

Virtuelle Realität und GIS im kommunalen Umfeld*

Ralf Bill

Zusammenfassung

In der Kombination von Konzepten der Virtuellen Realität (VR) mit Geo-Informationssystemen liegt ein hohes Anwendungspotenzial speziell im kommunalen Bereich. In diesem Beitrag werden die grundlegenden VR-Konzepte vorgestellt. An Beispielen aus dem Stadtplanungs-, Tourismus- und Wirtschaftsförderungsbereich der Hansestadt Rostock werden Umsetzungen von VR-GIS-Ansätzen dokumentiert, die am Institut für Geodäsie und Geoinformatik entwickelt wurden.

Summary

The combination of Virtual Reality (VR) and spatial information systems offers a high potential for applications especially in municipalities. The following paper introduces the basic concepts of VR. Implementations of VR-GIS-concepts are illustrated showing examples from urban planning, tourism and business promotion developed at the Institute for Geodesy and Geoinformatics at Rostock University.

1 Virtuelle Realität und GIS – Grundlegendes zur Technologie

1.1 Einführung

Der Begriff ›virtuell (engl. virtual)‹ steht in der Datenverarbeitung als Bezeichnung für etwas, was nicht tatsächlich vorhanden ist, sondern durch eine Hilfskonstruktion vorgetäuscht wird. Man findet den Begriff z.B. bei virtuellen Arbeitsspeichern. Größere Bedeutung hat er allerdings im Zusammenhang mit virtuellen Welten erlangt. H.H. Schulze, 1996 beschreibt »virtuelle Welten als ganz junge Technik der Multimediasysteme, bei der bedingt durch die enormen Verbesserungen der Graphikverarbeitung auf dem Bildschirm Räume plastisch und in Bewegtbildern gezeigt werden, in die der Mensch mittels besonderer Hilfsmittel hineingehen und sich dort bewegen kann. Durch einen Datenhelm, den er aufsetzt und der die Bewegungen seines Kopfes mit Hilfe von Sensoren und Effektoren auf das auf dem Bildschirm gezeigte Bild überträgt, kann der Eindruck vermittelt werden, daß die Ansicht auf dem Bildschirm sich entsprechend der Bewegung des Menschen verändert und sich so verhält, als wenn er sich in einem Raum frei bewegen würde. Durch einen Datenhandschuh als Eingabegerät kann man Gegenstände in der virtuellen Welt bewegen.«

Virtual Reality (VR) ist eine Möglichkeit für den Menschen, mit dem Computer zu kommunizieren und komplexe Daten und Zusammenhänge zu visualisieren und zu manipulieren. Der Begriff wurde 1989 von Jaron Lanier eingeführt, um verschiedene Richtungen der 3D-Computergraphik unter einem marktfähigen Label zusammenzufassen. Der intrinsische Widerspruch in dieser Begriffswahl wird durch Kombinationen mit anderen Begriffen (z.B. Cyberspace) teilweise aufgehoben: Virtuell heißt ja eigentlich, dass etwas physikalisch nicht existent ist, während die Realität nachweisbar und überprüfbar ist.

VR beinhaltet, dass dem Benutzer der virtuellen Welt eine Reihe von audio-visuellen und sensorischen Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um mit seiner synthetischen Umgebung zu kommunizieren. Die künstliche Welt kann dabei ein CAD-Modell, eine wissenschaftliche Visualisierung oder eine Datenbank sein. Der Benutzer kann direkt mit der Welt wechselwirken und interaktiv Raumobjekte manipulieren. Die Echtzeitverarbeitung von Benutzeraktivitäten ist ein entscheidendes Kriterium für die Qualität eines VR-Systems. Die VR-Technologie nutzt spezielle Geräte und Verfahren, um den Blickpunkt des Betrachters vollständig in die virtuelle Umgebung zu legen und damit eine bessere räumliche Illusion zu vermitteln. Gängige Benutzerschnittstellen lassen sich in vier Kategorien aufteilen (R. Däßler und H. Palm, 1998):

- Windows on World bzw. Desktop VR (z.B. VRML-Viewer wie Cosmo Player)
- Stereoskopische Sichtsysteme (z.B. Shutterbrillen)
- Immersive Systeme (z.B. Head Mounted Display und Datenhandschuh)
- Telepräsenzsysteme (z.B. Remote Steuerung einer Marsmission)

Im Zusammenhang mit GIS sind bisher eigentlich nur die beiden erstgenannten Benutzerschnittstellen mit den klassischen Bedienelementen wie Maus und Tastatur eingeführt. Die Kopplung der Begriffe ›Virtual Reality‹ und ›GIS‹ findet Niederschlag in der Bezeichnung ›Virtual GIS‹. Virtuelle Welten entstehen hier insbesondere im kommunalen Umfeld. Diese ergeben sich jedoch nur bei ausreichender 2D-, 3D- bzw. 4D-Datenlage und sind dann als virtuelle begeh- und erlebbare Welten zu betrachten. Beschleunigt wird die Entwicklung virtueller GIS insbesondere durch die im Internet/Intranet und im WorldWideWeb verfügbar gemachten Daten und Techniken. Hier entstehen erste technisch machbare Lösungen, oftmals noch im 2D-Umfeld. Die volle Funktionalität virtueller GIS-Welten ist jedoch gegenwärtig noch im Forschungs- und Entwicklungsumfeld zu suchen.

* Nach einem Vortrag gehalten im Rahmen der DVW-Fortbildungsveranstaltung Kommunale Geoinformationssysteme (KOMGIS), 21. Juni, Bonn 2001.

1.2 Basistechnologien in Virtual GIS

Verschiedene Basistechnologien ermöglichen heute die Erstellung virtueller GIS-Welten. Hier sind neben leistungsfähigen Arbeitsplatzrechnern und Netzen insbesondere das Internet und das WorldWideWeb (WWW) zu nennen, die einen GIS-Datenbestand in die Welt exportieren lassen. Durch die Einbeziehung von Plug-ins ins WWW lassen sich derartige Datenbestände auch inspizieren. Hier gewinnt insbesondere VRML (Virtual Reality Modeling Language) an Bedeutung. Gleichzeitig ist das WWW als Hypermediasystem in der Lage, über das Internet beliebige Informationen, also auch Bilder, Sound und Video zu erschließen, sofern die entsprechenden WWW-Browser zur Verfügung stehen, mit denen die Informationsbestände durchsucht werden können. So lassen sich relativ schnell aus GIS-Datenbeständen kombiniert mit multimedialen Daten virtuelle Welten erzeugen, wobei mittels einfacher Hilfsdaten wie z. B. Etagennummern oder Baublockhöhen oftmals aus 2D- bzw. 2.5D-Daten realitätsnahe 3D-Betrachtungen entstehen. Erst die Datenfusion schafft allerdings realitätsnahe Stadtwelten im Rechner (S. Bartel u. a. 1997). Neben VRML kann QuickTime VR als weitere wichtige Basistechnologie bezeichnet werden.

VRML (Virtual Reality Modeling Language) ist ein textbasiertes Dateiformat zur Beschreibung von interaktiven 3D-Objekten und 3D-Welten in Vektorrepräsentation. Dieses ist neben HTML und Java eine der Kerntechnologien im World Wide Web. Version 1.0, eine Entwicklung von Silicon Graphics Incorporated, ist für den Einsatz im World Wide Web auf der Basis des OpenInventor-Dateiformats konzipiert und für derartige Aufgaben dort defacto Standard. Die zweite Version VRML 2.0, eine ISO-Norm, stellt eine wesentliche Erweiterung auf den Gebieten Animation und Interaktion dar. So lassen sich damit die Positionen von Objekten modifizieren und bewegen. VRML-Welten können mit Internetbrowsern betrachtet bzw. besser noch *erlebt* werden. Hierzu sind VRML-Plug-ins notwendig, die aber für jeden Browser verfügbar sind. Ein frühes Beispiel eines solchen Viewers ist Cosmo Player, eine Entwicklung von Silicon Graphics, die als VRML-Plug-in lauffähig auf Rechnern unter Windows 95, Windows NT und Unix ist und verschiedenste Funktionalitäten (interaktive Begehung, Beleuchtungsmodelle, Kollisionsentdeckung usw.) bietet. Die Anbindung der Programmiersprache Java liefert die Basis für Interaktionsmöglichkeiten, z. B. für das interaktive Einfügen von neuen Objekten in eine VRML-Szene. VRML findet Anwendung im CAD-Bereich, in der wissenschaftlichen Visualisierung, in der Erkundung großer Datenbestände und als Mensch-Maschine-Interface. Mit VRML bieten sich neue Interaktionsmöglichkeiten an, weg vom klassischen WIMP-Angebot (Windows, Icons, Mouse und Pop up Menu) hin zu wirklichen VR-Werkzeugen und VR-Benutzungseinheiten wie Datenhelm, Tracker etc. Damit werden Navigations- und Interaktionsmöglichkei-

ten in Datenbeständen eröffnet anstelle der bisherigen statischen Abfragen. Das Eintauchen in die virtuelle Welt vom Groben ins Feine wird zukünftig durch immersive Systeme möglich sein.

Eine weitere Form verwendbarer virtueller Modelle sind QuickTime animierte 360°-Szenarien real existierender bzw. konstruierter urbaner Umfelder. QuickTime VR ist eine Plug-In Software von »Apple Computer, Inc.«, mit der man auf relativ einfache Art und Weise animierte Szenen bestehender, fotografisch aufgenommener oder computergenerierter Umgebungen betrachten kann. Neben Apple sind auch andere Anbieter am Markt. Die Nutzung dieser Systemkomponente setzt i. d. R. ein umfangreiches Bildmaterial vom Gelände voraus. Die Herstellung der notwendigen Panoramabilder kann entweder durch das Zusammenfügen von Einzelbildern oder durch automatisch hergestellte Gesamtbilder erfolgen. Die in Form eines Rundumblickes aufgenommenen Bilder werden mit einem beliebigen Stitch-Tool (QuickTimeVR, SpinPanorama, PhotoVista, etc) zu einem Panorama weiterverarbeitet. Die entstandenen Panoramen werden mittels eines Autorensystems (z. B. QuickTime-Virtual Reality-Studio oder LivePicture-RealityStudio) in Movie-Formate gewandelt (*.mov oder *.ivr) und mit Informationen, Links, sensitiven Flächen, 3D-Modellen und anderen Medien komplettiert. Der Betrachter kann einen vollen 360°-Schwenk machen, innerhalb der Szenen die Blickwinkel verändern sowie durch Zoomfunktionen Details näher untersuchen. Die Basis dieser animierten Szenen stellen im Vergleich zum VMRL-Format Rastergrafiken im JPEG-Format dar, wodurch kein Objektbezug geschaffen werden kann. Durch das Einfügen von Hyperlinks in die einzelnen Szenen kann man aber interaktive Verbindungen zu anderen animierten Panoramen erzeugen.

1.3 Ein Überblick zu Virtual Reality-GIS-Anwendungen

Ende 1997/Anfang 1998 fand am University College of London, Center for Advanced Spatial Analysis CASA, eine intensive Recherche zu Aktivitäten im Umfeld von Virtual Reality und Geoinformation (Vi.R:G.In) statt, die im Internet publiziert ist (<http://www.casa.ucl.ac.uk/>). Die damaligen und auch zukünftigen Anwendungsbereiche lassen sich grob wie folgt unterteilen:

- Stadtplanung: I. d. R. werden großmaßstäbliche Stadtlandschaften aufgebaut, die für Planungszwecke genutzt werden und in denen Planungsalternativen sichtbar werden. Auch kooperative Planungsumgebungen werden hier untersucht. Hauptaugenmerk liegt auf dem visuellen Zugriff alternativer Planungsschemen und den Kooperationsformen von Planungsgruppen.
- Umwelt: Die Visualisierung komplexer Phänomene wie Schadstoffverteilungen und Einflussfaktoren auf die Umwelt steht im Vordergrund.

- **Wissenschaftliche Visualisierung:** Untersucht wird das Potential multidimensionaler Repräsentationen in unterschiedlichsten Wissenschaftsbereichen. Im Zusammenhang mit GIS sind insbesondere raumbezogene und kartographische Darstellungsformen von Interesse. Neue Visualisierungsformen sollen zum Verstehen abstrakter Zusammenhänge in Daten beitragen.
- **Militär:** Simulationen, speziell Flugsimulationen, militärischer Einsatzgebiete sind hier gefragt, um Manöver am Rechner zu planen und zu trainieren. Militärationen sollen so vorausplanbar sein und das Risiko des Scheiterns solcher Situationen verringert werden.
- **Archäologie:** Vergangene Landschaften und Strukturen sollen hier wieder entstehen und erlebbar gemacht werden, um so z.B. bestimmte Arbeitshypothesen zu verifizieren.
- **Aus- und Weiterbildung:** Bisher wenige Anwendungen beziehen Virtual Reality mit in die Ausbildung ein.
- **GIS-Kernentwicklung:** Hierbei geht es um die Untersuchung und engere Verbindung der VR-Technologien mit der GIS-Entwicklung.

In allen Anwendungen findet sich die Suche nach neuen Benutzerschnittstellen und Kommunikationsformen. Dies ist auch in der derzeitigen Systemarchitektur begründet, die im Wesentlichen in einer losen Kopplung zwischen GIS und Virtual Reality unter Nutzung von VRML als Schnittstelle besteht. Somit soll das Standardinterface des GIS um dreidimensionale Interaktionsmöglichkeiten erweitert werden. Über den Stand der Entwicklungen sowie die Anwendungsfelder berichten auch A. Camara und J. Raper, 1998 sowie R. Bill (1998).

2 Beispiele zu Virtual Reality in der Hansestadt Rostock

2.1 Stadtinformationssysteme in drei Dimensionen

Virtuelle Welten sind größtenteils Abbilder der uns umgebenden Realität. In einem Gemeinschaftsprojekt der Universitäten Stuttgart und Rostock ist z.B. ein virtueller Stadtausschnitt von Rostock entstanden, in dem ne-

ben dem Realbestand auch Planungsszenarien integriert sind (S. Bartel u. a., 1997, siehe auch <http://www.agr.uni-rostock.de/gg>). Die Entwicklungsarbeiten fanden auf der Basis von OpenInventor als Graphiksystem und Postgres als Datenbanksystem statt. Das neue Werkzeug soll sowohl dem Benutzer möglichst umfassende Informationen bereitstellen als auch den städtebaulichen Entwurfsprozess unterstützen. Durch eine Auswahl der wesentlichen Aspekte soll mittels 3D-VR-GIS ein Eindruck der angestrebten Realität und ihrer Darstellung sowie Beurteilung ermöglicht werden, ähnlich wie beim Skizzieren mit Hand. Die schnell verfügbare und steuerbare visuelle Information soll in Verbindung mit den quantitativen Fragestellungen den Prozess der Analyse und Bewertung unterstützen und damit den Planungsprozess verbessern. Unterschiedliche Szenarien/Planungen sollten in diesem Tool besser verglichen und bewertet werden können. Das System berücksichtigt unterschiedliche Levels-of-detail (LOD) vom Bauklötzchen über grobe 3D-Modelle mit Textur bis hin zu vollständigen objektorientierten 3D-Vektormodellen hoher Genauigkeit und Detailtreue.

2.2 Stadtplanung und VR-GIS

Städtebauliches Planen übernimmt die schwierige aber auch herausfordernde Verantwortung, die Bewohner der Stadt bei der Gestaltung ihres Lebensraumes zu unterstützen. Planungen in Architektur und Städtebau sind zunehmend öffentlicher Diskussion ausgesetzt. Dabei werden bisherige Darstellungs-, vor allem aber Kommunikationsformen durch Möglichkeiten neuer Medien ergänzt, teilweise sogar abgelöst. Es wächst die Erkenntnis, dass durch den Einsatz neuartiger Methoden und Techniken die Möglichkeiten der Architektur und des Städtebaus insgesamt erweitert werden.

Das Darstellen und Aufzeigen aller im Planungsprozess entstandenen Ergebnisse ist die Schnittstelle zwischen den Nutzern der Stadt und den Stadtplanern. Diese Visualisierungen werden immer noch durch die klassischen Hilfsmittel, wie z.B. ausführliche Pläne, komplexe Karten und Modelle in Verbindung mit textlichen Erörterungen umgesetzt. Um jedoch die Aussagen von Plänen und Karten zu erfassen, muss man in der Lage sein, die



Abb. 1: 3D-Stadtausschnitt von Rostock

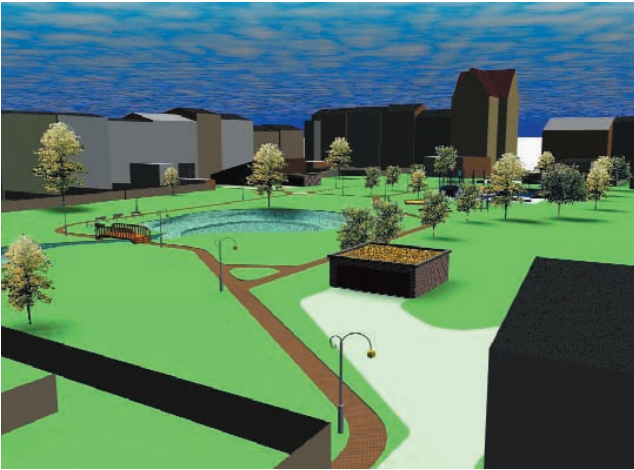


Abb. 2: Grünoase versus Hinterhofbebauung

abstrahierten zweidimensionalen Elemente in ihren Bedeutungen interpretieren zu können. Bei ungeübten Betrachtern solcher Pläne kann diese Fähigkeit nicht vorausgesetzt werden, wodurch die Kommunikation zwischen Planern, Betroffenen und Entscheidungsträgern oft stark gestört wird. Da man davon ausgehen muss, dass ein großer Teil der Beteiligten, angefangen von Stadträten bis zu den Bewohnern der Stadt, zu den »ungeübten« Betrachtern zu zählen ist, müssen Hilfsmittel bereitgestellt werden, die eine Verständigung aller Beteiligten ermöglicht. Zwar sind die Tuschezeichnungen zweidimensionaler Pläne in der Praxis schon häufig durch CAD-Planausgaben ersetzt worden, Architekturmodelle bestehen aber immer noch vornehmlich aus Gips, Pappe oder Holz, um die dritte Dimension darzustellen. Da die Sprache eines Modells auch von Außenstehenden verstanden wird, ist es ein wichtiger Bestandteil der Gestaltfindung. Es ist aber auch festzustellen, dass selbst die physischen Architekturmodelle hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit im Raum Defizite aufweisen, die nur durch das computergraphisch hergestellte 3D-Modell behoben werden, da es bezüglich der wählbaren Ansichten und Maßstäbe keinerlei Beschränkungen gibt.

Der Bereich eines baulich verfallenen Hinterhofareals der Rostocker Innenstadt wurde auf der Basis des vorangehend beschriebenen 3D-Stadtinformationssystems neu geplant und mittels verschiedenster VR-Techniken visualisiert. Um die Nutzung digitaler städtebaulicher 3D-Modelle für die Entscheidungsfindung verdeutlichen zu können, wurden vier sich stark voneinander unterscheidende Lösungskonzepte gewählt. Teilweise verfolgen die Konzepte dabei gleichartige Zielstellungen, die besonders gekennzeichnet sind durch die Schaffung von Stellflächen für den ruhenden Verkehr und die Anlage von Freiflächen zur Nutzung durch die Bewohner des Stadtviertels. Die Art der Überplanung ist hingegen betont unterschiedlich, und zwar hauptsächlich hinsichtlich Volumengröße, Flächenversiegelung und Gebäudehöhen. Das Eingliedern architektonischer Detaillösungen wurde nur ansatzweise an Stellen vorgenommen, an denen es für die Veranschaulichung der Entwurfs- bzw. Planungs-

ideen notwendig war. Für die Erfassung der Ausgangssituation wurden neben üblichen fotografischen Auswertungen, Begehungen, zweidimensionalen Karten und 3D-GIS-Daten vor allem Informationen zu Gebäudehöhen und Dachformen genutzt. Die Modelle der Planungsalternativen wurden durchgängig mit dem 3D-Modellierer »form*Z« entwickelt und im Anschluß ins VRML-Format konvertiert.

Bisher ist der Einsatz von VR-Technologien für eine bessere Entscheidungsfindung im städtebaulichen Planungsprozess nur im Zusammenhang mit Visualisierungsaspekten der Stadtgestalt und der baulichen Form genannt worden. Die Bewertung von Umweltsituationen und die Einschätzung baulicher Veränderungen in Hinblick auf diese, ist aber ebenfalls von enormer Bedeutung. Städtebauliche Planung kann nur nachhaltig sein, wenn ökologische Belange bereits von Anfang an bei der Planung und Formfindung berücksichtigt werden. Das Vorhandensein eines 3D-Stadtmodells ermöglicht es, Untersuchungen hinsichtlich der Ausbreitung von Lärm oder Luftschadstoffen resp. der Beleuchtungssituation durchzuführen und zu visualisieren. Vorstellbar ist dies im Rahmen der virtuellen Realität sehr gut: Schadstoffwolken könnten sich in den Hinterhöfen und Straßenzügen ausbreiten oder beim Durchwandern der VRML-Modelle wird der tatsächliche Lärm über Lautsprecher oder Kopfhörer eingespielt.

2.3 Multimediale urbane Informationssysteme im Internet

Immer mehr Kommunen versprechen sich durch die Internet-Präsenz Vorteile im wirtschaftlichen Standortwettbewerb. Städte und Gemeinden versuchen mehr oder minder erfolgreich das Internet als neues Informations- und Kommunikationsmedium zu nutzen. Der erfolgreiche Auftritt einer Kommune im Internet wird maßgeblich durch das Informationsangebot, durch neue Kommunikationsformen sowie durch die bereitgestellten Interaktionsmöglichkeiten bestimmt. Kriterien für den Erfolg

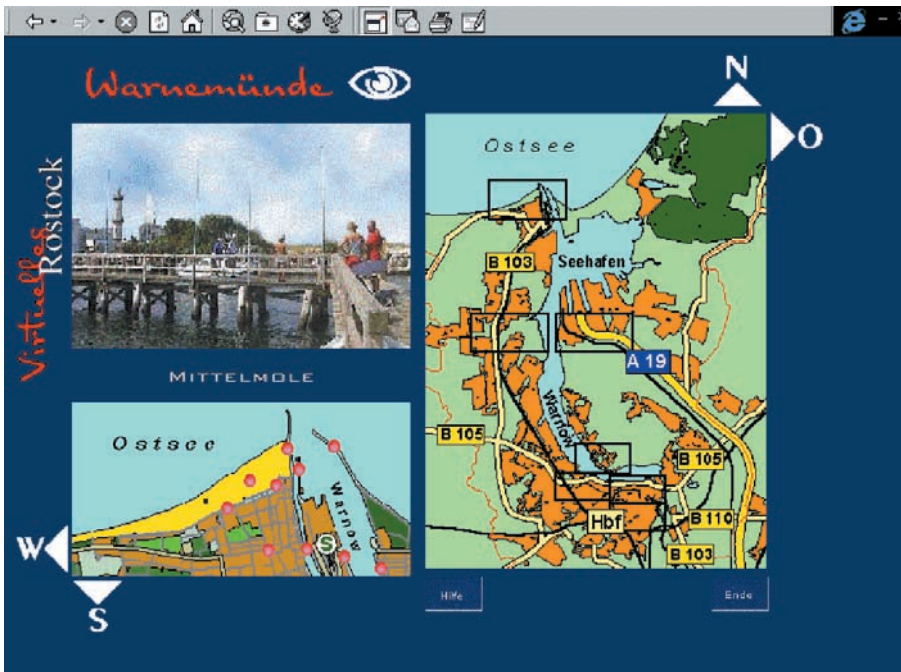


Abb. 3: Internetseite des Tourismusinformati-
onsystems der Hansestadt Rostock

von kommunalen Informationen im WorldWideWeb werden zunehmend der Einsatz unterschiedlicher Medien (Multimedia) und die Integration von Geo-Informationssystemen sein. Am Institut für Geodäsie und Geoinformatik an der Universität Rostock werden speziell diese neuen Techniken und Konzepte und deren Integration in kommunalen Internetpräsentationen untersucht. Hierbei kommen insbesondere Panoramazenen mittels Quicktime Virtual Reality (QTVR) zur Anwendung.

Abbildung 3 zeigt eine Internetseite des Tourismusinformati-
onsystems der Hansestadt Rostock. Rechts sieht man einen interaktiven Stadtplanausschnitt, abgeleitet aus dem ATKIS-Datenbestand. Unten links ist nach Auswahl im linken Fenster ein Detailausschnitt des Stadtplanes zu sehen, auf dem verlinkt Rundumblicke zu starten sind. Diese werden dann dem Nutzer zur Interaktion im Fenster oben links dargeboten. Innerhalb der Rundumblicke sind sowohl interne Verlinkungen zu weiteren Rundumblicken als auch externe Hyperlinks zu touristisch interessanten Informationsangeboten im Internet (Hotels, Fährlinien etc.) eingebaut. Ein analog aufgebautes System wurde auch für den Bereich Wirtschaftsförderung zur Standortvermarktung (R. Bill, 2000) entwickelt und ist inzwischen Bestandteil der normalen Internetpräsentation der Hansestadt Rostock.

3 Ausblick

Virtual GIS bietet interessante Ansätze zur Visualisierung und zur Erlebbarkeit von Ausschnitten der realen Welt. Ein Ziel von Virtual GIS-Aktivitäten könnte es zukünftig sein, in einem virtuellen Modell der realen Welt schneller navigieren zu können, eine Region, einen Zeitausschnitt oder eine Thematik auszuwählen und unmittelbar einen

3D-Eindruck vermittelt zu erhalten. In einer anschließend verfeinerten Spezifizierung (Raum, Zeit oder Thema) soll eine echtzeitfähige 3D-Interaktion und 3D-Visualisierung in Verbindung mit Zugriffen auf die Geodatenbasis möglich sein. Zum Einsatz kommen hier neue Formen der Benutzungsoberflächen und Bedieneinheiten. Dies setzt allerdings leistungsfähige Graphikhardware, moderne Bedienkomponenten, Kopplung verschiedenartiger Softwarekomponenten und die Verfügbarkeit von 3D-Daten voraus. Eine wirklichkeitsgetreue Nachbildung der realen Welt setzt zudem auch auditive Daten voraus, die bisher eher randlich betrachtet wurden. Interessante Optionen sind auch im Bereich der Augmented Reality zu erwarten, einer Erweiterung der Virtual Reality-Konzepte, bei der dem Nutzer kontextabhängig Informationen in sein Sichtfeld eingeblendet werden. Zudem sind im Umfeld der location-based-Services VR-Techniken gut denkbar.

Literatur

- Bartel, S., Bill, R., Boytscheff, C., Königer, A.: Datenfusion zur Erstellung realitätsnaher 3D-Geo-Informationssysteme für städtebauliche Planungen. Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung. Seite 129–137, 1997.
- Bill, R. [Ed.]: Virtual GIS. Interner Bericht des Instituts für Geodäsie und Geoinformatik. Heft 8. Universität Rostock. 130 Seiten, 1998.
- Bill, R.: Standortsuche im Internet – Gewerbeflächenvermarktung im Internet. GeoBIT Heft 2, Seite 17–19, 2000.
- Camara, A., Raper, J.: Spatial Multimedia and Virtual Reality. Taylor and Francis London, 1998.
- Däbler, R., Palm, H.: Virtuelle Informationsräume mit VRML. dpunkt.verlag, Heidelberg. 311 Seiten, 1998.
- Schulze, H.H.: PC-Lexikon. rororo Computer. Rowohlt Verlag. Reinbek. 797 Seiten, 1996.

Anschrift des Autors

Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill
 Universität Rostock, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz
 Justus-von-Liebig-Weg 6, D-18059 Rostock
 Email ralf.bill@agrarfak.uni-rostock.de
 http://www.agr.uni-rostock.de/gg