

## **Interoperable 3D-Visualisierung („3D Web Map Server“)**

Thomas H. Kolbe

Institut für Kartographie und Geoinformation  
Universität Bonn  
Meckenheimer Allee 172  
53115 Bonn  
kolbe@ikg.uni-bonn.de

### **Zusammenfassung**

Zur gemeinsamen und integrierten Visualisierung verschiedener 3D-Stadt- und Regionalmodelle müssen diese geeignet zusammengeführt werden. Für 3D-Visualisierungen bedeutet dies bislang, dass alle Daten vor der Visualisierung in einem System vereint werden müssen, was allerdings aus technischen sowie lizenz- und datenschutzrechtlichen Gründen oftmals nicht möglich ist. Der Beitrag stellt einen neuen 3D-Visualisierungsdienst vor, der in analoger Weise zu dem bekannten Web Map Service des OpenGIS Consortiums eine interoperable 3D-Visualisierung ermöglicht. Das Konzept wurde im Pilot 3D der Initiative Geodateninfrastruktur Nordrhein-Westfalen (GDI NRW) in drei Verbundprojekten realisiert, deren Ergebnisse und Erfahrungen schließlich präsentiert werden.

### **1 Einleitung**

Viele Städte, Kommunen und Anbieter von Geodaten betreiben derzeit den Aufbau virtueller 3D-Stadt- und Regionalmodelle. Obwohl bereits z.T. umfangreiche Datenbestände existieren und sich eine Entwicklung hin zu 3D-Geobasisdaten erkennen lässt, läuft die Vermarktung und der Verkauf von 3D-Stadtmodellen eher schleppend. Dies liegt nicht zuletzt daran, dass 3D-Stadtmodelle erst in einem konkretem Anwendungskontext einen Mehrwert entfalten und sich nur dann die Investition in ihre Beschaffung und Verarbeitung lohnt. Solche Mehrwerte ergeben sich für Nutzer typischerweise dort, wo Geobasisdaten einen benötigten Raumbezug für anwendungsspezifische Informationen herstellen oder vermitteln.

Die Integration von 3D-Geodaten in die entsprechenden (Anwendungs-)Systeme gestaltet sich bisher jedoch schwierig, da heutige 3D-Stadtmodelle oftmals geschlossene Einzellösungen mit stark begrenzter geographischer Ausdehnung darstellen. Der verbreitete Einsatz von 3D-Modellen sowie der Einzug in neue Anwendungsfelder wie z.B. der Telematik oder dem Immobilienmanagement – für die 3D-Modelle sinnvolle Instrumente zur Analyse, Planung und Visualisierung darstellen – wird maßgeblich dadurch gehemmt, dass Daten unterschiedlicher Anbieter und Systeme nicht interoperabel sind. Nutzer von 3D-Geodaten müssen sich in jedem Projekt mit verschiedenen Modellierungen und Datenformaten auseinandersetzen. Die Entwicklung von Mehrwertdiensten auf Basis von 3D-Stadtmodellen kommt nicht in Gang, weil Anbieter solcher Dienste und Systemhersteller sich nicht auf ein standardisiertes Modell und Datenformat stützen und verlassen können.

Viele Anwendungsszenarien für 3D-Stadtmodelle aus den Bereichen der Stadtplanung, des Tourismus, des Stadt- und Regionenmarketings, der Wirtschaftsförderung, des Katastrophenmana-

gements und der Telematik erfordern zudem die integrierte Verarbeitung und Visualisierung von 3D-Geodaten unterschiedlicher Quellen. Dazu müssen bis dato die Daten in einem System zusammengeführt werden. Die Anforderungen an ein solches System sind dabei enorm: das System muss zum einen die den Quelldaten zugrunde liegenden Modelle abbilden können und Importfilter für die entsprechenden Dateiformate besitzen. Zum anderen muss das System auch in der Lage sein, die Datenmenge des gesamten Projektes zu verwalten. Zu den technischen Problemen kommen noch lizenz- und datenschutzrechtliche Aspekte hinzu. Wenn beispielsweise für ein touristisches Internet-Regionalportal eine kommunenübergreifende 3D-Visualisierung realisiert werden soll, müssten die beteiligten Kommunen dem Portalbetreiber ihre 3D-Geobasisdaten bzw. den Zugriff darauf zur Verfügung stellen. Es ist fraglich, ob entsprechende Genehmigungen erteilt werden dürfen (und es tatsächlich auch würden).

Nun lässt sich die Interoperabilität von Geoinformationssystemen aber nicht nur auf der Ebene der Geodaten erreichen. Das OpenGIS Consortium (OGC) hat mit der Entwicklung des Web Map Services (WMS) vorgemacht, wie Interoperabilität auch auf der Ebene der Visualisierung erreicht werden kann. Die WMS-Spezifikation definiert einen Dienst für die standardisierte Anforderung von Karten über das Internet (Beaujardièrre 2002). Für die Integration von Karten unterschiedlicher Quellen müssen nicht die Geodaten der betreffenden Systeme zueinander kompatibel sein, sondern nur ihre grafischen Darstellungen, was die Anforderungen an Daten und Systeme deutlich senkt. Anwendungsspezifische Karten entstehen durch die einfache Überlagerung partiell transparenter 2D-Rasterbilder, die die Basiskarten und themenbezogenen Karten darstellen.

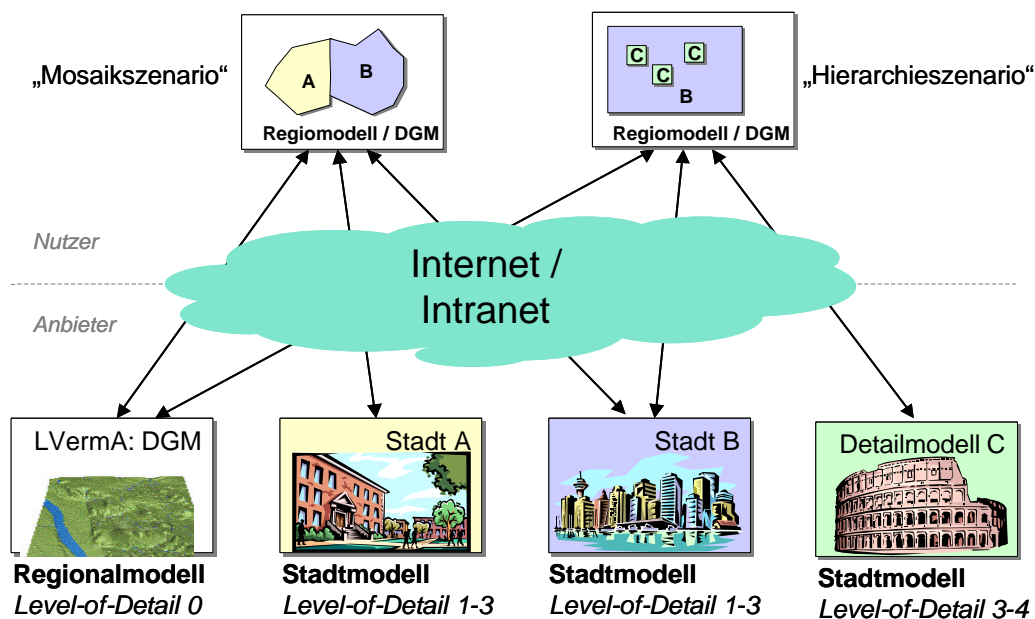
Für viele Anwendungen von 3D-Stadtmodellen, darunter auch das oben erwähnte Regionalportal, würde ebenfalls das Erreichen von Interoperabilität auf der Ebene der 3D-Visualisierung genügen (vgl. Altmaier & Kolbe 2003, Kolbe 2004a). Neben den klassischen Anwendungsfeldern wie z.B. der Bau- und Stadtplanung sind 3D-Visualisierungen auch für die neuen Bereiche der Fahrzeugnavigation (Kawasaki et al. 2001) und der Fußgängernavigation (Rakkolainen & Vainio 2001, Kulju & Kaasinen 2002, Suomela et al. 2003) ausreichend. Darüberhinaus werden grafische 3D-Modelle mittlerweile auch zur Positionsbestimmung in Stadtgebieten (siehe Haala & Böhm 2003, Mai et al. 2004) und als Grundlage für die Berechnung der Sichtbarkeit von Gebäuden und Objekten in Outdoor Augmented Reality Systemen verwendet (vgl. Piekarski & Thomas 2002, Reitmayer & Schmalstieg 2003). Die genannten Anwendungen würden von interoperablen 3D-Visualisierungen profitieren, weil sie die benötigten 3D-Daten gebiets-, anbieter- und systemübergreifend beziehen könnten.

Da der Web Map Service auf die Darstellung zweidimensionaler Karten beschränkt ist, wurde in der Special-Interest-Group 3D (SIG 3D) der Initiative Geodateninfrastruktur Nordrhein-Westfalen (GDI NRW 2003) ein neuer Dienst zur interoperablen 3D-Geovisualisierung entwickelt. Ziel der seit 1999 bestehenden Initiative ist die Verbesserung der Verfügbarkeit, Nutzung und des Vertriebs von Geoinformationen durch konsequente Anwendung von Standards der ISO, des OGC und der GDI NRW. In der SIG 3D arbeiten derzeit über 60 Teilnehmer aus den öffentlichen Verwaltungen, der Wissenschaft und der Wirtschaft an der Spezifikation von Standards für 3D-Stadt- und Regionalmodelle und ihrer Visualisierung (Kolbe 2003).

Bevor in Abschnitt 3 der neu spezifizierte Web 3D Service (W3DS) vorgestellt wird, wird in Abschnitt 2 zunächst auf die Hintergründe sowie die Möglichkeiten bestehender OGC-Dienste zur interoperablen 3D-Visualisierung über das Internet eingegangen. In Abschnitt 4 werden dann die Erfahrungen aus dem „Pilot 3D“ der GDI NRW beschrieben, in dem in mehreren Public-Private-Partnership-Projekten der W3DS konkret umgesetzt wurde. Abschnitt 5 schließt den Aufsatz mit einer Zusammenfassung und dem Ausblick auf künftige Aufgaben ab.

## 2 Dienstbasierte Visualisierung raumbezogener Informationen

Der Nutzen interoperabler 3D-Visualisierung wird besonders bei der Integration von Modellen unterschiedlicher Quellen deutlich. Hier können prinzipiell zwei Szenarien unterschieden werden: Im „Mosaikszenario“ werden Geodaten unterschiedlicher geographischer Gebiete beim Nutzer zu einem großräumigen 3D-Stadt- oder Regionalmodell integriert. Das können z.B. die 3D-Stadtmodelle benachbarter Kommunen sein, die gemeinsam in ein flächendeckendes Digitales Geländemodell (DGM) eingebettet werden. Im „Hierarchieszzenario“ werden Geodaten unterschiedlicher Auflösung (Level-of-Detail, vgl. Coors & Flick 1998 und Gröger et al. 2004) kombiniert. Das könnte beispielsweise die Einbettung hochdetaillierter Einzelgebäude oder –objekte in ein Stadtmodell sein. Abbildung 1 veranschaulicht die beiden Szenarien, wobei in bestimmten Anwendungen durchaus Mischformen beider Ansätze sinnvoll sein können. Bei einer Integration auf der Visualisierungsebene würden dabei nicht die Geobasisdaten der verschiedenen Anbieter sondern nur ihre grafischen Visualisierungen beim Nutzer zusammengeführt. Der Nutzer erhält demnach keinen direkten Zugriff auf die Basisdaten, was die datenschutz- und lizenzrechtlichen Probleme deutlich verringert.



**Abbildung 1:** Das Mosaikszenario und das Hierarchieszzenario stellen typische Situationen bei der Integration von 3D-Modellen unterschiedlicher Datenquellen dar.

Der Ansatz, den das OpenGIS Consortium zur Realisierung der interoperablen Geovisualisierung verfolgt, basiert auf der Dekomposition des Visualisierungsprozesses in eine mehrstufige sogenannte „Visualisierungspipeline“ (Doyle & Cuthbert 1998). Dabei durchlaufen die Geodaten vom Datenspeicher bis zur Präsentation auf einem Anzeigegerät vier Schritte (vgl. Abb. 2). Im ersten Schritt werden die darzustellenden Geoobjekte einer Datenquelle ausgewählt. Im zweiten Schritt werden aus den selektierten Geodaten unter Berücksichtigung von Darstellungs- und Signaturierungsvorschriften grafische Elemente erzeugt. Diese werden in einem dritten Schritt zu einem zweidimensionalen Bild instanziiert. Im vierten Schritt wird das generierte Bild schließlich auf einem geeigneten Anzeigegerät präsentiert.

Die Zerlegung des Visualisierungsprozesses erlaubt es nun, Daten unterschiedlicher Herkunft zum Zwecke der gemeinsamen Visualisierung auf verschiedenen Ebenen zusammenzuführen. Abbildung 2 verdeutlicht dies, wobei nach dem Selektionsschritt die Daten der Pfade A und B zur gemeinsamen Generierung der grafischen Primitive zusammenfließen. Nach diesem zweiten Schritt kommen zu den grafischen Primitive von A+B noch die des Pfades C hinzu, bevor ein gemeinsames (Karten-)Bild berechnet wird. Zum Zeitpunkt der Präsentation werden schließlich die Kartenbilder von Pfad A-C und Pfad D kombiniert.

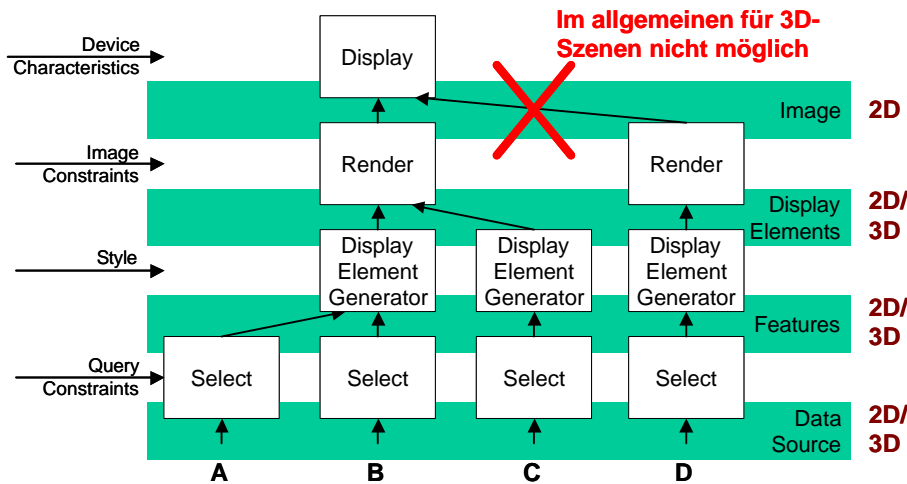


Abbildung 2: Die Komponentenstruktur der Visualisierungspipeline ermöglicht die Integration von Daten verschiedener Herkunft auf unterschiedlichen Ebenen zur Gewinnung einer gemeinsamen Darstellung (Doyle & Cuthbert 1998). Bis auf die Bildebene können die Objekte zwei- oder dreidimensional ausgeprägt sein.

Die einzelnen Teilschritte müssen nicht zwangsläufig innerhalb eines Systems ablaufen, sondern können auch auf verschiedene Rechner verteilt sein. Vom OGC wurden dazu unterschiedliche Web Services spezifiziert, die den Zugriff auf die Einzelprozesse über standardisierte Schnittstellen erlauben. Web Services sind autonome Server im Internet mit Web-Schnittstellen, die eine direkte Nutzung der Funktionalität komplexer Softwarekomponenten über das WWW ermöglichen (vgl. Bettag 2001). Im Unterschied zu Webservern sind Web Services ausschließlich zur Kommunikation zwischen Anwendungen gedacht und bieten dementsprechend keine graphische Benutzeroberfläche; die Kommunikation erfolgt stattdessen typischerweise über XML-basierte Datenformate. Weitere charakteristische Eigenschaften von Web Services sind die Fähigkeit der Selbstbeschreibung, Kapselung des Systems, lose Kopplung, Ortstransparenz und die Möglichkeit der Komposition mehrerer Web Services zu einem Netz.

In Abhängigkeit der Prozessebene werden die für die Visualisierung relevanten OGC-Dienste in Datendienste (data services) und Visualisierungsdienste (portrayal services) unterschieden. Datendienste wie der Web Feature Service (WFS) und der Web Coverage Service (WCS) ermöglichen den selektiven Zugriff auf Vektor- bzw. Rastergeodaten und realisieren damit die Funktionalität der untersten Ebene. Der Web Map Service (WMS) produziert 2D-Kartenbilder und reicht damit bis zur zweithöchsten Ebene. Wenn er seine Daten aus einem WFS oder WCS bezieht, deckt er insgesamt die Ebenen 2 und 3 ab. In vielen kommerziellen GIS bildet der WMS allerdings die einzige interoperable Schnittstelle und realisiert damit die untersten drei Ebenen. Die Zusammenführung von Darstellungen unterschiedlicher WMS erfolgt auf der obersten Ebene

durch die Überlagerung der einzelnen 2D-Rasterbilder in der Client-Anwendung des Nutzers, wobei obenliegende Kartenbilder dazu transparente Bereiche aufweisen müssen.

Während für die interoperable Visualisierung zweidimensionaler Geodaten mit dem Web Map Service bereits seit längerem ein verabschiedeter Standard vorliegt, steht der 3D-Bereich noch am Anfang. Im OGC wird seit mehreren Jahren der Entwurf des sogenannten Web Terrain Services (WTS) diskutiert, wobei die Bemühungen zur Verabschiedung derzeit forciert werden. Der WTS stellt im Prinzip eine Erweiterung des WMS dar, der die Darstellung von Karten aus verschiedenen Blickwinkeln erlaubt. Es werden also nicht wie beim WMS nur Betrachtungen von oben, sondern auch Schrägansichten ermöglicht. Die Szenenperspektive wird durch einen 3D-Zielpunkt sowie die Entfernung, den Azimuth und den Neigungswinkel der Kamera definiert. Es können auch 3D-Objekte berücksichtigt werden, Digitale Geländemodelle herangezogen und Karten oder Orthophotos darüber gelegt dargestellt werden (siehe Lieberman & Sonnet 2001). Mit dem Open-Source-Programmpaket Deegree steht mittlerweile eine kostenlose WTS-Implementierung zur Verfügung (Deegree 2003).

Obwohl der WTS in vielen Aspekten analog zum WMS konzipiert ist, weist er ein grundsätzliches Problem auf: Ebenso wie der WMS generiert der WTS mit den Szenenprojektionen nur 2D-Rasterbilder. Jedoch lassen sich die perspektivischen Ansichten verschiedener WTS im Gegensatz zu einzelnen Karten-Layern verschiedener WMS nicht einfach durch Überlagerung kombinieren. In den Bildern verschiedener WTS können 3D-Objekte abgebildet sein, die sich in unterschiedlichen Entfernungen zum Betrachterstandpunkt befinden. So kann das obenliegende Bild Objekte zeigen, die eigentlich weiter weg stehen und durch näherstehende Objekte der unteren Bilder des Stapels verdeckt sein müssten. Da die oberste Ebene der Visualisierungspipeline nur 2D-Bilder vorsieht, kann sie demnach nicht für die Integration von Darstellungen unterschiedlicher 3D-Visualisierungsdienste verwendet werden (vgl. Abb. 2). Im Unterschied zum WMS können Nutzer in der Regel also nicht die Ausgaben mehrerer WTS kombinieren. Ein weiterer Nachteil des WTS besteht darin, dass die generierten Ansichten zwar auf einfache Weise in Webbrowsern oder anderen Clients dargestellt werden können, aber leider nicht interaktiv betrachtet oder darin navigiert werden kann. Dies ist aber gerade ein wichtiger Vorteil von 3D-Darstellungen.

### 3 Der Web 3D Service

Um einen 3D-Visualisierungsdienst zu realisieren, dessen Darstellungen sich noch beim Nutzer integrieren lassen, müssen demnach dreidimensionale grafische Elemente produziert werden, die

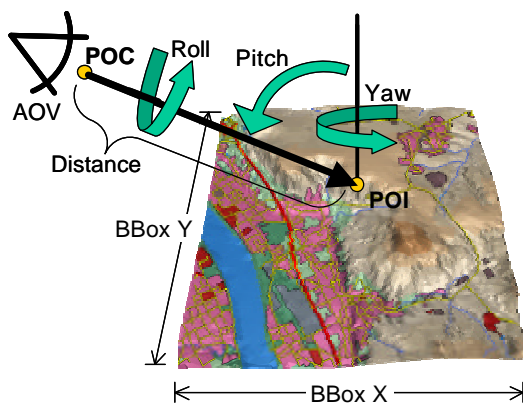


Abbildung 3: Festlegung des darzustellenden Gebiets und der Kameraperspektive im W3DS

beim Nutzer nicht mehr auf oberster sondern zweithöchster Ebene der Visualisierungspipeline zusammengeführt werden. Die Erzeugung der bildhaften Darstellung („Rendering“) geschieht dabei in einem 3D-Betrachtungsprogramm auf der Seite des Nutzers (vgl. Abb. 2).

In der SIG 3D der GDI NRW wurde deshalb mit dem Web 3D Service (W3DS) ein neuer 3D-Visualisierungsdienst geschaffen, der als Ausgabemedium nicht 2D-Bilder sondern 3D-Szenengraphen liefert. Als obligatorisches Ausgabeformat wird VRML97 vorgeschrieben; X3D, GeoVRML (siehe Reddy et al. 2000) und weitere 3D-Grafikformate können von

W3DS-Implementierungen fakultativ unterstützt werden. Obwohl das VRML-Format schon ein paar Jahre älter ist und durchaus auch Nachteile besitzt, gibt es eine Reihe starker Argumente für seine Verwendung:

1. VRML97 ist ein verabschiedeter ISO-Standard (VRML97 1997).
2. VRML wurde bereits erfolgreich in zahlreichen Anwendungen von 3D-Stadtmodellen eingesetzt (siehe Dykes et al. 1999, Gaiani et al. 2002, Zipf & Schilling 2003). Darüberhinaus wird es auch als Visualisierungs- und Interaktionssprache für Web 3D-GIS verwendet (siehe Coors & Flick 1998, Zlatanova 1999).
3. Es existieren diverse, zumeist kostenlose Darstellungsprogramme (VRML-Browser), die sich häufig in Form von „Plug-Ins“ in Webbrowser und damit auch Webseiten integrieren lassen.
4. Viele 3D-Programmsysteme der Computergrafik und anderer Anwendungsbereiche sind in der Lage, VRML zu importieren. Diese Systeme können mit wenig Aufwand zu W3DS-Clients gemacht werden, die ihre Daten dann unmittelbar über das Internet importieren.
5. Die meisten 3D-GIS oder 3D-CAD-Systeme, in denen 3D-Stadtmodelle verwaltet werden, besitzen eine VRML-Exportschnittstelle. Solche Systeme können durch die Implementierung eines „Web Service Adapters“ eine W3DS-Schnittstelle realisieren und dadurch als interoperabler 3D-Visualisierungsdienst in eine Geodateninfrastruktur integriert werden. Dies entspricht dem Vorgehen vieler kommerziell verfügbarer 2D-GIS wie ArcInfo oder Geomedia, bei denen „WMS-Adapter“ die Bereitstellung einer WMS-konformen Schnittstelle umsetzen.

Die wesentlichen Parameter bei der Anforderung einer 3D-Darstellung von einem W3DS sind der Befehl zum Abruf einer Szene (REQUEST=GetScene) die Angabe des räumlichen Bezugssystems (Parameter SRS), die Begrenzung des geographischen Gebiets über ein umschließendes Rechteck (Bounding Box, Parameter BBOX), das gewünschte Ausgabeformat, sowie Angaben zur Definition der Kameraeinstellung, die beim Browser-Start verwendet werden soll. Dabei kann die Perspektive sowohl wie beim WTS über einen 3D-Zielpunkt (Point-of-Interest, POI) und Winkel als auch über die direkte Angabe des 3D-Projektionszentrums der Kamera (Point-of-Camera, POC) und der Blickrichtung definiert werden (siehe Abbildung 3).

Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Angabe der darzustellenden Layer. Layer besitzen in der 2D-Kartographie zwei Aufgaben: 1. die Gruppierung von Objekten bestimmter Objektarten, und 2. die Festlegung der Darstellungspriorität durch die Layer-Reihenfolge und damit der Sichtbarkeit der Objektarten. Obwohl der zweite Aspekt für 3D-Darstellungen keinen Sinn macht, weil sich die Sichtbarkeit von Objekten über die Nähe zum Betrachterstandort entscheidet, wird die Layer-Metapher für die Bildung von Objektmengen beibehalten, um eine größtmögliche Übereinstimmung von WMS und W3DS zu erzielen. 3D-Objekte können benannten „Objekt-Layern“ zugeordnet werden. Die darzustellenden Objekt-Layer können wie beim WMS bei einer Visualisierungsanfrage ausgewählt werden.

Weitere Parameter sind in der vorläufigen W3DS-Spezifikation dokumentiert (Kolbe 2004b). Alle Parameter werden letztendlich über Schlüsselwort-/Wert-Paare in eine URL kodiert, die dann an den W3DS gesendet wird. Die Anfrage für die weiter unten gezeigte Abbildung 7 sieht beispielsweise so aus:

```
http://www.alkis-team-1.de/SgVrml/servlet/SG_W3DS?SERVICE=W3DS&
VERSION=0.1.0&REQUEST=GetScene&SRS=EPSG:31466&FORMAT=model/vrml
&DIRECT=TRUE&STYLES=&BBOX=2567300,5726580,2569250,5727600&LAYER
S=DGM,GEBAEUDE,MOEBEL&LAYER=DGM,GEBAEUDE,MOEBEL
```

## 4 Visualisierungsdienste im Pilot 3D der GDI NRW

Um das Potenzial der im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Möglichkeiten interoperabler 3D-Geovisualisierung zu evaluieren und demonstrieren, wurde in der GDI NRW von Mai 2003 bis März 2004 das Projekt „Pilot 3D“ durchgeführt. In verschiedenen Teilprojekten wurden dabei konkrete Anwendungsprojekte in Form von Public-Private-Partnerships realisiert, an denen insgesamt 14 Partner von Kommunen, dem LVermA NRW, von Softwareherstellern, Datenanbietern und aus der Wissenschaft beteiligt waren. Die Projekte waren ursprünglich für die Bereiche Stadtmarketing, Tourismus und Wirtschaftsförderung konzipiert, wurden jedoch mittlerweile ebenfalls für Aspekte der Planung, der Simulation und der Immobilienwirtschaft genutzt. Technisch ging es neben dem Aufbau von 3D-Stadtmodellen an den einzelnen Orten insbesondere um den projektübergreifenden Zugriff und damit die breite Verwendbarkeit der Modelle über das Internet. In allen Teilprojekten wurden dazu u.a. Web 3D Services implementiert sowie verschiedene W3DS-Clients realisiert. Abbildung 4 zeigt die Vernetzung der drei Teilprojekte, auf die im folgenden näher eingegangen wird.

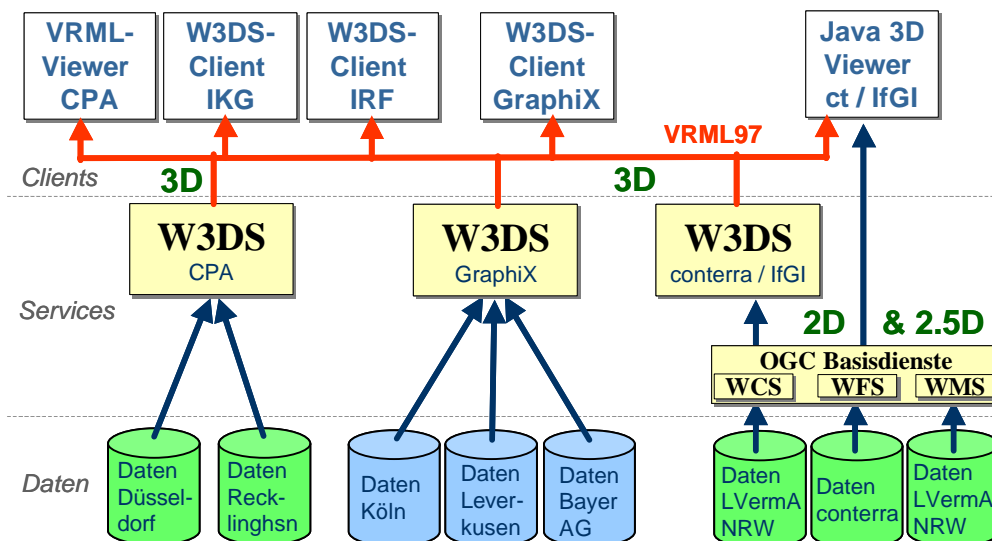


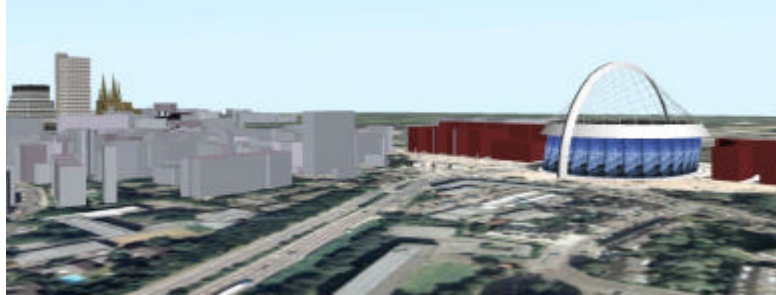
Abbildung 4: Realisierte Infrastruktur zur interoperablen 3D-Visualisierung im Pilot 3D.

### 4.1 3D-Stadtmodelle Köln / Leverkusen / Bayer AG

Für die Achse Köln-Leverkusen wird im Hinblick auf die Fußballweltmeisterschaft 2006 eine 3D-Visualisierung des Stadtmodells angestrebt, die 3D-Gebäudemodelle, Stadien, Flughafen und innerstädtische Gewerbegebäude zeigt und interaktive Routing- und Online-Ticketing-Möglichkeiten bieten soll. Es ist beabsichtigt eine 3D-Routenführung zu den Veranstaltungsorten und weiteren wichtigen Gebäuden anzubieten, mit den Startpunkten Kölner Hauptbahnhof, Flughafen Köln-Bonn und Autobahn A1 und den Zielpunkten RheinEnergy Stadion Köln und BayArena Leverkusen. Auf dem Weg zu diesen Veranstaltungsorten wird die Möglichkeit gegeben sein, weitere Gebäude aufzusuchen und diese interaktiv zu begehen.

In diesem Teilprojekt des Pilot 3D wurden dazu große Teile der 3D-Stadtmodelle von Köln und Leverkusen sowie des Standortmodells der Bayer AG aufgebaut. In dem Projekt kooperieren die Städte Köln und Leverkusen, die Fa. Bayer AG und die Softwarehersteller graphiX und Seereal Technologies miteinander. Unterstützt wurde das Projekt durch die Bereitstellung von Daten der

Firmen NavTech und GeoSpace sowie des LVerMA NRW. Die Gebäude der Stadtmodelle können dabei über einen W3DS der Fa. graphiX abgerufen werden. Abbildung 5 zeigt einen Screenshot des Systems Artepolis der Fa. graphiX, bei dem u.a. geplante Gebäude interaktiv durch Anfragen an den W3DS in die Szene hineingenommen werden können. Mit Hilfe dieser Anwendung konnte bereits die Entscheidungsfindung über einzelne Kölner Hochhausbauprojekte auf politischer Ebene beschleunigt werden.



**Abbildung 5: Blick auf den Kölner Dom (oben links) über geplante und bestehende Gebäudekomplexe zur Prüfung der Stadtsilhouette. Bild: Vermessungs- und Katasteramt Köln / Fa. graphiX**

#### **4.2 3D-Stadtmodelle Düsseldorf / Kreis Recklinghausen**

In dem Stadtgebiet Düsseldorf sowie dem Stadt- und Kreisgebiet Recklinghausen werden mit Hilfe der 3D-Visualisierung virtuelle Flüge und Begehungen durch die Innenstadt zu Demonstrations-, Marketings-, Planungs- und Analysezwecken realisiert. Dabei entsteht ein Mosaik aus bestehenden und neu zu erfassenden Gebäudemodellen, Straßenmöbeln, Pflanzen und Sonderobjekten (z.B. Fördertürme, Windräder), welche in ausgewählten Bereichen mit Fassaden- und Bodentexturen versehen werden. Über den W3DS wird die Nutzung des 3D-Stadtmodells mit Webbrowsern und VRML-PlugIns ermöglicht.

Im diesem Teilprojekt des Pilot 3D haben die Stadt Düsseldorf, der Kreis Recklinghausen, die Fa. CPA Geo-Information und das Institut für Roboterforschung der Universität Dortmund (IRF) gemeinsam an der Bereitstellung von 3D-Visualisierungen über das Internet gearbeitet. Dabei



**Abbildung 6: Direkter Zugriff auf das 3D-Modell des Recklinghäuser Kreishauses über die W3DS-Schnittstelle der Simulationsumgebung COSIMIR (hier ein Brandbekämpfungsszenario im CAVE mit 360° Rundumprojektion). Foto: W. Herzberg**

wurde u.a. für das Geoinformationssystem SupportGIS der Fa. CPA ein W3DS-Adapter realisiert sowie ein W3DS-Client-Adapter für die Simulatorsoftware COSIMIR des IRF (vgl. Freund & Roßmann 2003). Der Simulator kann damit auf alle 3D-Modelle des gesamten Pilot 3D zurückgreifen und diese in speziellen, hochimmersiven Visualisierungsumgebungen darstellen. Abbildung 6 zeigt ein Foto von einem Brandbekämpfungsszenario, bei dem verschiedene Strategien zur Positionierung der Löschfahrzeuge geprüft wurden.



Abbildung 7: Screenshot einer W3DS-Szenenansicht in einem VRML-Browser.

Die 3D-Modelle können auch in hoher Qualität in einem VRML-Plugin eines Webbrowsers angezeigt werden, wie Abbildung 7 illustriert. In der Szene wird ein Ausschnitt der Schachanlage „Zeche Fürst Leopold“ im Kreisgebiet von Recklinghausen dargestellt, der texturierte Gebäude und Geländegestaltung, Bäume sowie weitere Straßenmöbel beinhaltet. Er wurde durch die in Abschnitt 3 gezeigte Anfrage an einen bestimmten W3DS über das Internet bezogen. Sofern das ausgewählte Gebiet nicht zu groß ist und sich die Anzahl der enthaltenen 3D-Geoobjekte auf einige Hundert beschränkt, erlauben auch VRML-Browser eine flüssige Navigation bzw. Exploration der Szene.

#### 4.3 NRW-weites Geländemodell und Java-Client zur 3D-Visualisierung

Im dritten Teilprojekt wurden in Kooperation des Instituts für Geoinformatik der Universität Münster (IfGI), der Fa. con terra und des LVerMA NRW verschiedene Dienste realisiert, darunter ein OGC-konformer Web Coverage Service und ein W3DS, über die beliebige Ausschnitte aus dem Digitalen Geländemodell DGM5 des LVerMA von ganz Nordrhein-Westfalen über das Internet angefordert werden können. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Entwicklung generischer Java-Komponenten für die Visualisierung von Geodaten aus OGC-konformen Diensten (siehe May et al. 2003, Schmidt et al. 2003). Dabei wurde ein auf Java-3D basierender, so-

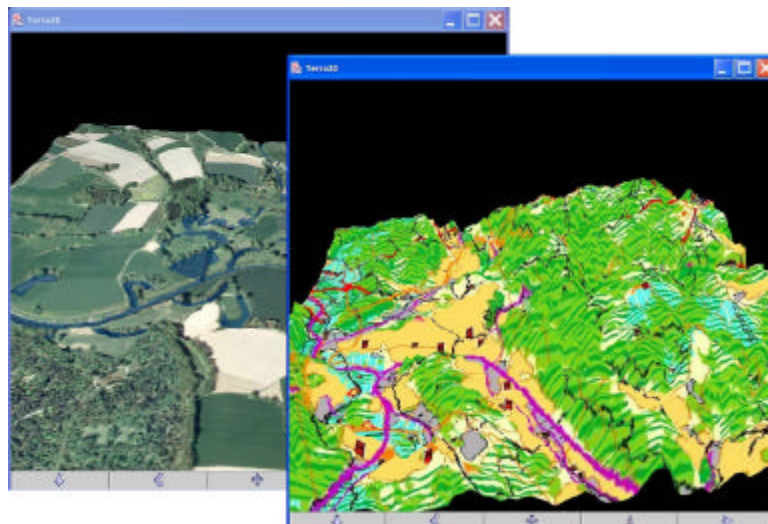


Abbildung 8: Screenshot des Java-3D-Clients zur interoperablen 3D-Visualisierung und interaktiven Exploration auf Basis von Daten- und Visualisierungsdiensten des OGC und der GDI NRW. Bild: IfGI / Fa. con terra

nannter „Thick-Client“ realisiert, der neben dem W3DS-Zugriff auch direkt auf die Datendienste zurückgreifen kann und somit die oberen drei Schritte der Visualisierungspipeline realisiert (vgl. Abb. 2). Abbildung 8 zeigt zwei Ausgabefenster, in denen ein über unterschiedliche Web Map Services bezogenes Luftbild sowie ein Landschaftsentwicklungsplan auf ein über den realisierten WCS angefordertes Digitales Geländemodell gelegt wurde.

#### 4.4 Ein einfacher W3DS-Client für Webbrowser

Am Institut für Kartographie und Geoinformation der Universität Bonn (IKG) wurde zu Testzwecken ein einfacher W3DS-Client implementiert, der den Zugriff auf alle im Pilot 3D realisierten W3DS-Dienste ermöglicht. Die URL des anzusprechenden W3DS sowie die Parameter werden dabei in Eingabefelder eingetragen. Abbildung 9 zeigt eine Bildschirmkopie des Webclients, in dem im unteren Bereich ein Ausschnitt des DGM5 vom W3DS der Fa. con terra zu sehen ist. Der Client steht im Internet unter der URL <http://wmc.ikg.uni-bonn.de/W3DS> zur freien Benutzung zur Verfügung und soll zum Experimentieren mit den vorhandenen Diensten anregen.

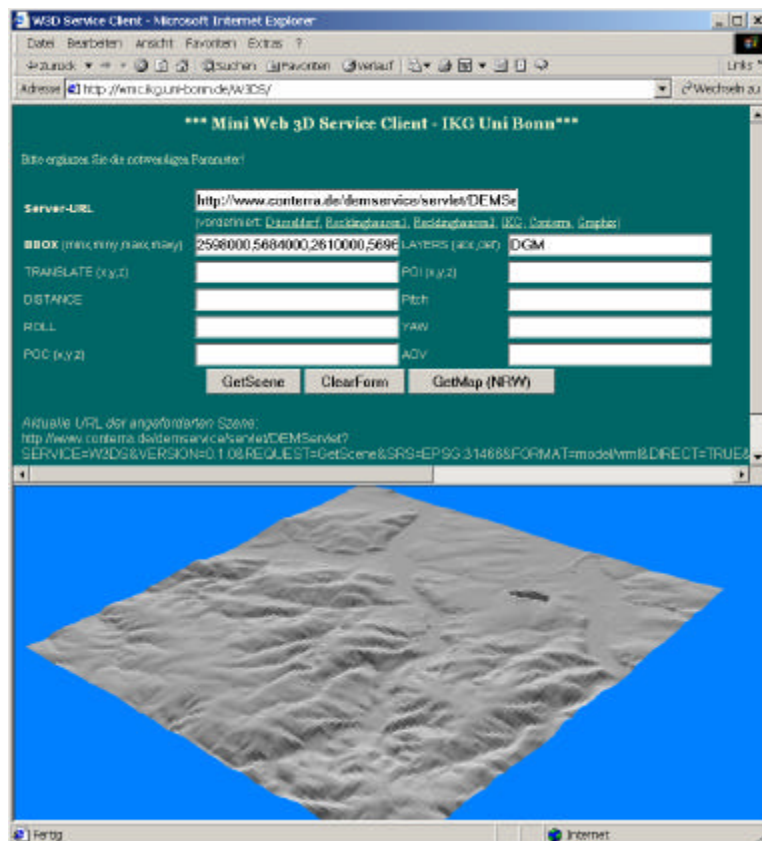


Abbildung 9: Einfacher W3DS-Webclient des IKG zur Anforderung und Darstellung von 3D-Modellen beliebiger Web 3D Services.

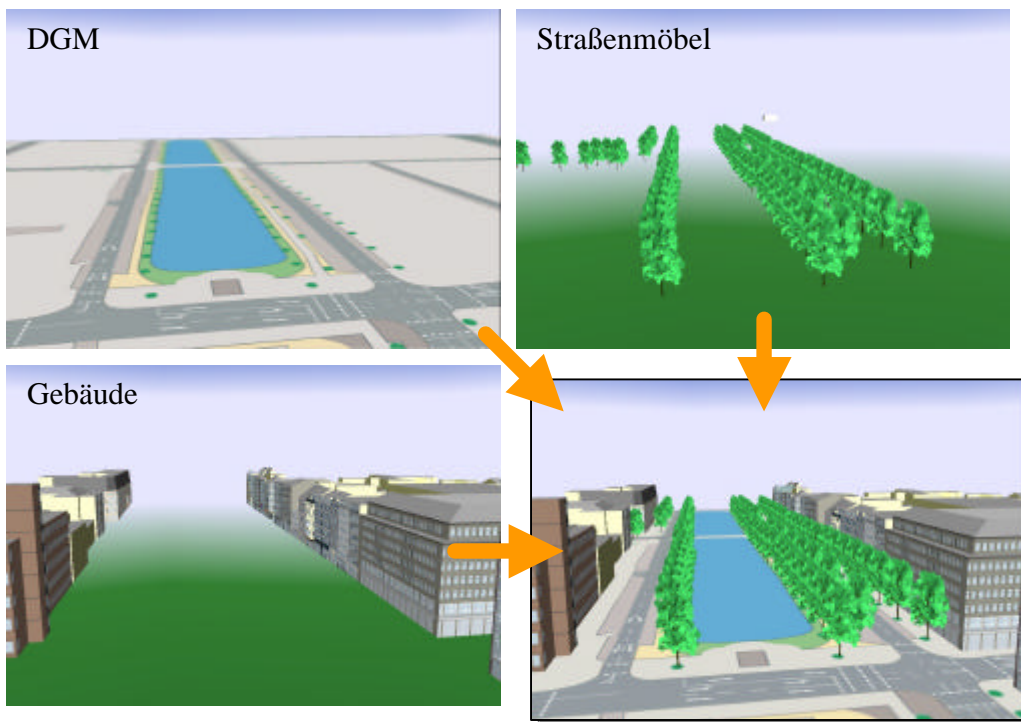
#### 4.5 Gemeinsame Visualisierung der 3D-Modelle mehrerer W3DS

Ein wesentlicher Grund für den Erfolg des OGC Web Map Services besteht darin, dass zur Anfrage und Darstellung von Karten keine speziellen Programme benötigt werden sondern Standard-Webbrowser ausreichen. Selbst die Überlagerung von Kartenbildern mehrerer WMS kann durch entsprechende HTML-Konstrukte in einem Webclient erreicht werden (s. Homoet 2003).

Die Schwierigkeit bei der transienten Integration von 3D-Modellen in einem Webclient besteht darin, dass die von verschiedenen Servern angeforderten 3D-Modelle nicht lokal abgespeichert werden sollen, sondern stattdessen direkt im Browser zusammengeführt werden müssen. Die Lösung für dieses Problem bietet VRML in Verbindung mit den Möglichkeiten aktueller VRML-Plugins. In VRML-Dokumente können nämlich weitere Teilmodelle einbezogen werden, die nicht unbedingt vom lokalen Rechner sondern auch per URL von einem Server über das Internet nachzuladen sind. Dadurch, dass VRML-Plugins per JavaScript vom Webbrowser (fern-)gesteuert werden können, und es eine standardisierte Möglichkeit gibt, VRML-Dokumente in Form einer Zeichenkette (String) zu übergeben, kann vom Webclient ein kurzes VRML-Dokument konstruiert werden, das nur aus dem Inlining der eigentlichen W3DS-Anfragen besteht:

```
#VRML V2.0 utf8
Transform{ children[Inline{url "http://www.alkis-team-1.de/..."}]}
Transform{ children[Inline{url "http://www.mein-W3DS.de/..."}]}
... weitere W3DS-Anfragen
```

Abbildung 10 zeigt ein Beispiel für die transiente („on the fly“) Integration von 3D-Modellen nach obigem Schema, wobei hier das DGM, die Gebäude und die Straßenmöbel bzw. Vegetation zwar nicht von unterschiedlichen W3DS, jedoch durch drei separate Anfragen an denselben W3DS angefordert wurden. Voraussetzung für eine Integration ist allerdings, dass bei der Anfrage für alle Szenen dasselbe räumliche Bezugssystem gewählt wird.



**Abbildung 10:** Transiente Integration von 3D-Modellen unterschiedlicher W3DS in einem VRML-Browser. Hier werden das DGM, die Gebäude und die Straßenmöbel eines Ausschnitts der Düsseldorfer Königsallee jeweils durch eigenständige W3DS-Anfragen bezogen und mittels „Inlining“ integriert.

## 5 Fazit und Ausblick

Mit dem Web 3D Service steht ein neuer Dienst zur interoperablen und verteilten 3D-Visualisierung von Geodaten über das Internet zur Verfügung. Der Dienst generiert dreidimensionale

grafische Repräsentationen von Geodaten in Form von 3D-Szenenansichten, die sich auf einfache Weise zu einer Gesamtdarstellung integrieren lassen. Er orientiert sich dabei an den Spezifikationen des Web Map Services und des Web Terrain Services des OpenGIS Consortiums, ermöglicht im Unterschied dazu aber volle 3D-Unterstützung. Aufgrund der prinzipiellen Konformität zu anderen Diensten der GDI NRW und des OGC kann der W3DS unmittelbar in eine Geodateninfrastruktur eingebettet werden (vgl. Voges et al. 2002). Der W3DS stellt sich als Baustein zur thematischen 3D-Internetkartographie dar, weil 3D-Modelle von Basisdatenservern um thematische 3D-Modelle von z.B. Umweltinformationen (Stadtklimaberechnungen) oder Objekten der Bauplanung aus anderen Quellen ergänzt werden können.

Im Pilot 3D der Initiative Geodateninfrastruktur NRW wurde das Prinzip und die Funktionalität in drei konkreten Projekten evaluiert. Dabei wurden drei W3DS-Server geschaffen, auf die von den fünf realisierten W3DS-Clients projektübergreifend zugegriffen werden kann. Dabei hat sich herausgestellt, dass sowohl W3DS-Adapter für bestehende GIS als auch W3DS-Client-Adapter für 3D-Anwendungsprogramme mit vertretbarem Aufwand realisierbar sind. VRML-Viewer sind allerdings nur für begrenzte Gebiete sinnvoll nutzbar. Hier könnten intelligente Clients bei der Navigation durch die Szene weiter benötigte Teile nachfordern. Es hat sich aber gezeigt, dass VRML zum Import der grafischen 3D-Modelle in proprietäre Softwaresysteme wie z.B. Artepolis oder COSIMIR ausreichende Möglichkeiten bietet.

Ein offenes Problem bzgl. der Verwendung von VRML ist die nicht autorisierte Weiterverwendungsmöglichkeit der 3D-Modelle. VRML-Modelle könnten lokal abgespeichert, unkontrolliert weitergegeben und in anderen Kontexten wiederverwendet werden. Hier ist zukünftig über digitale Wasserzeichen in VRML-Daten oder auch über die Verwendung anderer 3D-Formate nachzudenken, die ein differenziertes Management der Wiedergabe- und Verbreitungsrechte erlauben.

Obwohl die Interoperabilität auf Visualisierungsebene bereits für viele Anwendungen ausreicht, erfordern wichtige Bereiche wie z.B. das 3D-Kataster oder Katastrophenmanagement auch die semantische Interoperabilität von 3D-Stadtmodellen. In der SIG 3D der GDI NRW wird deshalb seit 2 Jahren an der Entwicklung eines standardisierten semantischen Datenmodells für 3D-Stadt- und Regionalmodelle auf der Basis von ALKIS, ISO-Standards und GML3 gearbeitet, das neben den Aspekten der Vermessung insbesondere auch die des Bauwesens und der Architektur berücksichtigt (siehe Kolbe 2003, Gröger & Kolbe 2003).

## **Danksagung**

Mein Dank gilt allen Teilnehmern des Pilot 3D der GDI NRW für ihre Initiative, Arbeit und die erreichten Ergebnisse. Besonderer Dank für die Mitwirkung bei der Entwicklung des W3DS geht an Christoph Uhlenküken, Benno Schmidt, Martin May, Andreas Poth, Ralf Stüber, Michael Schluse und Dietmar Hallmann.

## **Literatur**

- Altmaier, A.; Kolbe, T. H. (2003): Applications and Solutions for Interoperable 3D Geo-Visualization. In D. Fritsch (ed.): Proceedings of the Photogrammetric Week 2003 in Stuttgart, Wichmann Verlag, Heidelberg
- Beaujardière, J. de La (2002): OpenGIS Web Map Service Implementation Specification (WMS), Version 1.1.1. OGC Document Number 01-068r3.
- Bettag, U. (2001): Web-Services. Informatik Spektrum, Springer Verlag, Band 24, Oktober 2001

- Coors, V.; Flick, S. (1998): Integrating Levels of Details in a Web-based GIS. In: R. Laurini, K. Makki, N. Pissinou (eds.): ACM-GIS '98, Proceedings of the 6th Internat. Symposium on Advances in Geographic Information Systems, Nov. 6-7, 1998, Washington, DC, USA.
- Deegree (2003): Open Source Implementierung von Service-Spezifikationen des OpenGIS Consortiums. <http://deegree.sourceforge.net>
- Doyle, A.; Cuthbert, A. (1998): Essential Model of Interactive Portrayal. OpenGIS Project Document 98-061. <http://www.opengis.org>
- Dykes, J. A.; Moore, K. E.; Fairbairn, D. (1999): From Chernoff to Imhof and Beyond: VRML and Cartography. In: Proceedings of the 4th symposium on Virtual Reality Modeling Language VRML 1999 in Paderborn, Germany; ACM Press
- Freund, E.; Roßmann, J. (2003): Integrating Robotics and Virtual Reality with Geo-Information Technology: Chances and Perspectives. In L. Bernhard, A. Sliwinski, K. Senkler (Hrsg.): Geodaten- und Geodienste-Infrastrukturen – von der Forschung zur praktischen Anwendung. Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen 2003, Reihe IfGI Prints, Uni Münster, 2003
- Gaiani, M.; Gamberini, E.; Tonelli, G. (2002): A framework to use virtual worlds generated from real world 3D models as Work Tool for Architectural & Archaeological Restoration on the Web. International Journal of Design Computing, Vol. 4, University of Sydney Library
- GDI NRW (2003): Initiative Geodateninfrastruktur Nordrhein-Westfalen. <http://www.gdi-nrw.org>
- Gröger, G.; Kolbe, T. H.; Plümer, L. (2004): Mehrskalige, multifunktionale 3D-Stadt- und Regionalmodelle. Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation PFG 2/2004.
- Gröger, G.; Kolbe, T. H.; (2003): Interoperabilität in einer 3D-Geodateninfrastruktur. In L. Bernhard, A. Sliwinski, K. Senkler (Hrsg.): Geodaten- und Geodienste-Infrastrukturen – von der Forschung zur praktischen Anwendung. Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen 2003, Reihe IfGI Prints, Uni Münster, 2003
- Haala, N.; Böhm, J. (2003): A multi-sensor system for positioning in urban environments. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 58 (2003) 31– 42
- Homoet, M. (2003): Entwicklung eines kooperativen Web-Clients für interoperable Internetkarten. Diplomarbeit am Institut für Kartographie und Geoinformation, Universität Bonn, Online-Demo verfügbar unter <http://wmc.uni-bonn.de>
- Kawasaki, H.; Murao, M.; Ikeuchi, K.; Sakauchi, M. (2001): Enhanced navigation system with real images and real-time information. In Proceedings of the 8<sup>th</sup> World Congress on Intelligent Transport Systems ITSWC 2001 in Sydney, October 2001
- Kolbe, T. H. (2003): Interoperable Modelle – Die dritte Dimension in der Geodateninfrastruktur Nordrhein-Westfalen. GeoBIT 5/2003, Wichmann Verlag.
- Kolbe, T. H. (2004a): Interoperable 3D-Geovisualisierung. In L. Bernhard, J. Fitzke, R. M. Wagner (Hrsg.): Geodaten-Infrastrukturen – Organisation, Technik und Anwendungen von GDI, Wichmann Verlag, Heidelberg (im Druck)
- Kolbe, T. H. (2004b): GDI NRW Web 3D Service Spezifikation (W3DS), Entwurfsversion 0.1.0. <http://www.ikg.uni-bonn.de/sig3D/> (letzter Zugriff am 8. 2. 2004)

- Kulju, M.; Kaasinen, E. (2002): Route Guidance Using a 3D City Model on a Mobile Device. Mobile HCI02 Workshop "Mobile Tourism Support Systems". 17.9.2002, Pisa, Italy.
- Lieberman, J.; Sonnet, J. (2001): Open GIS Web Terrain Server (WTS), Version 0.5. OGC Document Number 03-081r2.
- Mai, W.; Dodds, G.; Tweed, C.; Thomas, C. (2004): Recognising buildings using a mobile system and a reference city model. In F. Crestani, M. D. Dunlop, S. Mizzaro (Eds.): Mobile and Ubiquitous Information Access, Mobile HCI 2003 International Workshop, Udine, Italy, September 8, 2003. Lecture Notes in Computer Science 2954, Springer-Verlag
- May, M.; Schmidt, B.; Streit, U.; Uhlenkücken, C. (2003): Web-Service-basierte 3D-Visualisierung im Umfeld der Raumplanung. In: Tagungsband des Symposiums für Computergestützte Raumplanung CORP 2003 (Geo-Multimedia 03), 25.2.-1.3.2003 in Wien
- Piekarski, W.; Thomas, B. (2002): ARQuake: The Outdoor Augmented Reality Gaming System. ACM Communications, Vol. 45, No. 1, pp 36-38, Jan 2002.
- Rakkolainen, I.; Vainio, T. (2001): A 3D City Info for Mobile Users. Computers & Graphics, Vol. 25, No. 4, Elsevier.
- Reddy, M.; Iverson, L.; Leclerc, Y. G. (2000) : GeoVRML 1.0 – Adding Geographic Support to VRML. GeoInformatics, Vol. 3, September 2000.
- Reitmayer, G.; Schmalstieg, D. (2003): Location Based Applications for Mobile Augmented Reality. In: Proceedings of the 4th Australasian User Interface Conference AUIC'03, Adelaide, Australia.
- Schmidt, B.; May, M.; Uhlenkücken, C. (2003): Dienste-basierte Architekturen für die Web-basierte 3D-Geovisualisierung. In L. Bernhard, A. Sliwinski, K. Senkler (Hrsg.): Geodaten- und Geodienste-Infrastrukturen – von der Forschung zur praktischen Anwendung. Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen 2003, Reihe IfGI Prints, Uni Münster, 2003
- Suomela, R.; Roimela, K.; Lehikoinen, J. (2003): The evolution of perspective view in WalkMap. Pers. Ubiquitous Computing (2003) 7:249–262
- Voges, U.; Remke, A.; Bernard, L. (2002): Kommunikation ist angesagt – Finden und Binden von Services in einer Geodateninfrastruktur. GeoBit 11/2002.
- VRML97 (1997): Information technology – Computer graphics and image processing – The Virtual Reality Modeling Language (VRML) – Part 1: Functional specification and UTF-8 encoding. Part 1 of ISO/IEC Standard 14772-1:1997, VRML97.
- Zipf, A.; Schilling, A. (2003): Generation of VRML City Models for Focus Based Tour Animations. Integration, Modeling and Presentation of Heterogeneous Geo-Data Sources. In: Proceedings of the 8th Int. Symp. on Web 3D Technology Web3D 2003, March 2003 in Saint Malo, France
- Zlatanova, S. (1999): VRML for 3D GIS. In: Proceedings of the 15th Spring Conference on Computer Graphics, 28.4.- 1.5.1999, Budmerice, Slovakia