese in einem VRML-Browser zu betrachten. Der Nutzer erhält hier die Möglichkeit Bevölkerungsdaten als 3D-Karte zu visualisieren. Diese Funktionalität ist für ein Touristeninformationssystem ungewöhnlich und daher bereits einem „Expertenniveau“ zuzurechnen, demonstriert aber das technische Potential. Wie in einem konventionellen Kartographieprogramm kann der Nutzer selbst die zu visualisierenden Variablen auswählen, eine Klassenbildung nach verschiedenen Kriterien durchführen sowie die Farbschemata bestimmen. Bei der Klassenbildung kann in dem realisierten Prototyp sowohl die Klassenzahl, als auch die Methode, nach der die Klassenbildung durchgeführt werden soll, ausgewählt werden. Zur Verfügung stehen Quantile, natürliche Brüche (Jenksche Optimierung), Standardabweichung und Äquidistanz (vgl. HERTER, HÖCK und JAKOBI 1999, 168). Abbildung 6 zeigt eine Variante der Benutzeroberfläche für das Deep-Map-3D-Map-Modul.

Abbildung 6: Prototypische Benutzeroberfläche für interaktive 3D-Internet-Kartographie (VRML)



Personalisierte GIS

Sowohl im Rahmen der Promotion als auch in Folgeprojekten wurde und wird untersucht, welche Funktionen eines GIS am Beispiel eines elektronischen Touristenführers potentiell Benutzeradaptivität erlauben, d.h. sich auf den Benutzer einstellen und anpassen können

sollten und wie dies konkret zu bewerkstelligen ist. Adaptivität von Informationssystemen auf die Interessen und Fähigkeiten ihrer Benutzer wird als ein wichtiges Forschungsthema zur Schaffung intuitiv nutzbarer Touristen- und Geoinformationssysteme gesehen. Klassischen GIS fehlt dieser Aspekt völlig. Als gut geeignete Anwendungsgebiete können z.B. die Informationsdarbietung, Kartographie sowie die Tourenplanung genannt werden. Ausgangspunkt ist hierbei die Verwendung eines sogenannten *Benutzermodells* (vgl. KOBSA 1997). Ein solches Modell enthält für die Anwendung relevante Informationen über den Benutzer aus diversen Quellen.

Interessenspezifische Tourenplanung

Die Tourenplanungskomponente von Deep Map bezieht individuelle Interessen von Touristen bei der Planung der Tour mit ein. Dies bedeutet, dass diese interessensspezifischen Parameter die Gewichtung der Streckenabschnitte beeinflussen. So sollen komplette Touren, bei denen der Tourist nur Anfangs- und Endpunkt sowie die verfügbare Zeit angibt, vorgeschlagen werden. Entsprechend werden geeignete Objekte zur Besichtigung als Haltepunkte vorgeschlagen. Zur Lösung dieser Aufgabenstellung müssen mehrere Aspekte beachtet werden. Einerseits gibt es eine Reihe von potentiellen Parametern und Attributen, die eine Tourenplanung beeinflussen können. Hier müssen geeignete Kandidaten identifiziert und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Daneben können mehrere Algorithmen zur Auswahl der Sehenswürdigkeiten als auch Planung der eigentlichen Tour verwendet werden. Erste Implementierungen beschränken sich auf in GIS verfügbare Touren-Algorithmen. Weitergehende Heuristiken werden von JÖST und STILLE (2002) untersucht.

Faktoren der Streckenbewertung für Touristen

In der Regel richtet sich die Bewertung einer Strecke nach den durch sie verursachten Wegkosten. Diese basieren meist auf der Streckenlänge oder Zeit (als Quotienten aus Entfernung und Geschwindigkeit). Diese Wegkosten müssen aber in Abhängigkeit der Fragestellung modifiziert werden. So sind neben „harten“ Attributen wie Streckenlänge und benötigte Zeit sowie die aus ihnen zu ermittelnden ökonomischen, ökologischen und sonstigen Kosten auch „weiche“ Streckeneigenschaften denkbar, die sich eher an subjektiven Eindrücken orientieren. Eine Streckenbewertung für touristische Belange muss dabei Faktoren berücksichtigen, die von den für die Routenplanung üblichen Kriterien abweichen. Die Anforderung „kürzeste Strecke“ wird dabei durch „geringste individuelle Wegkosten“ als Maß für „attraktivste Strecke“ ersetzt. In der Regel wird der Anwender eine zeitliche Begrenzung der Tourdauer festlegen. In einem touristischen Besichtigungsszenario ist es allerdings unwahrscheinlich, dass er lediglich bemüht ist, die Zielpunkte so schnell wie möglich zu erreichen, ohne dabei weitere oder andere Ansprüche als „schnellste Verbindung“ an die Wegstrecke zu stellen. Es muss also untersucht werden, welche Ansprüche an eine touristisch interessante Tour bestehen, wie die hierfür in Frage kommenden Parameter zu gewichten sind und nach welchem Konzept die Gewichtung in die Auswahl der Strecke einbezogen werden kann. Daher sollen Werte in die Berechnung einbezogen werden, die eine Berücksichtigung der subjektiven Empfindung der Strecke erlauben. Zunächst sollen beispielhaft einige Einflussgrößen genannt werden, die das subjektive Empfinden des Touristen auf seinem Weg bestimmen können (vgl. Tab. 2).

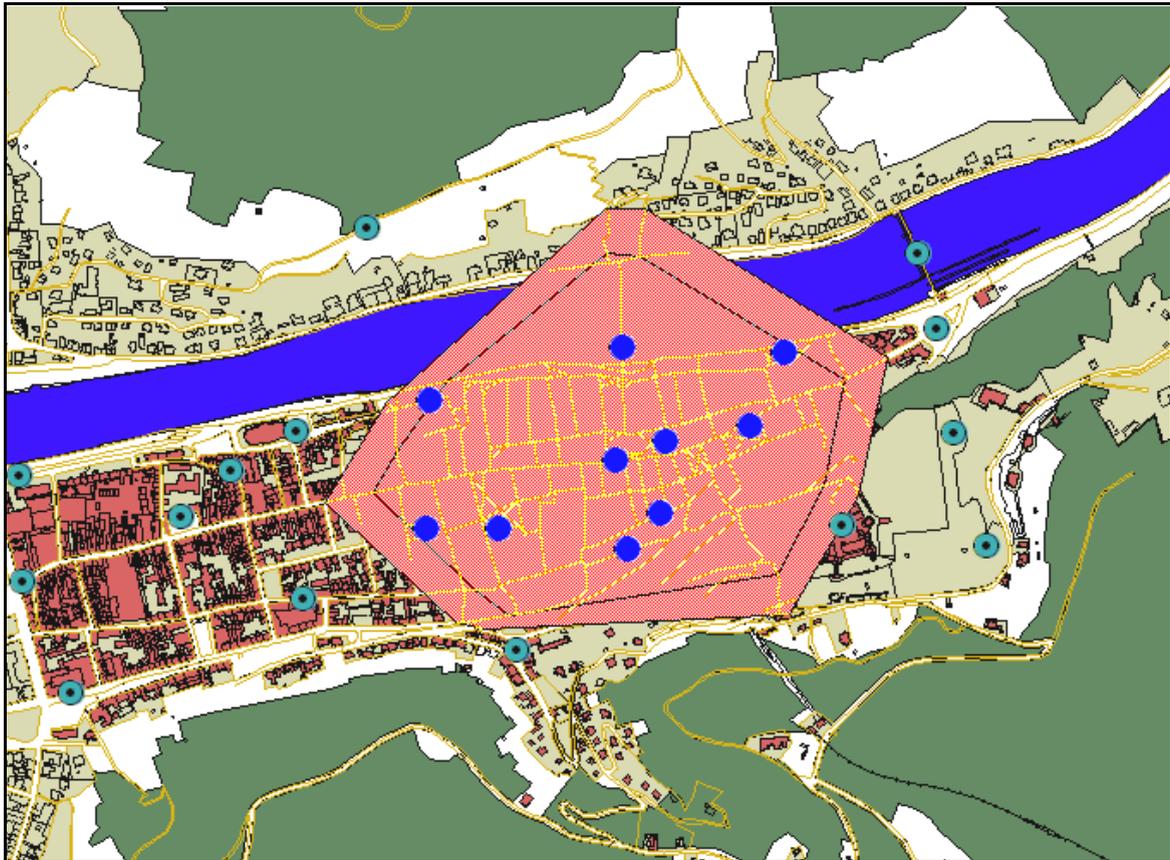
Tabelle 2: Mögliche Einflussgrößen bei der Tourenberechnung

Straßentyp, Straßenbelag	auf der Strecke liegende Objekte bestimmter Klassen wie:
Tunnel	Einkaufsmöglichkeiten
Brücken	Möglichkeiten zur Rast
Streckenneigung	Aussichtspunkte
Streckenprofil	Begegnungsmöglichkeiten mit Einheimischen (Märkte, kulturelle Ereignisse)
Höhen der geplanten Tour	sozialgeographisches Umfeld (Slum vs. Villensiedlung)
Kreuzungen	städtebauliches Umfeld, Architektur, Epoche, Parkanlagen
Verkehrsaufkommen	Dichte der Sehenswürdigkeiten
Lärmbelastung	Aussicht bzw. Anzahl der Aussichtspunkte
Luftbelastung	Anzahl sonstiger Einrichtungen, die der touristischen Information dienen

Quelle: ZIPF & ROETHER 2000

Der erste Prototyp verwendet den ArcView-Network-Analyst und den ArcView-Internet-Map-Server von ESRI (1999 b und c), auf deren Grundlage ein Tourenplanungsmodul für Heidelberg-Touristen in der Programmiersprache Avenue und ein Web-Interface in JAVA und JavaScript entwickelt wurde. Der Tourist muss nur wenige Eingaben zum Erstellen eines Tourenvorschlages machen, da er nicht mit langen Fragebögen belästigt werden soll. Notwendig sind jedoch der Ausgangs- und gegebenenfalls der gewünschte Zielpunkt sowie die verfügbare Gesamtzeit. Für fehlende Eingaben werden sinnvolle Standardwerte gesetzt, die der Tourist aber noch ändern kann. Hat der Benutzer seine Interessen bezüglich verschiedener Kriterien dem System bekannt gegeben, errechnet das Tourenplanungsmodul auf Grundlage des attributierten Straßennetzes zunächst das in der gegebenen Zeit für das gewählte Fortbewegungsmittel (in der Heidelberger Altstadt bedeutet dies im wesentlichen zu Fuß) erreichbare Gebiet. Die in diesem Gebiet liegenden und auf das angegebene Interessenprofil passenden Sehenswürdigkeiten erhält man schließlich über eine räumliche Selektion, d.h. über die Verschneidung des Straßennetzes mit dem erreichbaren Gebiet (vgl. Abb. 7). Dies bedeutet, dass in der Implementierung die maximale Tourdauer eine harte Randbedingung darstellt, was als realistisch angesehen wird.

Abbildung 7: Schema der räumlichen Selektion von Sehenswürdigkeiten aufgrund der Zeitrestriktion



Ist eine Tour gefunden und ausgewählt worden, wird sie auf einer interaktiven Karte mittels eines Applets dargestellt und die zu besichtigenden Sehenswürdigkeiten oder Haltepunkte wie z.B. Restaurants eingezeichnet (vgl. Abb. 8).

Abbildung 8: Ergebnisse der dynamischen Berechnung persönlicher Tourenvorschläge



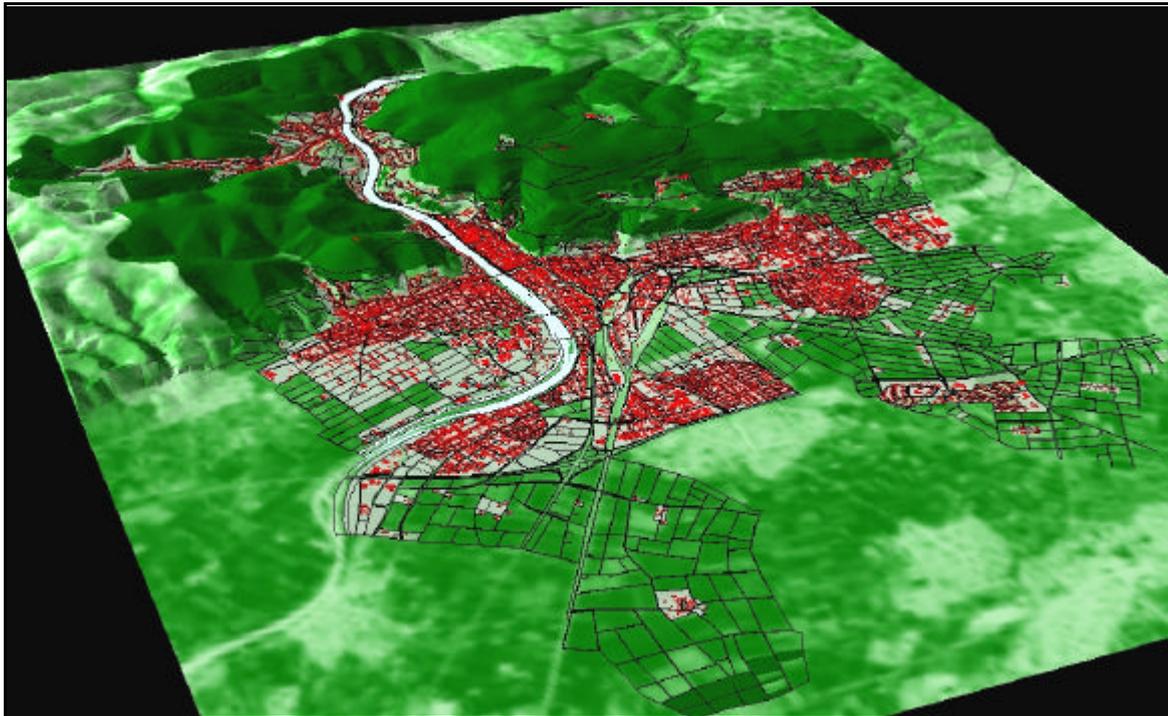
Neben der Generierung von Routen zum Besuch touristischer Sehenswürdigkeiten bieten die hier entwickelten Module weitere Funktionalitäten wie beispielsweise:

- ? *Routenfindung*: Der Nutzer sucht den Weg von Punkt X zu Punkt Y.
- ? *Standortbestimmung*: Finden eines dem Standort am nächsten gelegenen Objekts von Typ X.
- ? *Tourenvorschlagsberechnung*: Vorschlagen einer auf individuelle Wünsche des Nutzers zugeschnittenen Tour inklusive Zielobjekte.

Dynamische Generierung von 3D-Stadtmodellen aus Geodatenbanken

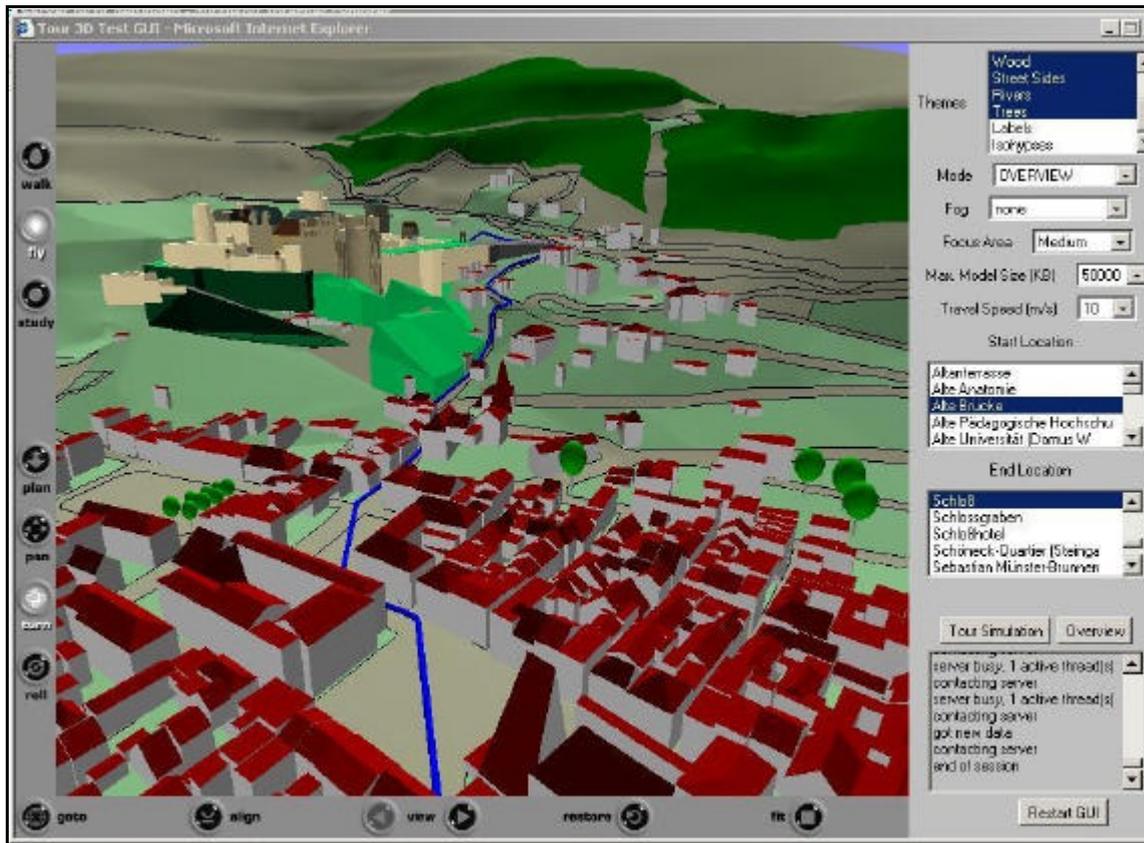
Im Rahmen der Reisevorbereitung über das Internet wünschen sich viele Touristen nicht nur Texte, Bilder, Videos oder Karten, sondern eine 3D-Darstellung des Stadtbildes. Hieraus ergeben sich eine ganze Reihe von Fragestellungen, von denen allerdings nur einige skizziert werden sollen. Zunächst stellt schon die in der Regel ungenügende Datengrundlage ein deutliches Hindernis für eine 3D-Visualisierung dar. Die Erstellung detailgetreuer Modelle ist aufwendig und erfolgt oft manuell. Gerade für großflächige Untersuchungen ist es wünschenswert auf bestehende 2D-Daten aus einem GIS zurückzugreifen und diese als eine der Datengrundlagen für die 3D-Visualisierung zu nutzen. Gleichzeitig werden immer mehr 3D-Stadtmodelle erhoben. Diese liegen in unterschiedlichen Formaten vor. Damit besteht die Notwendigkeit diese 3D-Modelle in existente 2D-Vermessungsdaten zu integrieren.

Abbildung 9: Geländemodell von Heidelberg mit extrudierten Gebäuden aus den digitalen Gebäudeumrissen des Vermessungsamtes Heidelberg



Bezüglich der Erzeugung von 3D-Daten helfen Ansätze wie der von BRENNER & HAALA (1999) unter Verwendung von Laser-Scanning (FRITSCH 1999). Eine weitergehende Fragestellung behandelt die Verwaltung der resultierenden Ursprungsdatenquellen in einem integrierten System. Insbesondere muss auf unterschiedliche Datenquellen dynamisch zugegriffen werden können, um „on the fly“ 3D- oder VR-Modelle erzeugen zu können, die z.B. eine interaktive 3D-Teilansicht eines Stadtmodells für die spezifische Aufgabenstellung zur Verfügung stellt. Unser Lösungsansatz beinhaltet die Entwicklung eines 3D-Servers, der über Schnittstellen (Loader) zu verschiedenen 2D- und 3D-Geodatenansätzen verfügt. Unsere Beispielanwendung ist die Erzeugung interaktiver 3D-Animationen virtueller Besichtigungstouren durch Heidelberg. Die 2D-Geodateninfrastruktur sollte dabei im wesentlichen nicht verändert werden, da in der Regel diverse Fachanwendungen auf diese zugreifen. Als Ergebnis unserer Entwicklungen können nun auch 3D-Ansichten von Gebieten realisiert werden, zu denen bisher nur 2D-Daten vorliegen. Zudem wurden Komponenten erstellt, die eine virtuelle 3D-Tour durch Heidelberg ermöglichen. Dem Besucher wird dabei eine dreidimensionale interaktive Animation einer berechneten Tour unter Verwendung von VRML vermittelt (ZIPF & SCHILLING 2002).

Abbildung 10: 3D-Stadtmodell Heidelberg mit eingezeichneter Route zum Heidelberger Schloss



Zur Erstellung des Gesamtmodells aus heterogenen Datenquellen über eine Programmierschnittstelle müssen zunächst 3D-Gebäudedaten aus den 2D-Grundrissen durch Extrusion dynamisch erzeugt werden. Dabei werden die Höheninformationen der Gebäudeunterkante über NN aus dem Geländemodell abgeleitet, indem von allen Punkten des Grundriss-Polygons die minimale Höhe auf dem digitalen Geländemodell berechnet werden. Der VR-Server errechnet daraus ein Blockmodell, indem er den Grundriss entlang der Z-Achse extrudiert und auf die entsprechende Höhenlage verschiebt (ZIPF & SCHILLING 2002).

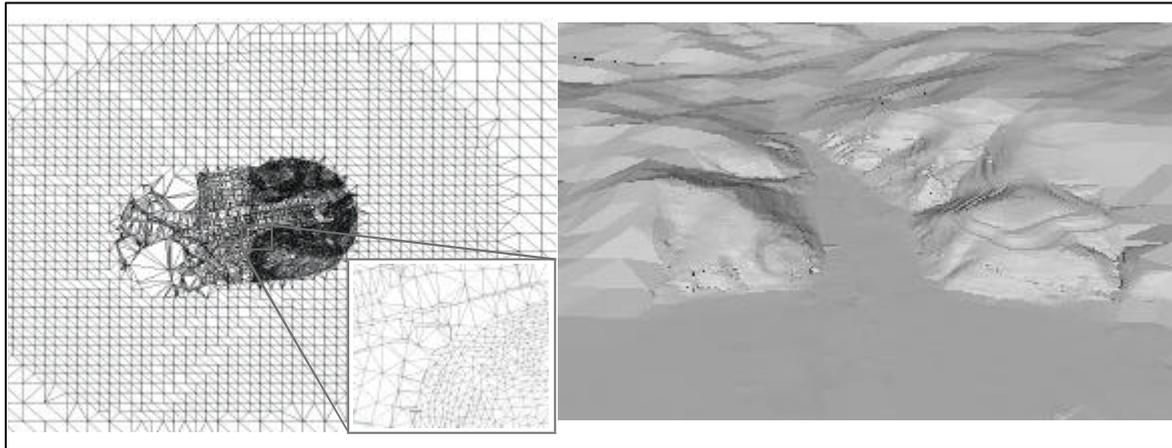
Integration von Geländemodellen

Bei der Erstellung von detaillierten 3D-Stadtlandschaften kommen schnell sehr große Datenmengen zusammen, die für eine Übertragung im Internet nicht geeignet sind. Daher war es ein Ziel, diese Datenfülle zu reduzieren, indem jeweils nur die im für die aktuelle Route wesentlichen Ausschnitt befindlichen Daten in hoher Auflösung übertragen werden, während von der Route weiter entfernte Daten stärker generalisiert werden. Diese Forderung wurde nicht nur für die Gebäudedaten, sondern auch für das Geländemodell selbst realisiert. Das heißt, dass aus dem sehr genauen digitalen Geländemodell (DGM) weitere DGMs mit größerer Maschenweite abgeleitet wurden. Diese Geländedaten sind in der Geodatenbank als 3D-Punkte gespeichert. Der VR-Server hat Zugriff auf diese unterschiedlich genauen Varianten und kann aus diesen dynamisch angepasste Geländemodelle als ein *Triangular Irregular Network (TIN)*, d.h. als eine unregelmäßige Dreiecksvermaschung, berechnen. Dabei orientiert sich die Auswahl der jeweiligen Daten am Routenverlauf, so dass nur in der

Nähe der Route das feinmaschige TIN verwendet wird und mit zunehmender Entfernung die Maschenweite des DGMS zunimmt. Als Ergebnis entsteht ein Multi-Resolution-Geländemodell, das an den berechneten Tourenverlauf angepasst ist (vgl. Abb. 11; ZIPF & SCHILLING 2003).

Abbildung 11: Multi-Resolution-Geländemodell für Heidelberg

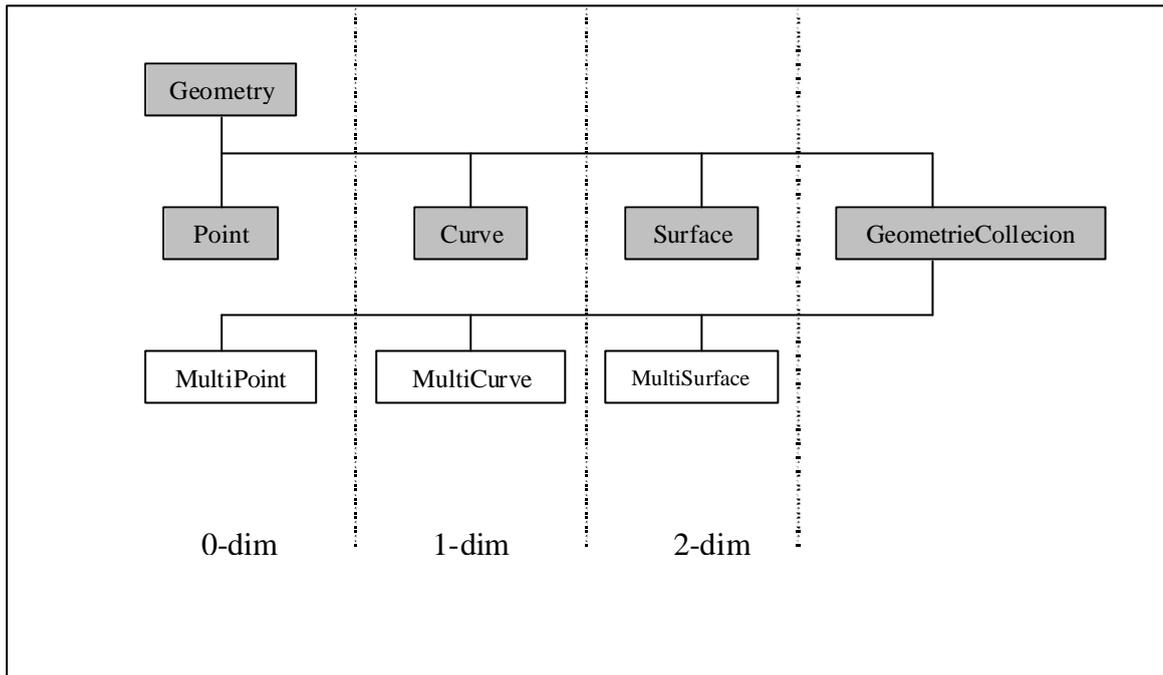
Das vorliegende Multi-Resolution-Geländemodell für Heidelberg ist für eine berechnete Route optimiert worden. Links ist eine Drahtgitterdarstellung des erzeugten TINs, rechts eine schattierte Panoramadarstellung zu sehen.



Interoperable GIS-Infrastrukturen durch Standards des OpenGIS Consortiums

Wie erwähnt nimmt sich seit einiger Zeit der Problematik der mangelhaften Interoperabilität zwischen unterschiedlichen GIS und anderen Anwendungen, d.h. dass verschiedene GIS-Systeme schlecht miteinander kommunizieren und Daten austauschen können, das OpenGIS Consortium an (BUEHLER & MCKEE 1998). Diese Initiative besteht aus einem Zusammenschluss zahlreicher Firmen und Institutionen, die gemeinsam Standards für die verschiedenen Funktionsbereiche eines GIS entwickeln. Im folgenden wird die *OpenGIS Simple Features Specification* knapp dargestellt (OPEN GIS CONSORTIUM 1998). Bestandteil dieser Spezifikation sind ein *Feature*-Modell, das Realweltobjekte im Rechner unter interoperablen Gesichtspunkten modelliert und ein *Geometry*-Modell, das Lage und Verlauf der Objekte im Raum modelliert. Damit sind einfache Vektorgeometrien wie Punkt, Linie und Fläche im 2D-Format gemeint. Die Simple-Features-Spezifikation ermöglicht es interoperablen GIS-Systemen über standardisierte Schnittstellen miteinander in einer verteilten Netzwerkumgebung zu kooperieren. Dass mit der Simple-Feature-Spezifikation gerade die Verwaltung von Geodaten in Datenbanken als erste Spezifikation des OpenGIS Consortiums umgesetzt wurde, zeigt die Bedeutung der Geodatenverwaltung und Datenbankintegration für das gesamte GIS-Umfeld.

Abbildung 12: Abstraktes Geometriemodell der SFS



Quelle: OGIS 1998

Ziel dieser Spezifikation ist also die Definition eines Standards, der das Speichern, Finden und Abfragen (auch geometrische oder topologische) sowie Aktualisieren räumlicher Objekttypen unterstützt. Für diese räumlichen Objekte wird der Begriff „Feature“ verwendet. Das Geometriemodell ist in Abbildung 12 abstrakt dargestellt: Die übergeordnete Geometrieklasse (*Geometry*) besitzt als Unterklassen *Point*, *Curve*, *Surface* und *GeometryCollection*. Jedes geometrische Objekt ist mit einem räumlichen Referenzsystem verbunden, das Auskunft über den Koordinatenraum gibt, in dem es definiert ist. Da es sich um ein objektorientiertes Modell handelt, umfasst es eine Reihe verschiedener Methoden. Zur Überprüfung räumlicher Beziehungen zwischen geometrischen Objekten definiert die Spezifikation beispielsweise folgende Methoden:

- ? *Equal*: Prüfen auf geometrische Gleichheit.
- ? *Disjoint*: Prüfen, ob zwei Geometrien räumlich getrennt sind.
- ? *Intersect*: Prüfen, ob eine Geometrie eine andere schneidet.
- ? *Touch*: Prüfen, ob eine Geometrie eine andere berührt.
- ? *Contains*: Prüfen, ob eine Geometrie eine andere beinhaltet.
- ? *Overlaps*: Prüfen, ob zwei Geometrien sich überlappen.
- ? *Crosses*: Prüfen, ob zwei Geometrien sich kreuzen.

Diese und weitere Methoden waren bisher nur GIS vorbehalten und sind jetzt direkt in Datenbanken – die damit zu „Geodatenservern“ werden – verfügbar. Für geometrische Analysen stehen unter anderem folgende Methoden bereit:

- ? *distance*: Ermittelt die kürzeste Distanz zwischen zwei Punkten.

- ? *buffer*: Ermittelt eine Geometrie, deren Punkte sich gleich oder innerhalb eines maximalen Abstandes befinden. Dies ermöglicht z.B. die Berechnung eines lärmbelasteten Streifens rechts und links einer Straße.
- ? *convex_hull*: Ermittelt die konvexe Hülle einer Geometrie.
- ? *intersection*: Ermittelt die Schnittmenge zweier Geometrien.
- ? *difference*: Ermittelt den Teil einer Geometrie, der sich von einer anderen unterscheidet.
- ? *union_op*: Ermittelt die Vereinigungsmenge zweier Geometrien.

Dieser Standard wurde auch in Deep Map implementiert, um eine Basis für die Wiederverwertbarkeit der Komponenten zu legen (ZIPF & ARAS 2001). Es ist so möglich, bei Bedarf bestimmte Komponenten des entwickelten GIS durch andere (z.B. von einem anderen Hersteller) zu ersetzen, sofern diese ebenfalls den Standard erfüllen.

Ausblick

Aus technischer Sicht haben sich mittlerweile mehrere praktikable Lösungen für die Entwicklung von GIS-Anwendungen für das Internet und Intranet herausgebildet. Die hierfür notwendigen Schnittstellen wurden vor allem vom OpenGIS Consortium standardisiert. Es liegen bereits sowohl freie als auch kommerzielle Implementierungen vor. Für den 3D-Bereich von Internetanwendungen konnte zwar das Potential und die technische Machbarkeit aufgezeigt werden. Eine weitgehende Verbreitung trifft aber auch heute noch auf zahlreiche Hemmnisse, die weitergehende Arbeiten zu verschiedenen Teilbereichen notwendig erscheinen lassen. Aus wissenschaftlicher Sicht wurde die Problematik der Realisierung adaptiver GIS-Funktionen angegangen und in ersten Prototypen entsprechende Lösungen realisiert. Hier wird für die Zukunft noch Potential für weitergehende Untersuchungen gesehen, da zahlreiche weiche und schwer fassbare Faktoren eine Rolle spielen, die noch nicht ausreichend formalisiert werden konnten. Anwendungsgebiete sind vor allem Fragen zur Gestaltung personalisierter, interaktiver, multimedialer Karten für mobile Geräte und zur Einbeziehung von Kontextfaktoren bei raumbezogenen Abfragen oder Tourenplanung. Mittlerweile entwickelt sich das Internet weiter und bezieht durch kabellose Funknetze das „mobile Internet“ bereits mit ein².

Literatur

- BRENNER, C. & HAALA, N. (1999): Rapid production of virtual reality city models. In: GIS. Geo-Informationssysteme, 12 (2). S. 22-28.
- BÜHLER, K. & MCKEE, L. (Hg.) (1998): The OpenGIS Guide – Introduction to Interoperable Geoprocessing and the OpenGIS Specification. Wayland, Massachusetts.
- COORS, V. & JUNG, V. (1999): Using VRML as an interface to the 3D data warehouse. In: Roehl, B. (Ed.): Proceedings of the third symposium on Virtual reality modeling

² Einen Überblick über den aktuellen Stand der Geoinformationstechnologie hierzu bieten ZIPF & STROBL (2002).

- language (VRML '98) (Monterey CA, Feb. 16-19, 1998). ACM Press, New York. ISBN:1-58113-022-8
- FITZKE, J.; RINNER, C. & SCHMIDT, D. (1997): GIS-Anwendungen im Internet. In: Geo-Informationen-Systeme, 10 (6). S. 25-31.
- FRITSCH, D. (1999): Laser Scanning. In: Geo-Information-Systeme, 12 (2), S. 2-3.
- FUTTER, N. (1999): Flexible Web-Technologien als Basis für breite Anwendbarkeit von GIS. In: STROBL, J. & BLASCHKE, T. (Hg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung. Beiträge zum XI. AGIT-Symposium Salzburg 1999. Heidelberg, S. 231-236.
- HERTER, M.; HÖCK, M. & JAKOBI, M. (1999): Avenue. Programmieren mit ArcView GIS. Kranzberg.
- JÖST, M. (2000): WebGIS – Touristeninformationssystem für die Stadt Heidelberg. Systemarchitektur und -kommunikation am Beispiel eines Tourenplanungsmodul Heidelberg. (= Staatsexamensarbeit am Geographischen Institut der Universität Heidelberg).
- KOBSA, A. (1996): User modeling and user-adapted interaction. Dordrecht. 1996. (= Kluwer Academic Publishers, Vol. 6).
- OpenGIS Consortium (Hg.) (1998): OpenGIS Simple Features Specification. <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>.
- POSLAD, S.; LAAMANEN, H.; MALAKA, R.; NICK, A.; BUCKLE, P. & ZIPF, A. (2001): CRUMPET: Creation of User-Friendly Mobile Services Personalised for Tourism. In: Proceedings of: 3G 2001 – Second International Conference on 3G Mobile Communication Technologies. 26-29.03.2001. London. UK.
- STAHL, H. (1998): GIS und Internet. In: arcaktuell, (Heft 2(1998), S. 17.
- STROBL, J. (1997): Geo-Datenbasen und Karten im WWW. In: Dollinger, F. (Hg.): Beiträge zum AGIT-Symposium für Angewandte geographische Informationsverarbeitung. 2.-4. Juli 1997. Salzburg. Plenarvortrag, <http://www.sbg.ac.at/geo/agit/agit97/p/str/index.htm> (=Salzburger geographische Materialien, Band 26).
- WEINMANN, R.; HÄUBLER, J.; ZIPF, A. & MALAKA, R. (1999): Die Besucher Heidelbergs informieren: Die multimediale Deep Map Datenbank. HGG_Journal 14 (1999). S. 241-245
- ZIPF, A. (2000): Deep Map, ein verteiltes historisches Touristeninformationssystem. Heidelberg. (= Inaugural-Dissertation am Geographischen Institut der Universität Heidelberg).
- ZIPF, A. & MALAKA, R. (1999): Web-basierte Planung und animierte Visualisierung von 3D Besichtigungstouren im Rahmen des Touristeninformationssystems Deep Map. In: ZAGEL, B. (Hg.): GIS in Verkehr und Transport. Heidelberg. S 234-242. Heidelberg.
- ZIPF, A & RÖTHER, S. (2000): Tourenvorschläge für Stadttouristen mit dem Arc View Network Analyst. In: LIEBIG (Hg.): ArcView Arbeitsbuch. Heidelberg, S. 135-160..
- ZIPF, A. & ARAS, H. (2001): Realisierung verteilter Geodatenserver mit der OpenGIS SFS für CORBA. In: Geo-Informationen-Systeme / GeoBit [laut HZV wurde 2000 Zeitschrift eingestellt, Nachfolger GeoBIT, nein, die GIS wurde in die GeoBit integriert- jede 4. te Folge der monatlich erscheinenden GeoBit ist jetzt die vierteljährlich erscheinende GIS Geo-Informationen-Systeme GIS / GeoBit], 14 (3), S. 36-41.
- ZIPF, A. & ARAS, H. (2002): Proactive Exploitation of the Spatial Context in LBS – through Interoperable Integration of GIS-Services with a Multi Agent System (MAS). AGILE 2002. In: Ruiz, M., Gould, M. and Ramon, J (eds): Proceedings of the International

Conference on Geographic Information Science of the Association of Geographic Information Laboratories in Europe (AGILE). 04.2002. Palma. Spain.

http://agile.isegi.unl.pt/Conference/Mallorca2002/Papers/pdf/dia26/Session_1/s1_Zipf.pdf

ZIPF, A. & SCHILLING, A. (2002): Dynamische Generierung von VR-Stadtmodellen aus 2D- und 3D-Geodaten für Tourenanimationen. In: Geo-Informations-Systeme / GeoBit [15 (6), S. 24-30.

ZIPF, A. & SCHILLING, A. (2003): Dynamic generation of VR city models from heterogeneous geo data. In: Bouville, C. (ed.): Proceedings of: Web3D 2003 Symposium. 8th International Conference on 3D Web Technology. 09-12.03.2003. Saint Malo, France. ACM Press. New York, NY, USA. ISBN:1-58113-644-7

ZIPF, A. & STROBL, J. (Hg.) (2002): Geoinformation Mobil. Heidelberg.

Prof. Dr. Alexander Zipf studierte 1992-1996 Geographie und Mathematik an der Universität Heidelberg , promovierte 2000 über das verteilte raumzeitliche Touristeninformationssystem DEEP MAP GIS. Zwischen 1997 und 2003 arbeitete er als wissenschaftlicher Angestellter am European Media Laboratory (EML), Heidelberg in verschiedenen nationalen und internationalen Forschungsprojekten (Deep Map, CRUMPET; SMARTKOM). Seit 2003 lehrt er als Professor für Angewandte Informatik an der Fachhochschule Mainz im Fachbereich Geoinformatik und Vermessung in den Diplom- und Masterstudiengängen Geoinformatik.