

# Landesweite 3D-Stadtmodelle im Internet auf Basis offener Standards des Open Geospatial Consortiums (OGC) - das Beispiel Nordrhein-Westfalen 3D

*Robert Kulawik, Arne Schilling, Alexander Zipf*

(Robert Kulawik, Cartography at University of Bonn, Meckenheimer Allee 172, 53115 Bonn, Germany, kulawik@geographie.uni-bonn.de)

(Arne Schilling, Cartography at University of Bonn, Meckenheimer Allee 172, 53115 Bonn, Germany, schilling@geographie.uni-bonn.de)

(Prof. Dr. Alexander Zipf, Cartography at University of Bonn, Meckenheimer Allee 172, 53115 Bonn, Germany, zipf@geographie.uni-bonn.de)

## 1 ABSTRACT

3D-Stadt- und Landschaftsmodelle bieten ein großes Potential für vielfältige Anwendungen im Bereich Stadt- und Regionalplanung, Tourismus, Katastrophenmanagement etc. Gerade die Visualisierung von z.B. Planungsvarianten im Internet bietet die Option Bürgerbeteiligung in e-government Prozessen zu fördern. Sowohl für den Datenaustausch, als auch die verwendeten Web Services sollten möglichst offene Standards verwendet werden, um die Interoperabilität zwischen verschiedenen Behörden, Institutionen und Kommunen zu fördern. Vor kurzem wurde CityGML durch das Open Geospatial Consortium (OGC) als Standardaustauschformat für 3D-Stadtmodelle definiert (OGC 2008). Neben der Geometrie können hier auch Metadaten und Sachattribute integriert werden (vgl. Kolbe, Gröger 2004). Üblicherweise werden CityGML-Dokumente von einem Web Feature Service (OGC WFS) auf Anfrage abgegeben. CityGML ist jedoch kein effizientes Grafikformat, sondern für den semantischen Datenaustausch in der Datenhaltungsschicht einer Geodateninfrastruktur konzipiert. Für die Darstellung werden weitere Visualisierungsdienste benötigt. In 2D übernimmt dies der bekannte Web Map Service (OGC WMS); in 3D werden Entwürfe für 3D Portrayal Dienste (Hagedorn et al. 2008) zu OGC Standards weiter entwickelt. Für Echtzeitinteraktion mit 3D Szenen ist dabei der sogenannte Web 3D Service (W3DS) gedacht. Dieser liefert einen Szenengraphen in einem der bekannten 3D-Grafikformate. Zugriff auf die Sachdaten erfolgt dann ähnlich wie beim WMS ebenfalls „per Request“.

Im Projekt [www.gdi-3d.de](http://www.gdi-3d.de) wurde dieser W3DS und ein entsprechender Client (XNavigator) umgesetzt und neben der Modellstadt Heidelberg mit Daten verschiedener Städte getestet (Schilling et al. 2007, 2008; Zipf et al. 2007). Andere W3DS-Implementierungen stammen z.B. von Haist und Coors (2004). Durch die Fülle der dabei möglichen Datenformate waren hierbei meist spezielle Konvertierungen und neue Importschnittstellen zu realisieren. Dies soll mit CityGML der Vergangenheit angehören. Daher wurde ein Konverter für CityGML entwickelt, der die Daten für den W3DS aufbereitet und in diesen importiert. Ein erster Praxistest konnte an einem der weltweit größten verfügbaren 3D-Gebäudedatensätze durchgeführt werden.

Als Testdaten wurde von GEOBasis.nrw, dem ehemaligen Landesvermessungsamt NRW, ein flächendeckender Gebäude-Datensatz über einen WFS im CityGML-Format zur Verfügung gestellt. Es handelt sich dabei um die in einem anderen Projekt generierten über 6,4 Mio. LOD1 Gebäude in NRW (Czerwinski et al. 2008). In der folgenden Stufe wurde der Datenbestand ca. 10 Mio. Gebäude in NRW inklusive Garagen etc. ausgebaut, der aber für den hier beschriebenen Praxistest noch nicht zur Verfügung stand. Im Beitrag wird das genaue Vorgehen, die Vor- und Nachteile des Ansatzes und konkrete Performancemessungen diskutiert. Zum Beispiel wurde die Dateigröße durch die Aufbereitung auf ca. 18% reduziert, so dass nun auch für große Stadtgebiete mit hunderttausenden von Gebäuden eine effiziente Übertragung ermöglicht wird. Erste Beispielfideos und Screenshots für ganz NRW finden sich in Kürze auf [www.gdi-3d.de](http://www.gdi-3d.de) bzw. [www.nrw-3d.de](http://www.nrw-3d.de).

## 2 HINTERGRUND

Mit der Verabschiedung der Version 1.0 im OGC liegt das CityGML Dateiformat als semantisches Standardaustauschformat für Gebäudedaten 3D-Stadtmodelle vor. CityGML basiert auf dem XML-Format. Die Vorteile von CityGML liegen damit in der von Menschen und Maschinen lesbaren Aufbereitung der Daten, sowie insbesondere in der Integration semantischer Information in Form von Metadaten und Sachattributen. Allerdings ist CityGML kein spezifisches Grafikformat. Daher sind einerseits keine effizienten Grafikprogramme für die Darstellung der Daten verfügbar, andererseits erreichen CityGML Daten eine beträchtliche Dateigröße. So beläuft sich beispielsweise die Dateigröße der vorliegenden

Testdaten alleine für das Stadtgebiet Bonn mit nur 140.644 von über 6,4 Mio. Gebäuden schon auf 772 MB. Dies muss bezüglich der Übertragung der Daten zu einem Client über das Internet als kritisch angesehen werden. Vor diesem Hintergrund wurde bei dem Projekt nach einer Lösung gesucht, um die Daten auf möglichst Standard-konforme Weise effizient darstellen zu können, ohne die Metainformationen zu verlieren.

Der Lösungsansatz geht davon aus die im Rahmen des Projektes GDI-3D für Heidelberg entwickelten Technologie - insbesondere den Web 3D Service und den zugehörigen 3D-Client „XNavigator“ zu nutzen und mit einer Schnittstelle zu CityGML zu erweitern. Hiermit sollte zudem evaluiert und gezeigt werden, dass die im Rahmen des Projektes GDI-3D entwickelten Konzepte und Softwarekomponenten auch auf große Gebiete mit sehr großen Datenmengen skalieren. Dies wird durch ein aufwändiges Vorprozessieren der Daten (insbesondere des Geländemodells) erreicht. Hierbei kommen verschiedene Verfahren wie Kachelung, Ableitung mehrerer Auflösungsstufen - sogenannter Level of Details (LODs), Generalisierung der 2D-Vektordaten der Landnutzung und des TINs und direkte Integration der Landnutzungsinformation in das TIN zum Einsatz (Schilling 2007, 2008). Ausserdem ist wesentlich, dass ein echter Visualisierungsdienst mit einem entsprechend effizienten Graphikformat verwendet wird, statt die Rohdaten naiv direkt zu übertragen und als solche anzuzeigen. Daher verwendet der W3DS zurzeit das VRML-Format für die Übertragung und Darstellung der Geometriedaten. Die zusätzlichen Informationen (Sachattribute, Metadaten, Objekttypinformationen, Grundriß-Shape für die raumbezogenen Suchabfragen etc.) werden in einer Geodatenbank gespeichert und können somit abgefragt werden. Dementsprechend wurde ein Konverter entwickelt, um die CityGML Daten für den W3DS aufzubereiten. Außerdem wird der W3DS zugleich um die Option eines WFS Imports erweitert.

Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, einerseits ein etabliertes und vergleichsweise effizientes Grafikformat zu benutzen und andererseits das Datenformat CityGML in eine bestehende und funktionierende Architektur zu integrieren. Weiterhin wird durch die Konvertierung des CityGML Formats nach VRML/Shape die Dateigröße beträchtlich verkleinert, was einer Übertragung der Daten über das Internet zugute kommt, zudem die Datenübertragung vom W3DS zum XNavigator noch zusätzlich komprimiert ist. Die Dateigröße der eingangs erwähnten CityGML Datei von Bonn beträgt nach der Konvertierung als VRML nur noch 136 MB. Zusätzlich wird eine Shapedatei mit Grundriß und Sachdaten generiert, was in der Summe dann 192 MB entspricht. Im Vergleich zu den ehemals 772 MB entspricht dies einer Datenreduktion um ca. 82% (bzw. 75%).

### 3 UMSETZUNG DES PROJEKTS NORDRHEIN-WESTFALEN-3D (NRW-3D)

#### 3.1 Datengrundlage

Als Testdaten wurde von GEOBasis.nrw (ehemal. Landesvermessungsamt NRW) ein flächendeckender Gebäude-Datensatz über einen Web Feature Service im CityGML-Format zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden ursprünglich für ein anderes Projekt im Bereich Lärmschutzberechnung generiert (Czerwinski et al. 2008). Der WFS enthielt 6.401.106 LOD1 Gebäude mit einem Gesamtvolumen von 33,668 GB. Da ein Download der Gesamtdaten in einer einzigen Datei seitens des WFS nicht möglich war und kleinere Dateigrößen sich für die spätere Konvertierung als vorteilhaft herausgestellt haben, wurden die Gebäudedaten sukzessive über das gesamte NRW-Gebiet mit einer Kachelgröße von 1,5 x 1,5 km vom WFS-Server automatisiert heruntergeladen. Als Ergebnis standen zu späteren Konvertierung 38.351 Dateien (davon 9.523 Dateien mit Gebäuden) zur Verfügung. Die Downloadzeit des gesamten Datenbestandes belief sich auf 3 Tage und 10 Stunden.

Als Geländemodell auf dem die Gebäude visualisiert werden, kommt zunächst ein parallel entstandenes DGM aus SRTM Daten zum Einsatz. Hierauf wird in Over et al. (2008) eingegangen. Da die Höhengenaugigkeit dieses SRTM-DGM für die sehr genauen Höhenangaben der LOD1-Gebäude von GEOBasis.nrw zu grob ist, soll dieses für NRW dann mit dem amtlichen 5 Meter DGM ersetzt werden. Wegen des hohen Prozessierungsaufwandes und mangels Projektförderung hierfür wurde dies noch nicht fertiggestellt, allerdings zeigt das Beispiel Heidelberg-3D, dass die Nutzung der amtlichen 5-Meter DGM ohne Probleme nach dem gleichen Prinzip und sehr guten Ergebnissen möglich ist. Da in der GDI-3D.de Infrastruktur zudem eine Reihe weiterer OGC Web Services integriert sind, können diese zusätzlich genutzt werden.

Hierzu zählt der OpenLS Directory Service, der eine Umgebungssuche nach bestimmten Objekttypen realisiert. Als Ergebnis werden diese als Points of Interests (POIs) in 3D als Symbole dargestellt (Schilling et al. 2009). Dabei kommt der gleiche Directory Service zum Einsatz wie in OpenRouteService.org (Neis, Zipf 2008). Ebenfalls der dort verwendete OpenLS Route Service konnte schon nach 3D überführt werden (Neis et al. 2007), was nun auch für ein Testgebiet in NRW evaluiert wurde. Zwar sind die in den beiden Diensten (Directory Service und Route Service) verwendeten Daten die freien Daten von OpenStreetMap (OSM 200x), doch können, wie schon in Heidelberg-3D erfolgreich gezeigt, auch ohne weiteres amtliche Daten der Kommunen bzw. Vermessungsverwaltung stattdessen genutzt werden. Auch kommerzielle Daten wie von Teletlas wurden schon erfolgreich eingesetzt (z.B. in einem Szenario zur Evakuierungssimulation bei Hochwasser (Haase et al. 2008).

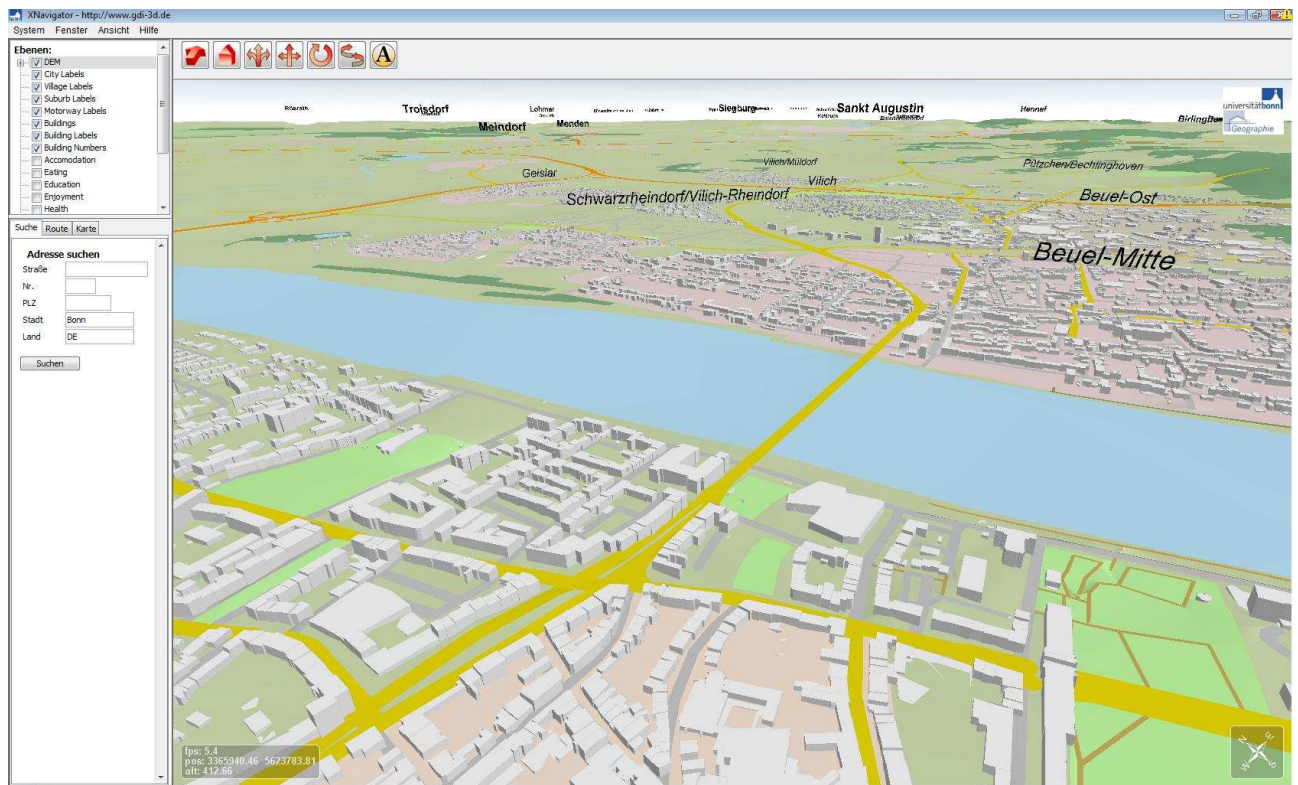


Abb. 1: Orts-/Addressuche (Bonn) in XNavigator NRW-3D von GDI-3D per OpenLS Utility Service (Geocoder/Reverse Geocoder)

Weitere domänenspezifische Anwendungsoptionen stellt der Web Processing Service (OGC WPS) im XNavigator in 3D bereit (vgl. Walenciak et al. 2009). Dynamische Sensordaten können zudem über den OGC Sensor Observation Service (OGC SOS) eingebunden werden (Mayer, Zipf 2009). Neben der mittels WMS verfügbaren Übersichtskarte werden zusätzliche Clientfunktionen für andere OGC Dienste wie dem Katalogdienst CS-W) aktuell im OGC OWS Testbed 6 (OWS-6) realisiert. Das dort behandelte Notfallszenario sieht zudem ein von uns realisiertes 3D- Indoor-Routing vor. Die hierfür notwendigen detaillierten LOD3 Gebäudemodelle werden wiederum über CityGML per WFS und den hier prinzipiell beschriebenen Mechanismus integriert.

### 3.2 Arbeitsweise der CityGML Konverter-Software

Für die Konvertierung der CityGML Dateien wurde in Java ein Konverter entwickelt, der CityGML nach Java3D konvertiert. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass es von dieser Schnittstelle aus sehr flexibel möglich ist, die Java3D BranchGroup entweder direkt an den XNavigator zur Visualisierung weiter zu geben, als auch die Daten einzeln oder als Gruppe in verschiedene Graphikformate wie z.B. VRML/Shape oder auch nach KML zu exportieren und persistent zu speichern. Hierfür wurden entsprechende Exporter entwickelt. Zudem ist ein direkter Export der Daten in die W3DS Datenbank ebenfalls vorgesehen. Auf die Option des KML-Exports wird in der Diskussion kurz eingegangen.

Während der Konvertierung der CityGML Dateien werden die Gebäudegeometrien, die oftmals aus vielen Einzelgeometrien bestehen, zusammengefasst und optimiert, ohne dass dabei die Gebäudegeometrie verändert wird. Hierdurch erfolgt bereits ein erster Reduktionsschritt im Hinblick auf die Dateigröße und



damit die spätere Effizienz der Übertragung, des Ladens und der Darstellung. Alle sonstigen fachlichen Gebäudeattribute werden aus der CityGML Datei ausgelesen, gesammelt, den einzelnen Gebäuden zugeordnet und über eine Punktshape-Datei letztlich in die spezifische 3D-Geodatenbank des W3DS exportiert. Mit Hilfe dieser Informationen wird es dem W3DS ermöglicht die Attribute den Gebäuden zuzuordnen um sie später vom Client aus abfragen zu können. Außerdem werden durch die Shapeinformation die Gebäude im Koordinatensystem des W3DS verankert. Somit ist es auch möglich, die Gebäudedaten später wieder ins CityGML Format zurück zu überführen, ohne die Attribute zu verlieren.

Zusätzlich wurde in dem Konverter ein im Rahmen von GDI-3D.de bereitgestellter Koordinaten Transformations Service (CTS) eingebunden, um die Gebäude während der Bearbeitung nach Bedarf in ein gewünschtes Koordinatensystem transformieren zu können. Eine schematische Darstellung des Konvertierungsablaufs ist der Abbildung 2 zu entnehmen.

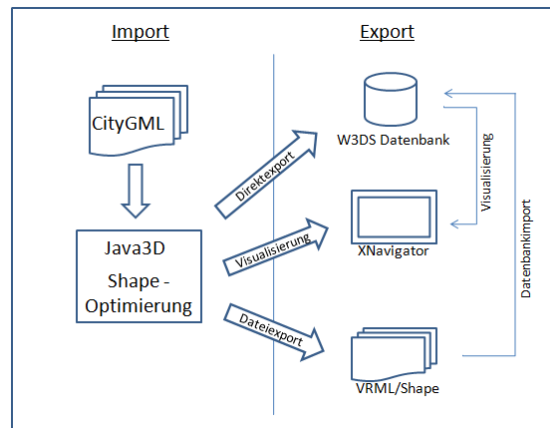


Abb 2: Schema der Konvertierungssoftware von CityGML in GDI-3D

### 3.3 Durchführung der Konvertierung für NRW-3D

Der gesamte Konvertierungsprozess wurde aus Performancegründen auf den HPC Cluster der RWTH Aachen ausgegliedert. Dieser besteht aus 60 Knoten auf Basis des Windows HPC Servers. Jeder Knoten verfügt über 8 Cores (2 Quadcore Xeon E5450) mit 3,0 GHz und 16 GB Arbeitsspeicher. Allerdings ist für die Bearbeitung immer nur eine Teilmenge der Knoten verfügbar. Um die Bearbeitungszeit zu verkürzen, wurden die CityGML-Dateien auf 132 einzelne Durchläufe aufgeteilt und mit bis zu 8 Prozessen gleichzeitig konvertiert. Durch die parallele Berechnung der einzelnen Durchläufe wurde es möglich, die tatsächliche absolute Rechenzeit von theoretisch über 40 Tagen auf gut 14 Tage zu verringern. Für die hier beschriebene Bearbeitung wurden die Gebäude anschließend als einzelne VRML Dateien unter der Bezeichnung ihrer GebäudeID exportiert. Die Gebäudeattribute wurden in einer gemeinsamen Punktshape-Datei ebenfalls der GebäudeID zugeordnet.

Die Berechnungszeit der XML-Files pro Minute lag im Durchschnitt bei 0,65 (gesamt) und 0,16 (mit Gebäuden), die Verarbeitung der Shapes (Gebäude) pro Minute: 334,76 (Mittelwert) und 230 (Median). Die durchschnittliche Zeit pro Durchlauf dauerte 7 Stunden 23 Minuten. Insgesamt wurden 6.300.853 Gebäude exportiert, mit einem Datenvolumen von 6,184 GB. Die Ergebnisse der einzelnen Durchläufe wurden anschließend in 25 Teile zusammengefasst, wobei die Gebäudedateien zusammenkopiert und die Tabellen zusammengefasst wurden. Gleichzeitig wurde ein weiteres Punktshape erstellt, in das die wesentlichen Attribute für das W3DS Test-Datenbankschema übernommen wurden. Mit diesem Schritt konnte erreicht werden, dass die Daten auf eine überschaubare Anzahl noch handelbarer Datei- und Ordnergrößen reduziert wurden. Gleichzeitig wurden Gebäude, die an den Grenzen der heruntergeladenen Kacheln doppelt auftraten, eliminiert und aus dem Shapefile herausgefiltert. Die Zusammenfassung der Shapes wurde parallel mit 5 Prozessen durchgeführt. Der dafür benötigte Zeitaufwand belief sich auf ca. 1 Tag.

Der Import in die W3DS Datenbank wurde über ein eigenes für die Geodatenbank des W3DS im Rahmen von GDI-3D entwickeltes Datenmanagement-Werkzeug ebenfalls mit mehreren Prozessen gleichzeitig durchgeführt. Ursprünglich verfügt dieses Werkzeug über eine graphische Benutzeroberfläche. Für die Nutzung auf dem Computer-Cluster wurde eine nur über Konfigurationsdateien steuerbare Version entwickelt. Der Zeitaufwand für den Datenimport betrug insgesamt ca. 2,5 Tage. Die reine Bearbeitungszeit

ohne Programmieraufwand belief sich somit auf gut 20 Tage netto für 6,2 Mio. importierte Gebäude. Allerdings ist unklar wo der Engpass beim Download vom WFS liegt. Die Größe der importierten internen Datenbank des W3DS beläuft sich auf ca. 8 GB, was letztendlich einer Datenreduktion von 76% entspricht.

#### 4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Mit der Konvertierung des flächendeckenden Gebäude-Datensatzes von NRW aus dem CityGML-Format ist es erstmals gelungen, einen so großen Datenbestand an Gebäuden in einen W3DS zu integrieren. Unseres Wissens ist es überhaupt der größte existente reale 3D-Gebäudedatensatz in CityGML. Die Bearbeitungszeit der Konvertierung kann für die Zukunft als ein grober Richtwert angesehen werden, da sich die beschriebene Vorgehensweise noch im Entwicklungsstadium befand. So mussten zunächst Erfahrungen gesammelt werden, wie derartig große Datenbestände zu bewältigen sind. Das Projekt kann somit als einen Härtetest für unseren im Rahmen von GDI-3D.de entwickelten W3DS angesehen werden. Aus den während der Bearbeitung gesammelten Erfahrungen ergeben sich für die Zukunft weitere Optimierungsmöglichkeiten, zur Steigerung der Effizienz der Konvertierung. Sowohl der W3DS, als auch die Konvertierungskomponente wird noch weiterentwickelt.

Erste Performancetests mit über 20 gleichzeitig teilnehmenden Mitarbeitern unseres Instituts haben ergeben, dass der W3DS die großen Datenmengen auch im laufenden Betrieb sehr gut und ohne Probleme bewältigt. Im Vergleich zu dem Modellprojekt Heidelberg-3D wurden die Daten trotz der über 6 Mio. Gebäude und des unterlegten deutschlandweiten Geländemodells nicht wesentlich langsamer geladen und dargestellt. Eine Beispielsansicht zeigt Abbildung 3 (Wuppertal-Elberfeld).

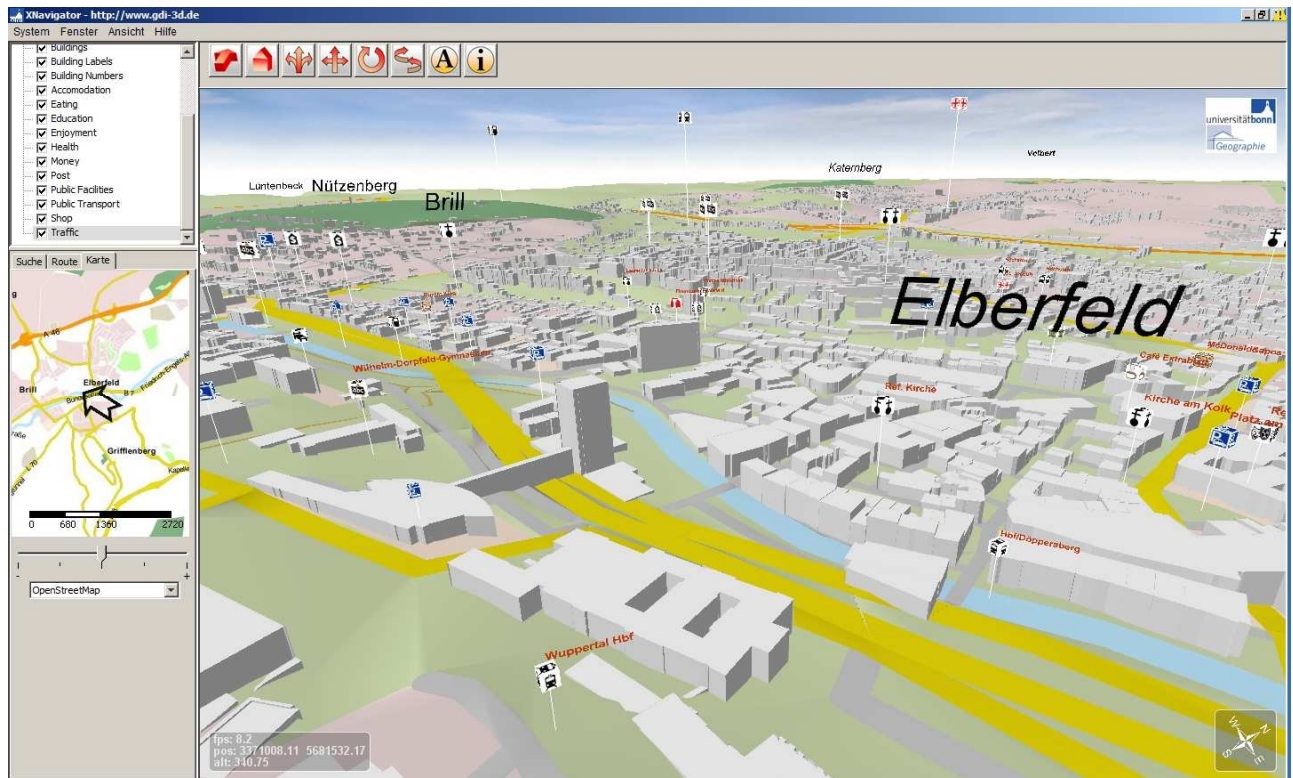


Abb. 3: Beispiel NRW-3D: Wuppertal im XNavigator von GDI-3D.de (LOD1 Gebäude von geoBasis.nrw)

Die Konvertierung der CityGML Daten hat sich allerdings als rechenaufwändig und vor allem als sehr speicherintensiv erwiesen. Dies war der Grund dafür, dass die Berechnung auf dem HPC Cluster der RWTH Aachen durchgeführt wurde. Der hohe Datendurchsatz beim Export der einzelnen Gebäude (durchschnittlich um die 230 Shapes pro Minute bei jedem der parallelen Durchläufe) hat das Filesystem des Clusters allerdings sehr ausgelastet. Dies hat die Gesamtdauer der Konvertierung verlängert. Erst die Aufteilung der Eingangsdaten auf kleinere Dateien, sowie die Verteilung der Konvertierung auf mehrere parallele Durchläufe brachte eine wesentliche Verbesserung der Performance und eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs. Das entstandene Konvertierungswerkzeug zielt für Umrechnungen in dieser Größenordnung vor allem auf Batch-Prozessierung im Rahmen der Datenvorverarbeitung. In einem späteren Entwicklungsstadium kann es als Basis für einen „on the fly“ Konvertierer zur direkten Visualisierung

dienen –wenigstens bei überschaubaren Datenmengen. Weitere Tests mit kleineren Gebieten oder Einzelgebäuden haben ergeben, dass in diesen Fällen der Rechenaufwand weitaus geringer ist und die kleineren Gebiete in kurzer Zeit umgerechnet werden können. Damit ist es mit einem relativ geringem Aufwand möglich, einen bereits berechneten Grunddatenbestand zu erweitern oder einzelne Gebäude oder Gebiete in der Datenbank zu erneuern oder zu verändern.

In weiteren Ausbaustufen wurde der Konverter um den Export der höheren Detailstufen LOD2 und LOD3 sowie Gebäudetexturen ergänzt (vgl. Abbildung 4 - XNavigator mit LOD3-Gebäudemodell). Alle LOD Stufen können sowohl einzeln, als auch nebeneinander im W3DS dargestellt werden. Entsprechende Tests mit weiteren zur Verfügung gestellten CityGML-Testdaten verliefen erfolgreich. Es ist weiterhin geplant den CityGMLKonverter für bestimmte Anwendungen direkt in den XNavigator zu integrieren, um ihn so mit einer lokalen Datenmanagementkomponente zu erweitern. Eine Erweiterung der Importfunktion für weitere Datenformate, wie z.B. externe VRML-Dateien oder Shape3D-Formate, ist ebenfalls angedacht.

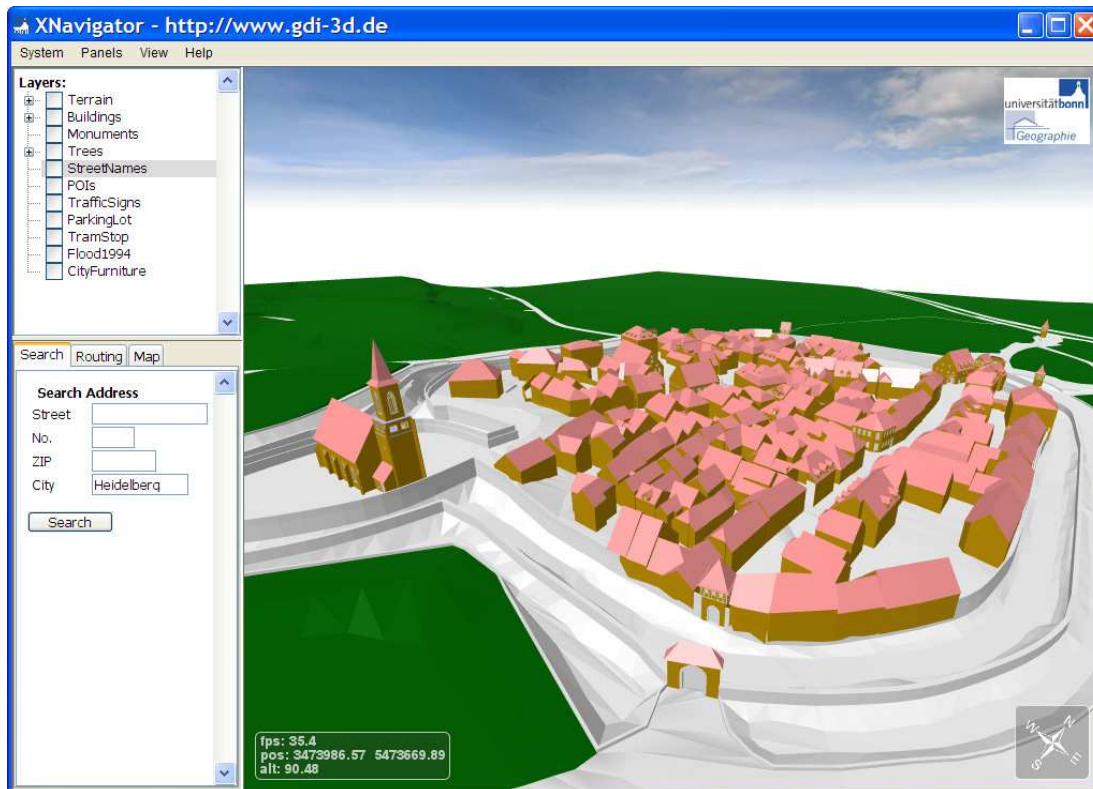


Abb. 4: Beispiel CityGML LOD2+3 Modell (Ettenheim) im XNavigator von GDI-3D.de

Wie oben erwähnt ist die hier vorgestellte Version des Konverters, die auf Basis von OGC Web Services und hierfür optimierten Clients (XNavigator) basiert, nicht die einzige Option. Denn gerade bei 3D-Stadt- und Landschaftsmodellen denkt man schnell an die virtuellen Globen von Google et al.. Daher ist es heute fast unerlässlich das für diesen möglichen Klienten relevante Dateiformat - nämlich KML (Keyhole Markup Language) zu unterstützen. Dies ist auch als Option in unserem W3DS möglich. Die W3DS-Spezifikation erlaubt die Unterstützung beliebig weiterer Graphikformate. Allerdings soll kurz auf die Vor- und Nachteile der Nutzung von Google Earth in diesem Umfeld eingegangen werden:

Abbildung 5 zeigt zur Veranschaulichung das vom W3DS als KML exportierte 3D-Stadtmodell von Heidelberg in Google Earth. Es ist darauf insbesondere zu erkennen, dass die Gebäude nicht genau auf dem Geländemodell von Google aufliegen, sondern zum Teil darüber schweben und zum Teil deutlich darin versinken. Dies liegt daran, dass in der Regel kein direkter Einfluss auf das von Google Earth gelieferte DGM besteht und auch andererseits die Gebäude nicht ohne weiteres relativ zum DGM platziert werden können. Stattdessen ist lediglich ganz platt (all in gleicher Ebene auf Höhe null) oder mit absoluten Höhenangaben möglich. Dies liegt vor allem am zentralen Ansatz von Google, bei dem die ganzen Basisinformationen (DGM und Luftbild) aus einer Hand kommen und eventuell von Dritten angebotene Dateien an diese Referenz angepasst werden müssen.





Abb.5: Vom W3DS von GDI-3D als KML ausgegebenes LOD2 Stadtmodell von Heidelberg in Google Earth mit dort zu ungenauem DGM (Gebäude versinken oder schweben)

Insbesondere in Anwendungen, bei denen auch kleinräumig eine hohe Genauigkeit erforderlich ist, wie z.B. in der Stadtplanung oder im Katastrophenmanagement, ist es nicht optimal, wenn alle Informationen auf den kleinsten gemeinsamen Nenner (größte Genauigkeit) gebracht werden müssen oder eben nicht zusammenpassen. Der verteilte Ansatz einer OGC-konformen GDI als Netz von GI-Diensten, die jeweils eigene Datenquellen kapseln, erlaubt hier eine höhere Flexibilität. So kann z.B. ein zum jeweiligen Stadtmodell passendes DGM genutzt werden, falls dieses zur Verfügung steht. Kolbe (2004) hat schon in den frühen Überlegungen zum W3DS eine Komposition der 3D-Szene sowohl aus mehreren horizontalen (aneinander angrenzende Regionen) als auch vertikalen (unterschiedliche Objektarten von unterschiedlichen Anbietern/Ämtern) Datensätzen vorgesehen.

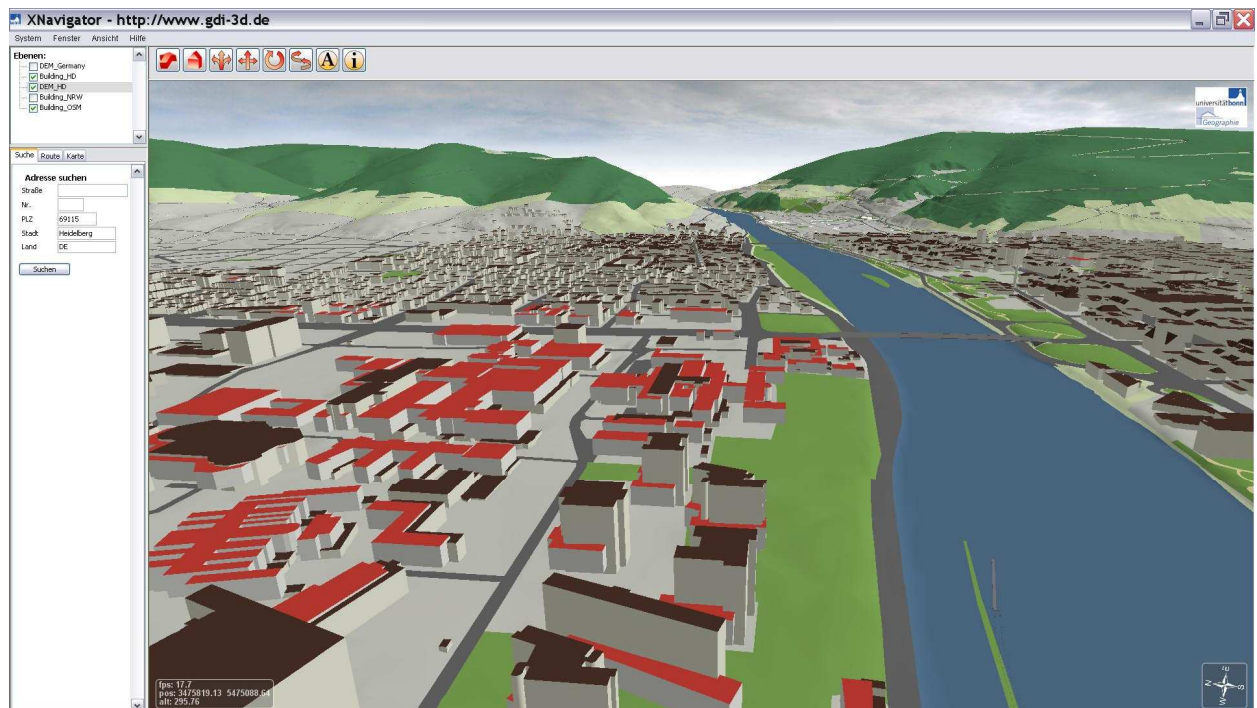


Abbildung 5: Gebäude in LOD1 von zwei unterschiedlichen Quellen per W3DS gleichzeitig im XNavigator dargestellt (amtlicher Datensatz Heidelberg mit braunen Dächern und aus OpenStreetMap erzeugte Gebäude mit roten Dächern).



Dieses Konzept wurde in der GDI-3D Infrastruktur realisiert, da der W3DS mehrere Layer aus unterschiedlichen Datenbanken und Datenquellen unterstützt, die anwendungsbezogen kombiniert werden können. Die oben angedeutete Nutzung von entweder dem SRTM-DGM von Deutschland (das ähnliche Ungenauigkeiten aufweist wie das von Google Earth) oder alternativ den sehr genauen amtlichen DGM (ATKIS) der Vermessungsverwaltung veranschaulichen dies. Für das deutschlandweite SRTM-DGM liegt zudem ein höhenmäßig passender, aus OpenStreetMap gewonnener Gebäudedatensatz vor, der ebenfalls in die GDI-3D Infrastruktur integriert werden konnte (Over et al. 2009). Dieser kann alternativ oder sogar parallel mit den amtlichen Gebäude-Datensätzen vom W3DS gestreamed werden und so im XNavigator dargestellt werden (vgl. Abbildung 5) (wobei die bessere Qualität der amtlichen Gebäudedaten hierbei unbestreitbar ist).

Außerdem erlaubt das Konzept des W3DS - ähnlich zum WMS - eine clientseitige Steuerung der Darstellung mittels des OGC Symbology Encoding (OGC SE). Dieses vom Styled Layer Descriptor (OGC SLD) abgeleitete Format für die Definition von Visualisierungsvorschriften für die (ursprünglich: maßstabsabhängig - hier: LOD-spezifische) Symbolisierung der einzelnen Kartenlayer bzw. Objekttypen (Features) wurde zudem nach 3D (SLD-3D/SE-3D) erweitert (Neubauer, Zipf 2008) und erlaubt unter anderem aus 3D-GIS bekannte analytische DGM-Visualisierungsoptionen wie die Darstellung von Höhenstufen, Hangneigung oder Ausrichtung. Diese Vorschläge werden aktuell als Diskussion Draft in die entsprechenden OGC Arbeitsgruppen eingebracht. In der Kombination mit dem eingebetteten OGC Filter Encoding werden thematische Gebäudedarstellungen per Request von Client-Seite aus möglich. Dies kann unter anderem wie bei WMS-SLD auch dazu genutzt werden ursprünglich aus heterogenen Datenquellen kommende Daten wieder homogen am Client darzustellen. Demgegenüber steht natürlich die von Google Earth bekannte Usability, Verbreitung, Performance und mitgelieferte Menge an Luftbildern. Letztere sind zwar z.T. in einzelnen Kommunen in höherer Qualität verfügbar (vgl. Heidelberg-3D), aber eben kaum flächendeckend zu erhalten. Dies kann flächendeckend kostengünstig nur mit vektoriiellen Landnutzungsdaten, wie denen von OpenStreetMap geleistet werden. Dementsprechend nutzt der erwähnte deutschlandweite W3DS mit SRTM-DGM OSM für die Darstellung der Landnutzung, POI-Symbole und Gebäude, sowie der Adressuche im Geocoder, der Umgebungssuche im Directory Service und der Routenplanung. Interessanterweise werden in einigen Städten auch in OpenStreetMap schon erstaunlich viele Gebäude aufgenommen. Abbildung 6 zeigt beispielhaft das komplett aus OSM-Daten generierte Stadtmodell von Dresden.

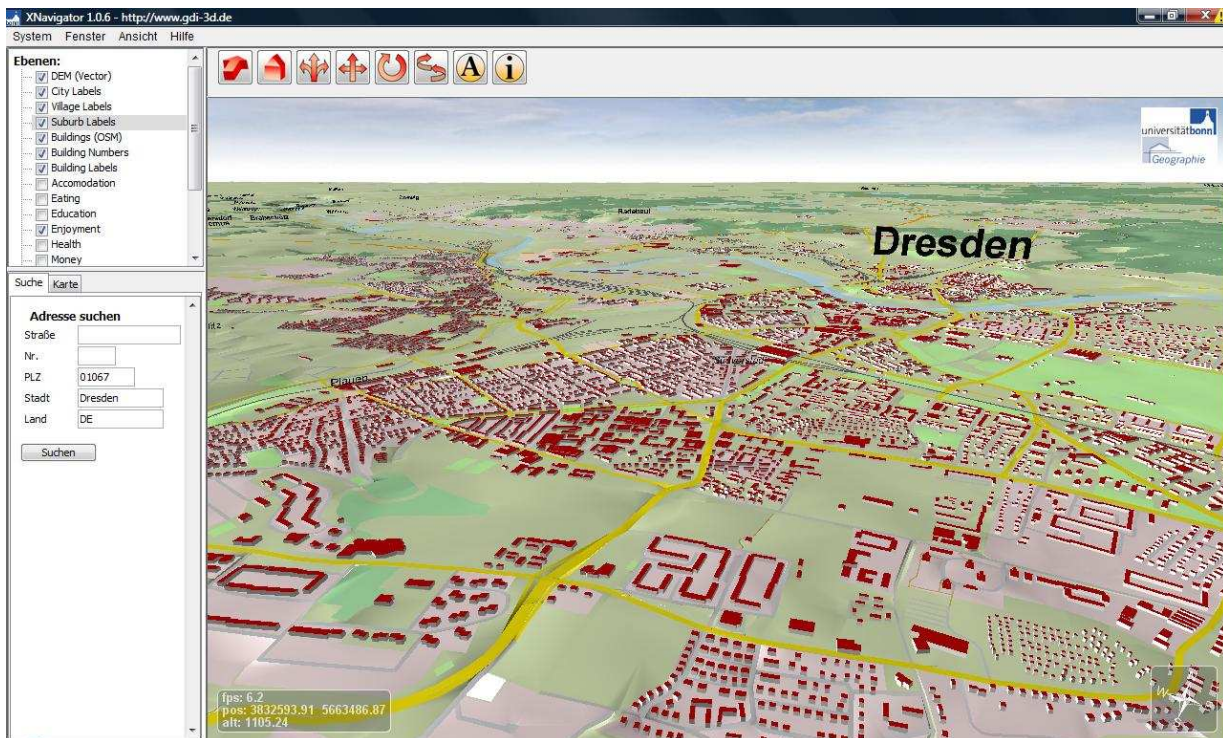


Abbildung 6: 3D-Stadtmodell von Dresden - komplett aus OpenStreetMap-Daten erzeugt. Im XNavigator vom Deutschlandweiten OSM-3D W3DS von GDI-3D.de gestreamed. Vgl. [www.osm-3d.org](http://www.osm-3d.org).



Dies verdeutlicht, dass sowohl mit freien als auch mit amtlichen Geodaten auf Basis offener OGC Standards auch für sehr große Gebiete (Bundesländer und Staaten) und die damit einhergehenden Datenmengen (mehrere Millionen Gebäude) effektive Lösungen auch in 3D erzielt werden können (Abbildung 7 zeigt ein weiteres Beispiel aus NRW-3D auf Basis des amtlichen LOD1-Modells von GEOBasis.NRW). Durch die zunehmende Nutzung von CityGML in den Kommunen wird es nun leichter diese in derartige 3D-Geodateninfrastrukturen einzubetten - egal ob nun noch eigene DGM und sonstige Daten integriert werden sollen, oder nicht.

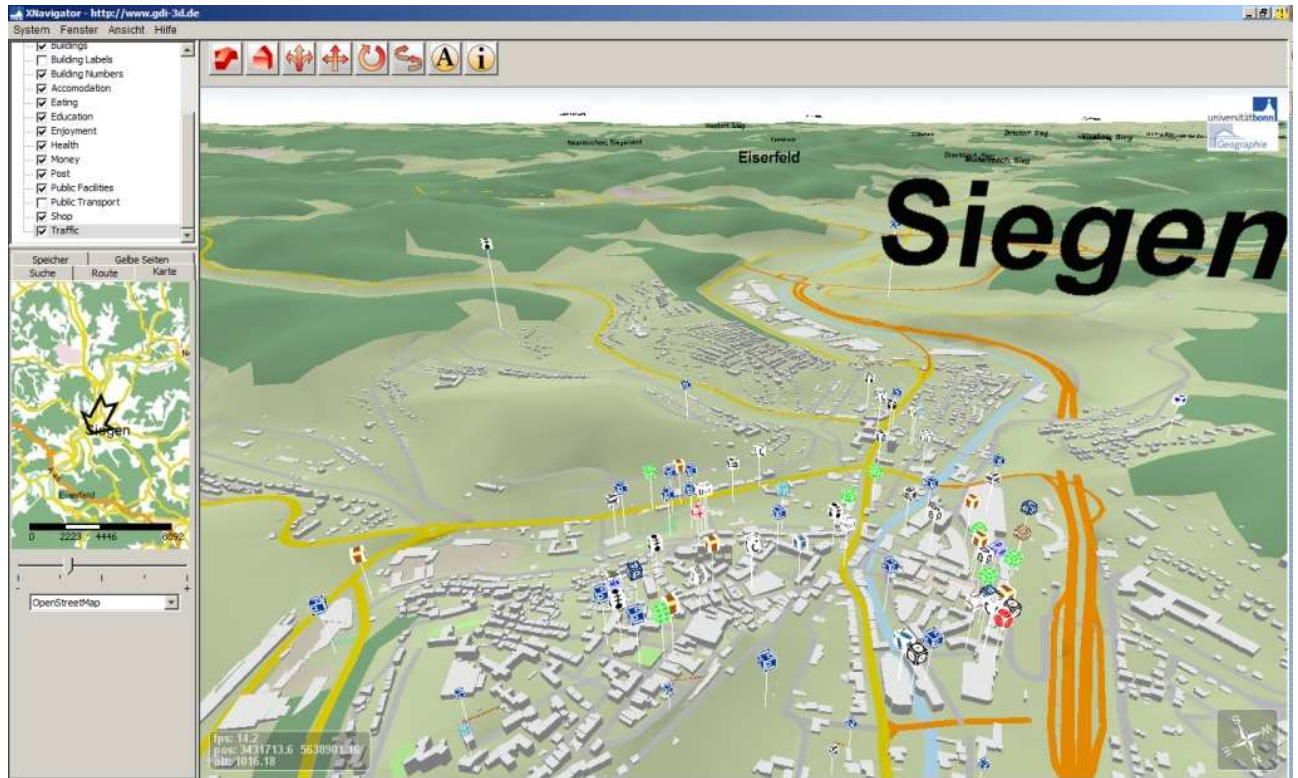


Abb. 7: Siegen; NRW-3D (LOD1-Gebäude von geoBasis NRW) im XNavigator per W3DS von GDI-3D mit WMS Übersichtskarte als Anwendungsreiter. Integriertes SRTM-DGM und POIs von GDI-3D.de

Die erfolgreiche Integration der flächendeckenden CityGML Daten von NRW in den W3DS/XNavigator zeigt, dass das vorgestellte System als eine Erleichterung, bzw. Ergänzung bei städtischen/kommunalen Planungsaufgaben, sowohl großräumig als auch im Detail, eingesetzt werden kann. Einerseits kann das System den gesamten Datenbestand der Gebäude effizient visualisieren, neue oder veränderte Gebäude können mit Hilfe des CityGML Importers schnell dazugeladen werden. Somit lassen sich bei neuen Bauprojekten oder Erweiterungen von Gebäuden die Änderungen, sofern sie vom Architekten im CityGML Format bereitgestellt werden, kostengünstig visualisieren und beispielsweise vorab deren Auswirkungen auf das Landschafts- oder Stadtbild überprüfen, ohne kostenintensive physische 3D Modelle erstellen zu müssen. Dank der integrierten Adresssuche, der Routingfunktion sowie der Gelbe Seiten Umgebungssuche kann das System von Städten und Gemeinden, wie es das Beispiel Heidelberg-3D.de zeigt, als touristisches Portal oder zur Stadtinformation in 3D eingesetzt werden. Auch intern in der Stadtverwaltung wird Heidelberg-3D für Planungszecke genutzt,

Während der Bearbeitung der CityGML Daten aus unterschiedlichen Quellen ist aufgefallen, dass bezüglich der Konvertierung der Ursprungsdaten nach CityGML ein großer Spielraum besteht, selbst innerhalb des Standards. Dies betrifft sowohl die Art und die Verwendung der Attribute und Metainformationen, als auch die Erstellung von Gebäuden und Gebäudeteilen inklusive ihrer Eigenschaften wie der Texturierung oder der farblichen Darstellung. Die Ursachen dafür liegen in der Verwendung unterschiedlicher Werkzeuge und Eingangsformate, um CityGML Dateien zu erstellen, als auch in der Einbindung zusätzlicher Datenbanken mit Attributen, die im Standard nicht definiert sind. Aus der Sicht einer möglichst hohen Kompatibilität beim Import von Dateien aus unterschiedlichen Quellen wäre es wünschenswert, eine möglichst einheitliche Implementierung von CityGML herzustellen. Dazu zählen unter anderen eine eindeutige GebäudeID, die Angabe des verwendeten Koordinatensystems, die Nutzung bereits vorhandener Standardattribute u.ä..

Änderungen am Standard wären aus unserer Sicht dafür nicht unbedingt nötig, da dort nicht alle möglichen Fälle, vor allem an Attributen, berücksichtigt werden können. Stattdessen wird das Vorhaben der Special Interest Group 3D der Geodateninfrastruktur NRW (SIG 3D) begrüßt, gemeinsam mit den Softwareherstellern, Anwendern und Benutzern von CityGML einen einheitlichen Implementierungsleitfaden als best practice Dokument zu erstellen.

## 5 REFERENCES

- CityGML: [www.citygml.org](http://www.citygml.org)
- Czerwinski, A., Gröger, G., Dörschlag, D., Stroh, V., Kolbe, T. H., Plümer, L. (2008): Nachhaltige Erweiterung der Geodateninfrastruktur für 3D-Geodaten auf Basis von CityGML-am Beispiel der EU-Umgebungslärmkartierung. In: Kartographische Schriften, 2007. Jg. 2007, Heft Band 14, S. 67-74.
- GDI-3D: [www.gdi-3d.de](http://www.gdi-3d.de)
- Gröger, G., Kolbe, T. H. (2004): Normen und Standards für 3D-Geodaten. In: Zipf, A., Coors, V. (Hg.): 3D-Geoinformationssysteme: Grundlagen und Anwendungen. 2004.
- Haase M., Zipf, A., Neis, P., de Camargo, V. (2008): Interoperable Routing Services in the Context of Evacuation Schemes due to Urban Flooding. EnviroInfo 2008 Conference. Environmental Informatics and Industrial Ecology. Lüneburg, Germany.
- Hagedorn, B., Schilling, A., Neubauer, S., Zipf, A. (2008): 3D Portrayal Services - Use Cases. Open Geospatial Consortium Discussion Paper (pending). OGC DocNr. 08-140.
- Haist, J., Coors, V. (2005): The W3DS-Interface of Cityserver3D. In: Kolbe, T. H. Gröger, G. (Ed.); European Spatial Data Research (EuroSDR) u.a.: Next Generation 3D City Models. Workshop Papers : Participant's Edition. 2005, pp. 63-67
- Kolbe, T. H. (2004): Interoperable 3D-Visualisierung ("3D Web Map Server") In: Kartographische Schriften. Bonn 2004.
- Kolbe, T. H., Gröger, G. (2004): 3D-Stadtmodellierung auf der Basis internationaler GI-Standards. In: Zipf, Alexander / Coors, Volker (Hg.): 3D-Geoinformationssysteme: Grundlagen und Anwendungen. 2004.
- Mayer, C., Zipf, A. (2009): Integration and Visualization of dynamic Sensor Data into 3D Spatial Data Infrastructures in a standardized way. GeoViz 2009. Contribution of Geovisualization to the concept of the Digital City. Workshop. Hamburg. Germany.
- Müller, M. (ed.)(2005): OpenGIS Symbology Encoding Implementation Specification v. 1.1.0 doc.nr. 05-077r4
- Neis, P., Schilling, A., Zipf, A. (2007): 3D Emergency Route Service (3D-ERS) based on OpenLS Specifications. GI4DM 2007. 3rd International Symposium on Geoinformation for Disaster Management. Toronto, Canada.
- Neis P., A. Zipf (2008): LBS\_2.0 - Realisierung von Location Based Services mit user-generated, collaborative erhobenen freien Geodata In: J. Roth (Hrsg.): 5. GI/ITG KuVS Fachgespräch Ortsbezogene Anwendungen und Dienste, 4.-5. September 2008, Nürnberg. Sonderdruck Schriftenreihe der Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg Nr. 42, ISSN 1867-5433
- Neubauer, N., Over, M., Schilling, A., Zipf, A. (2009): Virtual Cities 2.0: Generating web-based 3D city models and landscapes based on free and user generated data (OpenStreetMap). GeoViz 2009. Contribution of Geovisualization to the concept of the Digital City. Workshop. Hamburg. Germany.
- Neubauer, S., Zipf, A. (2007): Suggestions for Extending the OGC Styled Layer Descriptor (SLD) Specification into 3D – Towards Visualization Rules for 3D City Models, Urban Data Management Symposium. UDMS 2007. Stuttgart. Germany.
- NRW-3D.de LOD1-Gebäude von Nordrhein-Westfalen als Web 3D Service (screenshots & Videos) [www.nrw-3d.de](http://www.nrw-3d.de)
- OGC (2004): OpenGIS® Web Feature Service (WFS) Implementation Specification v. 1.1, doc.nr. 04-094
- OGC (2007): OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. v. 3.2.1, doc.nr. 07-036.
- OpenLS (2005): OpenGIS® Location Service (OpenLS) Implementation Specification: Core Services: v. 1.1, doc nr. 05-016
- OGC (2002): OpenGIS® Styled Layer Descriptor (SLD) Implementation Specification v. 1.0, doc.nr. 02-070
- OGC (2005): Styled Layer Descriptor Profile of the Web Map Service Implementation Specification v. 1.1, doc.nr. 05-078
- OGC (2004): OpenGIS® Filter Encoding Implementation Specification v. 1.1.0, doc.nr. 04-095
- OGC (2005): Web 3D Service, Discussion paper, Ref No. OGC 05-019.
- Over, M., Schilling, A., Neubauer, S., Lanig, S., Zipf, A. (2009 submitted): Virtuelle 3D Stadt- und Landschaftsmodelle auf Basis freier Geodaten. Submitted for AGIT 2009. Salzburg.
- OSM-3D (2009): OpenStreetMap 3D Germany. [www.osm-3d.org](http://www.osm-3d.org)
- Schilling A., Over M., Neubauer S., Neis, P., Walenciak, G., Zipf, A. (2009): Interoperable Location Based Services for 3D cities on the Web using user generated content from OpenStreetMap. UDMS 2009. 27th Urban Data Management Symposium, Ljubljana, Slovenia
- Schilling, A., Basanow, J., Zipf, A. (2007): Vector Based Mapping of Polygons on Irregular Terrain Meshes for Web 3D Map Services. 3rd International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST). Barcelona, Spain. March 2007.
- Schilling, A.; Lanig, S.; Neis, P.; Zipf, A. (2008): Integrating Terrain Surface and Street Network for 3D Routing. 3D Geoinfo 08. 3rd International Workshop on 3D Geo-Information. Seoul. South Korea.
- SIG 3D: <http://www.ikg.uni-bonn.de/sig3d>
- SRTM DGM: Free 90 meter CSI CIGAR version: <http://srtm.csi.cgiar.org/>
- Neis, P., Zipf, A., Schmitz, S. (2008): OpenRouteService.org – Combining Open Standards and Open Geodata. In: The State of the Map. 2nd Open Street Maps Conference, Limerik. Ireland.
- Walenciak, G., Stollberg, B., Neubauer, S. and Zipf, A. (2009): Extending Spatial Data Infrastructures 3D by Geoprocessing Functionality --3D Simulations in Disaster Management and environmental Research. The International Conference on Advanced Geographic Information Systems & Web Services (GEOWS 2009) . Cancun. Mexico.
- Zipf, A., Basanow, J., Neis, P., Neubauer, S., Schilling, A. (2007): Towards 3D Spatial Data Infrastructures (3D-SDI) based on Open Standards - experiences, results and future issues. In: "3D GeoInfo07". ISPRS WG IV/8 International Workshop on 3D Geo-Information: Requirements, Acquisition, Modelling, Analysis, Visualisation. Delft, Netherlands.