

<b>Zeitschrift:</b>	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
<b>Band:</b>	100 (2002)
<b>Heft:</b>	3
<b>Artikel:</b>	3D-GIS-Architektur und Internet-Applikationen
<b>Autor:</b>	Pfund, M. / Fopp, M.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-235883">https://doi.org/10.5169/seals-235883</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## 3D-GIS-Architektur und Internet-Applikationen

Obwohl unsere Welt und deren Objekte dreidimensional sind, reduzieren kommerzielle GIS üblicherweise räumliche Objekte um die dritte Dimension und verwalten nur deren zweidimensionale Projektionen. Die Gründe dafür sind vielfältig: Einerseits fehlen, abgesehen von Visualisierungen, Applikationen für 3D-Daten weitgehend, andererseits ist die Implementierung eines vollständigen 3D-GIS mit entsprechender Datenstruktur sehr komplex. Dieser Beitrag stellt in einem ersten Teil verschiedene heute verwendete Lösungsansätze für 3D-GIS vor. Anschliessend werden Resultate einer Forschungsarbeit präsentiert, die sich mit der Entwicklung und Implementierung einer topologischen Datenstruktur beschäftigt sowie zwei Ansätze, um 3D-GIS-Daten mittels Internet-Technologien einem breiten Publikum zugänglich zu machen.

*Bien que notre monde et ses objets soient tridimensionnels les systèmes SIT ordinaires réduisent normalement les objets spatiaux de leur troisième dimension et ne gèrent que leur projection bidimensionnelle. Les raisons en sont multiples: d'une part, hors mis les visualisations, les applications pour des données 3D font grandement défaut, et d'autre part l'établissement d'un SIT-3D complet avec une structure de données correspondante est très complexe. Cet exposé présente dans une première partie diverses solutions qu'on applique aujourd'hui pour des SIT-3D. Puis sont présentés les résultats d'un travail de recherche qui porte sur le développement et l'établissement d'une structure de données topologiques, ainsi que deux essais permettant l'accès du public aux données SIT-3D au moyen de technologies Internet.*

Sebbene il nostro mondo e i suoi oggetti siano tridimensionali, i SIG commerciali si limitano ai consueti oggetti del territorio a livello di terza dimensione e ne gestiscono solo le proiezioni bidimensionali. Questo è riconducibile ai seguenti motivi: da una parte mancano – a parte l'aspetto della visualizzazione – estese applicazioni per i dati tridimensionali, dall'altra, l'implementazione di un SIG completamente tridimensionale, con relativa struttura di dati, è molto complessa. La prima parte di quest'articolo è mostrare alcuni spunti di soluzioni oggi impiegate per i SIG tridimensionali. In seguito si presentano i risultati di un lavoro di ricerca che intende sviluppare e applicare una struttura topologica dei dati, nonché due idee su come i dati SIG tridimensionali potrebbero essere messi a disposizione del vasto pubblico, ricorrendo alle tecnologie Internet.

M. Pfund, M. Fopp

### 3D-GIS heute

Seit einigen Jahren werden verschiedene Versuche zur Realisierung eines 3D-GIS unternommen. Abhängig von den Voraussetzungen sind verschiedene Strategien und Systemarchitekturen verwendet worden. Um diese Ansätze aus der GIS-Sicht zu beurteilen, sollte man untersuchen, inwiefern sie die vier Grundfunktionen eines GIS zu erfüllen vermögen: Erfassen, Verwalten, Analysieren und

Visualisieren von Daten. Weist ein System in einer dieser vier Aufgaben auch nur teilweise Mängel auf, reduziert dies dessen Brauchbarkeit signifikant. Grundsätzlich kann man sowohl bei der Erfassung und Verwaltung als auch bei der Analyse und der Visualisierung jeweils drei verschiedene Ansätze erkennen (Abb. 1).

#### Datenakquisition und Datenmanagement

Der photogrammetrische Ansatz benutzt die langjährigen Erfahrungen dieser Disziplin bezüglich der Akquisition von 3D-Daten. Das Hauptziel ist üblicherweise die

Produktion und Visualisierung eines Stadtmodells eines festgelegten Gebietes. Diese Techniken produzieren relativ effizient detaillierte Dachlandschaften. Der Nachteil ist, dass sie keine attributive Daten über die Objekte liefern außer «Haus», «Baum», usw. Des Weiteren ist weitgehend kein Konzept zum Datenmanagement erkennbar. Die vorherrschende Philosophie ist: Einmal erheben und nie wieder ändern.

CAD-Systeme hingegen bieten herausragende Editiermöglichkeiten für 3D-Daten. Daten können mit einer hohen Präzision und grossem Detailreichtum erhoben werden. Aufgrund mangelnder Eignung für die grossräumige Datenakquisition, werden CAD-Systeme normalerweise zur Bearbeitung bestehender 3D-Daten gebraucht.

Die dritte Methode verfolgt einen völlig anderen Ansatz. Ausgehend von einer riesigen Menge bestehender 2D-Daten werden mittels adaptiver Datenstrukturen 3D-Objekte berechnet. Das Verfahren ist oft mehrstufig: zweidimensionale GIS-Daten werden mit einem DTM kombiniert und anschliessend mit Informationen über die Objekthöhe oder detaillierteren Informationen über dessen 3D-Aussehen verknüpft. Der Vorteil dieser Methode ist, dass ein 3D-Objekt immer mit einem Original 2D-Zustand zusammenhängt, somit können alle Attribute des 2D-GIS in einem 3D-GIS genutzt werden. Andererseits aber müssen die 3D-Objekte üblicherweise jedes Mal neu generiert werden, wenn sie gebraucht werden. Bei einfachen 2D-Objekten ist dies unproblematisch. Die Flexibilität bei der Verarbeitung komplexer Objekte mit individuellen Shapes, oft auch verbunden mit manuellen Nachbesserungen, ist allerdings limitiert.

#### Datenanalyse und Präsentation

Die Visualisierungslösungen reichen von einer statischen 3D-Ansicht über CAD und VRML Applikationen bis zu spezialisierten Anwendungen wie ESRI's Spatial Analyst. Es ist aber all diesen Systemen gemeinsam, dass sie, wenn überhaupt, nur wenig Analysefunktionalität bieten. Man kann zwar immer rein visuelle Ana-

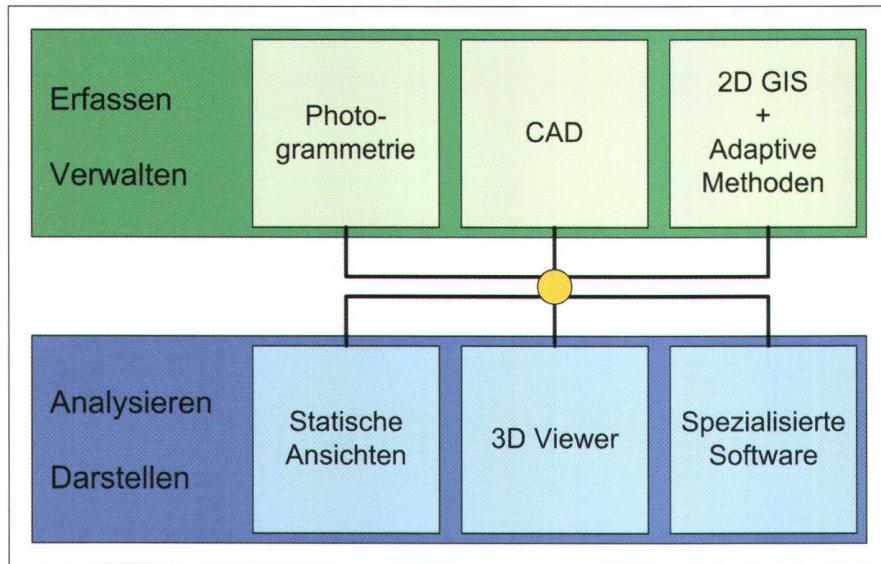


Abb. 1: Schematische Darstellung heutiger 3D-GIS-Architekturen.

lysen durchführen, wie die Wirkung eines neuen Gebäudes in einer bestehenden Umgebung. Andere Funktionalitäten aber wie z.B. Distanzmessung in der dritten Dimension, Überlagerungsoperationen, mathematische Operationen wie Buffer, Volumen- oder Oberflächenberechnung usw. fehlen meistens.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass heutzutage die meisten Applikationen und Datenstrukturen für 3D-Geodaten im Hinblick auf die Visualisierung optimiert sind. Normalerweise lassen sie GIS relevante Informationen, wie Attribute aber auch Topologie aus. Die Konsequenz dieser Vereinfachungen ist, dass zwar Datenerfassung und Visualisierung möglich sind, die Systeme aber kaum langfristige Datenverwaltung oder Analysen erlauben. Soll aber das gesamte Funktionalitätsspektrum, das wir von 2D-GIS kennen, also auch die Verwaltung und Analyse von 3D-Geodaten möglich sein, braucht es als Grundvoraussetzung adäquate geometrische und topologische Datenstrukturen.

## Datenmodell für die Geometrie

Das geometrische Datenmodell ist eine der zentralen Komponenten für ein GIS. Auch wenn Datenmodelle für 3D-Objekte erst in neuster Zeit in GIS implemen-

tiert oder zumindest teilweise unterstützt werden, so sind die grundsätzlichen Techniken im CAD-Bereich seit längerer Zeit etabliert. Sie müssen aber, um dem speziellen Charakter von GIS gerecht zu werden, an deren Gegebenheiten angepasst werden. Eine oft verwendete Modellierungsmethode ist die Randdarstellung (B-Rep). Dabei werden mittels dreidimensionaler Polygone die Begrenzungsf lächen eines Objektes definiert. Die Randdarstellung ermöglicht für eine Vielzahl von Körpern eine exakte Beschreibung und in den anderen Fällen eine gute Approximation.

Die Randdarstellung ist eine logische Weiterführung des Knoten-Kanten-Modells. Sie ermöglicht eine topologisch korrekte Repräsentation der Objekte. Zudem können durch dieses Modell nicht nur Festkörper modelliert werden, sondern auch die weiteren geometrischen Objekte: Festkörper bestehen aus Flächen, Flächen aus Kanten, Kanten aus Knoten und diese wiederum aus drei Koordinaten. Die Randdarstellung ermöglicht zudem eine redundanzfreie Verwaltung der Geometrie eines Projektes und garantiert somit die Datenintegrität längerfristig. Dies ist gerade bei den sehr hohen Investitionskosten für 3D-Daten unabdingbar.

## 3D-GIS-Architektur

Im Augenblick entwickeln wir einen Prototypen für ein 3D-Vektor-GIS, «SOMAS» (Solid Object Management System) genannt. Das Hauptaugenmerk dieses Projekts liegt auf der Entwicklung und Implementierung eines passenden geometrischen und thematischen Datenmodells sowie auf der Optimierung des Datenmanagements (Speicherung und Zugriff). Zudem will man ein Werkzeug erhalten, mit dem in Zukunft Untersuchungen im Bereich 3D- und 4D-Analysen gemacht werden können. Aus verschiedenen Gründen wurde beschlossen, Geometrie und Topologie in einer relationalen Da-

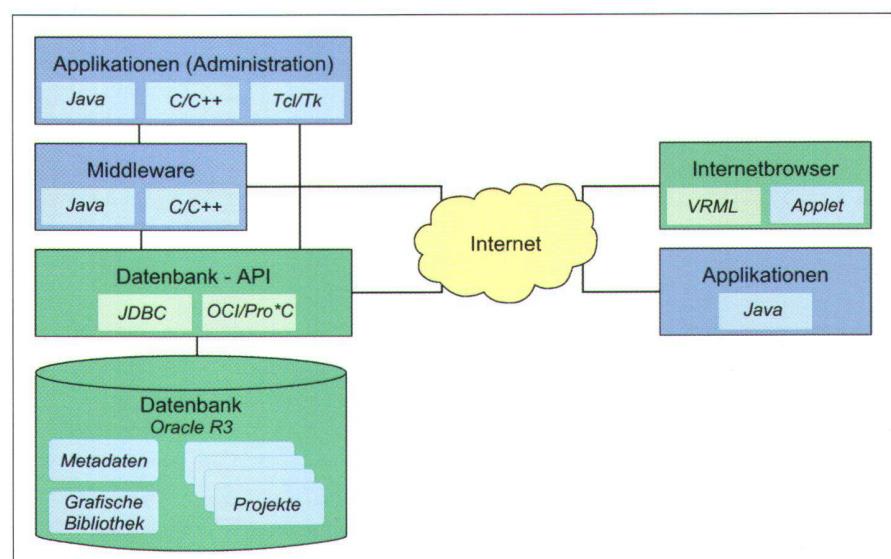


Abb. 2: Architektur von SOMAS.

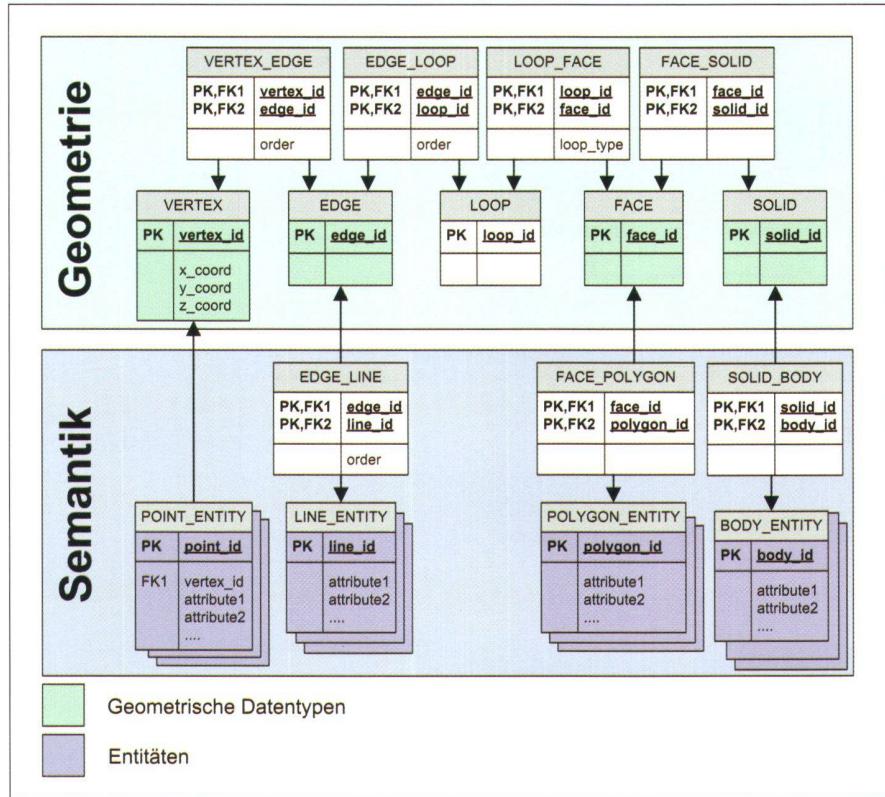


Abb. 3: Relationales Datenmodell einer topologischen 3D-GIS-Datenstruktur.

tenbank zu speichern. B-Rep kann ohne grosse Probleme auf ein relationales Modell abgebildet werden. Darüber hinaus bieten Datenbanken verschiedene Funktionen zur Sicherstellung der Datenintegrität und -sicherheit, sowie beim Datenzugriff und der Speicheroptimierung.

## Datenbank

Der zentrale Baustein der Architektur ist demnach die (Oracle-) Datenbank. Alle Daten, also Geometrie- und Attributdaten, Metadaten sowohl zum (Sach-) Datenmodell als auch zu den einzelnen Projekten und Repräsentations- und Userdaten werden darin gespeichert. Wegen der fehlenden Unterstützung der dritten Dimension wurde gänzlich auf Oracle Spatial verzichtet und ausschliesslich Basisfunktionalität, die von jeder grösseren Datenbanksoftware unterstützt wird, verwendet. Dadurch, dass sowohl Daten als auch Struktur in einer Datenbank verwaltet werden, wird ein Maximum an Flexibilität erreicht. Diese Architektur erlaubt es dem Entwickler von Anwendungen, je

nach Anforderungen über Schnittstellen direkt auf die Daten zuzugreifen oder auch vorhandene Middleware zu benutzen. Weiter unten werden zwei solche Applikationen im Kapitel «3D-GIS im Internet» vorgestellt.

## Geometrisches Datenmodell

Das Geometrische Datenmodell entspricht wie oben erwähnt einer erweiterten Umsetzung einer Randdarstellung. Es besteht aus den vier geometrischen Datentypen Knoten, Kante, Oberfläche und Festkörper. Um Oberflächen mit Löchern modellieren zu können, wird ein weiterer Typ, die Schlaufe, eingeführt. Jede Fläche besteht aus einer äusseren und beliebig vielen inneren Schlaufen. Dies wird mit dem Attribut «loop\_type» verwaltet. In den vier obersten Tabellen in Abbildung 3 (vertex\_edge bis face\_solid) werden die topologischen Beziehungen zwischen den Geometrien gespeichert. Das Attribut «order» wird beispielsweise verwendet, um die Reihenfolge der Punkte innerhalb einer Kante zu verwalten.

Diese zwar sehr sauber strukturierte, im Zugriff aber nicht immer sehr schnelle Struktur wird durch mehrere Indizes ergänzt, die zum Teil auch abgeleitete (und oft auch redundante) Topologien verwalten. So wird zum Beispiel für Visualisierungen oft die Information benötigt, welche Punkte in welcher Reihenfolge eine Fläche definieren. Durch das Einführen einer entsprechenden Tabelle kann der Zugriff signifikant beschleunigt werden.

## Attributive Daten

Grundsätzlich werden geometrische und attributive Daten getrennt gespeichert. Dadurch kann erreicht werden, dass jedes geometrische Element, auch wenn es Bestandteil mehrerer Entitäten ist, nur einmal gespeichert werden muss. Es gibt demnach die Geometrietabellen für jedes Projekt nur einmal. In den thematischen Tabellen werden demnach ausschliesslich Attribute verwaltet. Die Relation zur Geometrie erfolgt bei Punkten direkt, bei den anderen Objektarten über eine Zwischenstabelle. Dies erlaubt beispielsweise Flächen, die aus mehreren Facetten zusammengesetzt werden, als Einheit zu verwalten.

## 3D-GIS im Internet

Wie für 2D-GIS-Daten besteht auch für 3D-Daten ein grosses Interesse, diese einem breiten Publikum zugänglich zu machen. Es war uns deshalb ein Anliegen, im Rahmen des Projektes auch Möglichkeiten zu untersuchen, wie sich 3D-GIS-Funktionalität im Internet realisieren lässt. Wir haben dabei zwei grundsätzlich unterschiedliche Methoden verwendet: Die erste verwendet VRML (Virtual Reality Modeling Language), die zweite wurde als Java-Applet implementiert.

## 3D-Welten beschreiben mit VRML

VRML ist eine Beschreibungssprache für die Visualisierung von 3D-Geometrien bzw. -Welten. Zur Darstellung einer VRML-Datei braucht es ein Plugin, das meist in einem Webbrowser läuft. Plugins gibt es von verschiedenen Herstellern, die häufig abweichende Implementierungen

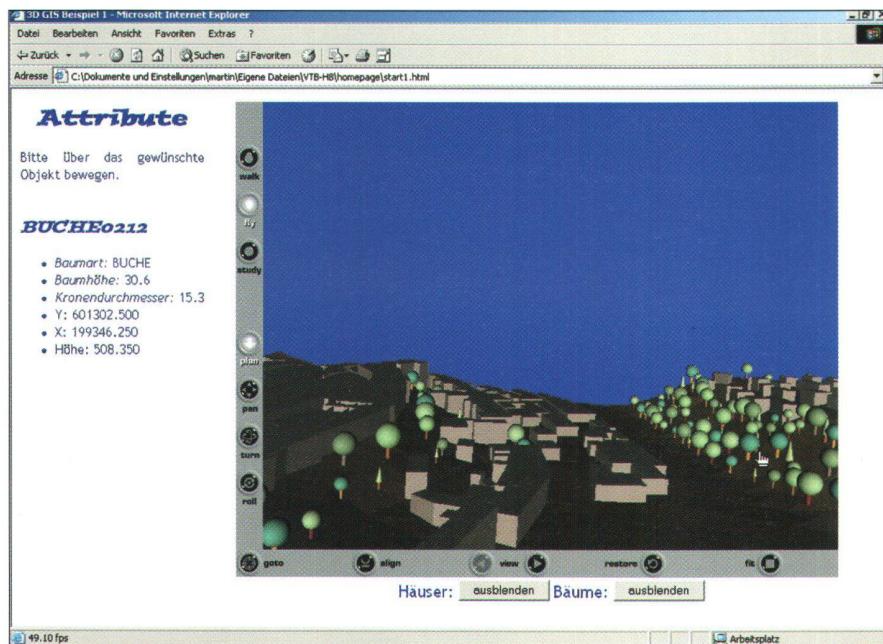


Abb. 4: VRML-GUI: Wenn mit der Maus ein TouchSensor eines Baumes ausgelöst wird, werden dessen Attribute in das linke Browserframe ausgegeben.

des Standards aufweisen. VRML bietet den Vorteil, dass viele Funktionalitäten zur Interaktion, wie zum Beispiel Touchsensoren, bereits vordefiniert sind, dafür kann man keine zusätzlichen hinzufügen. Damit die in SOMAS vorhandenen Daten mittels VRML visualisiert werden können, wurde ein Programm geschrieben. Dieses ist als Middleware zwischen SOMAS und dem Webserver konzipiert. Die Daten können entweder einmal exportiert und anschliessend auf einem Webserver interessierten zur Verfügung gestellt werden oder der Websurfer kann den Perimeter und die gewünschten Entitäten definieren und erhält all dies in einer Datei zugeschickt.

Die Datenstruktur ist statisch, es besteht jedoch teilweise die Möglichkeit neue Daten nachzuladen. VRML, für Multimediaanwendungen konzipiert, kann geometrische und thematische Daten nicht getrennt ablegen. Damit nicht nur die reinen Geometriedaten betrachtet werden können, werden die Sachdaten zusammen mit den Geometriedaten abgelegt. So können mittels Javascript und Sensoren die Sachdaten im Browserfenster präsentiert werden. Das bedeutet aber auch, dass neue geometrische Daten zusam-

men mit ihrer Thematik nachgeladen werden können. Besteht jedoch der Wunsch, bestehende Daten zu ändern, muss ein neuer Export aus SOMAS vorgenommen werden.

Somit bietet VRML keine echten GIS-

Funktionalitäten, vor allem fehlt die Möglichkeit zur Erfassung und Manipulation von Daten. Die VRML-Lösung ist somit ein zwar simpler, doch für Visualisierungen genügender Viewer. Die Hardware-Anforderungen für einen Webserver sind gering, da nach der Erstellung der Datei nur Speicherplatz für diese bereitgestellt werden muss. Auf der Clientseite bestehen keine aussergewöhnlichen Anforderungen bezüglich der Hardware. Auf Grund der grossen Datenmengen (mehrere Megabytes) muss aber mit längeren Ladezeiten gerechnet werden.

### 3D-GIS-Client mit Java

Das plattformunabhängige Java, mit der Spracherweiterung Java3D, bietet im Gegensatz zur VRML-Lösung bedeutend mehr Möglichkeiten, GIS-Funktionalitäten anzubieten, da Java eine Programmiersprache und nicht eine Datenbeschreibungssprache ist. Somit können in ihr alle denkbaren Funktionen und Methoden programmiert werden. Was aber aus GIS-Sicht bedeutender ist, ist der Umstand, dass die geometrischen und thematischen Daten getrennt verwaltet werden können. Dies bietet unter anderem

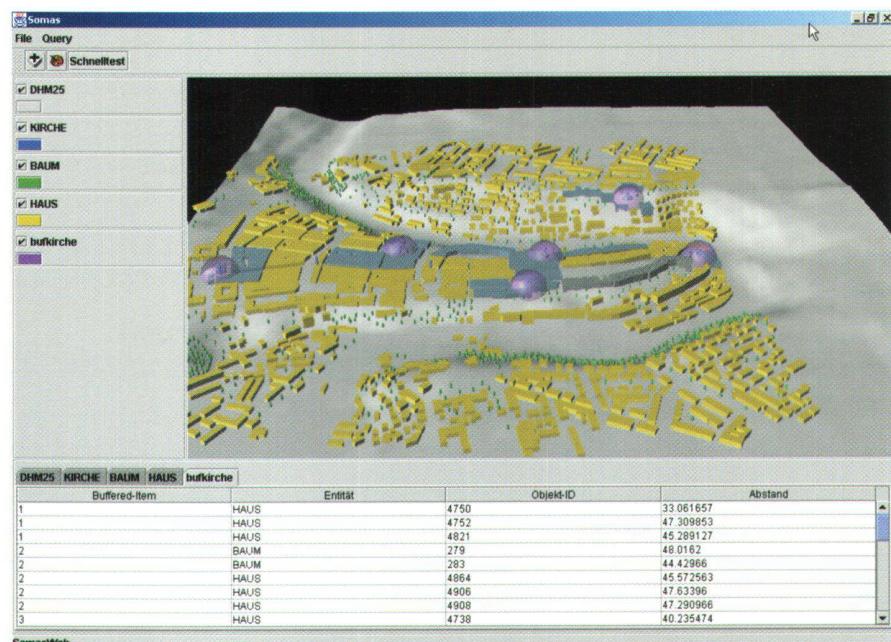


Abb. 5: Java-Client: Es wurden alle Gebäude selektiert und in eine neue temporäre Entität geschrieben, die innerhalb eines Buffers von 50 m um alle Kirchen liegen, die höher als 36 m sind.

Vorteile bei der Verarbeitung von Abfragen.

Die Java-Applikation kann entweder als Applet in einem beliebigen Browser mit einem Java-Plugin oder als allein stehendes Programm ausgeführt werden. In beiden Fällen muss aber eine ständige Verbindung über das Netzwerk bestehen, denn diese Applikation ist eine klassische Client-Server-Lösung.

Das Konzept der Benutzerführung ist an gängige GIS-Viewer angelehnt. Durch eine vorgängige räumliche und thematische Selektion kann die Ladezeit, vor allem gegenüber der VRML-Lösung, verkürzt werden. Gleichzeitig bietet diese Lösung von 2D-GIS her gewohnte Funktionalitäten, die jedoch für den 3D-Raum erst konzipiert werden müssen. Es ist auch möglich, die in VRML fehlenden Funktionalitäten im Bereich Erfassung und Manipulation von Daten bereitzustellen. Somit

kann mit Java ein GIS-Client programmiert werden.

Java wie VRML besitzen jeweils ihre Vorteile und Nachteile. Die Benutzerführung erfordert bei beiden eine Einarbeitungsphase. Der Hauptnachteil bei VRML ist die fehlende Erweiterbarkeit. Es sollte aber je nach Anwendung abgeschätzt werden, ob die in VRML vorhandenen Funktionen nicht ausreichen. Beide Varianten sind prinzipiell plattformunabhängig. Allerdings können bei VRML, auf Grund der unterschiedlichen Implementierungen des Standards, Browser- und Pluginabhängige Einschränkungen auftreten. Beide Varianten besitzen ihr spezifisches Einsatzgebiet. VRML ist bei statischen Anwendungen, zum Beispiel bei einer Visualisierung eines Kurortes in 3D, sehr geeignet. Sind die Anforderungen aber höher, erscheint eine Lösung in Java geeigneter, die dann beliebig ausbaubar ist.

## Literatur:

Fopp Martin, 2001. 3D-GIS im Internet, Semesterarbeit am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie.

Fopp Martin, 2001. Analysefunktionen für ein 3D-Internet-GIS, Diplomarbeit am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie.

Pfund Mattias, 1999. Geometrische Modellierung dreidimensionaler Objekte in Geo-Informationssystemen, Tagungsband zur Weiterbildungstagung vom 14. Oktober 1999 in Zürich.

Pfund Mattias, 2001. Topologic Data Structure for a 3D-GIS, 3rd ISPRS Workshop on Dynamic and Multi-Dimensional GIS, 23.–25. Mai 2001 in Bangkok, Thailand.

Mattias Pfund, Martin Fopp  
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie  
der ETH Zürich  
ETH Hönggerberg  
CH-8093 Zürich  
pfund@geod.baug.ethz.ch  
martin.fopp@gmx.net  
www.gis.ethz.ch

## GIS von morgen schon heute

**GEONIS für ArcGIS, das moderne GIS für anspruchsvolle Kunden und Projekte**



**GEOCOM**  
INFORMATIK AG

- **GEONIS web**  
die GIS-Abfragestation für die Analyse im Internet und Intranet.
- **GEONIS user**  
die GIS-Desktoplösung für den täglichen, flexiblen Einsatz.
- **GEONIS expert**  
das flexible Expertensystem für die Datenerfassung und -pflege.
- **GEONIS tools**  
z.B. Interlis Studio, Plot Studio und GEONIS mobile für maximale Produktivität.

Besuchen Sie uns am 20./21. März  
an unserem Ausstellungsstand an der  
GIS/SIT 2002 in Zürich.

