

Orientierungshilfe

3D-Stadtmodelle



AG 3D-Stadtmodelle des
AK Kommunales Vermessungs- und Liegenschaftswesen des
Städtetages Nordrhein-Westfalen

3D-Stadtmodelle

Eine Orientierungshilfe für die Städte in NRW

Erstellt durch die
AG 3D-Stadtmodelle
des AK Kommunales Vermessungs- und
Liegenschaftswesen des Städtetages NRW

Arbeitsgruppenmitglieder:

Stadt Bochum
Stadt Düsseldorf
Stadt Düsseldorf
Stadt Essen
Stadt Hagen
Stadt Krefeld
Stadt Solingen
Stadt Wuppertal

Stadt Wuppertal

Ingbert Ridder
Kurt Nellessen
Jörg Albert
Jörg Schubert
Christoph Buddendick
Udo Hannok
Ulrich Herting
Bettina Petzold
(Leitung)
Holger Wanzke
(Betreuung)

1. Vorwort

Die vorliegende Orientierungshilfe baut auf der Handlungsempfehlung „Geodatenmanagement“ des Städtetages NRW vom September 2003 auf. Dort wurde bereits auf die Notwendigkeit hingewiesen, in den Städten ein Geodatenmanagement aufzubauen und dafür die organisatorischen Rahmenbedingungen zu schaffen. Ziel des Geodatenmanagements ist es, Geoinformationen für weitere Anwendungen innerhalb der Stadtverwaltung koordiniert bereitzustellen und externen Kunden diese Informationen nutzergerecht zur Verfügung zu stellen. Da die Kommunen zur Erfüllung ihrer unterschiedlichen Aufgaben bereits immer mehr dreidimensionale Daten verwenden oder zukünftig einsetzen werden, ist der Aufbau eines Geodatenmanagements auch für 3D-Stadtmodelle dringend erforderlich.

Hierzu bietet es sich an, die Koordinierungsfunktion bei den Vermessungs- und Katasterämtern anzusiedeln, da diese bereits zuverlässig die Grundversorgung an Geobasisdaten im kommunalen Bereich gewährleisten und hierfür fachlich bestens geeignet sind.

Mit der Führung der topographischen Geobasisdaten in digitaler Form eröffnet sich erstmals für die Vermessungs- und Katasterämter die Möglichkeit, ihren Grundversorgungsauftrag auch auf die dritte Dimension zu erweitern. Was noch fehlt ist der Datenfluss, die Integration der verschiedenen Datenquellen in ein leistungsfähiges Datenmodell, die Sicherstellung der Fortführung und die benutzergerechte Visualisierung der Daten.

Für die Realisierung eines flächendeckenden 3D-Stadtmodells durch die Vermessungs- und Katasterämter sind noch einige Hürden zu überwinden:

- Nicht immer sind die Modelle ausreichend multifunktional, um möglichst viele Anwendungen abzudecken.
- Die auf dem Softwaremarkt angebotenen Lösungen erfüllen nicht alle fachlichen Anforderungen gleichzeitig.
- Die geometrische Genauigkeit sollte bereits in der Aufbauphase hohen Ansprüchen genügen, da spätere Qualitätssteigerungen nur schwer einzufügen sind.
- Konkrete Auftraggeber für einen flächendeckenden Aufbau fehlen, dafür gibt es viele diffuse Interessen.
- Bei der derzeitigen finanziellen Situation vieler Städte können neue Aufgaben meist nur durch Reduzierung bestehender Aufgaben realisiert werden.

Bei allen Hindernissen gibt es dennoch Wege voranzukommen:

- Bei der Erstellung von 3D-Stadtmodellen der Kommunen sollten die Vermessungs- und Katasterämter im Sinne des Geodatenmanagements die Federführung übernehmen. Als Anbieter der für die Erstellung der 3D-Stadtmodelle erforderlichen aktuellen Basisdaten sollten sie diese Schlüsselposition nutzen.
-

- Möglichkeiten eröffnen sich durch Programme zur automatisierten Ableitung von 3D-Modellen aus vorhandenen Geobasis-Datenbeständen wie der ALK.
- Mit der Einführung des neuen Datenmodells für das Liegenschaftskataster – ALKIS – gibt es noch bessere Möglichkeiten, 3D-Objekte mit den Geobasisdaten zu verknüpfen. Diese Chancen sind zu nutzen.
- Die Realisierung kann auch stufenweise erfolgen; über kleine Projekte kann der Wert von 3D-Stadtmodellen aufgezeigt und ihr Nutzen verdeutlicht werden.

Zudem zeichnet sich neuer Handlungsbedarf ab:

- Die EU-Richtlinie zur Minderung von Umgebungslärm (2002/49/EG) verpflichtet zukünftig zu regelmäßigen detaillierten Lärmausbreitungsberechnungen, die nur auf der Grundlage von stetig fortgeführten 3D-Stadtmodellen erfolgen können.
- Der entstehende Markt der 3D-Navigationssysteme erwartet verlässliche und regelmäßige Zulieferer aktueller Daten.

Der vorliegende Bericht der AG "3D-Stadtmodelle" des Städtetages NRW soll die Vermessungs- und Katasterämter bei der Bewältigung dieser Aufgabe unterstützen.

Neben einer Einführung in die allgemeinen theoretischen Grundlagen von 3D-Stadtmodellen wird eine Zusammenfassung über die Anwendungsgebiete und bereits realisierte Anwendungen auch außerhalb von NRW gegeben. Für die eigene Beurteilung der auf dem Markt erhältlichen Verfahren wird ein Überblick gegeben, der Besonderheiten jeder Lösung im Hinblick auf kommunale Anwendungen hervorhebt. Dabei wird bewusst kein abschließendes Urteil im Sinne eines „Warentestes“ abgeben, der Anwender muss die für seine jeweilige Aufgabenstellung optimale Lösung selbst finden. Die vorliegende Orientierungshilfe ist nur eine Momentaufnahme des Jahres 2004. Die dynamische Entwicklung in diesem Marktsegment macht eine ständige Beobachtung besonders bezüglich der Entwicklungen in ALKIS, der Datenformate und der Fortführung der Modelle erforderlich.

Der Arbeitsgruppe sei im Namen der Mitgliederstädte des Städtetages NRW für die geleistete Arbeit auch an dieser Stelle gedankt.

Folkert Kiepe

Beigeordneter des Städtetages Nordrhein-Westfalen

für Stadtentwicklung und Kultur, Bauen, Wohnen und Verkehr

2. Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort	2
2. Inhaltsverzeichnis	4
3. Kurzfassung	7
4. Komponenten von 3D-Stadtmodellen	11
5. Anwendungsgebiete	12
5.1 Ergebnisse der AG "Anwendungen / Zielgruppen" innerhalb der SIG 3D	12
5.2 Visualisierungsanwendungen	13
5.2.1 Stadtplanung	13
5.2.2 Wirtschaftsförderung	15
5.2.3 Tourismus	16
5.2.4 Vorbereitung von Großveranstaltungen	17
5.3 Ingenieurtechnische Anwendungen	18
5.3.1 Lärmschutz	18
5.3.2 Modellierung des Stadtklimas, Standorte für Gewinnung erneuerbarer Energien	20
5.3.3 Hochwasserschutz / Katastrophenschutz	20
5.3.4 Mobilfunk	21
5.3.5 Unterirdische Strukturen im 3D-Modell: Stadtentwässerung, Grundwasser, Altlasten	21
5.4 3D-Navigationssysteme	22
6. Grundsätze zur Modellierung und Speicherung von 3D-Daten	25
6.1 Digitales Geländemodell	25
6.2 Datenmodellierung für 3D-Stadtmodelle	26
6.2.1 Constructive Solid Geometry	26
6.2.2 Boundary-Representation	26
6.2.3 Derzeitiger Stand	27
6.2.4 Detaillierungsgrad und Quasi-Standards	27
6.3 Datenhaltung für 3D-Stadtmodelle	28

6.4	Datenaustausch	29
6.4.1	Virtual Reality Modeling Language, VRML	29
6.4.2	Geography Markup Language, GML	30
6.5	ALKIS als Grundlage für 3D-Stadtmodelle	31
7.	Ableitung von 3D-Stadtmodellen	32
7.1	Digitale Geländemodelle	32
7.1.1	Ableitung aus flugzeuggestützt ermittelten Höhenkoten.....	33
7.1.2	Stereoauswertung analoger oder digitaler Luftbilder.....	33
7.2	3D-Gebäudemodelle.....	33
7.2.1	Datenbeschaffung, -nutzung und -auswertung.....	34
7.2.2	Fortführung der 3D-Stadtmodelle.....	37
7.2.3	Texturierung.....	38
7.3	Genauigkeitsanforderungen an ein 3D-Stadtmodell	40
7.4	Fazit	40
8.	Technische Möglichkeiten der Visualisierung von Modellen	42
8.1	Standbild-Visualisierung.....	42
8.2	Visualisierung mit Videotechnik	43
8.3	3D-Viewer und -Auskunftssysteme	44
8.3.1	Allgemeines	44
8.3.2	Web3D-Viewer.....	45
8.3.3	3D-Auskunftssysteme.....	45
9.	Kosten, Aufwand und Kriterien zur Entscheidungsfindung	47
10.	Ausblick (Quo Vadis 3D-Stadtmodelle?)	48
10.1	Expertise "Digitale Oberflächenmodelle und 3D-Stadtmodelle" der AdV	48
10.2	Ergebnisse und Zukunftsaussichten.....	48
11.	Anlagen	51
11.1	Abkürzungen und Definitionen	51
11.2	Literaturhinweise	53
11.3	Internet Links	55
11.4	bekannte Stadtmodelle.....	55
11.5	Kriterien Stadtmodelle	56

11.6 Zielgruppen und Anwendungen für Digitale Stadtmodelle und Digitale Geländemodelle	69
11.7 UML-Notation geometrisch-topologisches Basismodell	73
11.8 Detaillierungsgrade, LoD	75
11.9 3D-Viewer bzw. –Auskunftssysteme (Auswahl)	76
11.9.1 Artepolis	76
11.9.2 Blaxxun	77
11.9.3 CityGRID	77
11.9.4 Cortona	78
11.9.5 COSIMIR	78
11.9.6 In3D	78
11.9.7 LandXplorer	79
11.9.8 TerraExplorer	79
11.9.9 TerrainView	79
11.9.10 TRIDICON	80
11.9.11 VirtualGIS	80
11.9.12 Walkinside	81

3. Kurzfassung

Begriffsbestimmung und Anwendungsbereiche

3D-Stadtmodelle kommen in immer mehr Bereichen der öffentlichen Verwaltung zum Einsatz, ihre Pionierphase ist inzwischen abgeschlossen. Nach ersten Einsätzen im Hochwasserschutz werden dreidimensionale Daten heute nicht nur im Städtebau und in der Stadtplanung genutzt, auch die Tourismusbranche und Institutionen der Wirtschaftsförderung greifen verstärkt auf 3D-Stadtmodelle zurück, ebenso erfolgt der Einsatz für Lärmschutz, Navigation und Telekommunikation und vieles mehr.

Aber was sind 3D-Stadtmodelle? Sie beschreiben die Form der Erdoberfläche einschließlich aller Aufbauten in digitaler Form und ermöglichen die virtuelle Darstellung existierender oder geplanter Gebäude und Gebäudekomplexe, ja ganzer Stadtszenen. Werden die Oberflächen zusätzlich mit Texturen versehen, so erscheint das Modell noch realitätsnaher.

In den Anwendungsfeldern Stadtplanung, Tourismus und Wirtschaftsförderung spielt insbesondere die Visualisierungskomponente eine große Rolle. Sie unterstützt im Laufe des Planungsprozesses wesentlich die Gestaltung zukünftiger Gebäude und macht somit die bisher genutzten Papp- und Holzmodelle überflüssig. Von diesen Vorteilen profitiert nicht nur der Planer, auch die Bürger können mit Hilfe dieser virtuellen Modelle aktiver an den Abwägungen verschiedener Varianten teilhaben.

Im Bereich der Wirtschaftsförderung spielt neben der Visualisierung der vorhandenen und geplanten Gebäude auch die Darstellung der Infrastruktur eine wichtige Rolle. Hier wie im Bereich Tourismus werden hauptsächlich aus 3D-Stadtmodellen abgeleitete Videos zur Kundengewinnung eingesetzt.

Bei ingenieurtechnischen Anwendungen wird deutlich weniger Wert auf die Visualisierung gelegt, hier steht der Einsatz in anderen Anwendungen, z.B. für Simulationsrechnungen, deutlich im Vordergrund.

Für die Erstellung von Lärminderungsplänen ist zunächst die Berechnung der Lärmausbreitung erforderlich. Dazu werden die Geländedaten und die Lärmquellen, aber auch die Hindernisse und somit im Wesentlichen die Gebäude benötigt. Je genauer sie vorliegen, desto zuverlässiger können die Ausbreitung berechnet und die Maßnahmen zur Minderung ergriffen werden. Dies gilt auch für die Simulation von Hochwasserereignissen, die Planung von Evakuierungen und von Sicherungsmaßnahmen.

Im Umweltbereich spielen 3D-Stadtmodelle für Spezial-Anwendungen eine immer bedeutendere Rolle, zum Beispiel bei der Berechnung des Stadtklimas oder der Suche nach Dachflächen, die für die Gewinnung von Solarenergie besonders geeignet sind. Und auch die Anbieter von Navigationssystemen planen, ihre Kunden in Zukunft mit Hilfe von dreidimensionalen und somit anschaulicheren Daten zum Ziel zu führen.

Besondere Perspektiven scheinen sich für 3D-Stadtmodelle im Lärmschutz und für Navigationsanwendungen zu eröffnen. Mit der neuen EU-Richtlinie zur Minderung von Umgebungslärm werden erhöhte Anforderungen an die Lärmausbreitungsberechnungen gestellt, die sich nur mit Hilfe von ständig fortzuführenden 3D-Stadtmodellen wirtschaftlich erfüllen lassen. Im

Bereich der Navigationssysteme scheint sich ein großer Markt für die Datenzulieferung zu eröffnen.

Software-Entwicklung und Standardisierung

Die Kommunen werden als Anbieter von 3D-Stadtmodellen eine wichtige Rolle spielen. Dies erfordert aber noch einige Entwicklungen im DV-Bereich. Software-Produkte, die sowohl die Erfassung, Datenhaltung und Präsentation von 3D-Stadtmodellen im gleichen System ermöglichen, sind nur im CAD-Bereich zu finden und erfüllen damit nicht alle Anforderungen besonders an stadtweite 3D-Stadtmodelle. Ebenso fehlen Datenbanken, die echte 3D-Volumenobjekte speichern können. Dagegen existieren aber Schnittstellenformate, die 3D-Objekte abbilden und vor allem Visualisierungsprogramme bedienen können. Somit sind zurzeit zwar Datentransfers über verschiedene Schnittstellen erforderlich, es können aber für die unterschiedlichen Komponenten jeweils diejenigen Anwendungen genutzt werden, die gerade hierfür ihre Stärke zeigen.

Bei der Datenmodellierung können zwei verschiedene Modelle eingesetzt werden, die konstruktive Festkörpergeometrie (Constructive Solid Geometry, CSG) und die Randflächendarstellung (Boundary-Representation, B-Rep). Letztere hat sich durchgesetzt, besonders aufgrund der schnellen Visualisierung und der Möglichkeit, den Flächen direkt Texturen zuzuordnen zu können.

In verschiedenen Gremien, besonders in der Geodateninitiative NRW (GDI NRW), wurden für den erforderlichen Datenaustausch zwischen den einzelnen Komponenten Standards definiert. Als solche haben sich GML (Geography Markup Language) und VRML (Virtual Reality Modeling Language) durchgesetzt. GML ist eine Erweiterung des Textformates XML, mit der Geodaten objektorientiert, modellbasiert und plattformunabhängig modelliert werden können. VRML ist ein systemunabhängiger Standard, mit dem eine vollständige dreidimensionale Beschreibung inklusive Oberflächendarstellung und Beleuchtung möglich ist.

Für die Visualisierung, aber auch für viele technische Anwendungen ist es erforderlich, die Objekte in verschiedenen Detaillierungsstufen zu präsentieren und somit auch vorzuhalten. Dies ist besonders bei der Präsentation von Vorteil, da weit entfernte und somit im Hintergrund liegende Objekte nicht mit einer großen Detailschärfe dargestellt werden müssen. Nur mit entsprechend vereinfachten Strukturen ist es möglich, auch Modelle größeren Umfangs in einer für den Anwender akzeptablen Zeit zu präsentieren.

Für die verschiedenen Stufen der Detaillierung, Level of Detail (LoD), haben sich die folgenden Standards herausgebildet:

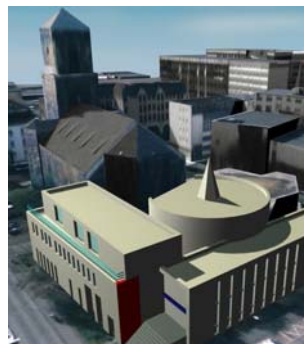
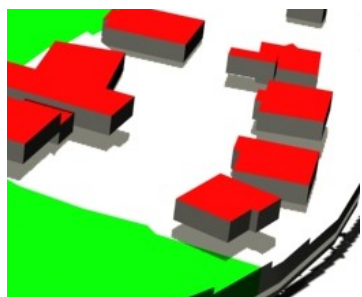
LoD 0: Regionalmodell (2,5 D; DGM)

LoD 1: Klötzchenmodell ohne Dachformen und Textur

LoD 2: Detailliertes Modell mit differenzierten Dachformen, Textur optional

LoD 3: Fein ausdifferenziertes Architekturmodell mit Textur

LoD 4: Innenraummodell



Beispiele für die Detaillierung von 3D-Stadtmodellen: Klötzchenmodell (LoD 1) und detailliertes Modell (LoD 2)

Kosteneffiziente Realisierung

Zur Realisierung von 3D-Stadtmodellen können selbstverständlich verschiedene Verfahren genutzt werden; die Ausgangsdaten werden in nahezu allen Fällen beim Vermessungs- und Katasteramt geführt oder in deren Auftrag erfasst. Beispielsweise liefert flugzeuggestütztes Laserscanning eine Punktwolke, mit deren Hilfe ein wenig detailliertes Modell schnell visualisiert werden kann. Detaillierte Fassaden- und Innenraum-Aufmaße können durch terrestrisches Laserscanning erfolgen. Bei beiden Verfahren müssen für die weitere Bearbeitung aus den Punktwolken mit Hilfe von Softwaretools Vektoren abgeleitet werden.

Als am einfachsten zu realisierendes Verfahren und somit als der Königsweg zu 3D-Stadtmodellen gilt die Ableitung aus den Daten des Liegenschaftskatasters! Die Grundrissdaten der Gebäude stehen in der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) nahezu flächendeckend digital zur Verfügung. Die Gebäudehöhe kann, falls keine anderen Informationen vorliegen, jederzeit genähert aus der Anzahl der Stockwerke berechnet werden. Dabei können weitere Faktoren wie Alter oder Nutzung des Gebäudes eingehen. So lassen sich aussagekräftige 3D-Stadtmodelle als Klötzchenmodell im LoD 1 ableiten. Werden dann noch die vereinzelt bei den ALK-Datenbeständen vorgehaltenen Firstlinien mit eingerechnet, ergeben sich schon allein durch die Nutzung der ALK-Daten realitätsnahe Modelle im LoD 2. Anwendungen, die lediglich mit den aus der ALK ausgespielten Gebäudegrundrissen und einigen attributiven Werten "gefüttert" werden müssen, haben Marktreife erreicht und werden bereits von mehreren Kommunen genutzt. Zur Fortführung der Modelle können die Fortführungsinformationen des Liegenschaftskatasters genutzt werden. Die zukünftig in ALKIS realisierte Normbasierte Austauschchnittstelle (NAS) und die Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung (NBA) werden die Möglichkeit bieten, die Fortführung der 3D-Stadtmodelle nahezu zeitgleich mit der Fortführung des Liegenschaftskatasters vorzunehmen. Geringfügige Ergänzungen der Erfassungsvorschriften des Liegenschaftskatasters würden die Ableitung von Modellen mit einem höheren Detaillierungsgrad und somit noch weiteren Anwendungsfeldern ermöglichen.

Detaillierte 3D-Stadtmodelle können wirtschaftlich erstellt werden, wenn die Erfassung gleichzeitig mit anderen Fachaufgaben verknüpft wird. Es gibt Beispiele für eine erfolgreiche Zusammenarbeit der Vermessungs- und Katasterämter mit anderen Fachdisziplinen, z.B. bei der Gebührenberechnung für die Einleitung von Niederschlagswasser und bei der Lärmberechnung. Auch im Bereich der Funknetzplanung und der Hochwassermodellierung bietet sich eine Zusammenarbeit offensichtlich an. Generell sollte heute vor Beginn von terrestrischen oder photogrammetrischen Erkundungs- oder Messarbeiten immer der

Nutzen für alle vorhandenen oder geplanten Anwendungen einer Kommunalverwaltung, also auch der Nutzen für die 3D-Modellierung geprüft und berücksichtigt werden.

Weiteres Vorgehen

In der Handlungsempfehlung „Geodatenmanagement“ des Städtetages NRW vom September 2003 wurde bereits auf die Bedeutung hingewiesen, die die koordinierte und nutzer-gerechte Bereitstellung von Geoinformationen für weite Anwendungen innerhalb der Stadtverwaltung und für externe Kunden hat. 3D-Stadtmodelle sind ein wichtiger Bestandteil dieses Geodatenmanagements! Die Vermessungs- und Katasterämter können und sollten auch in diesem Anwendungsbereich die Schlüsselposition als Lieferant von Basisinfor-mationen nutzen, die zudem über die beschriebenen Fortführungsprozesse ständig aktualisiert werden können. Für die Lieferung und Fortführung dieser Daten ist es erforderlich, dass einige Erfassungsvorschriften geändert werden und alle verwaltungsinternen Prozesse genutzt werden, Informationen zur dritten Dimension zu sammeln. Dann sollte es gelingen, den 3D-Stadtmodellen zu ihrer eigentlichen Bedeutung zu verhelfen.

4. Komponenten von 3D-Stadtmodellen

Ein 3D-Stadtmodell beschreibt und georeferenziert die vollständige dreidimensionale Ausformung der Erdoberfläche einschließlich aller Aufbauten in digitaler Form. Es ermöglicht dem Betrachter einer Präsentation die vollständige visuelle Erfassung einer realen oder geplanten Stadtszene bzw. stellt einen vollständigen 3D-Datenbestand für eine 3D-Fachanwendung, z.B. für Lärmausbreitungsberechnung, zur Verfügung.

Abhängig von den vorgesehenen Anwendungszwecken bzw. dem gewählten Detaillierungsgrad (Level of Detail (LoD), vgl. Kapitel 6.2.4) enthält ein 3D-Stadtmodell folgende Objekte/Objektgruppen, evt. mit zusätzlichen Fachdaten:

- dreidimensionale Beschreibung der Geländeform (Geländemodell)
- Gebäude einschließlich (wesentlicher) Dachaufbauten
- Texturen der Geländeoberfläche (Orthophotos oder Karten)
- Texturen der Gebäudeaußenflächen (Photos oder Graphiken)
- unterirdische Bauwerke
- sonstige Elemente wie
 - Brücken und Tunnel
 - Ober- und unterirdische Ver- und Entsorgungseinrichtungen
 - Vegetation und Bäume
 - Straßenmöbel
 - Einrichtungen zur Verkehrsregelung und -lenkung.

In frühen Projekten wurde häufig versucht, alle Bestandteile eines 3D-Stadtmodells in einem Datenmodell zu vereinigen und die Erhebung, Speicherung und Präsentation der Modelle mit nur einer Software vorzunehmen. Dies ist nur bei sehr kleinen, räumlich eng begrenzten Projekten sinnvoll, bei denen auch auf die Nachhaltigkeit kein großer Wert gelegt wird. Zur Aufstellung von großräumigen, vielfach nutzbaren Modellen hat sich der heutige Weg bewährt, die Bestandteile Geländemodelle, Gebäude, Texturen und sonstige Aufbauten getrennt mit spezialisierten Softwareprodukten zu erheben, zu bearbeiten und zu speichern. Lediglich bei der Präsentation bzw. bei der Datennutzung werden im Sinne des 3D-Geodatenmanagements die Bestandteile anforderungsgerecht zusammengeführt.

5. Anwendungsgebiete

Die Anwendungsmöglichkeiten von 3D-Stadtmodellen sind umfangreich. Mögliche Einsatzbereiche liegen u.a. in den Bereichen Stadtplanung, Wirtschaftsförderung, Tourismus, Navigation und Telekommunikation sowie dem Lärm- und Hochwasserschutz.

Zu den Anwendungsgebieten sollen hier zunächst die vorliegenden Untersuchungen aus der Initiative Geodateninfrastruktur NRW (GDI NRW) vorgestellt werden, ehe einzelne Themenbereiche aus der Sicht der AG eingehender beleuchtet werden.

5.1 Ergebnisse der AG "Anwendungen / Zielgruppen" innerhalb der SIG 3D

Das Land NRW möchte eine verbesserte Nutzung der Geoinformationen erreichen. Voraussetzung zu dieser Aktivierung des Geodatenmarktes ist ein einfacher Zugang zu den Informationen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die Initiative GDI NRW ins Leben gerufen.

Als Organisationsform wurde ein PPP-Modell (Public Private Partnership) gewählt, in dem Kommunen, Forschungseinrichtungen, IT-Unternehmen und Nutzer von Geoinformationen eine gemeinsame Geodateninfrastruktur aufbauen sollen. Ziel ist es, den Markt für Geoinformationen zu aktivieren und die Nutzung der behördlichen und privaten Geodaten auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene zu optimieren.

Innerhalb der GDI NRW wurde im Mai 2002 eine Special Interest Group zum Thema 3D gegründet, die SIG 3D. In der Auftaktveranstaltung bekundeten bereits 46 Teilnehmer ihr Interesse am Thema 3D, insbesondere an 3D-Stadtmodellen. Inzwischen hat die SIG 3D ca. 60 aktive Mitglieder aus Industrie, Verwaltung und Wissenschaft. Um die unterschiedlichen Teilaufgaben lösen zu können, wurden unterschiedliche Arbeitsgruppen gegründet, unter anderem die AG "Anwendungen / Zielgruppen". In ihr waren Mitarbeiter der Vermessungs- und Katasterämter aus Dortmund, Düsseldorf, Essen und Wuppertal vertreten, die auch Mitglieder dieser Arbeitsgruppe des Städtetages sind. Bereits vorhandene oder in naher Zukunft geplante Anwendungsfelder wurden zusammengestellt: Dies waren insbesondere geplante Anwendungen in der Lärmausbreitung und im Aufgabenbereich der Wirtschaftsförderung, im Mobilfunk und in der Navigation. In vom Hochwasser betroffenen Städten spielt das 3D-Stadtmodell als Bestandteil einer komplexen Simulation ebenfalls eine Rolle. Die Stellung der Vermessungs- und Katasterämter als zentrale Datenlieferanten wurde durch diese ersten Abfragen bestätigt. In einigen Ausnahmefällen sind auch andere Ämter die treibende Kraft, wie zum Beispiel das Planungsamt in der Stadt Köln.

Um weitere Informationen über vorhandene und mittelfristig geplante Anwendungen zu erhalten, wurde in der AG ein Erhebungsbogen ausgearbeitet, der abschließend an alle Mitglieder der SIG 3D geschickt wurde. Aus allen Informationen wurde eine tabellarische Übersicht erstellt, die bereits auf den von der AG Modellierung der SIG 3D aufgestellten Level of Detail (LoD; vgl. Kapitel 6.2.4) aufbaut.

Im Anhang (Kapitel 11.6) sind die Ergebnisse der AG "Anwendungen / Zielgruppen" mit Stand Mai 2003 aufgeführt. Auf einige der genannten Anwendungsbereiche und neue Entwicklungen soll hier näher eingegangen werden.

5.2 Visualisierungsanwendungen

5.2.1 Stadtplanung

Im Zuge der Internationalisierung und Globalisierung der Wirtschaft und Gesellschaft hat sich zunehmend auch eine Liberalisierung der Stadtplanung entwickelt. In manchen städtebaulichen Planungen haben starke Akteure wie Grundstückseigentümer, Investoren und Unternehmer Teilaufgaben der Stadtplanung übernommen. Sie sind in einer Welt der offenen Märkte in der Lage, räumliche Alternativen für ihre Immobilieninvestitionen zu finden, frei nach dem Motto "mehr privat, weniger Staat". Ein zentrales Interesse der Investoren ist die maximale Verwertbarkeit der Grundstücke, wobei in vielen Fällen die ästhetischen, baukulturellen und funktionalen Ansprüche an die Architektur und Stadtplanung zurückgestellt werden.

Dem steht die öffentliche städtebauliche Planung als parzellenübergreifende architektonische Gestaltung und die Gestaltung privater Besitzrechte am städtischen Raum entgegen. Das wichtigste Instrument der Gemeinde als Trägerin der Planungshoheit ist dabei der Bebauungsplan, der entscheidenden Einfluss auf Gebäudenutzung und -funktion, Bodenpreisentwicklung und Baugestaltung ausübt.

An der Aufstellung des Bebauungsplanes ist dabei in mehreren Etappen die Öffentlichkeit zu beteiligen. Um die Verständlichkeit des technokratischen B-Planes für die Öffentlichkeit zu erhöhen, bedient sich die Stadtplanung oft gestalterischer Hilfsmittel, wie z.B. des maßstäblichen Tischmodells oder in den letzten Jahren zunehmend stärker auch des virtuellen Computermodells. Architektonische und städtebauliche Gestaltung ist dabei in stärkerem Maße als andere technische Disziplinen von Annahmen und Vermutungen geprägt [Bourdakis 1997], was sich aber nicht ohne weiteres offenbart. Das baulich vollendete Ergebnis städtebaulicher Planung weicht in der öffentlichen Wahrnehmung gelegentlich mehr oder minder stark von den Eindrücken ab, die sich in der Planungsphase bei Beurteilung der Pläne und Modelle ergeben haben. In Planungsvorhaben der Vergangenheit musste die dreidimensionale Information (also das Gebäude und die Geländetopographie) in einer zweidimensionalen Zeichnung oder Skizze übermittelt werden, die aber oft nur Fachleuten inhaltlich zugänglich und völlig verständlich war. Manchmal wurde für die Öffentlichkeitspräsentation auch eine begrenzte Anzahl von isometrischen Perspektivzeichnungen angefertigt. Die neuartigen virtuellen 3D-Anwendungen verbessern damit nunmehr die Teilnahme des Bürgers an einem demokratischen Planungsprozess [Bishop, Dave 2001].

Die interaktive Erfahrbarkeit der städtebaulichen und architektonischen Veränderungen in der Stadt soll durch virtuelle 3D-Stadtmodelle wesentlich verbessert werden. Von hoher Bedeutung für den Einsatz von virtuellen 3D-Stadtmodellen sind dabei Möglichkeiten, von bestimmten Standpunkten aus Sichtbeziehungen zu visualisieren, Verdeckungen zu prüfen, markante Änderungen der Stadtsilhouette sichtbar zu machen oder Verschattungen im jahreszeitlichen Verlauf ausfindig zu machen. Es ist dabei eine wichtige Voraussetzung, dass die Systeme dem Benutzer einen hohen Grad an „Immersion“ ermöglichen, d.h. ein „Eintauchen“ in die virtuelle Welt und ein Erleben der virtuellen Welt aus einer wirklichkeitsnahen Perspektive.

Schon aus dieser Anwendung im Planungsprozess leiten sich wichtige Anforderungen an virtuelle Stadtmodelle ab:

- präzise Abbildung des Gebäudeumrisses
- genaue, möglichst wirklichkeitsnahe Abbildung der Gebäudehöhe und der Dachgeometrie
- genaue, wirklichkeitsähnliche Abbildung der Gebäudefassaden und der Erdoberfläche durch fotografische oder grafische Gestaltung
- interaktive Navigierbarkeit in Echtzeit
- Darstellung von Modellen mit einer genügend großen räumlichen Ausdehnung mit hohem Detaillierungsgrad.

Das Zusammenwirken der hier aufgeführten Fakten dient der Erhöhung der Glaubwürdigkeit des konkreten Planungsvorhabens und der grundsätzlichen Eignung des 3D-Modells für Zwecke der Stadtplanung. Eine zu hohe Abstraktion von Tisch- oder Computermodellen kann dazu führen, dass die Planungspräsentation in der später fertig gestellten baulichen Realität nicht wieder erkannt wird. Das soll aber nicht bedeuten, dass jegliche Verwendung von Abstraktion im 3D-Modell grundsätzlich abzulehnen ist. Aus diesem Grund ist auch bei der Navigation im Modell anzustreben, dass eine möglichst intuitive Bedienung und Interaktion möglich ist, um natürliche und alltägliche Handlungsweisen wie Gehen, Umsehen, etc. nach minimaler Einarbeitung in die Steuerungstechniken nachvollziehen zu können. Die Begehrbarkeit des geplanten Objektbereiches erlaubt so in fortgeschrittenem Maße ein Erleben des Planungsergebnisses und ermöglicht damit ein unmittelbares Feedback [Boytscheff 2004].

Analog ist natürlich auch die Überprüfung und Visualisierung eines städtebaulichen Missstandes denkbar, der anhand eines Modells einige Planungsgrundlagen für die Begründung und Durchführung einer städtebaulichen Sanierungsmaßnahme liefert. Bei der Verwendung solcher Modelle im Internet oder an öffentlichen Infoterminals lassen sich auch neue Formen der Bürgerbeteiligung in diesen äußerst komplexen städtebaulichen Verfahren realisieren. Angesichts des demographischen Wandels hat diese Anwendung an Bedeutung gewonnen – was sich auch in der Novelle des BauGB zum 20.07.2004 (Stadtumbau und Stadtrückbau) manifestiert hat.

Städtebau ist aber nicht nur als Prozess optischer Gestaltung zu sehen, sondern auch als iterativer Prozess der Integration vielfältiger, teilweise konkurrierender Interessen und Anforderungen an die Funktionalität einer Stadt (z.B. Luftqualität, Lärmschutz und Freiraumversorgung), die sich zudem in ständiger Bewegung, z.B. Änderung des Baukörpers innerhalb der Stadt, Änderung von Verkehrsflüssen von außerhalb der Stadt befinden. Städtebauliche Entwürfe betreffen also stets sehr viele Menschen und involvieren eine Vielzahl von Fachdisziplinen [Bott 2004]. Damit wird die hochwertige Visualisierung neuer Entwürfe und die wirklichkeitsnahe Simulation der Auswirkungen (z.B. Lärm, Luft, Klima, Besonnung und Verschattung) von Entwürfen aus einer zusammenhängenden Datenquelle / Datenbank ein wichtiges Anliegen der Planer.

Die breite Verfügbarkeit leistungsfähiger Computer macht nunmehr die Ablösung des statischen perspektivischen 2D-Isometrieentwurfs auf Papier möglich und ergänzt oder ersetzt das maßstäblich verkleinerte Tischmodell aus dem klassischen Architekturmodellbau. Die Überprüfung von baulichen Dimensionen aus der Sicht des Fußgängers ist im virtuellen Modell genauso gut möglich wie die Betrachtung einer neuen Stadtsilhouette aus dem Blickwinkel des Flugzeugpassagiers. Fotografische Tricks und Makroaufnahmen mit Spezialobjek-

tiven im maßstäblichen Tischmodell werden allmählich entbehrlich. Die noch anhaltende Diskussion im traditionellen Städtebau und der Architektur mit künstlerischen und kulturellen Ansprüchen an den manuellen schöpferischen Vorgang zeigt noch eine gewisse Ablehnung der neuen Visualisierungstechniken – möglicherweise aus der Angst heraus, Kreativität an den Computer zu verlieren. Inzwischen erscheint diese technikkonservative Einstellung durch die Arbeit vieler Architekten und Stadtplaner und den Aufbau umfassender virtueller Stadtmodelle in zahlreichen deutschen Großstädten aber weitgehend von der Realität überholt zu sein; deswegen sollte dieses Papier vielmehr ein Anstoß sein, diese Technik auszuprobieren, anzuwenden und mitzugestalten.

Trotz aller erzielten Anfangserfolge besteht bei der Anwendung von virtuellen Stadtmodellen noch Entwicklungsbedarf für die Zukunft. Zu den funktionalen Fernzielen von 3D-Stadtmodellen gehören weiterhin gesteigerte Möglichkeiten der Interaktion und Auswertung:

- Einfache Änderungen am Modell lassen sich während der Beratungen im politischen Gremium oder bei Öffentlichkeitsterminen realisieren, z.B. Austausch eines 20m hohen Gebäudes durch ein 30m hohes Gebäude, oder Visualisierung der Baustrukturen vor und nach Ablauf einer städtebaulichen Sanierung
- freies Verschieben, Drehen oder Verändern von Gebäuden oder Verkehrswegen
- „Just-in-time“-Ermittlung von städtebaulichen Kennzahlen wie Baumassenzahl, Geschossflächenzahl, Grundflächenzahl, First- und Traufhöhen, Abstandsflächen oder von städtebaulichen Missständen
- Visualisierung des „Baurechts auf Zeit“, d.h. festgelegter städtebaulicher Nutzungsabfolgen (vgl. § 9 BauGB v. 20.07.2004) z.B. bei Folgenutzungen nach Veranstaltungen wie der EXPO Hannover 2000 oder sportlichen Großveranstaltungen.

Der zusätzliche Aufwand zur Erstellung von virtuellen 3D-Stadtmodellen in Ergänzung oder als Ersatz des Tischmodells ist bei vielen Bauprojekten durchaus gerechtfertigt, da die Langlebigkeit von Gebäuden oder gar städtebaulicher Strukturen eine äußerst gründliche Arbeit im Planungsprozess erforderlich macht und Fehlentscheidungen verhindert werden müssen. Insbesondere bei der Realisierung visionärer Großprojekte, die den Einsatz hoher finanzieller Mittel erfordern, bedarf es oft einer hochwertigen visuellen Präsentation, um die unterschiedlichen Akteure in den komplexen Entscheidungsprozessen einer pluralistischen Gesellschaft überzeugen zu können.

Die komplexen Anwendungsfälle eines 3D-Geoinformationssystems in Städtebau und Architektur werden u. a. von Boytscheff (FH Konstanz) bearbeitet, auf den entsprechenden Internetseiten (vgl. Kapitel 11.3) finden sich Hinweise auf Veröffentlichungen zum Thema.

5.2.2 Wirtschaftsförderung

Für die Zwecke der Wirtschafts- und Standortförderung gelten grundsätzlich ähnliche visuelle Anforderungen wie für die Stadtplanung und die Architektur. Der Fokus liegt dabei jedoch nicht ausschließlich auf der Darstellung von städtebaulichen und architektonischen Strukturen, sondern auch auf der Visualisierung der funktionalen Strukturen einer Stadt und von harten und weichen Standortfaktoren für die jeweilige Zielbranche. Der Einfluss der Reali-

sierung von virtuellen 3D-Anwendungen auf den Erfolg der Wirtschaftsförderung ist aber schwierig zu bewerten, und die Feststellung der wirtschaftlichen Ergebnisse und des "Return-on-Investment" von virtuellen 3D-Stadtmodellen ist genauso schwierig zu quantifizieren wie der exakte Einfluss eines hochwertigen gedruckten Standortexposés.

Die derzeitige subjektive Einschätzung ist, dass der "Wow"-Faktor und der nachhaltige Eindruck einer "Hightech-Wirtschaftsförderung" die überwiegenden Argumente zum Einsatz dieser Technologien sind. Der qualitativ hochwertige optische Eindruck der virtuellen 3D-Modelle ist hierbei außerordentlich wichtig, denn in der Wirtschafts- und Standortförderung ist der professionelle Einsatz hochwertiger grafischer und designerischer Arbeit schon immer etabliert gewesen. Die Meinungsbildung zum Einsatz von virtuellen 3D-Modellen kann jedoch in hohem Maße personenabhängig sein, denn technikkonservative Akteure in der Wirtschaftsförderung legen mitunter höhere Priorität auf den Einsatz von persönlichen Gesprächen oder dem klassischen Printmedium bzw. klassischen Filmproduktionen. Nichtsdestotrotz sind umfangreiche Akquiseaktivitäten der Anbieter von Visualisierungssoftware und –dienstleistungen im Bereich der Wirtschaftsförderung zu verzeichnen - der potenzielle Bedarf ist also entdeckt.

Man muss aber auch beachten, dass die euphorische Akzeptanz beim Einsatz von virtuellen 3D-Applikationen mit dem Platzen der Internet-Blase ab etwa 2000/2001 auch bei technikfreundlichen Akteuren zurückgegangen ist, obwohl die technischen Möglichkeiten zur Realisierung sich seitdem kontinuierlich verbessert haben (etwa durch die zunehmende Verbreitung von leistungsfähigen Multimedia-Computern oder die Verfügbarkeit von Breitband-Internet in Firmen und Haushalten (DSL, WLAN, UMTS etc.)).

Die bisherigen Erfahrungen im Einsatz von virtuellen 3D-Stadtmodellen bei der Wirtschaftsförderung beschränken sich überwiegend auf die Produktion von selbstablaufenden animierten Computerfilmen (AVI, MPG, etc). Eine interaktive Navigation ist bisher meistens nicht gegeben. Diese Produktionen werden entweder bei Messen, Kongressen oder anderen Veranstaltungen per Monitor oder Beamer präsentiert oder aber auf CD bzw. DVD als Werbemittel an potentielle Kunden verteilt. Der wesentliche Vorteil dieser selbstablaufenden Filmproduktionen ist, dass auf den meisten aktuellen Windows-Rechnern keine zusätzliche Softwareinstallation zum Abspielen der Filme notwendig ist und dass der Kunde sich nicht mit der Bedienung und Navigation im Modell vertraut machen muss (vgl. Kapitel 8.2). Dafür ist der werbliche Effekt dieser Produktionstechnik nicht viel größer als der analoger Filmproduktionen.

Nichtsdestotrotz können interaktiv steuerbare 3D-Stadtmodelle den besonderen Präsentationseffekt ausmachen, wie ein Presseartikel über den 3D-Stadtmodelleinsatz in Berlin schildert (Der Spiegel, 24.11.2003, "Krieg der Städte").

5.2.3 Tourismus

Der Einsatz von 3D-Stadtmodellen im Tourismus ist ebenso wie der Einsatz in der Wirtschaftsförderung auf optisch hochwertige Präsentationen, eine einfache, intuitive Bedienung, Mehrwert beim Informationsgehalt und Aktualität gegenüber dem konventionellen Printmedium angewiesen. Er bedingt die Verfügbarkeit für eine breite Kundengruppe durch Berücksichtigung der Möglichkeiten von Hardwarestandards und geringe Internetkapazitäten.

Der Mehrwert gegenüber dem Printmedium kann vor allem durch gegeben sein, dass einerseits

- die Möglichkeit, das Reiseziel schon in der Auswahlphase relativ umfassend kennen zu lernen,
- das Interesse zu wecken, indem attraktive Sehenswürdigkeiten und die Atmosphäre des Ortes interaktiv navigierbar vorgestellt werden und
- die Möglichkeit, online die im 3D-Stadtmodell ausgewählte Unterkunft zu buchen (Blick aus dem "virtuellen Hotelzimmer" vor der Buchung) oder die Eintrittskarte für Museum, Aquarium oder Messe auszudrucken.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass 3D-Anwendungen im Tourismus bislang immer nur Ergänzung, nicht aber Ersatz der klassischen Print-Werbemittel sein können, denn 3D-Anwendungen erreichen nicht alle potenziellen Kundengruppen, insbesondere in der älteren Generation. Die Tourismuswerbung ist dabei wohl mehr als Stadtplanung und Wirtschaftsförderung darauf angewiesen, angenehme Emotionen, einen „Wohlfühleffekt“, aus dem Modell an die Zielgruppen zu übermitteln, z.B. indem auch die Klänge und angenehmen Geräusche (Stimmen, Musik) einer Stadt das Modell bereichern. Eine enge Verbindung zur Anwendung der 3D-Navigation (vgl. Kapitel 5.4) ist hierbei selbstredend gegeben.

5.2.4 Vorbereitung von Großveranstaltungen

Großveranstaltungen sind zum Kristallisationskeim städtischer und technologischer Entwicklungen geworden. Sie werden instrumentalisiert, um den Austragungsort national und international bekannt zu machen und mit öffentlichen Zuschüssen Investitionen in die Stadt zu holen. Mit der Bündelung dieser Investitionen können bauliche und technische Infrastrukturen in der Stadt geschaffen und modernisiert werden. Festivals, sportliche und kulturelle Ereignisse von Weltbedeutung scheinen inzwischen notwendig zu sein, um Städte aus den global nivellierten klassischen Standortfaktoren hervorzuheben – sie schaffen ein Alleinstellungsmerkmal. Dabei müssen diese Veranstaltungen mediengerecht inszeniert werden, um die knappste Ressource der Mediengesellschaft zu erzeugen, nämlich Aufmerksamkeit [Walter 2004].

Virtuelle Stadtmodelle können ein wichtiges Medium bei dieser Inszenierung der Möglichkeiten des Austragungsortes sein – indem Wettkampfstätten, Plätze, Hallen und ergänzende Infrastrukturen bei der Bewerbung in ihrem Planungsstadium veranschaulicht werden. Aber auch nach einer erfolgreichen Bewerbung können virtuelle Stadtmodelle ein wichtiges Hilfsmittel bei der Austragung sein. So gibt es Absichten, für die Austragungsstadt Köln bei der Fußballweltmeisterschaft 2006 an Bahnhöfen und Flughäfen ein auf virtuellen 3D-Stadtmodellen basierendes Wegweisersystem im Internet und an Infoterminals anzubieten, um die Besucher zum Stadion und den Sehenswürdigkeiten der Stadt zu leiten. Es werden auch Möglichkeiten zum Einsatz dieser Technologien bei der Ausrichtung der Landesgartenschau 2005 in Leverkusen diskutiert. Eine konkrete Realisierung dieser Systeme ist indes in den genannten Städten noch nicht entschieden.

5.3 Ingenieurtechnische Anwendungen

Während sich die interaktiven Anwendungen von 3D-Stadtmodellen zur Visualisierung allmählich in den Arbeitsfeldern Stadtplanung, Wirtschaftsförderung und Tourismus etablieren und ausreifen, ist die Anwendung „echter“ 3D-GIS-Techniken und ihrer Potenziale bei der rechnerischen Simulation naturwissenschaftlicher oder ingenieurtechnischer Prozesse oder bei komplexen Abfragen und Auswertungen offenbar weitaus weniger vorangeschritten [Czaja et al. 2004]. Echte Vorteile ergeben sich bei der Nutzung von 3D-Modellen, wenn die Datenbestände, die für den Anwendungszweck "Visualisierung" geschaffen worden sind, auch für ingenieurtechnische Anforderungen und Simulationen weiter verwendet werden können. Damit lässt sich vor allem die zeit- und kostenintensive parallele Datenführung für jeden einzelnen Anwendungszweck vermeiden. Grundsätzlich sind die ingenieurtechnischen Anwendungen hochgradig prädestiniert für den umfassenden Einsatz von 3D-Daten, denn die technikfreundliche Anwendergruppe der Ingenieure, Techniker und Naturwissenschaftler ist dem professionellen Einsatz von rechnergestützten Simulationen gegenüber mehrheitlich positiv eingestellt.

5.3.1 Lärmschutz

Seit Anfang der 1990er Jahre sind die Kommunen oder zuständigen Landesbehörden nach § 47a Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) aufgefordert, die Bereiche in ihrem Gemeindegebiet festzustellen, die in besonderem Maße von Lärm betroffen sind, um darauf aufbauend Maßnahmen der Lärminderung zu planen. Die Feststellung der von Lärm betroffenen Gebiete geschieht überwiegend anhand von Lärmausbreitungsberechnungen, die zumeist nur zu Prüf- und Eichungszwecken durch örtliche Messungen verifiziert werden. Die Modellierung erfolgt zumeist auf Basis der vorhandenen Daten in der gerade vorliegenden Qualität, z.B. DGM, ATKIS, ALK, Modelle der Mobilfunkanbieter, teilweise auch durch manuelle Digitalisierungen. Wichtiger Bestandteil von Lärmausbreitungsberechnungen sind neben der Lage der Lärmquellen (punktförmig, z.B. Industrie, oder linienförmig, z.B. Straße, Schiene) die Hindernisse für die Lärmausbreitung, z.B. Lärmschutzwände bzw. -wälle oder Gebäude mit ihren jeweils möglichst exakten Dimensionen. Aber gerade die Datenverfügbarkeit hat sich als problematisch erwiesen, u. a. durch das Fehlen von Höhendaten, schwachen Betriebsdaten (Verkehrszahlen Straße, Schiene, Flugverkehr, etc.), Probleme der Datenfortschreibung und das Fehlen von akustischen Daten in Stadtmodellen (z.B. Straßenbelag, Lärmdämmung von Wänden, etc.) [Hillen 2004]. In der Vergangenheit hat man diese wichtigen Ausgangsdaten teilweise erheblich vereinfacht, pauschalisiert oder sogar weggelassen, um den Aufwand für deren Erfassung zu minimieren. Dieses hat natürlich analog die Qualität der Lärmausbreitungsberechnung gemindert.

Eine neue EU-Richtlinie zur Minderung von Umgebungslärm vom 25. Juni 2002 (2002/49/EG) fordert noch wesentlich weitergehende Lärmausbreitungsberechnungen als das bisherige bundesdeutsche Recht. Dabei sind Ergebnisse bis hin zur Anzahl lärmbelasteter Fassaden und der zugehörigen Anzahl von betroffenen Einwohnern gefordert. Die Richtlinie beinhaltet als ersten festen Zeitpunkt den 30.07.2007, bis zu dem umfangreiche Ergebnisse und Maßnahmenpläne vorgelegt werden müssen. Um diese anspruchsvollen Forderungen der EU-Richtlinie zu erfüllen, bietet sich die Weiterverwendung der hochwertigen 3D-Datenbestände an, die oft schon zur städtebaulichen Visualisierung geschaffen worden sind. Wünschenswert wäre die Schaffung eines fortschreibungsfähigen Gelände-, Gebäude- und Lärmquellendatenbestandes unter Einschluss aller akustischen Daten, der die umfangreichen Auswer-

tungen mit GIS-Funktionalitäten ermöglicht. Eines der schlagkräftigsten Argumente zum Aufbau und zur Nutzung eines fortschreibungsfähigen 3D-Stadtmodells ist mit der Forderung nach Überprüfung der strategischen Lärmkarten im fünfjährigen Turnus zu sehen (Art. 7 der Richtlinie 2002/49/EG).

Mit Pressemitteilung vom 28. Juli 2004 hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit den Entwurf eines Gesetzes zur bundesdeutschen Umsetzung der EG-Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm veröffentlicht.

Der Entwurf sieht eine Zuständigkeit für die Aufstellung der strategischen Lärmkarten bei folgenden Institutionen vor:

- Eisenbahn-Bundesamt für die Eisenbahnstrecken und sonstigen Betriebsanlagen bei Eisenbahnen des Bundes (also der Deutschen Bahn AG),
- Landestraßenbaubehörden für die Bundesautobahnen und Bundesstraßen (sofern nicht Ortsdurchfahrt, dann Zuständigkeit bei der Gemeinde),
- Landesluftfahrtbehörden für die Verkehrsflughäfen,
- nach Landesrecht zuständige Behörden für sonstige Hauptverkehrsstraßen und sonstige Hauptlärmquellen (hier ist Landesgesetzgebung abzuwarten, wahrscheinlich werden die Gemeinden zuständig sein).

Die auf den Ergebnissen der Lärmkarten basierenden strategischen Lärminderungspläne sind von den Gemeinden im Einvernehmen mit den o.g. Institutionen zu erstellen.

Die konkreten Ausführungsbestimmungen sind noch von der Bundesregierung per Rechtsverordnung zu bestimmen.

Es ist in § 47 c des Entwurfes festgesetzt, dass den Gemeinden eine wesentliche Stellung bei der Lieferung der benötigten Daten zukommen wird; konkret genannt sind die Daten zur betroffenen Wohnbevölkerung und insoweit auch über die Wohnbebauung.

Einen gewissen Einfluss auf die Bearbeitungsintensität in den Gemeinden bezüglich dieser Daten wird jedoch die Regelung haben, dass die Daten den zuständigen Institutionen unentgeltlich zur Verfügung zu stellen sind - eine Kostenbeteiligung der beteiligten Fachbehörden wäre wünschenswert gewesen. Im Vordergrund sollte jedoch stehen, dass Städte und Gemeinden durch die Erstellung von 3D-Stadtmodellen grundsätzlich in der Lage sein werden, qualifizierte und hochwertige Daten für die gesetzliche Pflichtaufgabe der Lärmkartierung zur Verfügung zu stellen, die auch für zahlreiche andere Zwecke verwendbar sind.

Abschließend soll noch erwähnt werden, dass Bemühungen in anderen Ländern [z.B. Umweltbundesamt Österreich 2004] und auf EU-Ebene (www.harmonoise.org) anzeigen, dass an der konkreten rechtlichen und technischen Umsetzung der Richtlinie und Harmonisierung der Simulationsmethoden gearbeitet wird.

5.3.2 Modellierung des Stadtklimas, Standorte für Gewinnung erneuerbarer Energien

Je mehr Gesichtspunkte der Planer berücksichtigen kann, desto hochwertiger fällt die Qualität des Planungsergebnisses aus. Mit Hilfe computergestützter Verfahren werden insbesondere physikalisch-meteorologische Vorgänge oft simuliert. Dabei werden aus Kosten- und Zeitgründen aber Vereinfachungen in der Datenbasis vorgenommen, die allerdings ungenauere Ergebnisse zur Konsequenz haben können [Schubert 2004].

Insbesondere in der Flächennutzungsplanung einer Stadt gilt es, Frischluftschneisen von einer Bebauung frei zu halten, damit der Frischluftzufuhr ins Stadtzentrum keine Hindernisse in den Weg gestellt werden. Außerdem lassen sich Veränderungen des Windfeldes bei Großbauten anhand von Modellen leichter überprüfen. Die Sorgfalt bei solchen Planungsprozessen trägt dazu bei, in den Städten gesunde Lebens- und Arbeitsbedingungen zu erhalten und stellt damit einen wichtigen weichen Standortfaktor dar, denn Städte, denen das Attribut ungesunder und unattraktiver Lebensbedingungen angeheftet worden ist, haben einen langfristigen und sehr schwierig zu überwindenden Standortnachteil. Es sind aber gerade die weichen Standortfaktoren der Lebensqualität, die in der postindustriellen Phase ausschlaggebend sind für den Zuzug von leistungsfähigen aktiven Bevölkerungsgruppen, die in der Lage sind, die Erwerbsstruktur nachhaltig zu prägen.

Eine weitere sinnvolle Anwendung ist es, aus der Orientierung von Dächern abzuleiten, welche Hausdächer besonders geeignet sind zur Gewinnung von Solarenergie. Der gezielte Einsatz von Fördermitteln kann hiermit verbessert werden.

Auch die Modellierung der Sonneneinstrahlungsenergie auf Fassaden kann zur energetischen Optimierung von neuen Gebäuden hinsichtlich der Nutzung von Sonnenenergie oder der Klimatisierung beitragen.

Schließlich kann anhand von Simulationen auch die Eignung von Standorten zur Aufstellung von Windkraftanlagen geprüft werden. Hier ist eine Koppelung und Nutzung der 3D-Datenquellen aus digitalen Geländemodellen und digitalen Stadtmodellen für die Wind- und Klimasimulation, die Lärmausbreitung und die Verschattungssimulation besonders beispielhaft gegeben.

Eine ernsthafte und räumlich umfangreiche beispielhafte Realisierung der unter diesem Stichpunkt genannten Anwendungen steht allerdings nach Kenntnis der Arbeitsgruppe noch aus. Zu ihrer Umsetzung bedarf es eines intensiven Austausches zwischen dem Fachanwender, der gegenwärtig wohl zumeist noch selbständig die von ihm benötigten Daten erhebt, und dem Ersteller eines umfassenden virtuellen 3D-Stadtmodells.

5.3.3 Hochwasserschutz / Katastrophenschutz

In Modellen, in denen eine sehr exakte Modellierung der Geländemorphologie vorgenommen worden ist, lässt sich durch Einschaltung von wasserbautechnischen Simulationsalgorithmen die Ausbreitung von Hochwasserereignissen simulieren. Insbesondere der Ablauf von Evakuierungen, aber auch die Sicherung der außerordentlich hohen Sachwerte, die bei einem Hochwasser zwangsläufig betroffen sind, lässt sich anhand von Modellen bearbeiten. Der Arbeitsgruppe sind jedoch bisher keine konkreten Projekte bekannt geworden, in denen die

virtuelle interaktive 3D-Simulation von Hochwasserereignissen in Städten ausführlich getestet worden ist. Es gibt jedoch einen Arbeitsansatz von Fitzke und Rinner [1998], der ohne die Verwendung von detaillierten hydrologischen Simulationen die reinen Visualisierungsmöglichkeiten von angenäherten Hochwasserständen in Bonn aufzeigt.

5.3.4 Mobilfunk

Anfang der 90er Jahre bauten die Mobilfunk-Unternehmen die ersten 3D-Stadtmodelle überhaupt auf. Zu Anfang der Überlegungen, die die Unternehmen zudem getrennt anstellten, waren die Anforderungen recht hoch. Dies betraf sowohl die geforderte Punktgenauigkeit als auch Parameter wie beispielsweise die Oberflächenrauigkeit und Reflexionseigenschaften der Wände oder eine detaillierte geometrische Modellierung von Dachaufbauten, Gauben etc.. Diese sollten erfasst werden, um die Ausbreitung der Funkwellen genauer berechnen zu können. In ersten Gesprächen mit der AdV, besonders dem Arbeitskreis Topographie, wurden die Erfassungsmöglichkeiten diskutiert. Schließlich haben die drei großen Mobilfunkunternehmen die Modelle jeweils nach ihrer eigenen Priorisierung in Projekten vorangetrieben, allerdings ohne die anfangs geforderte Oberflächenrauigkeit. Die Modelle würden nach heutiger Definition nicht einmal dem LoD 1 entsprechen, da einzelne Gebäude zu Blöcken zusammengefasst wurden. Diese Modelle waren somit die ersten 3D-Stadtmodelle, die am Markt angeboten wurden. Bisher eröffneten sich aber kaum Vermarktungsmöglichkeiten, da die Modelle in ihrem Detaillierungsgrad zu sehr auf ihren ursprünglichen Zweck ausgerichtet sind und für andere Anwendungen zu ungenau sind.

Inzwischen haben aber auch diese Unternehmen ein Interesse daran, aus den mittlerweile aufgebauten kommunalen Modellen Daten mit einer höheren Genauigkeit übernehmen zu können.

5.3.5 Unterirdische Strukturen im 3D-Modell: Stadtentwässerung, Grundwasser, Altlasten

In virtuellen Stadtmodellen lässt sich in späteren Ausbaustadien eventuell auch die unterirdische technische Infrastruktur abbilden. In den Stadtentwässerungsbetrieben sind digitale Datenbestände über die unterirdischen Entwässerungseinrichtungen oft schon umfassend hinsichtlich ihrer Lage, Höhe und ihres Ausbaustandes erfasst, so dass gute Voraussetzungen bestehen, mit einem überschaubaren Aufwand Softwaresysteme zur Visualisierung dieser Anlagen zu schaffen, ohne dabei die umfangreichen Daten nacherheben zu müssen. Konkrete Anwendungen können Planung, Neubau, Umbau und Reparatur von bestehenden Anlagen, die Darstellung der Rückstauhöhen in Kanalsystemen und in Verbindung mit entsprechender Simulationssoftware die Reaktion des Systems auf besondere Niederschlagsereignisse sein.

Ferner kann bei sorgfältiger Modellierung des Geländemodells auch unter Zuhilfenahme von Grundwassersimulationsalgorithmen der Abstand des Grundwasserhorizonts zur Erdoberfläche simuliert werden, um wichtige Randbedingungen bei Bauvorhaben, wie Kellerabdichtungen, Baugrubenentwässerungen, etc. auswerten zu können.

Auch die Simulation der Ergebnisse von Altlastenerkundungen lässt sich in virtuelle Stadtmodelle einbetten, um Maßnahmen zur Gefahrenabwehr anschaulich zu machen.

Eine konkrete Realisierung zur Visualisierung von unterirdischen Strukturen in Verbindung mit 3D-Stadtmodellen ist jedoch nach derzeitigem Kenntnisstand noch nicht angedacht und wohl erst in etwas ferner Zukunft zu erwarten, wenn die Erfassung des oberirdischen Datenbestandes deutlich weiter fortgeschritten ist.

5.4 3D-Navigationssysteme

In den vergangenen Jahren haben sich digitale Navigationssysteme auf den verschiedensten Anwendungsebenen zu einer festen Größe entwickelt. Sowohl für die Reisevorbereitung im Internet als auch auf mobilen Endgeräten und insbesondere unterwegs im gewerblichen und privaten Gebrauch gehören Routenplaner und Navigationshilfen mittlerweile zum gebräuchlichen Standard bei der Nutzung von Geodaten. Die Akzeptanz einer breiten Nutzerschicht hat sich rasant entwickelt, seit die Automobilindustrie und ihre Zulieferer durch ihre Produktstrategien dazu beigetragen haben, aus einem anfänglichen Luxusgut schon fast eine Massenware zu machen. Für ca. 80 % aller Neufahrzeuge wird ein Navigationssystem vom Hersteller als Zusatzausstattung angeboten, in Deutschland werden zurzeit etwa 15 % aller Neuwagen mit einem Navigationssystem ausgeliefert. Auf dem japanischen Markt beträgt dieser Anteil bereits mehr als 50 Prozent.

Bisher beschränken sich alle diese Systeme auf eine zweidimensionale Kartendarstellung. Zurzeit werden einige Systeme mit einem Pseudo-3D-Effekt angeboten, die eine Kartendarstellung als perspektivische Schrägansicht aus der Vogelperspektive liefern. Der Markt der Datenzulieferer ist in Europa bereits von Beginn an fest in der Hand von privaten Anbietern wie TeleAtlas und NAVTEQ gewesen, da zum Zeitpunkt der erstmaligen Datenerhebung die Angebote der öffentlichen Datenanbieter in punkto Verfügbarkeit, Flächendeckung, Kompatibilität und Preis nicht die Markterfordernisse befriedigen konnten.

Verschiedene technische Entwicklungen eröffnen den Zulieferern zurzeit die Chance, die vorhandenen 2D-Daten zukünftig um die dritte Dimension zu erweitern. Zu nennen sind die Erweiterung des bei allen Herstellern gebräuchlichen Standarddatenmodells für Straßennavigationsdaten GDF (Geographic Data File, beschrieben in ISO 14825) in der Version 5.0 um einen 3D-Datenteil und der Einsatz von JAVA-3D in der nächsten Handygeneration in Kombination mit hohen Datenübertragungsraten beim Mobilfunk. Hinzu kommen Qualitätsverbesserungen der Hardware, insbesondere der Displays auf den Endgeräten. Obwohl konkrete Herstelleraussagen hierzu (noch) nicht vorliegen, ist davon auszugehen, dass die Integration von 3D-Geländemodellen und –Stadtmodellen in die vorhandenen 2D-Daten ein Entwicklungsschwerpunkt der unmittelbaren Zukunft ist, der den Markt spätestens nach der Sättigung mit 2D-Navigationsgeräten erreichen wird. In Japan gibt es bereits heute erste Anbieter entsprechender Systeme. Es ist zu erwarten, dass die Automobilindustrie in wenigen Jahren 3D-Navigationssysteme zum Standard in Fahrzeugen der Oberklasse werden lässt, bevor anschließend der bereits von den 2D-Systemen bekannte Schritt in den Massenmarkt erfolgt.

Gegenüber der seinerzeit von der Privatwirtschaft forcierten Erfassung von 2D-Straßendatenbeständen ist bei der erstmaligen Erhebung und der Laufendhaltung von 3D-Stadtmodelldaten ein erheblich höherer Aufwand erforderlich. Um das Geschäftsrisiko so gering wie möglich zu halten, kann es daher bei der Markteinführung von 3D-Navigationssystemen zunächst nur darum gehen, die wichtigsten Zentren und Ballungsräume abzudecken und erst in den Folgejahren, auch in Abhängigkeit von der Kunden-

akzeptanz, den Datenbestand in der Fläche zu verdichten. Funktionelles Ziel der Fahrzeugnavigationanbieter ist es nach jetzigen Erkenntnissen nicht, dem Nutzer seine komplette Route in dreidimensionalen Ansichten zu präsentieren, sondern diesen Service nur auf den Nahbereich um den Zielpunkt zu beschränken. Bei den ebenfalls zu erwartenden Angeboten für den Fußgänger, Radfahrer und touristische Anwender wird der Kunde dagegen in der Regel eine komplett dreidimensionale Routenbegleitung mit ausreichend vielen Landmarks zur optimalen Orientierung erwarten. Ein von der EU gefördertes prototypisches Projekt für ein 3D-Navigationssystem, welches sich speziell an Boottouristen in der Ostseeregion richtet, ist unter www.tellmaris.com beschrieben.

Die kommunalen Anbieter haben zurzeit die Chance, sich als Zulieferer für die in diesen Anwendungen erforderlichen 3D-Stadtmodelldaten zu empfehlen. Von strategischer Bedeutung wird dabei allerdings sein, dass alle in Frage kommenden Kommunen in der Lage sind, den Vertreibern von Navigationssystemdaten einen inhaltlich und qualitativ vergleichbaren Mindestumfang an Daten bereitzustellen. Für eine erste Grundausstufe ist die Lieferung von reinen Gebäudekubaturen wahrscheinlich ausreichend (B-Rep-Datenstrukturen). Hierbei sind die Ansprüche an Dachformen, exakte Gebäudehöhen und eine fotorealistische Fassadentextur sicherlich untergeordnet. Absehbar ist aber bereits jetzt, dass in einem 3D-Navigationsdatenmodell mittelfristig die Geometrie und die Ausgestaltung des Straßenraumes einen ähnlich hohen Stellenwert wie die Modellierung der Gebäude einnehmen werden. Eine sehr einfach automatisiert ableitbare Bodentextur durch Einfärbung der für Verkehrszwecke gewidmeten Flurstücke ist für eine gute Orientierung nicht ausreichend. Der Wiedererkennungswert der realen Welt auf einem Display wird erst durch Abbildung des tatsächlich befahrbaren Raumes, weitere topografische Straßenraumelemente oder die korrekte Darstellung von Über- und Unterführungen entscheidend gesteigert werden können. In diese Richtung sollten also zukünftige inhaltliche Weiterentwicklungen der 3D-Stadtmodelle gehen. Es bedarf jedoch noch detaillierter Erhebungen und Forschungen durch die Anbieter (insbesondere aus der Automobilindustrie), welche Informationsdichte in welcher Darstellungsform dem Systemnutzer sinnvoll angeboten werden kann, ohne dass dieser vom realen Geschehen zu sehr abgelenkt wird.

Ziel der Kommunen muss es sein, mit den potentiellen Abnehmern, also den Automobilzulieferern und anderen Anbietern von Navigationssystemen, unverzüglich in einen Dialog einzutreten, um die gegenseitigen Erfordernisse bezüglich Inhalts, Modellierung, Genauigkeit und laufende Aktualität der Daten zu definieren. Die Mindeststandards müssen einvernehmlich festgelegt und bei allen Kommunen bundesweit berücksichtigt werden, ohne dabei gleichzeitig die Belange der eigenen kommunalen Anwender aus den Augen zu verlieren. Die als integraler Verwaltungsprozess garantierbare laufende Aktualisierung der Daten muss als der entscheidende Vorteil der Kommunen gegenüber möglichen privaten Anbietern aufgefasst werden. Die Führung und besonders die laufende und dauerhafte Aktualisierung von 3D-Stadtmodelldaten kann nur dort volkswirtschaftlich sinnvoll betrieben werden, wo die Informationen über Veränderungen im Modell originär entstehen, also innerhalb der Kommunalverwaltungen. Eine vergleichbare Erfahrung machen zurzeit die privaten Anbieter von 2D-Navigationsdaten, die den Fortführungsaufwand für ihre selbst erfassten Daten stark unterschätzt haben und nun teilweise versuchen für diesen Zweck Kooperationen mit den kommunalen Datenlieferanten einzugehen. Insbesondere aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sollte es im Interesse beider Seiten liegen, zu einer dauerhaften Public-Private-Partnership bei der Lieferung und Laufendhaltung von 3D-Stadtmodelldaten zu kommen.

Das Bestreben der Vermessungs- und Katasterämter muss es sein, die Kernaufgabe der öffentlichen Grundversorgung mit objektbezogenen Geobasisdaten von der bisherigen zwei-dimensionalen Sicht auf die dritte Dimension zu erweitern.

6. Grundsätze zur Modellierung und Speicherung von 3D-Daten

Aus Sicht der Vermessungs- und Katasterämter handelt es sich beim Aufbau von 3D-Stadtmodellen um keine geringere Aufgabe als den bisher zweidimensional, maximal 2,5-dimensional (Geländemodell) geführten Datenbestand in einen dreidimensionalen Datenbestand zu überführen. Dabei handelt es sich nicht nur um die reine Ergänzung der vorhandenen Geometriedaten um die dritte Dimension. Auch Informationen, die durch eine Anordnung von Objekten übereinander entstehen (Durchfahrten und Tunnel, Brücken, U-Bahn-Schächte, Einfahrten zu Tiefgaragen und in U-Bahn-Schächte) und zugehörige Texturen und Fachinformationen müssen korrekt erfasst, gespeichert und ausgegeben werden.

6.1 Digitales Geländemodell

Das Gelände ist definiert als die Grenzfläche zwischen der Erdoberfläche und der Luft. Das Digitale Geländemodell (DGM) ist die höhenmäßige Beschreibung des Geländes und besteht aus der Menge der gespeicherten Höhen für regelmäßig oder unregelmäßig verteilte Geländepunkte, die das Gelände hinreichend repräsentieren, und ergänzenden Angaben wie markante Höhenpunkte oder Geländekanten [DIN 18709-1, Nr. 11.3 und andere]. Das DGM ist somit 2,5-dimensional.

Zur Speicherung von DGM werden zwei grundlegend unterschiedliche Strukturen verwandt:

- Die gemessenen Punkte werden einer Dreiecksvermaschung unterzogen; Algorithmen zur Ableitung der optimalen Dreiecke, in der Regel die mit den geringsten Flächen, sind Standard, zum Beispiel die Delauney-Triangulation mit verschiedenen Erweiterungen. Die Dreiecksvermaschungen haben den Vorteil, dass sie die original gemessenen Höhen beibehalten (können) und eine einfache und schnelle Wiedergabe der Geländeform ermöglichen. Zudem können Unstetigkeiten wie Geländekanten direkt eingearbeitet werden; Algorithmen sorgen dafür, dass diese Kanten als Dreiecksseiten erhalten bleiben.

Die in einer Dreiecksvermaschung gespeicherten DGM werden oft auch als TIN bezeichnet, Triangulated Irregular Network. Sie stoßen bei großräumigen DGM oft an ihre Grenzen, da die Speicherung der Verbindungsinformationen, also der Dreiecksseiten, sehr viel Platz erfordert.

- Für die Speicherung großer, womöglich landesweiter DGM kommt daher meist die Speicherung als Gitter zum Einsatz. Bei der Berechnung des DGM wird ein Modell ermittelt, das sich bestmöglich an das durch die gemessenen Punkte repräsentierte Gelände anpasst. Gespeichert werden dann regelmäßige Gitterpunkte dieses Modells, nicht die originär gemessenen Punkte. Dabei kann das Gitter einen weitaus geringeren Punktabstand aufweisen als die originär gemessenen Daten, z.B. bei photogrammetrischen Auswertungen, oder aber einen größeren, z.B. bei den DGM der Landesvermessung, die aus Laserscanner-Daten mit einem geringen Punktabstand abgeleitet werden. Die Algorithmen zur Präsentation des Geländes sind nicht ganz so einfach wie bei der Dreiecksvermaschung, aber seit langer Zeit Standard. Für Unstetigkeiten wie Geländekanten muss die regelmäßige Struktur unterbrochen werden, hierzu liegen ebenfalls ausgereifte Algorithmen vor.
-

Diese Speicherstruktur, oft als Grid bezeichnet, hat für großflächige DGM auch bei einer geringen Gitterweite aufgrund ihrer Einfachheit erhebliche Vorteile gegenüber der TIN-Struktur.

Viele Software-Produkte sind heute in der Lage, zwischen den beiden grundsätzlich unterschiedlichen Strukturen zu wechseln. So kann für die Speicherung eine Grid-Struktur zum Einsatz kommen, für eine schnelle Präsentation werden die Daten in eine TIN-Struktur transformiert.

6.2 Datenmodellierung für 3D-Stadtmodelle

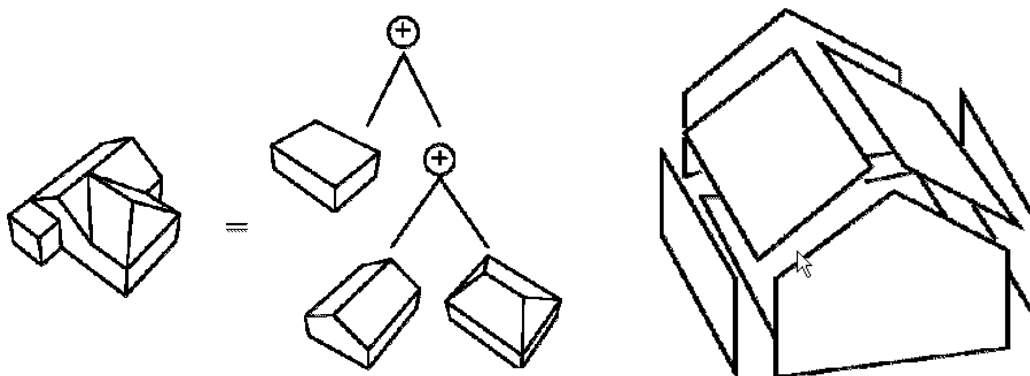
Nach den Vorschlägen des OpenGIS Consortiums (OGC) zum Standard Geography Markup Language (GML) wird zwischen dem Basismodell und dem Anwendungsmodell unterschieden. Darüber hinaus soll GML als Austauschsprache genutzt werden (vgl. Kapitel 6.4). Das Basismodell bildet die grundlegenden Geometrieobjekte ab. Bei der geometrischen Modellierung sind zwei grundlegend unterschiedliche Modelle zu unterscheiden: Constructive Solid Geometry (CSG) und Boundary-Representation (B-Rep). In den gängigen 3D-Anwendungen kommen fast ausschließlich B-Rep-Modelle zum Einsatz (Kolbe 2004a). Die wesentlichen Unterschiede werden im Folgenden erläutert.

6.2.1 Constructive Solid Geometry

Die Constructive Solid Geometry oder konstruktive Festkörpergeometrie baut auf Volumenprimitiven auf, z.B. Quader, Zylinder, Kegel, Kugeln etc. Diese werden zur Präsentation eines Gebäudes beliebig kombiniert. Dabei werden die aus der Mengenlehre bekannten Operatoren wie Schnitt, Vereinigung und Differenz etc. verwandt. So wird auf recht einfache Weise die Präsentation auch komplizierter Gebäude möglich. Die Konstruktion ist allerdings nicht eindeutig: es gibt immer mehrere Möglichkeiten, ein Objekt zu beschreiben. Die Primitive enthalten implizit geometrische Relationen wie Parallelität oder Rechtwinkligkeit. Die Konstruktion der Gebäude mit Hilfe der Primitive ist einfach, so dass diese Struktur hauptsächlich in Software für die Konstruktion genutzt wird. Allerdings ist die Einbindung von Texturen schwierig, da die Oberflächen, denen die Texturen zugeordnet werden, nicht explizit ansprechbar sind. Auch sind räumliche Analysen ausgesprochen schwierig.

6.2.2 Boundary-Representation

Die Boundary-Representation (B-Rep) ist eine Randflächendarstellung: wesentliche Elemente sind die Begrenzungsflächen, die planar oder auch beliebig gekrümmt sein können. Um ein Gebäude geometrisch zu repräsentieren, werden alle Begrenzungsflächen, die das Gebäude umschließen, zu einer eindeutigen Darstellung aggregiert. Teilobjekte werden zum Gesamtobjekt aggregiert. Zwischen den Begrenzungsflächen bestehen aber keine geometrischen Relationen wie Parallelität oder Rechtwinkligkeit; werden sie benötigt, so müssen sie explizit formuliert werden. Texturen können den Begrenzungsflächen direkt zugeordnet werden. Die Modelle mit B-Rep-Darstellungen ermöglichen eine schnelle Visualisierung, allerdings ist die erforderliche Aggregation der Begrenzungsflächen aufwändig. Ebenso nehmen Fortführungen eines Modells in dieser Struktur viel Zeit in Anspruch.



Gebäudedarstellung in CSG (links) und B-Rep; Bilder entnommen Kolbe [2004a]

6.2.3 Derzeitiger Stand

Die Stadt Wuppertal hatte eine Studie bei den Instituten für Kartographie und Geoinformation und für Photogrammetrie der Universität Bonn in Auftrag gegeben, in der ein Vorschlag für ein Datenmodell für 3D-Stadtmodelle entwickelt werden sollte. Das Modell sollte besonders auf den vorhandenen detaillierten Daten einer photogrammetrischen Auswertung aufbauen, die für eine Versiegelungskartierung entstanden waren, und sollte universell und systemneutral eingesetzt werden können. Das Ergebnis dieser Studie war ein grundlegendes Modell, das anschließend in die SIG 3D eingebracht und dort von der AG Basismodellierung wesentlich ergänzt wurde.

Das Datenmodell ist, in Anlehnung an ALKIS, hierarchisch in drei Ebenen gegliedert und unterscheidet, dem oben genannten OGC-Vorschlag folgend, zwischen dem geometrisch-topologischen Datenmodell und den zugehörigen Aggregationsebenen sowie der anwendungsspezifischen Modellierung. Im Wesentlichen werden null-, ein-, zwei- und dreidimensionale Primitive gebildet, aus denen ein Knoten-, Kanten- und Volumenmodell gebildet wird. Die Volumen werden als B-Rep modelliert. Die verschiedenen Primitive werden aggregiert, um die dreidimensionalen Objekte, die Gebäude, abbilden zu können. UML-Notationen des geometrisch-topologischen Datenmodells und der Aggregationsebenen sind im Anhang (Kapitel 11.7) enthalten.

Eine sehr verständliche Darstellung mit Einzelheiten zum Datenmodell, den Aggregationsebenen sowie den bei den Aggregationen einzuhaltenden Bedingungen ist in Gröger, Kolbe, Plümer [2004] enthalten.

6.2.4 Detaillierungsgrad und Quasi-Standards

Die bisherigen Erläuterungen beziehen sich auf Gebäude-Objekte mit genau einer Repräsentation. Für viele Anwendungen ist es aber erforderlich, ein Gebäude je nach Anforderung unterschiedlich detailliert darzustellen. Innerhalb der SIG 3D hat sich daher die Arbeitsgruppe "Modellierung" damit beschäftigt, Quasi-Standards für die unterschiedlichen Detaillierungsgrade (Level of Detail, LoD) festzulegen.

Die verschiedenen LoD, die in weiten Bereichen inzwischen als Standard angesehen werden, sind wie folgt definiert:

LoD 0	Regionalmodell (2,5 D; DGM)
LoD 1	Klötzchenmodell ohne Dachformen und Textur
LoD 2	Detailliertes Modell mit differenzierten Dachformen, Textur optional
LoD 3	Fein ausdifferenziertes Architekturmodell mit Textur
LoD 4	Innenraummodell

Einzelheiten zu den Genauigkeiten und beispielhafte Darstellungen sind in Kapitel 11.8 enthalten.

Die unterschiedlichen Repräsentationen eines Gebäudes werden aus verschiedenen Gründen benötigt: so ist es zum Beispiel für effiziente Visualisierungen (vgl. Kapitel 8) erforderlich, nur die nahe am Betrachtungsstandpunkt gelegenen Objekte detailliert darzustellen, die entfernt gelegenen dagegen in einem geringeren Detaillierungsgrad. Ebenso muss der Detaillierungsgrad für viele Auswertungen der Aufgabe und der geforderten Genauigkeit angepasst sein.

Die Führung der unterschiedlichen LoD kann in vielen Fällen recht komplex werden. So muss zum Beispiel bei den Präsentationen garantiert sein, dass ein Objekt nur in einem LoD präsentiert wird. Die Konsistenz zwischen den einzelnen LoD muss also gewahrt bleiben. Dies ist relativ einfach zu realisieren, wenn jedes Objekt in allen LoD für sich gespeichert wird. Ebenso ist die Konsistenz ohne großen Aufwand zu wahren, wenn einzelne Objekte beim Übergang von einem LoD zum nächsten zusammengefasst werden und bei allen Aggregationen eine strikte Hierarchie eingehalten wird. Dies ist der Fall, wenn zum Beispiel mehrere Gebäude einen Baublock bilden. Wesentlich schwieriger ist die Wahrung der Konsistenz, wenn keine hierarchische Beziehung zwischen allen LoD existiert.

Ausführliche Erläuterungen und Beispiele zu den genannten Problemen sowie erste Lösungsansätze sind in Gröger, Kolbe und Plümer [2003] zu finden.

6.3 Datenhaltung für 3D-Stadtmodelle

Der Datenhaltung der 3D-Stadtmodelle kommt eine große Bedeutung zu. Die verschiedenen Komponenten eines Modells (DGM, 3D-Gebäudemodelle, Texturen, Fachobjekte usw., evtl. in verschiedenen LoDs) müssen zur Fortführung und für parametrisierte Zugriffe zur Verfügung stehen, damit sie zu Anwendungs- oder Präsentationsmodellen verknüpft werden können.

- Die in CAD- oder GI-Systemen übliche Speicherung aller Informationen in einem geschlossenen Datenfile erfüllt die Anforderungen nur teilweise. Diese Art der Datenhaltung eignet sich für räumlich eng begrenzte Modelle, die zudem Projektcharakter haben (Architekturvisualisierung). Bei der Auswahl solcher Systeme kommt den angebotenen Schnittstellen zum Datenim- und -export große Bedeutung zu. Um einen Datenaustausch zu anderen Systemen zu gewährleisten sollten für den Datenimport mindestens die Formate (3D)DXF, EDBS, VRML und in Zukunft NAS und für den Export VRML und (3D)DXF zur Verfügung stehen. Darüber hinaus bieten Schnittstellen zu den GI-Systemen von ESRI und MapInfo zusätzliche Möglichkeiten der Bearbeitung. Vorteilhaft ist, dass in den GI- oder CAD-Systemen die Modelle häufig direkt und ohne weiteren Rechenschritt virtuell begangen werden können.
 - Alle Anforderungen an die Datenhaltung können durch die Speicherung der 3D-Objekte in einer Datenbank erfüllt werden. Dadurch stehen die einzelnen 3D-Objekte für Bearbeitung
-

und Auswertung uneingeschränkt zur Verfügung. Die Vorteile, die mit der Ableitung der 3D-Gebäudemodelle aus der ALK bzw. aus ALKIS erzielt werden, lassen sich nur bei der Speicherung in einer Datenbank voll nutzen. Auch hier ist besonderes Augenmerk auf die vorhandenen Ein- und Ausgabeschnittstellen und auf die Möglichkeit von webbasierten Zugriffen zu legen. Die oben beschriebene Nutzung der ALK bzw. ALKIS-Daten zur Aufstellung und Fortführung der Modelle zwingt dazu, die dort genutzten Schnittstellen (EDBS, NAS) auch in den 3D-Anwendungen zu nutzen.

Die Anwendungen, die bei den Kommunen bisher im Einsatz sind, nutzen Datenhaltungskomponenten, die im Wesentlichen aus dem Bereich der Photogrammetrie stammen, für die Führung des Liegenschaftskataster genutzt werden oder auf der Basis von Standard-Datenbanken selbst entwickelt wurden. Alle nutzen objektorientierte, meist relationale Datenbanken, mit deren Hilfe die Topologie abgebildet wird.

Datenbanken, die echte 3D-Objekte abbilden können, gibt es zum Zeitpunkt dieses Berichtes noch nicht. Zwar werden in einigen Systemen Punkte mit dreidimensionalen Koordinaten gespeichert und diese für die Bildung von Linien und Flächen verwandt, die Speicherung von Volumenkörpern ist aber nach wie vor nicht möglich. Auch wird die dritte Dimension bei räumlichen Abfragen nur wenig verwandt. Eine Anwendung, die sowohl die Datenerfassung, die Datenhaltung in dieser DB und die Ausgabe, zum Beispiel in Präsentationssoftware, ermöglicht, gibt es ebenfalls nicht. Aus den vorhandenen Anwendungen lassen sich aber Präsentationen ableiten, die den genannten Anforderungen (vgl. Kapitel 8) genügen; außerdem können über definierte Schnittstellen Austauschformate bedient werden, die eine 3D-Struktur bieten. So ist mit VRML eine vollständige dreidimensionale Beschreibung inklusive der Oberflächendarstellung und Beleuchtung möglich.

Im ALKIS-Modell werden Objekte punkt-, linien- oder flächenförmiger Ausprägung gebildet, ebenso Objekte ohne Raumbezug. Für alle Punkte ist die Speicherung dreidimensionaler Koordinaten möglich. Diese Elementarobjekte sind die kleinstmögliche fachliche Einheit. Neben Relationen zur Bildung zusammengesetzter Objekte sind Unterführungsrelationen vorgesehen, die die relative vertikale Lage einzelner Objekte zu anderen Objekten abbilden. Diese Unterführungsrelationen sind die einzigen im Datenmodell vorgesehenen, für ein 3D-Stadtmodell aber nicht ausreichenden räumlichen Strukturen. Weitere Ausführungen zum ALKIS-Modell erfolgen in Kapitel 6.5.

6.4 Datenaustausch

Für den Datenaustausch werden zurzeit alle Formate genutzt, die eine Erhaltung der dreidimensionalen Objekte garantieren. Dies sind im Wesentlichen VRML und GML.

6.4.1 Virtual Reality Modeling Language, VRML

VRML beschreibt den vektoriellen Aufbau dreidimensionaler, polygonaler Grafikobjekte und deren Abhängigkeiten und erlaubt somit die Beschreibung interaktiver dreidimensionaler Szenen. VRML wurde als plattform-unabhängiger Standard speziell auf die Erfordernisse des Internets hin entwickelt.

Die Sprache selbst ist objektorientiert angelegt und bietet neben der reinen Darstellung auch die Möglichkeit, Interaktionen mit dem Bediener oder Animationen vorzusehen. Die Beschreibung einer Szene beinhaltet die Geometrien ihrer einzelnen Objekte, die Beleuchtungsinformationen, eventuelle Animationen und Interaktionsmöglichkeiten. Als Editor genügt ein einfacher Texteditor. Der Code wird nicht übersetzt, sondern interpretiert, und das Ergebnis im Browser dargestellt.

Zur Betrachtung im Browser wird ein Anzeigeprogramm (Viewer) benötigt, welches als optionale Programmerweiterung des Browsers (Plugin) realisiert ist. Innerhalb dieses Viewers können die Objekte vom Benutzer frei bewegt und gedreht werden. Dies ist möglich, weil die Szene auf dem Computer des Betrachters in Echtzeit generiert wird. Da sehr aufwendige virtuelle 3D-Welten mit wenig Quellcode erzeugt werden können, sind nur geringe Download - Kapazitäten notwendig.

6.4.2 Geography Markup Language, GML

Die bisher nur grob skizzierten Eigenschaften von GML (vgl. Kapitel 6.2) machen bereits deutlich, dass mit diesem de-facto-Standard ein sehr mächtiges Werkzeug zum Datenaustausch bereitsteht, das auch die Modellierung von 3D-Geodaten ermöglicht. GML wurde innerhalb der GDI NRW als Standard-Modell für den Austausch von Daten aus 3D-Stadtmodellen vereinbart, da es als einziges Format die Präsentation von komplexen dreidimensionalen Objekten mit allen Geometrie- und Sachinformationen sowie Beziehungen zu anderen Objekten erlaubt; es kann daher auch für die Speicherung solcher Daten verwendet werden.

Um die Daten von einem Software-System (Anwendung) in ein anderes transformieren (übergeben) zu können, musste ein Standard für den Datenaustausch definiert werden. Als dieser gilt zurzeit GML3, das auf XML basiert und das auch für die Normbasierte Austauschschnittstelle (NAS) von ALKIS verwendet wird.

Die Extensible Markup Language (XML) ist ein flexibles Textformat, das sich zu einer Kerntechnologie in der Informatik entwickelt hat. Mit XML können sowohl der Inhalt als auch die Struktur von Dokumenten und allgemeinen Datensätzen beschrieben werden. GML wiederum ist eine XML-Anwendung für den Austausch von Geodaten. GML ist eine Spezifikation des OpenGIS Consortiums (OGC) und bildet somit einen de-facto-Standard. Auch soll GML als ISO-Norm 19136 eingeführt werden.

In GML werden Geodaten objekt-orientiert, modell-basiert und plattform-unabhängig modelliert. Objekte werden in GML Feature genannt. Eine Sammlung von Objekten (Feature Collection) kann selber als Feature betrachtet werden. Features können verschiedene Eigenschaften haben, die in Attributen definiert werden, unter anderem auch geometrische Eigenschaften.

Das Geometriemodell entspricht ebenfalls einer ISO-Norm (19107) und ermöglicht die Modellierung von Punkten, Linienzügen, Flächen und Volumenkörpern. Topologische und geometrische Beziehungen können mit GML in bis zu drei Dimensionen modelliert werden. Dazu werden Knoten, Kanten, Flächen und Volumen gebildet.

Bisher üblich und in diesem Kapitel geschildert ist der Austausch von Dateien. Immer mehr Bedeutung wird aber künftig dem online - Datenaustausch über den Zugriff auf Web Services zukommen. GML ist das Standard-Ausgabeformat des OGC Web Feature Services, was der Verwendung von GML noch größere Bedeutung zukommen lässt.

6.5 ALKIS als Grundlage für 3D-Stadtmodelle

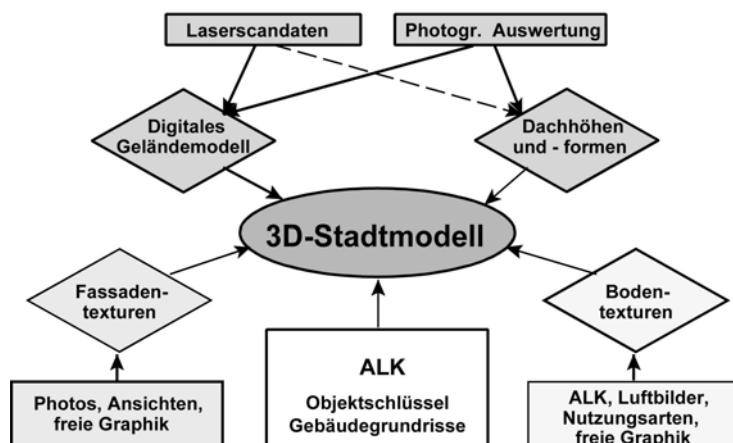
Das für die Vermessungs- und Katasterverwaltung bundesweit vereinbarte ALKIS-Datenmodell bietet verschiedene Möglichkeiten, die Informationen zur dritten Dimension der Geodaten an zentraler Stelle zu halten. Hierdurch eröffnet sich die Chance, die sukzessive Vervollständigung und vor allem die laufende Aktualisierung von 3D-Informationen in den Standardfortführungsablauf des Liegenschaftskatasters zu integrieren (vgl. Kapitel 7.2.2) und damit die Bedeutung der dritten Dimension als Geobasisdatum zu unterstreichen. So bietet das ALKIS beispielsweise in der Objektartengruppe „Angaben zum Gebäude“ eine Reihe von Möglichkeiten, die für die Ableitung von 3D-Gebäudemodellen des LoD1 und LoD2 notwendigen Parameter objektbezogen zu hinterlegen. Zu nennen sind hier die Geschosshöhe, die Höhe über Grund, die Dachform, die Firstlinie, der Firstpunkt, der Traufpunkt und die Durchfahrtshöhe. Die für die Ableitung höherer LoDs erforderliche Identifizierung von einzelnen Gebäudeseiten und deren Texturierung ist im jetzigen ALKIS-Modell nicht vorgesehen. Über das Gebäude hinaus kann im ALKIS-Modell grundsätzlich jedem Geoelement neben der Lage auch ein Höhenwert zugeordnet werden. Spezielle Punktmengenobjekte sollen die Speicherung von DGM-Daten erleichtern.

Die Führung dieser Attribute und Geometrien im ALKIS-Datenbestand ist nicht verpflichtend, würde aber bei jenen Kommunen, die hiervon freiwillig Gebrauch machen, zu einer Vereinheitlichung des 3D-Datenschemas beitragen. Im Sinne des Geodatenmanagements kann sich so ein impliziter Mindeststandard für kommunale 3D-Daten bis zum LoD2 entwickeln.

Entscheidend für den Erfolg von ALKIS als primärer Datenhaltungskomponente für 3D-Stadtmodelldaten wird die noch zu schaffende Anbindung an Visualisierungs- und Auswertungswerkzeuge über die Normbasierte Austauschchnittstelle NAS sein. Ebenso müssen im Einzelfall Wege gefunden werden, bereits jetzt vorhandene 3D-Daten, die zurzeit außerhalb der ALK geführt werden, automatisiert über die NAS in den ALKIS-Bestand einzupflegen. Im Gegensatz zu der in der Privatwirtschaft eher geringen Akzeptanz der bisher für die Grundrissdaten des Liegenschaftskatasters genutzten EDBS-Schnittstelle ist aufgrund der Nutzung des internationalen XML-Standards für die NAS in der Zukunft eine schnellere und bessere Marktdurchdringung zu erwarten.

7. Ableitung von 3D-Stadtmodellen

Ableitung steht für die mehr oder weniger automatisierte Herstellung von dreidimensionalen, digitalen Beschreibungen der natürlichen Form der Erdoberfläche und von künstlich hergestellten, sonstigen Aufbauten aus vorhandenen oder noch zu beschaffenden Geodaten.



Komponentenschema 3D-Stadtmodell

Für die Ableitung steht eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Die Verfahren unterscheiden sich in der Aufgabenstellung. Diese lässt sich grob in 3 Gruppen unterteilen:

1. Verfahren zur Herstellung von digitalen Geländemodellen (DGM),
2. Verfahren zur Herstellung von Modellen der Gebäude und der sonstigen Aufbauten (3D-Gebäudemodelle) und
3. Verfahren zur Herstellung digitaler Bilder zur Texturierung der Gebäude, Aufbauten und der Erdoberfläche.

7.1 Digitale Geländemodelle

Ist das zu beschreibende Gebiet nicht sehr klein oder werden an die Genauigkeit der Lage- und Höhenwerte nicht sehr hohe Anforderungen gestellt, stehen für die Erstellung digitaler Geländemodelle zwei Verfahren zur Wahl.

Die Eignung der unten beschriebenen Verfahren ist unabhängig von der Größe der zu modellierenden Landschaftsfläche. Lediglich die hohen Grundkosten machen den Einsatz unterhalb eines Schwellwerts unwirtschaftlich. Diese Kosten werden durch Nutzung von vorhandenen Luftbildern oder Laserscan-Höhenpunkten minimiert. Das legt nahe, die DGM innerhalb des "Verbundsystems" des amtlichen Vermessungswesens (Landesvermessungsamt, Bezirksregierungen, Kommunen) zu erstellen und mehrfach, für andere Fachaufgaben oder in anderen Dienststellen, zu nutzen.

7.1.1 Ableitung aus flugzeuggestützt ermittelten Höhenkoten

Aus den ermittelten dreidimensionalen Koordinaten (Laserscan-Daten) können schnell, wirtschaftlich und nahezu vollautomatisch Modelle abgeleitet und in verschiedene Präsentationsformen überführt werden: Gittermodelle (GRID), frei vermaschte Dreiecksmodelle (TIN), Höhenschichtlinien, Höhenklassifikationen, Hangneigungen, Schummerungen u.v.m..

Die Einbeziehung von Bruchkanten erfolgt i.d.R. durch Übernahme aus anderen Datenbeständen, z.B. aus der ALK, und anschließendem Einrechnen in das DGM.

Für die Ableitung der Koordinaten zu einem DGM stehen verschiedene Softwareprodukte zur Verfügung. Als Eingabewerte werden Listen mit dreidimensionalen Punktkoordinaten von Einzelpunkten und/oder Bruchkanten erwartet. Für die weitere Verwendung in 3D-Stadtmodellen müssen mindestens die Präsentationsformen GRID, TIN und Höhenschichtlinien und als Datenformate (3D)DXF, ESRI-Shape und VRML von den Softwareprodukten bereitgestellt werden.

Als Beispiel für Softwareprodukte seien hier SCOP der Fa. Inpho, Stuttgart, und Terrasolid, der Terrasolid Ltd., Helsinki, genannt. Beide Produkte sind in vielen Anwendungsbereichen eingeführt, auf die speziellen Anforderungen von 3D-Stadtmodellen aber noch nicht vollständig vorbereitet. Die gängigen CAD-Programme verfügen ebenfalls meist über Funktionen zur Bearbeitung von Geländemodellen.

7.1.2 Stereoauswertung analoger oder digitaler Luftbilder

Das zweite Verfahren ist die Stereoauswertung von analogen oder digitalen Luftbildern. Dabei werden je nach eingesetztem Verfahren die dreidimensionalen Koordinaten durch manuelle, teil- oder vollautomatisierte Messungen gewonnen. Im Gegensatz zum Laserscanning, bei dem die Höhenpunkte in Abhängigkeit von der Flughöhe und der Auflösung des eingesetzten Sensors zufällig verteilt sind, können hier die Geländemodelle durch direktes Anmessen der notwendigen Punkte und Kanten gebildet werden. Die automatisierte Messung von GRIDs ist je nach eingesetztem Verfahren möglich.

Die bei der Auswertung gewonnenen Höhendaten und die zur Auswertung notwendigen Triangulationsdaten können noch zur Herstellung von Orthobildern für die Texturierung der Geländemodelle und bei der Stereoauswertung eingesetzt werden.

Die Ergebnisse der Stereoauswertung der Luftbilder werden ebenso wie die Ergebnisse des Laserscanverfahrens an die oben angeführten Softwareprodukte zur Herstellung der Geländemodelle übergeben.

7.2 3D-Gebäudemodelle

Die Datenbestände des amtlichen Vermessungswesens enthalten einen reichhaltigen Bestand: Digitale Geländemodelle, georeferenzierte Luftbilder, Gebäudegrundrisse, usw. Sie enthalten aber im Regelfall keine Informationen über die dreidimensionale Ausformung des Gebäudebestandes. Einzelne Vermessungs- und Katasterämter führen zusätzlich zum Grunddatenbestand Geschosshöhen, Firstlinien und Dachformen. Will man 3D-Gebäudemodelle

aufstellen, müssen die fehlenden Informationen beschafft werden. Die am Markt vorhandenen Verfahren zur Herstellung von 3D-Gebäudemodellen bieten sehr unterschiedliche Lösungen, die 3D-Informationen über die Gebäude und sonstigen Aufbauten zu beschaffen, die Modelle zu bilden und zu speichern.

Auf die Eignung der Verfahren im Hinblick auf spezielle Aufgabenstellungen und unterschiedliche Level-of-Detail wird im Folgenden nur am Rande eingegangen.

7.2.1 Datenbeschaffung, -nutzung und -auswertung

Im Bereich der Vermessungs- und Katasterämter hat sich die Übernahme der Grundrisse aus der ALK als Basisinformation bei der Aufstellung der 3D-Modelle durchgesetzt. Um damit 3D-Modelle zu erzeugen, müssen Informationen über Gebäudehöhen und / oder Dachformen, soweit sie nicht in der ALK vorliegen, aus anderen Quellen kommen.

Nutzung von ALK bzw. ALKIS-Daten

Digitale Grundrissdaten der Gebäude stehen heute in der ALK fast flächendeckend zur Verfügung. Durch die Annahme bzw. Einführung einer einheitlichen bzw. nutzungsart- oder geschosshabhängigen Gebäudehöhe lassen sich aussagekräftige 3D-Gebäudemodelle ohne Dachlandschaften ableiten. Stehen die Baujahre der Gebäude zur Verfügung, werden die Ergebnisse durch die Einführung von altersabhängigen Geschosshöhen verbessert. Werden dann noch die vereinzelt bei den ALK-Datenbeständen vorgehaltenen Firstlinien mit eingerechnet, ergeben sich schon allein durch die Nutzung der ALK-Daten realitätsnahe 3D-Modelle in der Ausprägung des LoD2. Diesen Ansatz machen sich einige Verfahren zu nutzen: Die Hansestadt Hamburg hat so mit Unterstützung der Software ArchiCAD ein flächendeckendes 3D-Stadtmodell entwickelt [Cieslik 2003], das Verfahren SupportGIS der Fa. CPA Geo-Information bildet mit Hilfe der Einheitlichen Datenbank-Schnittstelle (EDBS) 3D-Gebäudemodelle aus ALK-Daten, und die meisten Geographischen Informationssysteme (GIS) verfügen über Werkzeuge, aus 2D-Grundrissdaten 3D-Gebäudemodelle abzuleiten. Neben den aufgeführten gibt es weitere Beispiele.

Die Nutzung der ALK-Daten zur Aufstellung von 3D-Gebäudemodellen ist der Königsweg der öffentlichen Vermessungsverwaltung. Sind erst einmal die bei der Ableitung aus den ALK-Daten entstandenen 3D-Gebäudeobjekte gemeinsam mit den Ordnungsbegriffen der ALK in einer Datenbank gespeichert, stehen eine Reihe von Optionen zur weiteren Bearbeitung der Modelle offen:

- Zur Fortführung der Modelle können die zur Übernahme in das Liegenschaftskataster eingereichten Gebäudeeinmessungen dienen. Die zukünftig in ALKIS realisierte Normbasierte Austauschschnittstelle (NAS) und die Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung (NBA) werden die Möglichkeit bieten, die Fortführung der 3D-Modelle nahezu zeitgleich mit der Fortführung des Liegenschaftskatasters vorzunehmen.
 - Durch veränderte Erfassungsvorschriften des Liegenschaftskatasters für die Gebäude könnte sich die nachträgliche 3D-Bearbeitung zugunsten einer 3D-Erfassung bei der Gebäudeeinmessung erübrigen. Das für ALKIS beschriebene Datenmodell stellt Möglichkeiten zur Beschreibung der Gebäudegeometrien bereit. Der Erlassgeber sollte durch Verwaltungsvorschriften die Erfassung der 3D-Attribute zur Pflicht machen. Daten aus Luftbildauswertungen oder Laserscan-Daten, die für andere Zwecke erhoben worden sind, können zur zusätzlichen Qualifizierung der 3D-Gebäudemodelle eingerechnet werden.
-

- Die übrigen Fachobjekte der ALK wie z.B. Straßenbäume, Nutzungsarten, Bruchkanten usw. stehen, soweit sie in der ALK als Objekte gespeichert sind, für die Nutzung in den 3D-Modellen zu Verfügung.
- Im Gegensatz zu photogrammetrischen Lösungen, bei denen es aus wirtschaftlichen Gründen angeraten ist, alle Daten in einem Auswertegang zu erheben, können bei Lösungen auf der Grundlage der ALK die Modelle stufenweise und aufgabenbezogen qualifiziert werden, ohne dass dabei die Wirtschaftlichkeit stark leidet.
- Die Übernahme der Ordnungsbegriffe aus der ALK bietet die Möglichkeit 3D-Objekte vollständig in die GI-Systeme der Verwaltungen zu integrieren. Auch die Texturobjekte zur Illustration der Modelle können in diese Systeme eingebunden werden.

Selbst wenn es mit den zur Verfügung stehenden ALK- bzw. ALKIS-Daten nur möglich ist, einfache Gebäudequader mit einem angenommenen Höhenwert zu bilden, so sind diese Daten einschließlich des Ordnungsbegriffs doch unverzichtbar, wenn die Modelle mit den anschließend beschriebenen Verfahren weiter verfeinert bzw. überhaupt erst aufgestellt werden sollen.

Stereoauswertung von Luftbildern

Bei dieser Methode werden 3D-Gebäudemodelle durch die Messung von dreidimensionalen Koordinaten der die Gebäudekanten begrenzenden Punkte in Stereoluftbildern gewonnen. Die Verfahren haben in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht, vor allem durch den Einsatz digitaler Methoden. Die Messung erfolgt durch einen Auswerter. Ansätze, die Extraktion der Gebäudekanten zu automatisieren, haben das Forschungsstadium nicht verlassen. Die Luftbildauswertung erfordert erhebliche manuelle Arbeit, ist aber, jedenfalls bei größeren Auswertebereichen, wirtschaftlicher als die weiter unten beschriebenen CAD-Verfahren.

Am Markt werden einige Verfahren angeboten, bei denen für 3D-Gebäudemodelle spezialisierte Stereo-Auswertesoftware eingesetzt wird, z.B. der Phaust® StereoModeller der Fa. Invers, Essen, der CC-MODELER™ der CyberCity AG, Zürich, und das Verfahren inJECT der INPHO GmbH, Stuttgart. Wichtigstes Merkmal der Verfahren ist, dass gleichzeitig mit einer teilautomatisierten Auswertung der Gebäudekanten Ausschnitte aus den Luftbildern zur Texturierung der Modelle bereitgestellt werden.

Die Fortführung der aus Luftbilddaten generierten Modelle wird wesentlich erleichtert, wenn die in der ALK neu ein- oder fortgeführten Grundrisse bekannt sind.

Flugzeuggestütztes Laserscanning

Die flugzeuggestützte Erfassung der Erdoberfläche durch Laserscanner ist seit einigen Jahren fest etabliert. Als Ergebnis der Befliegungen werden dreidimensionale Koordinaten von Oberflächenpunkten geliefert. Der Punktabstand variiert je nach Anwendungsfall und eingesetztem Scanner. Zur Ableitung von 3D-Stadtmodellen sind Punktabstände < 1 m anzustreben.

Als Befliegungsergebnisse entstehen massenhaft Koordinatentripel. Eine Reihe von Aufgaben können mit solchen Daten direkt ohne Objektbildung erledigt werden: Funknetzplanung, Klimamodellierung, usw. Für andere Aufgaben muss eine Objektbildung erfolgen. Der gleich-

zeitige Einsatz von Bildscannern während des Fluges erhöht die Interpretierbarkeit der Laserscanmodelle bei der Objektbildung.

Die voll- oder teilautomatisierte Ableitung von 3D-Objekten aus Laserscan-Daten steckt noch in den Kinderschuhen. Ein Prototyp, der die ALK-Grundrisse als Modellbasis nutzt, wird von Brenner [2004] beschrieben.

Nachteilig bei der Nutzung eines Laserscanners ist, dass zur Fortführung der Modelle die fortzuführenden Gebiete vollständig neu befliegen werden müssen. Durch den Vergleich von altem und neuem Modell können die auszutauschenden Modellteile bestimmt werden.

Terrestrisches Laserscanning

Ebenso wie das flugzeuggestützte Laserscanning erobern seit einigen Jahren Verfahren und Geräte zum terrestrischen Laserscanning den Markt. Dem Anwender steht eine Reihe von Geräten mit teilweise spezifischen Merkmalen zur Verfügung. Sie aufzuzählen würde den Rahmen sprengen. Gemeinsam ist ihnen, dass sie hervorragend geeignet sind, Einzelobjekte mit komplizierten Strukturen, wie z.B. Skulpturen, Stahlgitterbrücken oder Fassaden mit einer starken Tiefenstaffelung u.v.m., zu erfassen.

Wie beim flugzeuggestützten Laserscanning erfolgt die Objektbildung i.d.R. manuell.

Modellierung aus terrestrischen Photos

Zur Texturierung der Gebäudemodelle werden meist Digitalphotos der Gebäudefassaden benutzt, die mit handelsüblichen Digitalkameras gemacht werden. Das legt nahe, die Photos auch zur Modellbildung zu nutzen. Vollständig entwickelte Verfahren stehen hier noch nicht zur Verfügung. Allerdings berechtigen die von CPA Geo-Information, Siegburg, von der GTA Geoinformatik, Neubrandenburg, und von anderen entwickelten Ansätze und Prototypen zu der Hoffnung, durch die gleichzeitige Modellierung und Texturierung der Gebäude die manuelle Arbeit deutlich zu verringern.

Das Verfahren der CPA Geo-Information erlaubt durch die gleichzeitige Verarbeitung von Luftbildern und terrestrischen Photos auch die Modellierung der Dachlandschaften und die Gewinnung von Texturen der Dächer aus den Luftbildern.

CAD-Verfahren

Hierbei erfolgt die Konstruktion der Gebäude, eventuell einschließlich der Innenräume und der sonstigen Aufbauten, aus vorhandenen Bauzeichnungen oder sonstigen Unterlagen in einem CAD-System. Sie sind die Verfahren der Wahl, wenn die Nutzung der Modelle stark projektbezogen ist bzw. auf wenige Objekte beschränkt ist, z.B. bei der Architekturvisualisierung oder beim Facility-Management. Beim Facility-Management gibt es Beispiele, bei denen die vollständige Beschreibung eines Gebäudes mit allen Bauteilen, Einrichtungen, Materialien, Brandschutzeinrichtungen, Bestellnummern usw. erfolgt ist. Der hohe Detaillierungsgrad solcher Modelle lässt eine virtuelle Begehung in Echtzeit nicht mehr zu. Bei der Architekturvisualisierung steht nicht die Dokumentation der Gebäude, sondern die Präsentation ansprechender Modelle im Vordergrund.

Für die Aufgabenstellung Architekturvisualisierung stehen Softwareprodukte wie z.B. 3D-StudioMax, Cinema 4D usw. zur Verfügung. Diese Produkte verfügen i.d.R. über Werkzeuge zur virtuellen Begehung der Modelle und zum Ableiten von Kamerafahrten durch den Modellraum.

Im Bereich des Facility-Managements werden die bei der Planung von Hochbauten eingeführten Konstruktionsprogramme wie z.B. MicroStation, Nemetschek, AutoCAD, ArchiCAD usw. eingesetzt. Die meisten dieser Programme verfügen über Werkzeuge, um Texturierungen aufzubringen und virtuelle Modelle oder Stillbilder abzuleiten. Besonders geeignet für die beschriebenen 3D-Aufgaben sind Programme, die den Standard IFC (Industry Foundation Classes) verwenden. Das Datenmodell von IFC bietet die Möglichkeit, alle zur vollständigen 3D-Beschreibung eines Bauwerkes notwendigen Attribute zu führen.

Der Einsatz von CAD-Verfahren bei der Beschreibung eines Dorfes wird von Asang, Pöllath [2003] beschrieben.

7.2.2 Fortführung der 3D-Stadtmodelle

Der Fortführung der 3D-Modelle ist besondere Beachtung zu schenken. Der Aufbau der Bestände ist aufwändig (vgl. Kapitel 7.2.1), und in städtischen Ballungsgebieten veralten die Modelle schnell. Erfolgreiche Fortführungsstrategien müssen auf den Prozessen im Liegenschaftskataster aufsetzen. Trotz aller bekannten Schwierigkeiten und der teils auch langen Bearbeitungszeiten lässt sich die Fortführung der 3D-Modelle und deren Aktualität nur durch die Einbeziehung der in § 14 VermKatG NRW geregelten Gebäudeeinmessungspflicht sichern. Nur die Vermessungs- und Katasterämter führen für die Zwecke der Verwaltung terrestrische oder photogrammetrische Erkundungen oder Messungen aus, die die Aktualität sichern.

Zur Verbindung mit den Prozessen des Liegenschaftskatasters müssen die Fortführungen der Gebäudeobjekte in der ALK, demnächst ALKIS, gezielt gesammelt und an das 3D-Modell weitergeleitet werden. Die ALK bietet zu diesem Zweck das Verfahren BZSN (Bezieher Sekundärnachweis) an. ALKIS wird BZSN durch das Verfahren NBA (Nutzerbezogene Bestandsaktualisierung) ersetzen. NBA bietet gegenüber BZSN eine größere Intelligenz. So wird der Identifikator beibehalten, wenn Objekte in ALKIS lediglich verändert werden, außerdem wird der bei jedem Objekt gespeicherte Änderungs- bzw. Entstehungsanlass angegeben. Daher ist nach Einführung von ALKIS eine weitgehende Automatisierung der Prozesse zur 3D-Fortführung denkbar. Im NRW-Geschäftsprozess Gebäude ist für ALKIS die Berücksichtigung eines 3D-Stadtmodells bereits explizit benannt.

Viele Informationen können auch den Unterlagen und Plänen von Gebäuden entnommen werden, die für das Baugenehmigungsverfahren der Bauordnungsbehörde vorgelegt werden. Im Rahmen des Geodatenmanagements sollten die Vermessungs- und Katasterämter bestrebt sein, direkten Zugriff auf diese Informationen zu erhalten. In einigen Städten wird derzeit ein Verfahren zum Prozess- und Vorgangsmanagement im Baugenehmigungsverfahren eingeführt, das anderen Stellen sogar den digitalen Zugriff auf diese Informationen eröffnen soll.

7.2.3 Texturierung

Die Belegung der 3D-Gebäudemodelle mit Texturen erhöht die Orientierung des Betrachters im Modell. Je nach Anwendungsfall wird man versuchen, durch Texturen bestimmte Wirkungen beim Betrachter zu erzielen. Dies gilt nicht nur für die Wände der Gebäude sondern auch bei der Gestaltung der Erdoberfläche und bei sonstigen Objekten im Modell. Zur Herstellung von Texturen stehen zwei Alternativen zur Verfügung:

- Bei der direkten Verwendung von aus Digitalphotos gewonnenen Fassadenbildern werden die Photos entzerrt und die Bereiche, die die Fassade zeigen, ausgeschnitten bzw. montiert. Dieser Weg führt schnell und kostengünstig zu texturierten Modellen. Allerdings sind die so gewonnen Bilder fast immer durch Fremdobjekte, wie davor parkende Autos oder Straßenbäume, durch Spiegelungen in den Glasflächen usw. beeinträchtigt. Zusätzlich wird der Gesamteindruck der Gebäude durch die unterschiedliche Sonneneinstrahlung beeinträchtigt. Diese Mängel mit den Methoden der photographischen Retusche zu beheben ist aufwändig. Bei der Verwendung von Orthophotos zur Texturierung der Bodenscholle entsteht noch zusätzlich das Problem der Verzerrung bei der schrägen Aufsicht aus der Fußgängerperspektive.



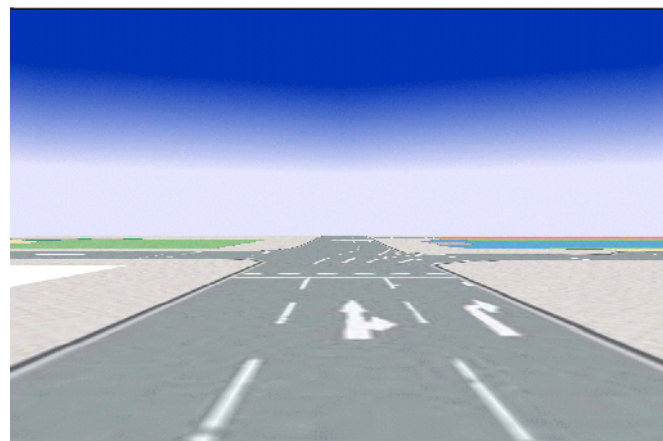
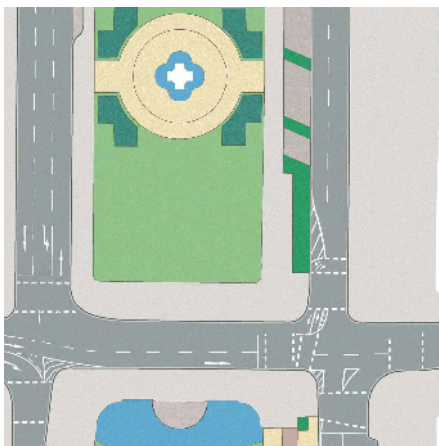
Schrägsicht auf ein Luftbild



Gegenüberstellung photorealistische / synthetische Textur

- Die Verwendung von synthetischen Texturen für Wände und Boden, die entweder das Ergebnis eines freien kreativen Prozesses sind oder durch mehr oder weniger generalisierendes Nachzeichnen der Photos bzw. von topographischen Karten in einem Bildbearbeitungsprogramm entstehen [Landeshauptstadt Düsseldorf 2003]. Dabei werden alle

Nachteile der direkten Verwendung der Photos vermieden. Durch die angepasste Speicherung der Bilder ergeben sich bei gleicher Auflösung kleinere Dateien. Werden die unterschiedlichen Nutzungsarten der Erdoberfläche in der ALK oder zukünftig in ALKIS detailliert (nicht die Nutzung "Straße", sondern die Nutzungen "Fahrbahn, Gehweg, Radweg, Parkstreifen, Verkehrsgrün usw.") als Objekte geführt, können aussagekräftige synthetische Bodenbilder direkt und weitgehend automatisch aus dem Datenbestand des Liegenschaftskatasters abgeleitet werden.



Aufsicht / Schrägsicht synthetische Bodentextur

Synthetische Texturen können durch eine extreme, fast ins karikaturhafte gehende Vereinfachung in ihrer Prägnanz gesteigert werden. Das Beispiel wurde www.hpi.uni-potsdam.de/deu/forschung/cgs/forschung/research_nprhouses_detail.jpg entnommen. Für weitere Informationen siehe Döllner, Walther [2003].



Nicht-photorealistische Darstellung nach Döllner

Für beide Wege steht am Markt eine Vielzahl von Programmen zur Verfügung. Auf die Nennung kann hier verzichtet werden. Da die Texturierung der Fassaden die aufwändigste Arbeit bei der Aufstellung eines 3D-Modells ist, sollte die Auswahl der Bearbeitungsart bzw. der Bearbeitungsintensität sorgfältig erfolgen. Werden die Photos direkt verwendet, werden zur Texturierung einer Fassade für die Bildbearbeitung je nach Größe ca. 5 bis 10 Minuten

verbraucht. Eine photographische Retusche benötigt je nach Intensität zwischen 60 und 180 Minuten. Für das Herstellen der synthetischen Texturen sind zwischen 15 und 45 Minuten anzusetzen. Die Erfahrungswerte beziehen sich auf die üblichen Gebäudefassaden in einer durch Büro- und Geschäftshäuser geprägten Innenstadt.

7.3 Genauigkeitsanforderungen an ein 3D-Stadtmodell

Die Frage nach der geometrischen Genauigkeit und die damit verbundenen Fragen zur Generalisierung der Modelle kann abschließend nur in Kenntnis der Anwendungsfälle beantwortet werden. Soweit die Modelle aus der ALK abgeleitet worden sind, entspricht ihre Genauigkeit derjenigen der Grundrisse der ALK. Die Grundrissgenauigkeit der ALK reicht erfahrungsgemäß für alle Anwendungen mit Ausnahme von hochgenauen Ingenieur-anwendungen aus.

Bleibt die Frage nach der Höhengenaugigkeit bzw. nach der Generalisierung der Dächer und der Dachaufbauten. Stammen die Gebäudehöhen aus photogrammetrischen Auswertungen oder aus Laserscanflügen, gibt es systembedingte Ungenauigkeiten. Das Landesvermessungsamt NRW gibt die Genauigkeit der Laserscanhöhen mit besser 30 cm an. Bei photogrammetrischen Auswertungen wird die Genauigkeit mit 0,15 Promille der Flughöhe angegeben, z.B. bei 1200 m Flughöhe 0,18 m. Ob diese Genauigkeit für Anwendungen im Bereich des Bauordnungsrechts (Baumassenzahl, Abstandsflächen) ausreicht, hängt von den örtlichen Verhältnissen, d.h. von der Bebauungsdichte ab. Für Anwendungen in den Bereichen Hochwasserschutz, Katastrophenschutz, Stadtentwässerung, Grundwasser usw. reichen die Genauigkeiten der photogrammetrischen Auswertung bzw. des Laserscans allemal aus. Die Notwendigkeit, kleinere Dachaufbauten (Gauben, Kamine, Terrassen, Attiken usw.) mit in das Modell einzubeziehen, muss ebenfalls für den einzelnen Anwendungsfall entschieden werden.

Mit geringeren Genauigkeiten kommen die Anwendungsfälle Visualisierung, Funknetzplanung, Klimamodellierung, Lärmausbreitung usw. aus. Dabei sind Messgenauigkeiten +/- 1,0 m oder gar größer in der Z-Koordinate in der Vergangenheit bei vorhandenen Anwendungsfällen akzeptiert worden. Es sind Leistungsbeschreibungen für photogrammetrische Auswertungen bekannt, in denen Dachaufbauten unter 2m Kantenlänge bzw. 4 m² Grundfläche generalisiert werden durften.

Bei reinen visuellen Anwendungen ist nicht die tatsächliche Messgenauigkeit allein ausschlaggebend, sondern es kommt vielmehr auf die "optische Plausibilität" an. Durchgehende First- oder Trauf- oder sonstige Linien müssen hierbei, ungeachtet der tatsächlichen Auswertegenauigkeit, als durchgehende Kanten modelliert werden.

7.4 Fazit

Um vielfach einsetzbare und realitätsnahe 3D-Stadtmodelle zu erzeugen, die auch zukünftige, heute noch nicht bekannte Anforderungen erfüllen, müssen 3D-Stadtmodelle die Komponenten DGM, 3D-Gebäudemodelle, 3D-Fachobjekte und Texturen enthalten. Um diese Komponenten zu erzeugen ist mehr als ein Verfahren notwendig. Bei der Auswahl der Verfahren ist die Fähigkeit, die Modellkomponenten ohne größeren Aufwand zu spontan erzeugten Anwendungs- oder Präsentationsmodellen zu vereinigen, von entscheidender Bedeutung.

Detaillierte 3D-Stadtmodelle können wirtschaftlich erstellt werden, wenn die Erfassung gleichzeitig mit anderen Fachaufgaben verknüpft wird. Es gibt Beispiele für eine erfolgreiche Zusammenarbeit der Vermessungs- und Katasterämter mit anderen Fachdisziplinen, z.B. bei der Gebührenberechnung für die Einleitung von Niederschlagswasser und bei der Lärmausbreitungsberechnung. Auch im Bereich der Funknetzplanung und der Hochwassermodellierung bietet sich eine Zusammenarbeit offensichtlich an. Generell sollte heute vor Beginn von terrestrischen oder photogrammetrischen Erkundungs- oder Messarbeiten immer der Nutzen für alle vorhandenen oder geplanten Anwendungen einer Kommunalverwaltung, also auch der Nutzen für die 3D-Modellierung geprüft und berücksichtigt werden.

8. Technische Möglichkeiten der Visualisierung von Modellen

Für die Visualisierung vorhandener virtueller 3D-Modelle können unterschiedliche Verfahren angewendet werden. Je nach Größe und Komplexität des Modells, den daraus resultierenden Datenmengen und der jeweiligen Verwendung ist ein geeignetes Verfahren zu wählen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Möglichkeiten zur Visualisierung von 3D-Modellen und ihrer Verbreitung über das Internet ständig weiterentwickelt werden; so reicht selbst die Graphikfähigkeit heutiger Standard-PC i.d.R. aus, um 3D-Modelle zu bearbeiten und zu visualisieren.

Im Rahmen der Visualisierung kann es sinnvoll sein, nicht nur einzelne 3D-Stadt-, Regional- bzw. Planungsmodelle zu präsentieren, sondern auch Daten aus verschiedenen 3D-Datenquellen, Geländemodellen sowie sonstigen GIS-Beständen zu integrieren. Zu diesem Zweck ist eine standardisierte und systemunabhängige Verständigungssprache unverzichtbar; der ISO-Standard VRML 97 (Virtual Reality Modelling Language) erfüllt weitgehend diese Anforderungen. VRML ermöglicht die vollständige Beschreibung von statischen, polygonalen, dreidimensionalen Welten inkl. Oberflächendarstellung und Beleuchtung. Für die Visualisierung werden dadurch die Voraussetzungen zur Festlegung von Perspektiven bzw. beliebigen Viewpoints sowie zur freien Bewegung im virtuellen Raum geschaffen.

Wird ein Server zur Bereitstellung und Verbreitung von VRML-Daten eingesetzt, sollte dieser ein Berechtigungskonzept enthalten, um die Daten nicht ungeschützt im Netz zu verteilen. Nur so kann eine gewisse Kontrolle eingebaut werden, dass die Visualisierung und vor allem Weiterverarbeitung in anderen Programmen, wie beispielsweise 3D-Studio max, nicht ohne Zustimmung des Datenerzeugers erfolgt.

Grundsätzlich können zur Visualisierung von 3D-Modellen folgende Verfahren unterschieden werden:

- Standbildvisualisierung (Stillbildvisualisierung)
- Visualisierung mit Videotechnik (AVI)
- 3D-Viewer und -Auskunftssysteme

Dabei ist zu beachten, dass 3D-Viewer eigenständige Softwareprodukte darstellen, die entweder als Freeware oder als kommerzielle Produkte zur Verfügung stehen. Standbilder und Videos können sowohl durch geeignete kommerzielle 3D-Viewer als auch durch andere gängige Softwareprodukte (meist 3D-CAD) erzeugt werden.

Bei der Auswahl der Visualisierungssoftware sollte in jedem Fall beachtet werden, dass der VRML-Import und nicht nur der Import proprietärer Formate möglich ist.

8.1 Standbild-Visualisierung

Die Standbildvisualisierung ist besonders geeignet für die Darstellung und Präsentation einzelner planungsrelevanter bzw. den Nutzeranforderungen angepasster Ausschnitte aus

vorhandenen 3D-Modellen. Diese Ausschnitte können jedem Interessierten ohne großen Aufwand zugänglich gemacht werden. Insbesondere das Internet bietet sich hier als aufwandsarme Distributionslösung an.

Des Weiteren lassen sich diese Standbilder in entsprechenden DTP-Anwendungen zur Erstellung von Druckerzeugnissen verwenden. Dazu scheiden Screenshots aufgrund der unzulänglichen Auflösung insbesondere im Hinblick auf großformatige Ausgaben und evtl. vorliegendem Detailreichtum im 3D-Modell aus. Stattdessen bieten sich für die Erzeugung hochauflösender Standbilder gängige CAD-Verfahren, wie beispielsweise 3D-Studio max, sowie kommerzielle 3D-Viewer, wie beispielsweise artepolis 3D-Presenter, an. Mit deren Hilfe können Bitmap-Graphiken in standardisierten Formaten in hoher Qualität zur Weiterbearbeitung in DTP-Anwendungen erzeugt werden.

Das Erzeugen mehrerer Standbilder aus unterschiedlichen Perspektiven, in unterschiedlichen Detaillierungsstufen und die Einbindung dieser in Bildergalerien bietet zudem eine einfache Möglichkeit, einen hohen detailreichen Informationsgehalt nutzerorientiert und ansprechend im Internet zugänglich zu machen.

8.2 Visualisierung mit Videotechnik

Speziell für Demonstrationen, bei denen mehr als die Aneinanderreihung von Standbildern, aber noch nicht die Interaktivität im Vordergrund steht, bietet es sich an, ein Video zu erstellen. Ein solches Video enthält vordefinierte Animationen bzw. Kamerafahrten durch das Modell und wird in speziellen Containerformaten zur Kombination von Audio- und Video-Codern abgelegt. Das derzeit gebräuchlichste Container-Format heißt AVI (Audio-Video Interleave).

Diese Form der Visualisierung kann dann problemlos auf handelsüblichen Rechnern und Laptops ablaufen und ist zudem je nach Datenmenge über Intra- / Internet leicht zu verbreiten und nutzbar zu machen. Die Erstellung dieser Videosequenzen wird durch gängige CAD-Verfahren, wie beispielsweise 3D-Studio max, sowie kommerzielle 3D-Viewer, wie beispielsweise COSIMIR und artepolis 3D-Presenter, unterstützt.

Die Berechnung solcher Videos stellt hohe Anforderungen an die Hardware; so ist die lange Laufzeit in Abhängigkeit von der Bildwiederholungsrate und Auflösung bei der Erstellung und Berechnung eines Videos zu beachten. Ein derartiges Video kann daher nicht für jede Änderung oder Zwischenversion im Planungsprozess neu erstellt werden. Vielmehr sollten zu festgelegten Zeitpunkten Planungsstände bzw. Planungsalternativen festgehalten und den Beteiligten (Bürger, Politiker und weitere interessierte Nutzergruppen z.B. bei Bürgeranhörungen, Planungswerkstätten, Ausschusssitzungen) zugänglich gemacht werden.

Zum Abspielen des Videos und bei der Veröffentlichung über das Intra- / Internet muss auf dem Client ein entsprechender Player installiert sein. Solche Player sind zumeist standardmäßig vorhanden (Windows Media Player) oder lassen sich auch als Freeware installieren.

8.3 3D-Viewer und -Auskunftssysteme

8.3.1 Allgemeines

Neben der Software zum Erzeugen der Modelle dient ein 3D-Viewer als zusätzliche Komponente in erster Linie dazu, die Voraussetzungen zur freien Bewegung im virtuellen Raum zu schaffen. Zur freien Bewegung und zur ständigen interaktiven Veränderung der Darstellungsinhalte und auch –ausschnitte sowie Projektionen sind neben der Auswahl einer geeigneten Software die großen Anforderungen an die Hardware bzw. die Rechenzeiten zu beachten.

Aus der Sicht der Arbeitsgruppe muss bei der Auswahl eines 3D-Viewers von Beginn an berücksichtigt werden, dass die Darstellung bzw. der Import von VRML und nicht nur spezifischer CAD-Formate möglich ist. Teilweise werden nach Import der zu visualisierenden Daten aber interne Datenformate erzeugt, die ein schnelles Navigieren insbesondere in großen Modellen ermöglichen sollen.

Speziell für Web-Anwendungen wurden diese Zusammenhänge auch durch den Pilot 3D der GDI NRW beleuchtet. Dabei greifen die 3D-Viewer als Clients auf verschiedene 3D-Datenquellen im Web zu. Die gemeinsame Verständigungssprache zur Abfrage der 3D-Daten stellt ein von der SIG 3D der GDI NRW definierter Dienst dar, der Web 3D Service (W3DS). Es handelt sich dabei um die Erweiterung des OGC Web Terrain Services um volle 3D-Präsentationsmöglichkeiten auf der Basis des ISO-Standards VRML 97 [Kolbe 2004b]. Zum aktuellen Stand des Piloten finden sich Artikel auf der Homepage der SIG 3D (vgl. Kapitel 11.3).

3D-Viewer stehen entweder als Freeware oder kommerzielle Produkte zur Verfügung. Freeware wie beispielsweise die VRML-Viewer BLAXXUN-Contact oder CORTONA sind als Plug-In im Zusammenhang mit Internet-Browsern zu verwenden. Freeware-Produkte schöpfen im Vergleich zu kommerziellen Produkten nicht alle Möglichkeiten von VRML (Art der freien Bewegung, Multimedia, Hyperlinks etc.) in vollem Umfang aus und stoßen bei großen Modellen mit kombinierten Raster- und Vektordaten sowie Gebäude- und Geländetexturen an ihre Grenzen. Der Vorteil von Freeware Plug-In liegt jedoch in der schnellen und kostenfreien Verbreitung über das Internet. So können am Planungs- und Entwicklungsprozess Beteiligte wie auch Bürger und weitere interessierte Nutzergruppen ohne permanente Hilfe der modellerstellenden Stelle die Daten nutzen.

Kommerzielle Produkte bieten demgegenüber einen größeren Leistungsumfang, der sich nicht nur auf die Visualisierung bezieht. So erlauben es diese Produkte vielfach, Kamerafahrten, Animationen oder Simulationen (Hochwasser, Lärm etc.) durchzuführen. Auch die Verknüpfung mit weiteren Daten und Informationen wird ermöglicht, so dass von 3D-Auskunftssystemen oder sogar 3D-Informationssystemen gesprochen werden kann.

Insbesondere für die Präsentation umfangreicher 3D-Stadt-, Regional- und Planungsmodelle, in denen Detaildarstellungen sowie Verknüpfungen enthalten sind, ist der Einsatz dieser leistungsfähigeren Viewer empfehlenswert.

Die Funktionalität einiger 3D-Viewer bzw. –Auskunftssysteme soll in der Anlage 9 (vgl. Kapitel 11.9) näher beschrieben werden. Dabei ist zu beachten, dass diese Beispiele nur eine

Momentaufnahme darstellen und keinen Anspruch auf Vollständigkeit besitzen. Das Angebot und der Funktionsumfang der Softwareprodukte entwickeln sich derzeit rasant weiter.

Die Auswahl eines entsprechenden Softwareproduktes hängt stark vom Angebot und der Infrastruktur der Datenanbieter sowie den Wünschen der Nutzer innerhalb und außerhalb der Verwaltung ab. So ist innerhalb einer Verwaltung auch der Einsatz verschiedener Produkte (Freeware und kommerziell) denkbar.

8.3.2 Web3D-Viewer

Vorhandene 3D-Modelle finden eine große Verbreitung, wenn sie im Netzwerk bzw. im Web vom Client auf einfache Weise visualisiert werden können. Die Verständigungssprache VRML 97 soll genau diesem Zweck dienen. Wie bereits im vorhergehenden Kapitel beschrieben, ist der Besuch der VRML-Welt ohne zusätzliche Softwarekosten möglich, wenn zuvor ein spezielles Plug-In für den Web-Browser installiert wird.

Bei größeren Auszügen aus einem 3D-Stadtmodell kann sich die entsprechende VRML-Datei jedoch sehr aufblähen, und VRML-Plug-Ins können diese nicht mehr darstellen. Daher wurde das Format X3D (Extensible 3D) lange Zeit als Nachfolger für VRML gehandelt. Das Format X3D beruht auf XML und erweitert VRML in seiner Funktionalität. Dabei bleibt X3D kompatibel zu altem VRML-Material. Hinweise befinden sich auf der Homepage des Web3D-Konsortiums (vgl. Kapitel 11.3).

Für viele Nutzer im Web stellt es jedoch eine Hemmschwelle dar, wenn für die Betrachtung einer Seite bzw. eines Modells zunächst ein Plug-In heruntergeladen und installiert werden muss. Aus diesem Grund haben einige Firmen Plug-In- freie Systeme zur Betrachtung der VRML-Welt entwickelt (BLAXXUN und andere). Beim Aufruf einer entsprechenden Seite wird die Software zum Betrachten des 3D-Modells als JAVA-Applet vom Server an den Client mitgeschickt.

8.3.3 3D-Auskunftssysteme

Kommerzielle 3D-Viewer bieten einen Leistungsumfang, der über die reine Visualisierung vorhandener Modelle hinausgeht. Die Softwarehersteller bezeichnen diese Produkte vielfach sogar als 3D-Auskunfts- bzw. 3D-Informationssysteme.

Die Viewer sind dabei häufig Module einer 3D-Gesamtlösung (artepolis 3D-Presenter, GISTec In3D-Viewer, CITYGRID EXPLORER, IMAGINE VirtualGIS-Viewer und andere). Im Rahmen der Gesamtlösung wird dem Viewer eine Präsentations-DB bzw. eine Software für das Datenmanagement vorgeschaltet. Über dieses Modul für das Datenmanagement können dem Viewer die gewünschten 3D-Objekte, DGM-Daten, Texturen, Orthophotos und sonstige Geodaten zur Visualisierung sowie weiteren Auswertung bereitgestellt werden. Im Idealfall besitzt das Modul für das Datenmanagement auch die Fähigkeit, als W3DS-Server zu fungieren, dann können im Netzwerk bzw. Web beliebige Viewer nachgeschaltet werden, die diesen Dienst unterstützen.

Anbieter von Geodaten, die nicht die gesamte Infrastruktur für das 3D-Geodatenmanagement vorhalten wollen, können auch Geschäftsmodelle zur Umsetzung aller Daten in eine entsprechende Präsentations-DB nutzen. So bietet beispielsweise die

Firma GEODATA neben den verschiedenen CITYGRID-Modulen für die oben beschriebene Gesamtlösung auch diese Dienstleistung an. Alle Daten werden in ein bestimmtes Format umgewandelt, das auf gängigen Windows-Hardwareplattformen eine Visualisierung mit hoher Performance ermöglichen soll.

9. Kosten, Aufwand und Kriterien zur Entscheidungsfindung

Über die bei der Aufstellung der Modelle entstehenden Kosten können keine sicheren Aussagen gemacht werden. Die Pionierphase, in der verschiedenste Wege zur Ableitung der Modelle getestet wurden, ist zu Ende. Die bisher entstanden Kosten sind stark mit Entwicklung und Ausbildung belastet, eine Verrechnung des Zeitverbrauchs mit den Ergebnissen brächte in jedem Falle zu hohe Kosten. Schließlich sind auch die Anforderungen an die Modelle und die angestrebten Vermarktungsstrategien, die von den verschiedenen Akteuren der 3D-Szene vertreten werden, zu unterschiedlich. Aus Umfragen ist lediglich grob bekannt, dass die Aufstellung der Modelle in Großstädten mit vier- bis sechshunderttausend Einwohnern einen Mitarbeiter allein für die Koordinierungsarbeiten vollständig bindet. Die Kosten für weiteres Personal, für Investitionen und Dienstleistungen liegen im Bereich von ca. einem bis zwei Euro pro Einwohner, verteilt auf die ersten vier Jahre. Diese Kalkulation umfasst nur teilweise die Kosten für die Texturierung der Gebäude.

Bei den Überlegungen jeder einzelnen Kommune, wie sie ein 3D-Stadtmodell aufbauen kann und welches System sich jeweils am besten eignet, sind eine Reihe von Kriterien zu berücksichtigen. Als Arbeitshilfe hat die Arbeitsgruppe eine Entscheidungsmatrix erstellt, in die alle zu berücksichtigenden Aspekte aufgenommen wurden. Dies sind Fragen zum einen nach den vorhandenen Daten, zum anderen nach den Möglichkeiten, die die einzelnen Systeme bieten. Die Entscheidungsmatrix wurde von den Städten Düsseldorf und Bochum und freundlicherweise auch der Stadt Hamburg ausgefüllt, so dass im Kapitel 11.5 die dort im Einsatz befindlichen, unterschiedlichen Varianten als Beispiele zur Verfügung stehen.

Von besonderer Bedeutung ist die Aktualität der 3D-Stadtmodelle. Dazu sollte bereits beim Aufbau der Modelle die Verbindung mit dem Gebäude-Fortführungsprozess des Liegenschaftskatasters sichergestellt werden (vgl. Kapitel 7.2.2).

10. Ausblick (Quo Vadis 3D-Stadtmodelle?)

Auch die Landesvermessung beschäftigt sich mit dem Thema 3D-Stadtmodelle; auf eine Expertise soll hier kurz eingegangen werden, ehe die Ergebnisse und Zukunftsaussichten, die sich aufgrund dieser Orientierungshilfe eröffnen, zusammengefasst werden.

10.1 Expertise "Digitale Oberflächenmodelle und 3D-Stadtmodelle" der AdV

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) hat eine Ad-hoc-Gruppe mit der Erstellung einer Expertise "über Auftraggeber, Aufbau, Verfügbarkeit und Einsatz Digitaler Oberflächenmodelle (DOM) und 3D-Stadtmodelle" beauftragt [AdV 2004]. Die Ad-hoc-Gruppe war aus Mitgliedern der AdV-Arbeitskreise Geotopographie und Liegenschaftskataster zusammengesetzt. Die Expertise ist abgeschlossen, die Ergebnisse wurden im Herbst 2004 dem AdV-Plenum vorgestellt.

Die Gruppe kommt bei Ihren Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen zur Verbreitung und dem Deckungsgrad von 3D-Stadtmodellen, wie sie auch in dieser Orientierungshilfe aufgezeigt wurden. Bei der Darstellung der Erfassungs- und Ableitungsmöglichkeiten von 3D-Stadtmodellen kommt allerdings die Sicht der Landesvermessung klar zum Ausdruck.

Die Vorschläge und Empfehlungen werden insbesondere aufgrund der Ergebnisse einer Umfrage bei verschiedenen Kommunen in Deutschland getroffen: Die Standardisierung auf dem Gebiet der 3D-Modellierung sei, besonders aufgrund der bisher fehlenden Regelungen, als wichtige Aufgabe der AdV anzusehen. Dabei sollten die bisherigen Arbeiten der SIG 3D weitgehend übernommen werden und eine Weiterentwicklung des AAA-Modells (und somit des ALKIS) bis zu einer echten 3D-Modellierung erfolgen. Ebenso sollten Empfehlungen und verbindliche Regelungen zum Aufbau und zur Fortführung erarbeitet werden.

10.2 Ergebnisse und Zukunftsaussichten

Die Pionierphase zur Erstellung von großräumigen Stadtmodellen ist abgeschlossen und die Erfassung flächendeckender 3D-Stadtmodelldaten ist in mehreren Städten begonnen worden oder sogar schon fast abgeschlossen. Der Erfolg stellt sich dabei jedoch nicht absolut zwangsläufig ein, wie Cieslik [2003] feststellt. Ursache mag dabei sein, dass nicht alle potentiellen Anwender sofort mit dem neuen Medium vertraut sind. Die mit der Erstellung von 3D-Stadtmodellen befassten Akteure müssen noch aktiv Einsatzmöglichkeiten aufzeigen und Hilfestellung bei der Realisierung von konkreten Projekten geben, damit die Verwendung hochwertiger 3D-Geodaten ein ähnlicher Erfolg werden kann, wie die Verwendung von 2D-Geodaten, die sich ihrerseits auch nicht schlagartig etabliert hat. Die Integration aller Aktivitäten zum Aufbau und zur Nutzung von 3D-Stadtmodellen in das kommunale Geodatenmanagement sollte daher selbstverständlich sein. Bei der Modellierung und der objektstrukturierten Datenablage sollten die Vorschläge der SIG 3D berücksichtigt werden. Nur wenn die Datenbestände gleichermaßen für Visualisierungsanwendungen, wie auch für ingenieurtechnische Prozesse nutzbar sind, können sie ihre Wirtschaftlichkeit unter Beweis stellen. Dazu muss es gelingen, die 3D-Geodaten in alle geeigneten Verwaltungsprozesse zu integrieren.

Die gesetzlichen Anforderungen zur dreidimensionalen Gebäudebeschreibung (z.B. im Bereich des Bauordnungsrechts (Geschossflächenzahl, Baumassenzahl, umbauter Raum und Abstandsflächen), der Lärmausbreitungsberechnung und des Hochwasserschutzes) sind mittlerweile so zahlreich, dass es angebracht ist, die 3D-Beschreibung der Gebäude in den Basisbestand des Liegenschaftskatasters aufzunehmen und nicht wie bisher immer wieder anlassbezogen zu ermitteln.

Die Aktualität und Qualität der 3D-Daten kann durch eine unmittelbare Verzahnung mit bereits existierenden Erfassungsprozessen sichergestellt werden. Um dies zu fördern seien hier noch zwei Beispiele genannt, bei denen der Erlassgeber vorhandene Verwaltungsvorschriften anpassen sollte:

- Bei der Gebäudeeinmessungspflicht nach § 14 VermKatG NW werden Gebäudegrundrisse zweidimensional erfasst. Die örtliche Messung erfolgt i.d.R. mit registrierenden, heute auch oft reflektorlos messenden Tachymetern. Von den dabei entstehenden 3D-Daten werden nur die 2D-Daten dem Vermessungs- und Katasteramt zur Übernahme übergeben. Der Erlassgeber sollte den einzelnen Vermessungs- und Katasterämtern die Möglichkeit einräumen, von den Vermessungsstellen die ohnehin erfassten 3D-Daten zur vollständigen Beschreibung des ALK/ALKIS-Gebäude-Datenmodells einzufordern. Dazu muss evtl. auch die VermGebO NW angepasst werden.
- Die zum Bauantrag eingereichten Lagepläne enthalten in aller Regel Informationen über die 3D-Ausformung des dem projektierten Gebäude benachbarten Altbestandes. Diese Informationen dienen der Berechnung und Festlegung der Abstandsflächen nach § 6 BauO NW. Die dazu notwendigen Messungen und Daten "verschwinden" heute in den Bauakten. Der Erlassgeber sollte den Prozess "Bauantrag" so ausformen, dass die 3D-Informationen den "3D-Ämtern" der Verwaltung zukommen und auch dafür Sorge tragen, dass die gesammelten 3D-Informationen von den Bauherren bei der Aufstellung der Bauantrag-Lagepläne wiederum genutzt werden.

Für interne und externe Anwendungen wird es zunehmend wichtiger werden gemeinsame Mindeststandards hinsichtlich Modellierung, Inhalt und Qualität der 3D-Stadtmodelle zu beachten. Mögliche Abnehmer, wie Architekten, Immobilienwirtschaft oder Navigationssystemanbieter erwarten einheitlich strukturierte Daten, die über kommunale Grenzen hinweg angeboten werden.

Die nach dem Ersterfassungsprozess mögliche inhaltliche Weiterentwicklung der Modelle kann sich sowohl auf die Objektebene, wie auch auf die attributive Ebene erstrecken. Als zusätzlich integrierbare Objektgruppen kommen insbesondere Straßenmöblierungen, unterirdische Ver- und Entsorgungseinrichtungen, sowie Kommunikationseinrichtungen in Frage. Gestiegene Anforderungen an die Aussagekraft von Lärmausbreitungsberechnung können in Zukunft die Ablage weiterer Attribute, wie Lärmquellen, Verkehrszählungsdaten und Oberflächenbeschaffenheiten, im 3D-Modell sinnvoll machen. Ähnliches gilt für Daten aus dem Klima- und Umweltbereich.

Damit Planungsprozesse noch unmittelbarer unterstützt werden können, sollten die zukünftigen Entwicklungen bei der Anwendungssoftware eine gesteigerte direkte Interaktion mit dem Modell und eine weitergehende Auswertbarkeit der Daten ermöglichen.

Die Anwendungsmöglichkeiten von 3D-Stadtmodellen sind bereits heute sehr vielfältig und betreffen eine Reihe von einzelnen Fachdisziplinen. Die Bedeutung der digitalen dreidimensionalen Modellabbildung unseres Lebensraumes und die Anforderung an die Qualität der Modelle werden zweifellos zukünftig weiter steigen. Der vorliegende Bericht soll interessierten Stellen als Bestandsaufnahme des Jahres 2004 und Orientierungshilfe auf dem zukünftigen Weg dienen.

11. Anlagen

11.1 Abkürzungen und Definitionen

Abkürzung	Inhalt
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AutoCAD	CAD-Programm von der Firma AutoDesk zum Erstellen von Konstruktionszeichnungen
AVI	Audio Video Interleave; Multimedia-Dateiformat
BimSchG	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz)
BR	Bezirksregierung
B-Rep	Boundary-Representation
BZSN	Bezieher Sekundärnachweis; ALK-Verfahren, das Fortführungsinformationen im EDDBS-Format an Sekundärdatenbestände liefert
CAD	Computer Aided Design
CSG	Constructive Solid Geometry
DB	Datenbank
DGK5	Deutsche Grundkarte 1:5000
DGM	Digitales Geländemodell
DSL	Digital Subscriber Line (digitale Teilnehmerverbindung); Technologie zur digitalen Hochgeschwindigkeitsübertragung von Daten über Telefonleitungen
DTP	Desk Top Publishing
DVD	Digital Versatile Disc
DXF	Drawing Interchange Format; Drawing Exchange Format; Dateiformat zum CAD-Datenaustausch, wird durch die Firma Autodesk spezifiziert
EDBS	Einheitliche Datenbank-Schnittstelle; Standard-Schnittstelle der ALK
EG	Europäische Gemeinschaft
ESRI	Environmental Systems Research Institute; in den USA ansässige Firma, Hersteller aller Arc-Produkte
EU	Europäische Union
GDF	Geographic Data File (ISO 14825)

GDI NRW	Initiative Geodateninfrastruktur NRW
GIS	Geographisches Informationssystem
GML	Geography Markup Language (ISO 19136)
GRID	Gitter; Datenstruktur, die allgemein benutzt, um raumbezogene Phänomene zu repräsentieren, wozu eine rasterbasierte Datenstruktur genutzt wird
IFC	Industry Foundation Classes; plattformübergreifendes, objektorientiertes Datenmodell für Bauwerke, gebräuchlich in Bauwirtschaft und Facility Management
ISO	International Organisation for Standardisation
JAVA	Objektorientierte, plattformunabhängige Programmiersprache
LoD	Level of Detail
LVermA	Landesvermessungsamt
MPG	Eigentlich: MPEG; Motion Picture Experts Group (Gruppe der ISO, die sich mit der Standardisierung im Videobereich beschäftigt); Format zur Darstellung von synchronisierten, qualitativ hochwertigem Video und Audio
NAS	Normbasierte Austauschschnittstelle; Bestandteil der ALKIS-Definitionen; basiert auf XML
NBA	Nutzerbezogene Bestandsaktualisierung; ALKIS-Verfahren zur Aktualisierung von Sekundärdatenbeständen im Schnittstellenformat NAS
NAVTEQ	Amerikanisches Unternehmen mit Sitz in Chicago, das eine navigationsfähige, digitale Kartendatenbank (der Straßen) führt
OGC	Open Geospatial Consortium; früher: Open GIS Consortium
PPP	Public Private Partnership
SCOP	Stuttgart Contour Programme
SIG	Special Interest Group
TIN	Triangulated Irregular Network; basiert auf Dreiecken und wird verwendet, um zusammenhängende räumliche Daten zu repräsentieren, die auf einen Satz unregelmäßig verteilter Punkte zurückzuführen sind
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System; Mobilfunkstandard mit sehr hohen Datenübertragungsraten
VR	Virtual Reality
VRML	Virtual Reality Modeling Language; Ursprünglich: "Virtual Reality Markup Language"; Sprachstandard zur Darstellung interaktiver 3D-Web-Grafiken in einem Browser
WLAN	Wireless Local Area Network; drahtlose Anbindung von Computern in ein lokales Netzwerk
XML	Extensible Markup Language; Quasi-Standard zur Erstellung strukturierter Dokumente im World Wide Web oder in Intranets
X3D	Extensible 3D; sollte Nachfolge-Standard von VRML werden; baut auf XML auf und erweitert die Funktionalität von VRML

11.2 Literaturhinweise

- AdV (2004): Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV): Digitale Oberflächemodelle und 3D-Stadtmodelle - Expertise -; Bearbeitet von der gemeinsamen Ad-Hoc-Gruppe „Digitale Oberflächemodelle und 3D-Stadtmodelle“ der AdV-Arbeitskreise Geotopographie und Liegenschaftskataster; Stand: Mai 2004
- Asang, P.; Pöllath, H. (2003): Interaktives 3D-Modell zur Präsentation im Internet, Der Vermessungsingenieur 4/03
- Averdung, C. (2004): Modellierung von 3D-Stadtmodellen mit heterogenen Ausgangsdaten; In: Kartographische Schriften, Band 9: Der X Faktor – Mehrwert für Geodaten und Karten, Bonn 2004, S. 148-156
- Bishop; Dave; Bharat (2001): Beyond the moving Camera: System development for interactive immersive Exploration of urban Environments; In: Proceedings for "Computers in urban Planning an urban Management", Honolulu 2001
- Bott, H.: www.uni-stuttgart.de/si/stb/stb_gesamt_start.html (Webpage vom 10.02.2004)
- Bourdakis, V. (1997): The Future of VRML on Large Urban Models; in: Bowden, R. (Hrsg.): Proc. of the 4th UK VRSig Conf., S. 32-40
- Brenner, C. (2004): Stadtmodelle aus Laserscanning und Bildern; In: Kartographische Schriften, Band 9: Der X Faktor – Mehrwert für Geodaten und Karten, Bonn 2004, S. 141-147
- Cieslik, B. (2003): Hamburg in der dritten Dimension; Zeitschrift für Vermessungswesen 129, Heft 4, S. 254-260
- Czaja, J.; Donaubauer, A.; Geier, M.; Huber, A.; Kaenicke, K.; Kunkel, T.; Matheus, A. Neumeier, S.; Scheugenpflug, S. (2004): Trendanalyse zur Intergeo 2003; In: Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation 01/2004, S. 66-69
- DIN 18709: Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen; Teil 1: Allgemeines
- Döllner, J.; Walther, M.: Real-Time Expressive Rendering of City Models. Seventh International Conference on Information Visualization, Proceedings IEEE 2003 Information Visualization, pp. 245-250, London, July 2003
- Jens Fitzke, Claus Rinner (1998): Visualisierung von Hochwasserszenarien mit VRML; In: Proceedings of Workshop Virtual GIS, 28-29 September; Internal Report No. 8, Institut für Geodäsie und Geoinformatik, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz, University of Rostock, Germany, pp. 95-101
- Gertloff, K.H. (2002): Digitale 3D-Daten der Landeshauptstadt Wiesbaden. In: Zeitschrift für Vermessungswesen 127, Heft 4, S.232-238
-

- Gertloff, K.H. (2004): Aufbereitung und Nutzung von Laserscanning-Daten in der Landeshauptstadt Wiesbaden; Zeitschrift für Vermessungswesen 129, Heft 3, S.195-201
- Gröger, G.; Kolbe, T.; Plümer, L. (2003): Zur Konsistenz bei der Visualisierung multiskaliger 3D-Stadtmodelle; In: Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, Band 31, Arbeitsgruppe Automation in der Kartographie, Tagung 2003, S. 59-74
- Gröger, G.; Kolbe, T.; Plümer, L. (2004): Mehrskalige, multifunktionale 3D-Stadt- und Regionalmodelle; In: Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation 2/2004, S. 121-132
- Gröger, G. et. al. (2004) Das interoperable 3D-Stadtmodell der SIG 3D der GDI NRW; Version 2, Stand 10.05.2004, ausgeteilt während der Plenumsitzung der SIG 3D am 07.05.2004
- Hillen, R. (2004): Stadtmodelle & Schallausbreitung; Vortrag mit Präsentationsfolien am 11.05.2004, 9. Sitzung der Arbeitskreises 3D-Stadtmodelle des Städtetags NRW in Düsseldorf
- Kolbe, T. (2004a): Gemeinsamkeiten und Unterschiede von 3D-Modellen zwischen Geo- und Bauwelt; Vortrag während der BauTec (Internationale Fachmesse für Bauen, Gebäudetechnik und Architektur, Berlin, 17.-21.02.2004; auch erschienen als Beitrag von Kolbe, T.; Plümer, L. (2004), in: GIM International 7/2004
- Kolbe, T. (2004b): Interoperable 3D-Visualisierung – 3D Web Map Server; In: Kartographische Schriften, Band 9: Der X Faktor – Mehrwert für Geodaten und Karten, Bonn 2004, S. 130-140
- Landeshauptstadt Düsseldorf (2003): "Gestaltung der Bodenscholle" und "Fassadengestaltung mit dem Werkzeug Adobe Photoshop 5.5"; interne Bearbeitungsanweisungen
- Schubert, F. (2004): Neue Rolle der virtuellen Realität in der Architektur und Stadtplanung; In: Schrenk, M. (Hrsg.) 2004: Computergestützte Raumplanung CORP 2004 – Geomultimedia 04
- Umweltbundesamt Österreich (2004): Forum Schall: Empfehlungsprotokoll vom 27.01.2004 zur Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25.Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm
- Walter, G. (2004): Politik der Festivalisierung und Festivalisierung der Politik; Folienskript zur Vorlesung WS 03 / 04, TU Berlin, ISR
-

11.3 Internet Links

Adresse	Inhalt
http://www2.fh-konstanz.de/studium/fachb/wwwag/newsite/site_03/site_03.htm#	komplexe Anwendungsfälle eines 3D-Geoinformationssystems in Städtebau und Architektur; Stand 30.06.2004 Quellenangabe: Boytscheff
http://www.ikg.uni-bonn.de/sig3d/	Vorträge und Ergebnisse der SIG 3D
http://www.web3D.org	Informationen des Web3D-Kosortiums zu X3D und VRML
www.uni-stuttgart.de/si/stb/stb_gesamt_start.html	Homepage des Lehrstuhls "Städtebau und Entwerfen" der Universität Stuttgart, Prof. Dr. Helmut Bott
http://www.tellmaris.com	prototypische Realisierung eines (touristischen) 3D-Navigationssystems

11.4 bekannte Stadtmodelle

(Aufzählung ist nicht abschließend)

- Hamburg [Cieslik 2003], Berlin, Wiesbaden [Gertloff 2002, Gertloff 2004], Köln, München, Essen, Bochum, Recklinghausen, Stuttgart, Coburg, Düsseldorf, Freiburg ...
 - Österreich: Graz 3D-Modell für Kulturhauptstadt Europa 2003 ...
 - Schweiz: Zürich, Luzern ...
 - Großbritannien: City of Bath, City of London, City of Glasgow ...
 - USA: Los Angeles (Urban Simulation Team at University of California Los Angeles) ...
 - Finnland: Helsinki, Tampere ...
 - Australien: Adelaide ...
 - ...
-

11.5 Kriterien Stadtmodelle

	Düsseldorf	Hamburg	Bochum
1) Vorhandene Basisinformationen			
1.1) Welche Basisinformationen sind vorhanden / stehen zur Verfügung?			
ALK			
Ist die Objektbildung in den Folien 011,084,086 erfolgt?	Ja	Fehlanzeige	ALK-konforme Objektbildung
In welcher Struktur sind die ALK-Daten vorhanden (ALK-Verarbeitungssystem)?	Geolis	Fehlanzeige	ALK-GIAP als Verarbeitungsteil und ALK-DB als Datenbankteil
Wann ist die Migration nach ALKIS geplant?	2006	2005	Ab 2006
Geschosszahlen			
Sind die vorhanden?	Ja	Ja	Ja
Wo sind sie gespeichert?	ALK / DB2	Im Hamburgischen Automatisierten Liegenschaftsbuch (HALB) und als Sachdatensatz zum Gebäude in der Digitalen Stadtgrundkarte (DSGK) und im Gebäudeetikett der DSGK-3D	ALK-DB
Dachgrundrisse			
In welchem Format liegen sie vor?	Separate Datei aus photogrammetrischer Auswertung (ESRI-Shape)	Variabel: DWG, DXF, PLN und 3D-DXF	Nur in der Innenstadt liegen die Dachlandschaften aus photogrammetrischer Auswertung als DXF-Daten vor; ansonsten nicht vorhanden
Ist eine Abstimmung / ein Vergleich mit dem Gebäudegrundriss erfolgt?	Nein	Stufe 1 ist mit dem Gebäudegrundriss identisch, Stufe 2 hat jedoch keinen Bezug zum Gebäudegrundriss	Nur in der Innenstadt, s.o.

Traufhöhen / Firsthöhen			
Sind die Traufhöhen vorhanden?	Separate Datei aus photogrammetrischer Auswertung (ESRI-Shape)	Wurden eigens für das Stadtmodell erfasst	Nein
Wie können sie mit den zugehörigen Traufpunkten verbunden werden?	Teilweise automatische Zuordnung möglich	Einzelne Traufpunkte sind vorhanden. Die Dachflächen sind echte 3D-Shapes, bei den die Traufhöhen abgerufen werden können.	Fehlanzeige
Ist die Firstrichtung gespeichert?	Hauptfirst: Ja Kleinere Dachstrukturen: Überwiegend nein	Wurden eigens für das 3D-Stadtmodell erfasst.	In ALK-DB in Verbindung mit dem Gebäudeobjekt
Sind die Firsthöhen gespeichert?	Separate Datei aus photogrammetrischer Auswertung (ESRI-Shape)	Wurden eigens für das 3D-Stadtmodell erfasst.	Nein
Wie können sie mit den zugehörigen Firstpunkten verbunden werden?	Teilweise automatische Zuordnung möglich	Einzelne Firstpunkte sind nicht vorhanden. Die Dachflächen sind echte 3D-Shapes, bei denen die Traufhöhen abgerufen werden können.	Fehlanzeige
Geländedaten (DGM, LoD0)			
Liegen Informationen zur Berechnung des DGM / ein DGM vor?	Ja, Laserscandaten	Ja	DGM 5 des Landes aus Laserscanning-Verfahren
Mit welcher Genauigkeit liegen die Daten vor?	Rohdaten: Lage +/- 2m, Höhe +/- 0,3m	Höhengenauigkeit ca. 15cm, Lagegenauigkeit ca. 50cm	Höhengenauigkeit ca. 0,5 m
Mit welcher Dichte liegen die Daten vor?	Durchschnittlich 100.000 Punkte / km ²	Ca. 1 Punkt je m ²	10m-Gitter
Sind die Geländekanten im DGM enthalten?	Nein, es aber ist geplant, sie einzurechnen.	Lediglich im Hafengebiet	Nein, müssen bei Bedarf ergänzt werden.
1.2) Flächendeckung			
Liegen die Daten flächendeckend für den gewünschten Bereich vor?	Ja	Ja (Stufe 1, 245 Kartenblätter im 2x2 km Blattschnitt = 320.000 Gebäude); Nein (Stufe 2, 53 Kartenblätter im 2x2 km Blattschnitt = 120.000 Gebäude)	Daten (Basisinformationen) liegen flächendeckend vor.

2) Nutzung der Basisinformationen			
2.1) Einspielung Basisinformationen			
		Firma: AED Sicad; GIS-System Sicad Open V 6.1 auf Informix-Datenbank (Informix V 9.21); Betriebssystem IRIX V 6.5	
ALK		HH: DSGK	
Welche Schnittstellen können bedient werden?	DXF, EDBS, MapInfo	SQD, DXF	EDBS; aus EDBS können weitere Formate abgeleitet werden
Ist eine durchgängige Objektbildung (insbesondere Gebäude) erforderlich?	Nein (Objektbildung ist im ALK-System schon erfolgt und wird in die 3D-Datenbank überführt)	Ja	ALK-Objekte können direkt in 3D-Bestand überführt werden.
Dachgrundriss (in der Regel aus photogrammetrischer Auswertung)	Einspielung des teilweise geeigneten Datensatzes erfolgt 2004		i.d.R. vereinfachter Dachgrundriss, automatisch aus Dachform und Firstrichtung abgeleitet; in der Innenstadt aus photogrammetrischer Auswertung.
Geschosszahlen	Ja	Aus den Sachinformationen der DSGK	In ALK-DB in Verbindung mit dem Gebäudeobjekt
Traufhöhen / Firshöhen	Einspielung des teilweise geeigneten Datensatzes aus photogrammetrischer Messung erfolgt 2004	(in der Regel aus photogrammetrischer Auswertung)	Nicht in ALK (Speicherung erst nach Umstieg auf ALKIS möglich); Werden ansonsten nach Bedarf erfasst und direkt in die 3D-Daten integriert..
Geländedaten			
Ist die Genauigkeit ausreichend für das geplante 3D-Modell?	Ja	Ja	Im ersten Schritt ja
Ist eine Verdichtung (zur Verschneidung mit dem 3D-Modell) erforderlich?	Nein	Nein	Zur Verbesserung der Darstellung müssen Geländekanten insbesondere an Straßen nach erfasst werden.

Aufwand der Einspielung			
Mit welchem Aufwand ist die Einspielung verbunden?	Gering, weitgehend automatisiert (Übernahme von Gebäudeumriss und Geschosszahl aus der ALK)	Fehlanzeige	Gering, weitgehend automatisiert
3.) Datenstruktur			
3.1) Speicherung der Daten			
Datenbankbasiert	Ja, in SupportGIS	Zur Zeit wird eine 3D-Datenbank aufgebaut	Ja in SupportGIS
File-orientiert?	Nein	Ja, aber siehe oben	Nein
Wie geschlossen / offen ist das System?			
Ist die interne Datenstruktur dem Anwender offen gelegt?	Ja	Open-DGL-Programmierung ist möglich, aber nicht Voraussetzung	Ja
Oder eher eine „Black Box“?	Nein	s.o.	Nein
Sind spätere Übernahmen in andere Datenhaltungssysteme möglich?	In Düsseldorf nicht vorgesehen, aber möglich: MS Access, später Oracle	Ja, mit viel Aufwand	In 2005 Umstellung der SupportGIS-DB von Object-Store auf Oracle vorgesehen.
Wie weit sind sie schon vorgesehen?	In Düsseldorf nicht vorgesehen.	Als Zielsystem bleibt „ArchiCAD“ der Fa. Graphisoft vorgegeben.	s.o.
Welcher Aufwand müsste dafür getrieben werden?	Migrationsaufwand	Selektive Datenaufbereitung der einzelnen Sachinhalte (Gebäude, Topographie, etc.) Zeitaufwand nicht abschätzbar.	Weitgehend automatisiert
3.2) Modellierung 3D-Volumenkörper			
Volumenmodell bzw. Constructive Solid Geometry (CSG)?	Nein	Hamburg verwendet als Basismodell das Volumenmodell (CSG), das (künftig) auf einer Oracle-DB vorliegt. Für Web-Visualisierungen wird aus der DB ein B-Rep-Modell abgeleitet, das letztlich identisch zum Basismodell ist.	Nein
Flächenmodell bzw. Boundary Representation (B-Rep)?	Ja		Ja
Kantenmodell	Ja (Visualisierbar mit VRML-Plugin)		Ja (Visualisierbar mit VRML-Plugin)

Zuordnung von Texturen?	Ja (JPG, GIF, PNG)	Nur auf Kundenanforderung	Ja (JPG, GIF, PNG)
Erfolgt eine Aggregation zu Objekten?	Ja	Optional: Ja; i.d.R. Nein	Ja
Kann das Datenmodell erweitert werden?	Ja	Ja	Ja
3.3) Verbindung zur ALK			
Welche Schnittstelle dient zur Übernahme aus der ALK?	EDBS	SQD-Konverter von ArchiCAD (Fa. Graphisoft)	EDBS
In welcher Form können die Geometrie- bzw. Objektinformationen der ALK übernommen werden?			Alle ALK-Informationen können nach Bedarf in das 3D-Modell übernommen werden.
Linien bzw. Kanten?	Ja	Im 2D-Format	Ja
Flächen bzw. Maschen?	Ja	Im 2D-Format	Ja
Objekte	Ja	Alle über die Objektbildung erstellten ALK-Inhalte können über den SQD-Konverter in 3D-Objekte generiert werden.	Ja
Wird das 3D-Modell automationsgestützt aus der ALK abgeleitet?	Ja	Hinsichtlich der Stufe 1 der DSGK 3D. Ja (SQD-Konverter)	Ja
Welcher Aufwand ist dazu notwendig?	gering	Ca. 20 Werktage für ganz Hamburg in der Stufe 1	gering zur Ableitung der vereinfachten Dachgrundrisse; je nach Detaillierungsgrad hoher Aufwand für Nachbesserung und Verfeinerung.
3.4) Ist die spätere Verbindung zu ALKIS bereits berücksichtigt?	nein	Nein, es wird an der Anbindung über den IFC-Standard gearbeitet.	Ja, das 3D-Modell wird mit einem modernen objektorientierten GIS aufgebaut und die Verbindung zu ALKIS kann zu gegebener Zeit hergestellt werden.
3.5) Dachmodellierung			
Können Dachformen modelliert werden?	Ja	Ja	Ja
Im Datenmodell vorgesehen?	Ja	Ja	Ja
Nur sehr umständlich / schwierig?	Nein, relativ einfach	Relativ einfach	Keine eindeutige Antwort möglich
Nur als Standarddach mit festen Parametern?	Nein, auch komplexe Dächer (Ausnahme: bei komplexen Kuppeldächern und anderen sehr schwierigen architektonischen Sonderformen)	Nein	Nein, auch komplexe Dächer (Ausnahme: bei komplexen Kuppeldächern und anderen sehr schwierigen architektonischen Sonderformen)

Oder Ablage der tatsächlichen Dachparameter?	Ja	Modellierung per Hand oder Übernahme der photogrammetrischen Auswertungen	möglich
Sind sie topologisch oder durch Objektbildung mit dem Gebäude verbunden?	Ja	Nein	Ja
Können Dachaufbauten modelliert werden?	In Grenzen: Ja (Schornstein, Gauben, etc.), bei Antennen, Kränen oder noch komplexeren Strukturen nur mit viel Aufwand	Ja	In Grenzen: Ja (Schornstein, Gauben, etc.), bei Antennen, Kränen oder noch komplexeren Strukturen nur mit viel Aufwand
Sind sie topologisch oder durch Objektbildung mit dem Gebäude verbunden?	Ja, durch Objektbildung	Nein	Ja
3.6) Detaillierungsgrad des Modells			
Sind die Dachformen sauber in der Datenstruktur verankert?	Ja	Jede Dachstruktur besteht aus manipulierbaren Einzelflächen.	Ja
Können unterschiedliche LoD's für ein und dasselbe Gebäude im Datenmodell abgespeichert werden (z.B. Baublock- / Klötzchen- / Detailmodell)	Ja	Nein	Ja
Können Ausgestaltungsobjekte (z.B. Bäume, Straßenmöbel) gespeichert werden?	Ja, Einbindung von Objekten, die mit Fremdsystemen erzeugt wurden und in einer Fremdobjekt-Bibliothek abgelegt sind	Ja	Ja, die Übernahme der entsprechenden ALK-Objekte ist vorgesehen.
Als besondere Objektart	Ja	Ja, als Bibliothekselement	Ja
Im Datenmodell verankert?	Nein	Ja, in einem eigenen Layer abgelegt	Ja
Nur als Datenblockimport aus Fremdsystemen?	Ja	Nein	Nein
Sind Fremddaten verwendbar?	Ja, VRML 97 u.a.	Ja, sofern das Datenformat kompatibel ist	Ja, VRML 97, EDBS für Ausgestaltungsobjekte
3.7) Modellierung der Wandflächen			
Können Erker, Fenster, etc. modelliert werden?	Ja	Ja	Ja, vielfach nur über Fremdsysteme
Welcher Aufwand ist dazu erforderlich?	Manuelle Datenerfassung, weil Daten nicht in DB vorhanden sind	Nur Bemaßung und NN-Bezug des zu konstruierenden Objektes	Aufwand kann zur Zeit nicht abgeschätzt werden.
Sind sie topologisch oder durch Objektbildung mit dem Gebäude verbunden?	Ja	Topologisch	Ja

3.8) Sachdatenabfragen			
Können Sachdaten gespeichert werden?	Ja	Ja	Ja
In der Datenbank / Datenbasis selbst?	Ja	Sowohl in der Datenbasis als auch in der Datenbank	Ja
In einer eigenen Datenbank, Abfragen über Schnittstellen?	Ja (eigene Datenbank)	Oracle-DB über Archi-Spatial (Graphisoft)	Ja
Wird der ALK-Gebäudeobjektname automatisiert übernommen?	Ja	Ja, das Gebäudekennzeichen	Ja
Wie komfortabel sind die Abfragetools?	Allgemeiner Datenbank-Standard	Zu jedem Gebäude existiert ein „Gebäudeetikett“ mit allen Sachinformationen	Allgemeiner Datenbank-Standard; wiederkehrende Abfragen können vordefiniert werden.
Wie offen ist das System diesbezüglich?	Datenbank ist erweiterbar	Gebäudeetikett ist unbegrenzt erweiterbar	System ermöglicht alle Erweiterungen.
Kann eine Verbindung zum ALB zur Abfrage der Eigentümer aufgebaut werden?	In Düsseldorf nicht angedacht, aber theoretisch nachrüstbar.	Nein	Ja, zur Zeit aber noch nicht vorgesehen.
3.9) Präsentationsmöglichkeiten			
Welche Präsentationssoftware wird genutzt?	VRML-Standard-Plugins (Cosmo, Cortona, Blaxxun) für MS Internet Explorer, Netscape oder Mozilla	Artlantis, Walkinside, Cinema4D, Adobe Photoshop, Adobe After Effects	VRML-Standard-Plugins (Cortona, Blaxxun) für Internet Explorer, Netscape oder Mozilla. Darüber hinaus läuft derzeit die Auswahl eines kommerziellen Visualisierungsprogramms.
Beinhaltet das System eine eigene Präsentationssoftware?	Nein	Ja, wird jedoch nicht mehr benutzt	Nein
Oder werden Daten an eine externe Präsentationssoftware übergeben?	Ja	In der Regel: ja	Ja
Wird dazu eine Standard-Schnittstelle genutzt?	Ja	Nein	Ja
Wird dazu eine Quasi-Standard-Software genutzt?	Ja	Ja, Artlantis als Rendering-Software für ArchiCAD	Ja
Ist es ein für private Endanwender kostenloses Plugin für Netscape / MS Internet Explorer / Mozilla o.ä.?	Ja	Ein solches Plugin wird zur Zeit durch die Firma GISTec für Web-Präsentationen realisiert	Ja
Oder muss für jeden Präsentations-Computer des Endanwenders Software gekauft werden?	Nein	Das soll vermieden werden, siehe oben	Nein
Erlaubt die Präsentationssoftware eine interaktive Steuerung?	Ja	Bei Walkinside: Ja; bei Artlantis: Ja, aber nur VR	Ja

Oder gibt es nur Standbilder?	Nein (Nicht nur bewegte Bilder durch interaktive Steuerung, sondern auch Standbilder.)	Gibt es auch	Nein
Oder laufen nur computeranimierte Filme ab?	Nein	Gibt es auch	Nein
Wie können Fassaden präsentiert werden?		Wie der Kunde es wünscht	So, wie sie erfasst sind und es gewünscht wird.
Nur durch unterschiedliche Farben?	Sowohl durch unterschiedliche Farben, als auch durch Texturen.	Auch	Sowohl durch unterschiedliche Farben, als auch durch Texturen.
Durch Standard-Texturen?	Standard-Texturen sind genauso wie individuelle wirklichkeitsnahe Texturen verwendbar.	Auch	Standard-Texturen sind genauso wie individuelle wirklichkeitsnahe Texturen verwendbar.
Durch Texturierung mit Fassadenphotos?	Ja	Auch	Ja
Hochaufgelöste digitalisierte bzw. vektorisierte Fassaden?	Nein (als importiertes Fremdobjekt aus CAD-Software importiert: ja)	Noch keine Erfahrungen	Nein (als importiertes Fremdobjekt aus CAD-Software importiert: ja)
Erfolgt eine korrekte Präsentation von verdeckten (Teil-) Flächen?	Ja	Ja	Ja
Gibt es Mengenbeschränkungen bei der Anzahl der darzustellenden Objekte?	Ja, stark hardwareabhängig: Bei modernen, leistungsfähigen Grafikkarten ist die Anzahl darstellbarer Objekte definitiv größer, wenn eine ruckelfreie interaktive Steuerung erfolgen soll	Bisher nicht festgestellt	Ja
4) Benutzungsmöglichkeiten des Systems			
Virtuelle Rundgänge online?	Ja		Ja über Präsentationssoftware
Interaktiv steuerbar?	Ja	Zurzeit in Vorbereitung, siehe 3.9	Ja über Präsentationssoftware
Oder selbstablaufender Film?	Nein, lässt sich aber grundsätzlich erstellen anhand separater Software (3D-Studio Max, Cinema4D, Cosimir, etc.)	Ja	Ja über separate Software
Im gleichen System	Nein	Nein	Nein
Oder nach dem Datentransfer in andere Systeme?	Ja (VRML 97-Standard-Plugin für interaktive Steuerung; Filme siehe oben)	Ja	Ja (VRML 97)

Abgabe an Dritte in verschiedenen Formaten			
VRML	Ja	Ja	Ja
Selbstablaufender Film (mpg, avi, etc)	Nur mit Fremdsoftware (z.B. 3D Studio Max, Cinema 4D, Cosimir)	Ja	Ja aus Fremdsoftware
Renderings / Screenshots	Renderings: Nur mit Fremdsoftware (s.o.) Screenshots: Ja	Ja	Ja aus Fremdsoftware
DXF	Ja, Umwandlung mit externen Tools	Ja, besser jedoch 3DS	Ja, Umwandlung mit externen Tools
Gehen bei der Abgabe in Fremdformate Informationen verloren?			
Attribute / Attributwerte?	Ja, je nach Fremdformat	Bei DXF: Ja	Ja, je nach Fremdformat
Grafikdaten	VRML 97 nein, sonst je nach Fremdformat	Ja	VRML 97 nein, sonst je nach Fremdformat
Wie ist die Geschwindigkeit des Bildschirmaufbaus? (Achtung: stark hardwareabhängig)?	Gut bei modernen Rechnern	Bestätigung der Hardwareabhängigkeit !, Funktioniert gut mit Intel P4-Pozesser, 1 GB RAM, Grafikkarte ATI Fire GL	Gut bei entsprechender Hardware
Integration von einem detaillierten Planungsmodell (Architektenmodell)	Ja, meistens sehr problemlos		Grundsätzlich möglich
Ist die vollständige Integration des detaillierten Modells gegeben?	Ja	Wird auf Kundenanforderung im Sinne eines Projektes gemacht.	Voraussichtlich ja
Welche Möglichkeiten bietet das System, die unterschiedlichen geometrischen Genauigkeiten und Detaillierungsgrade der zwei Modelle anzupassen?	Manuelle Korrekturen	Separate Layer-Belegung, NN-Verschiebungen	Manuelle Korrekturen
Präsentation der Daten auf einem 3D-Web-Map-Server			
Ist das System zukunftsfähig ausgerichtet (OGC-konform)	Ja	In Bearbeitung durch Graphisoft	Ja
Erzeugung von Planungsvarianten			
Können diese „online“ (z.B. während einer Ausschusssitzung) erzeugt werden?	Eher nein, denn die manuelle detaillierte Konstruktion einer kompletten Planungsalternative dauert natürlich zu lange.	Ist sicherlich theoretisch denkbar.	Zur Zeit nicht
Können Sie auch online präsentiert werden?	Ja	Unter der Voraussetzung, dass das VRML-Plugin läuft, theoretisch denkbar	Ja
Können Sie dauerhaft gespeichert werden?	Ja	Ja	Ja

Wie ist die Verknüpfung im Datenmodell?	Ja, Einbindung von Objekten mit Attribut „Planung“	Durch Setzen von FLAGS oder durch separate Layer	Ja, Einbindung von Objekten mit Attribut „Planung“
Kann eine Planung, die später realisiert wird, in den Bestand übernommen werden?	Grundsätzlich ja, wird aber gegenwärtig nicht gemacht. Fertiggestellte Gebäude sollen so in die Datenbank übernommen werden, wie der ÖbVI sie dann einmisst, und nicht so wie sie als Planung vom Architekten eingereicht wurden. Damit ist Übereinstimmung der ALK mit dem 3D-Modell gewährleistet.	Ja	Grundsätzlich ja, aber fachlich muss die Übereinstimmung mit dem entsprechenden ALK-Objekt nach Übernahme der Gebäudeeinmessung sichergestellt werden.
Können abgerissene / zerstörte Gebäude als „historisch“ im System aufbewahrt werden?	Grundsätzlich ja, wird aber in Düsseldorf bisher nicht verfolgt.	Ja, wird jedoch nicht gemacht	Grundsätzlich ja, derzeit aber noch nicht vorgesehen.
Oder werden Sie bei einer Fortführung zwangsläufig entfernt?	Unzutreffend, wird in Düsseldorf bisher nicht verfolgt.	Ja	Ja, nach derzeitigem Konzept.
Können Sachdaten gespeichert werden? (Beispielsweise als Internetlink auf einer Gebäudefassade, so dass Mausklick eine Information zum Bauwerk abrufbar ist)?	Ja	Zurzeit nicht, ist sicherlich theoretisch denkbar.	Ja
Wie sind sie ins System integriert?		Zur Zeit nur im Objektstatus	
Eigene Datenbank	Ja		Ja
Oder ODBC-Anbindung	Nein		Nein
Oder HTML-Internetlink	Ja		Ja
Wie komfortabel sind die Abfragetools und die Ausgaben?		Als Objektfile	
Alphanumerische SQL-Abfragenstandards?	An SQL angelehnt		An SQL angelehnt
Oder GIS-ähnliche räumliche Abfragen?	Ja		Ja
Ausgabeformate (Grafik / Tabelle / Text/ Alles)	Ja, je nach Konfiguration		Ja, je nach Konfiguration
5) Fortführung			
5.1) Verwendung der ALK-Daten			
Können Änderungen in der ALK automationsunterstützt übernommen werden?		Stufe 1: Ja, durch periodische Neuausleitung; Stufe 2: Nein	Ja, Bezieher Sekundärnachweis (BZSN) wird in Kürze in ALK-DB eingerichtet.
Im Sinne eines Differenzupdates?	Bisher nein, geplant ab 2005	Nein, siehe oben	Ja
Oder lediglich durch Einspielen des fortgeführten Gesamtdatenbestandes?	Noch nicht realisiert in Düsseldorf (s.o.).	Stufe 1: Ja	Nein

Was passiert dann? Werden bestehende Daten überspielt? Können historische Gebäude erhalten werden?	Noch nicht realisiert in Düsseldorf (s.o.).	Ja, Daten werden überspielt; Historische Gebäude können als Sondergebäude im separaten Layer erhalten werden	Daten sollen überspielt werden und sind dann interaktiv nachzubearbeiten.
Wie fließen geänderte Höheninformationen ein?	Manuell	Manuell	Manuell
Wie ist der Workflow realisiert?	Bisher: Manuelle Korrektur	Stufe 1: SQD-Ausleitung und anschließende Konvertierung zu 3D-Objekten; Stufe 2: ist im Aufbau	Noch kein Workflow
5.2) Fortführungsprozesse bei Neubauten			
Wie kann das 3D-Modell bei Neubauten fortgeführt werden?		Ein abgestimmtes Fortführungskonzept für die DSGK 3D Stufe 2 liegt noch nicht vor. Zur Stufe 1 siehe 5.1	Nach Fortführung der ALK Übernahme der entsprechenden BZSN-Daten für neue Gebäude; außerdem besteht direkter Zugriff auf das digitale Baugenehmigungsverfahren INPRO.
Sind Fortführungen in verschiedenen Schritten mit unterschiedlicher Detaillierung möglich (z.B. ein Standardklötzchen bei Kenntnis über beabsichtigte Planung, konkreteres Klötzchen (mit genauer Höhe) bei Einreichen der Planung, etc)	Ja, durch manuelle Fortführung möglich		Im Prinzip ja, derzeit sind für unterschiedliche Phasen im Baugenehmigungsverfahren aber noch keine Darstellungen vorgesehen.
Können Sie mit entsprechenden Attributen gespeichert werden?	Ja, nach vorheriger Konfiguration für diese Fragestellung.		Im Prinzip ja (s.o.)
Können Fortführungsdienste aufgebaut werden?	Bisher nein.	Muss das Ziel sein.	Ja über BZSN
5.3) Fortführungsdienst bei Abriss			
Können Fortführungsdienste aufgebaut werden?	Bisher nein	Muss das Ziel sein.	Ja über BZSN, wenn Gebäude zuvor in ALK gelöscht wurde.
z.B. ALKIS-Benachrichtigungsdienst, der Gebäude auf „historisch“ setzt bzw. löscht	Bisher nein		ALKIS erst nach 2006
6) Kosten			
Wie hoch sind die Kosten für			
Ersterfassung			
Fortführung			
Soft- und Hardware			
Anschaffungskosten, Wartung, Pflege			
Schulung			

7) Gesamtbetrachtung			
Welche Möglichkeiten bietet der Ansatz?	<p>Es besteht die Möglichkeit des Aufbaus eines flächendeckenden lagegetreuen Stadtmodells auf Basis existierender ALK-Daten; eine redundante komplette photogrammetrische Neuerfassung entfällt mithin; es sind jedoch photogrammetrische Daten zur Ergänzung der ALK-Daten hinsichtlich der Dachgeometrien verwendbar.</p> <p>Die Modelle sind individuell nach Einsatzzweck konfigurierbar. Der Einsatz der Datenbank ermöglicht eine zukunftsichere Verwaltung und Fortführung des Datenbestandes.</p>	Variabel in der Datenhaltung und Bereitstellung; flexibel im Kundeninteresse; zukunftsorientiert für städtebauliche Zwecke	Aufbauend auf den vorhandenen Geobasisdaten kann flächendeckend und teilweise automatisch ein 3D-Stadtmodell abgeleitet werden. Der GIS- bzw. objektorientierte Ansatz ermöglicht eine direkte Verbindung mit den Geobasisdaten und kann somit auch eine Fortführung sicherstellen. Flexibel erweiterbar für die verschiedenen Anwendungsgebiete (Planung, Wirtschaftsförderung etc.)
Welche Möglichkeiten bietet er nicht?	<p>Es handelt sich um ein System zur Erstellung eines Stadtmodells, nicht aber zur Erstellung eines Gebäude- und Innenraummodells. Insofern ist die Ausgestaltung von begehbaren Innenräumen nicht möglich ohne Zuhilfenahme von CAD-Software aus dem Architekturbereich.</p>	Problemlose Datenkompatibilität zu allen vorhandenen CAD- und / oder GIS-Systemen	Das System ermöglicht auf einfachem Weg eine Erzeugung, Haltung und Fortführung der Daten. Für die Visualisierung wird ein separates System benötigt.

<p>Welche besonderen Schwierigkeiten bietet der Ansatz?</p>	<p>Die Aktualität des Modells ist i.a. bestenfalls so hoch wie die der ALK; diesen Nachteil haben aber Systemlösungen basierend auf Photogrammetrie bzw. Laserscanning auch.</p> <p>Der Aufwand zur Erstellung stadtweiter Modelle mit vollständiger Erfassung von Fassadentexturen oder auch Straßenmöbeln darf nicht unterschätzt werden.</p>	<p>Datenbankanbindung unter Berücksichtigung der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten wie z.B. Texture-Mapping, Interaktive Web-Visualisierung mit anschließendem Datenmaterial und verschiedenen Planungsvarianten, einschließlich der Historienverwaltung.</p> <p>Das Einbinden von fotorealistischen Texturen in die 3D-Modelle stellt nach unseren Erkenntnissen ohnehin ein großes Problem dar, wenn man diese Daten direkt an das Objekt knüpfen möchte und damit in einer Datenbank (DB) zur Verfügung haben möchte. Der Weg über eine Visualisierungssoftware ist natürlich machbar, aber das soll im Endstadium nicht unser Ziel sein ! Auch die abgespeckte Web-Ausleitung aus der Original-DB soll automatisiert ablaufen und je nach verschiedenen Berechtigungen verfügbar sein. Die Entwicklungen auf diesem Gebiet sind noch nicht abgeschlossen.</p> <p>Die Historienverwaltung von abgerissenen Gebäuden oder auch die Verwaltung von Planungsvarianten muss in der DB ermöglicht werden (durch Setzen von FLAGS oder div. Layern) um einen maximalen Benutzerkreis bedienen zu können. Auch hier ist der Entwicklungsprozess noch nicht abgeschlossen.</p>	<p>Der Aufwand zur vollständigen Erfassung und Verwaltung von realistischen Fassadentexturen ist sehr hoch. In Bochum ist daher diese Texturierung von Gebäuden nur in städtebaulich relevanten Bereichen und bei „Landmarken“ vorgesehen.</p>
---	---	---	--

11.6 Zielgruppen und Anwendungen für Digitale Stadtmodelle und Digitale Geländemodelle

Diese Aufstellung stellt eine Aktualisierung folgender Ausarbeitung dar:

„Erhebungen im Rahmen der Arbeitsgruppe ‚Anwendungen und Zielgruppen‘ der SIG 3D im Rahmen der Initiative GDI-NRW, (Stand: 02.04.2003)“,

erstellt von

Jörg Albert, Landeshauptstadt Düsseldorf,

Dr. Matthias Bachmann, Geospace GmbH, Köln,

Dr. Achim Hellmeier, Real.IT Rauminformationen, Remshalden

Zielgruppe / Anwendungsbereich	3D-Daten	Genauigkeit, DHM Rasterweite	Level-of-Detail	3D-Dienste, Datenservices, Online-Zugriffe	Aktualisierung <small>wichtig = Quartalsweise,</small>	Katasterbezug	Bemerkungen, ggf. Produkt
Stadtplanung / Städtebau	Geländemodell, Stadtmodell	DHM 1m, Stadtmodell <0,5m	LOD 2-4	unwichtig	wichtig	sehr wichtig	interaktive Veränderbarkeit zum Vergleich von Planungsalternativen
Straßenplanung, Verkehrsplanung	Geländemodell, Stadtmodell	Geländemodell: 0,3-0,1m Stadtmodell: 0,1m	LOD 3	unwichtig	wichtig	sehr wichtig	Geländemodell: Höhengenaugkeit 0,3m für Entwurfsplanung ok, für Ausführungsplanung nicht ok, Stadtmodell: 0,25m
Stadtentwässerung	Geländemodell, kein Stadtmodell	Geländemodell: Höhengenaugkeit		unwichtig	wichtig	wichtig	Langfristig ist die umfassende 3D-Visualisierung unter-

Zielgruppe / Anwendungsbereich	3D-Daten	Genauigkeit, DHM Rasterweite	Level-of-Detail	3D-Dienste, Datenservices, Online-Zugriffe	Aktualisierung wichtig = Quartalsweise,	Katasterbezug	Bemerkungen, ggf. Produkt
		0,3m für Entwurfsplanung ok, für Ausführungsplanung nicht ok					irdischer Rohrnetze und Anlagen denkbar
Versorgung / Entsorgung / Stadtwerke	DHM Stadtmodell	Dm bis m	LOD 3 und 4	Weniger wichtig	wichtig	wichtig	Leitungskataster, Powerlines
Abfallwirtschaft	Geländemodell für Deponiebetrieb	Höhengenauigkeit 0,5m		unwichtig	wichtig	wichtig	
Umwelt Lärmschutz	Stadtmodelle und Geländemodelle, Verkehrszahlen auf Straße und Schiene, Straßenzustand, Schienenzustand, Bevölkerungszahl betroffener Einwohner	Hohe relative Genauigkeit ist wichtig (dm)	LOD 2	unwichtig	Weniger wichtig Fortführung: spätestens in fünfjährigem Turnus oder zeitnah im Rahmen von Verkehrsplanung / Bebauungsplanung	weniger wichtig	Daten müssen zur Erfüllung der EU-Richtlinie 2002/49/EG geeignet sein. Wichtig ist vor allem eine lokale relative Höhen- und Lagegenauigkeit. Wichtig kann ein Objektattribut Schallreflexionsgrad sein.
Umwelt Schadstoffausbreitung	Geländemodell Stadtmodelle	5m	LOD 1	unwichtig	weniger wichtig	unwichtig	
Umwelt Grundwasserschutz	Geländemodell (Oberfläche und Untergrund),	0,25m	LOD 2-3	unwichtig	wichtig	wichtig	Nicht nur Geländemodell sondern auch Informationen über geologischen Aufbau des Untergrundes sind notwendig, sie müssen für Grundwassersimulationen verwendbar sein Stadtmodell <u>überirdischer</u> und <u>unterirdischer</u> Teil,

Zielgruppe / Anwendungsbereich	3D-Daten	Genauigkeit, DHM Rasterweite	Level-of-Detail	3D-Dienste, Datenservices, Online-Zugriffe	Aktualisierung <small>wichtig = Quartalsweise,</small>	Katasterbezug	Bemerkungen, ggf. Produkt
							Sperrbauwerke fürs Grundwasser (U-Bahntunnel, Tiefgaragen)
Umwelt Bodenschutz	nur Geländemodell	0,5m	-	unwichtig	unwichtig	wichtig	Hangneigungen für Erosionsschutz, Flurstücksbezug wichtig
Umwelt Landschaftsplanung	Geländemodell	Höhe: 1m	kein LOD, nur Geländemodell	unwichtig	weniger wichtig	weniger wichtig	
Umwelt Hochwasserschutz	DHM Gebäude Deiche Vegetation Bruchkanten	DHM: 25m-Raster Deiche und Sperrbauwerke mit Bruchkanten mit cm-Genauigkeit	Bruchkanten: Höhengenaugkeit besser 5cm, Lagegenauigkeit besser 25cm		wichtig hinsichtlich Baumaßnahmen, Oberflächenveränderungen	wichtig	Stadtmodell weniger wichtig als hochgenaues Geländemodell
kommunale Wirtschaftsförderung	Gebäude / Stadtmodelle	5m	LoD 3-4	weniger wichtig	wichtig	wichtig	Alphanumerische Infos zu Objekten wünschenswert, interaktiv aus 3D-Modell abgreifbar (Internetlink). Hochwertige grafische Qualität, sorgfältige Fassadengestaltung Eignung zur Herstellung von Bildern als Druckvorlage
kommunale Tourismusförderung	Geländemodell, Stadtmodell	DHM 10m, Stadtmodell 2m	LoD 3-4	wichtig	wichtig	unwichtig	Hochwertige grafische Qualität der Fassadentexturen
Sicherheitsdienste / Katastrophenschutz	Gebäudemodelle, Stadtmodelle	0,5m bis 5m	LoD 2-3	wichtig	wichtig	wichtig	
Katastrophenschutz / Feuerwehr	Geländemodell, Gebäudemodelle	Stadtmodell 1m	LoD 3-4	wichtig	sehr wichtig	sehr wichtig	Fluchtwege, Einsatzplanung, vorbeugender

Zielgruppe / Anwendungsbereich	3D-Daten	Genauigkeit, DHM Rasterweite	Level-of-Detail	3D-Dienste, Datenservices, Online-Zugriffe	Aktualisierung wichtig = Quartalsweise,	Katasterbezug	Bemerkungen, ggf. Produkt
							Katastrophenschutz
Denkmalschutz	Geländemodell, Stadtmodell	Stadtmodell 0,5m	LOD 3-4	unwichtig	unwichtig	weniger wichtig	Rekonstruktion historischer Gebäude und Fassaden ist wichtig ("vierte Dimension Zeit")
KFZ-Navigation, (Mobile Endgeräte, MMS)	Digitales Geländemodell, Stadtmodell	DGM 1m Stadtmodell 0,5m	LOD 2-3	wichtig	sehr wichtig	wichtig	z.T. realisierte Anwendungen für 3D-Ansichten auf mobilen Endgeräten, MMS und Web
Professionelle Flugsimulation	DHM Textur (Luftbild) Flughafenmodelle	25-50m 1m-Bereich m-Bereich	LOD 0 LOD 0 LOD 2-3		Weniger wichtig	unwichtig	
Telekommunikation (Funknetzplanung)	DHM Stadtmodelle	DHM 50m Stadtmodell 2-3m	LOD 1 bis 3	?	Wichtig	weniger wichtig	Daten zumeist selbst erhoben, resp. im Auftrag
Immobilienprojekte	Detailmodell, Architekturmodell virtuelle Anflüge	DHM 2m bis 10m Stadtmodell 0,5m für Umgebung	LOD 4	weniger wichtig	wichtig	weniger wichtig	Hochspezialisierte 3D-Ansichten für Einzelvorhaben, hohe grafische Qualität für Werbung

Erläuterung: Erhebungen Dr. M. Bachmann, Geospace GmbH, Köln; Dr. A. Hellmeier, Real.IT Rauminformationen, Remshalden, J. Albert, Landeshauptstadt Düsseldorf
Die Erhebungen beruhen nicht immer auf konkreten Einzelinterviews mit Mitarbeitern der Fachbereiche im Zuge der Fragebogenbearbeitung, sondern auch aus sonstigen Quellen.

Zielgruppen ohne konkrete Anwendungen im 3D-Bereich (nach deren Benennung, ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

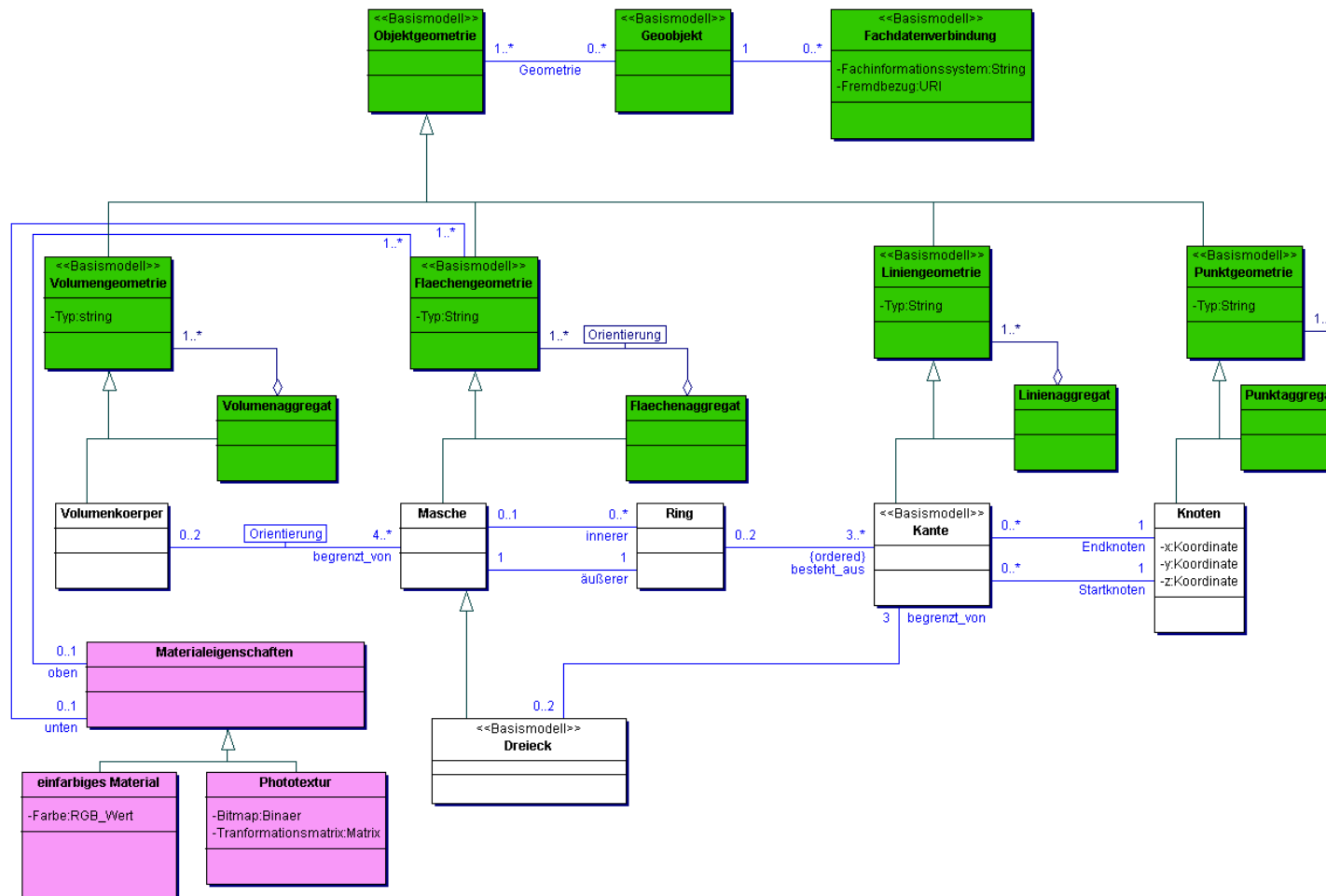
Gutachterausschuss (Erhebung Wuppertal)

Mikromarketing, microgeographische Marktanalyse (verschiedene Nennungen)

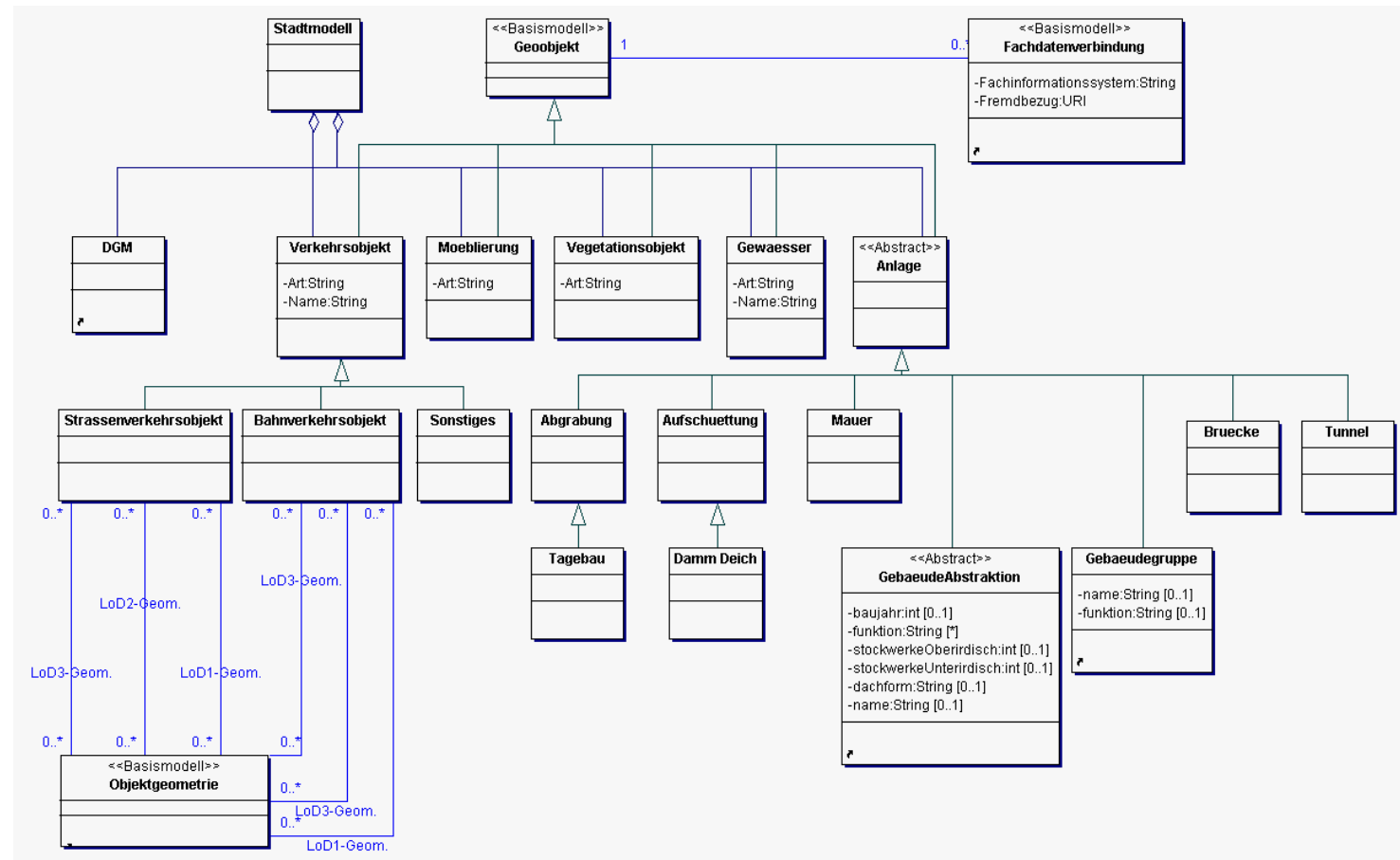
11.7 UML-Notation geometrisch-topologisches Basismodell

Die beiden nachfolgenden UML-Notationen sind entnommen aus Gröger et al. 2004.

Basismodell:



Anwendungsmodell:



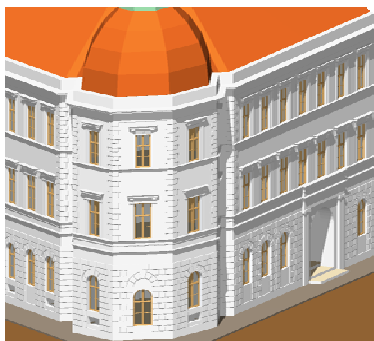
11.8 Detaillierungsgrade, LoD

Die nachfolgende Tabelle ist entnommen aus Gröger et al. 2004

Überblick über die Detaillierungsgrade LoD0 bis LoD4	
Die angegebenen Genauigkeiten sind Richtwerte	
	<p>LoD 0 – Regionalmodell</p> <p>DGM (2,5D) mit Textur/Orthophoto und Flächennutzung Erfassungsgeneralisierung: maximal; Klassifizierung nach Flächennutzung</p> <p>Dachform/-struktur: Keine</p> <p>Punktgenauigkeit (Lage/Höhe): >5m / >5m</p>
	<p>LoD 1 – Stadt- / Standortmodell</p> <p>„Klötzchenmodell“ ohne Dachstrukturen Erfassungsgeneralisierung: Objektblöcke in generalisierter Form > 6m*6m Grundfläche</p> <p>Dachform/-struktur: ebene Flächen</p> <p>Punktgenauigkeit (Lage/Höhe): 5m / 5m</p>
	<p>LoD 2 – Stadt- / Standortmodell</p> <p>Texturierte Modelle; differenzierte Dachstrukturen; Vegetationsmerkmale (z.B. Bäume) Erfassungsgeneralisierung: Objektblöcke in generalisierter Form > 4m*4m Grundfläche</p> <p>Dachform/-struktur: Dachtyp und Ausrichtung</p> <p>Punktgenauigkeit (Lage/Höhe): 2m / 1m</p>

Überblick über die Detaillierungsgrade LoD0 bis LoD4

Die angegebenen Genauigkeiten sind Richtwerte

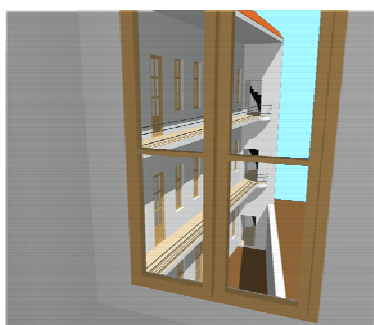


LoD 3 – Stadt- / Standortmodell

Geometrisch fein ausdifferenzierte Architekturmodelle; Vegetation; Straßenmöbel
Erfassungsgeneralisierung:
Objekte in realer Form; > 2m*2m Grundfläche

Dachform/-struktur:
reale Form

Punktgenauigkeit (Lage/Höhe):
0,5m / 0,5m



LoD 4 – Innenraummodell

„Begehbare“ Architekturmodelle
Erfassungsgeneralisierung:
reale Form; Abbildung konstruktiver Elemente und Öffnungen

Dachform/-struktur:
reale Form

Punktgenauigkeit (Lage/Höhe):
0,2m / 0,2m

11.9 3D-Viewer bzw. –Auskunftssysteme (Auswahl)

Die nachfolgend aufgeführten Beispiele sind nur exemplarisch und sicherlich nicht abschließend. Die Auswahl einer entsprechenden Software ist stark von den jeweiligen Anforderungen des Datenerzeugers bzw. des Nutzers abhängig, so dass anhand der jeweils vorliegenden Gegebenheiten eine entsprechende Auswahl und Entscheidung getroffen werden muss.

11.9.1 Artepolis

www.artepolis-info.de

Artepolis ist das 3D-Informationssystem der Firma graphiX. Mit diesem System können sowohl 2D-GIS Daten und 3D-Objekte als auch beliebige Informationen wie Datenbanken, Bilder, Videos und Animationen miteinander verbunden werden. Der Anwender kann sich durch eine virtuelle Welt bewegen, welche die Realität oder auch eine Vision wiedergibt. Er kann Informationen zu den dargestellten Objekten durch einfaches Anklicken abfragen und

ebenso umgekehrt eine beliebige Abfrage an die Datenbank stellen. Er erhält hierzu die graphische 3D-Darstellung des gefundenen Objektes und kann sich mit Hilfe des Moduls 3D-Presenter in dieser Darstellung bewegen. Das Präsentationsmodul kann in verschiedenen Ausbaustufen im Netz eingesetzt werden; die Möglichkeiten reichen von einer preiswerten Plugin-Lösung bis hin zu einem umfassenden Auskunftssystem. Je nach Ausbaustufe können neben der freien Bewegung auch Videos und hochauflösende Standbilder zur Visualisierung generiert werden.

Zusätzlich zur Abfrage an die zentrale Artepomis-Datenbank ist auch der Zugriff auf dezentrale Datenbanken über standardisierte Protokolle sowie auf gängige CAD-Formate möglich. Der VRML-Datenaustausch und der Dienst W3DS werden unterstützt.

11.9.2 Blaxxun

www.blaxxun.com/en/products/clients.html

Blaxxun bietet mit dem Web3D-Browser-Plugin Blaxxun-Contact zunächst einen Client an, dessen Leistungsspektrum mit Cortona (vgl. Kapitel 11.9.4) vergleichbar ist.

Neben dieser Plugin-Lösung wird auch der Blaxxun3D-Viewer als Java-Applet angeboten, der die Darstellung von 3D-Objekten direkt mit einem Standard-Browser erlaubt. Der Blaxxun3D-Viewer ist plattformunabhängig einsetzbar und einfach in den Quellcode jeder Website zu integrieren. Bei Aufruf der Webseite wird das Applet automatisch geladen und erfordert weder ein zusätzliches Plugin noch eine separate Installation.

Der Blaxxun3D-Viewer bringt VRML-Objekte auf den Bildschirm und ermöglicht Animation und Interaktion. Typische Einsatzfelder sind dreidimensionale Darstellungen von Produkten, Prozessen, Avataren und interaktiven Animationen bis hin zu begehbaren virtuellen Welten. Für Website-Gestalter mit Java-Kenntnissen existiert eine API-Schnittstelle (API=Application-Programming-Interface), über die Erweiterungen und Anpassungen vorgenommen werden können. Blaxxun3D nutzt Java 1.1, das zum Standardumfang der Internetbrowser ab Version 4 gehört. Unterstützt werden alle Funktionen des X3D-Formats, das eine kompatible Teilmenge des ISO-Standards VRML 97 ist. Der Vorteil dieser Einschränkung von VRML 97 ist, dass eine immer gleiche Ergebnisanzeige der 3D-Daten gewährleistet werden kann.

11.9.3 CityGRID

www.citygrid.at

Das Produkt CityGRID der Firma GeoDATA ist nicht nur ein 3D-Auskunftssystem, sondern ermöglicht durch verschiedene Module sowohl die Erfassung als auch die Visualisierung eines 3D-Stadtmodells.

Als Erfassungsmodule dienen insbesondere der CityGRID-Modeller und CityGRID-Scanner. Der CityGRID-Modeller ermöglicht die Generierung von 3D-Stadtmodellen aus vorhandenen Geodaten sowie deren Texturierung und Aktualisierung. Es können auch beliebig große Bereiche in den Formaten DWG oder VRML exportiert werden. Der CityGRID-Scanner als ein mit 3D-Laserscanner, digitalen Bildsensoren und Navigationssystem ausgestattetes Fahrzeug

liefert ergänzend eine geometrische und bildhafte Dokumentation zur detaillierten Auswertung und Texturierung großer Stadtbereiche.

Neben weiteren Modulen erlauben der CityGRID-Manager ein 3D-Geodatenmanagement sowie der CityGRID-Analyzer eine Visualisierung und webtaugliche, interaktive Erkundung dreidimensionaler Städte.

11.9.4 Cortona

www.parallelgraphics.com/products/cortona

Der Cortona VRML-Client der Firma Parallelgraphics ist ein schneller und weitgehend interaktiver Web3D-Viewer. Er eignet sich für die Anzeige von einfachen 3D-Modellen oder komplexen interaktiven Lösungen im Internet. Die zugehörigen optimierten 3D-Renderer erzeugen auf PCs mit den neuesten Videokarten oder nur grundlegenden Videofunktionen 3D-Bilder in guter Qualität.

Cortona VRML-Client arbeitet als VRML-Plugin für die meisten Internet Browser (Internet Explorer, Netscape Navigator, Mozilla u.a.) und Office-Anwendungen (Microsoft Powerpoint, Microsoft Word, u.a.).

11.9.5 COSIMIR

www.cosimir.com

Die Software COSIMIR ist eine Entwicklung des Institutes für Roboterforschung an der Universität Dortmund. Die COSIMIR Industrial-Basisversion zur Geo-Visualisierung kann durch unterschiedliche Module, wie VRML-Import, Video-Generierung/ Kamerafahrt, Geometrie-Optimierung für große Modelle und den Dienst W3DS ergänzt werden.

COSIMIR ist in der Lage, VRML-97-Dateien zu importieren und durch Streaming-Verfahren auch große 3D-Modelle in Echtzeit qualitativ hochwertig zu visualisieren. Dabei bietet sich dem Anwender die Möglichkeit, AVI- bzw. MPG-Filme mitzuschneiden, die an den Auftraggeber / Endnutzer abgegeben werden können. Die Leistungsfähigkeit der Software basiert auf der Ausnutzung von OpenGL-Techniken auf modernen Grafikkarten, hierdurch steigt die Leistungsfähigkeit der Software in Verbindung mit der Leistungsfähigkeit der Grafikkarte.

Die Software verwendet einen Hardware-Dongle, so dass sie auf mehreren Rechnern installiert sein kann und bei Bedarf durch Wechsel des Hardware-Dongle aktiviert werden kann.

11.9.6 In3D

www.gistec-online.de/loesung/3dgis.html

Das 3D-Geographische Informationssystem In3D ist eine Entwicklung der Firma GISTec, einem Spin-Off des Fraunhofer-Instituts Graphische Datenverarbeitung (IGD). In3D wendet sich als Lösung an Geodateninhaber, die bereits 3D-Modelle erfasst haben und diese in einem Dateisystem verwalten, jedoch noch keine Möglichkeiten zur Aufbereitung dieser Daten und zur Integration in vorhandene Arbeitsabläufe besitzen.

Die 3D-Produktpalette von GIStec beinhaltet mit den Modulen In3D Database, In3D AdminTool, In3D Viewer sowie in3D Interfaces ein Paket zur Strukturierung und Visualisierung von 3D-Daten. Damit ist In3D ausgerichtet auf den Aufbau einer umfassenden 3D-Infrastruktur.

Zur schnellen Visualisierung dient der In3D Viewer, der auch die Möglichkeit zur Analyse bietet, d.h. zur Interaktion mit den Fachdaten in der Visualisierung. Mit Hilfe neuester Techniken aus der Computergraphik wird auch die Visualisierung großer Datenbestände in Verbindung mit dem DGM und den Luftbildern erleichtert.

11.9.7 LandXplorer

www.equaserver.de/3dgeo

Mit LandXplorer der Firma 3D Geo GmbH können räumlich unbegrenzte Geländemodelle und Landschaften visualisiert werden. Diese können um Geländetexturen aus Raster- und Vektordaten sowie zusätzliche Objekte und Symbole ergänzt werden.

Eine Reihe von Navigationssteuerungen erlaubt es, sich interaktiv in der virtuellen räumlichen Umgebung aufgabenorientiert zu bewegen.

LandXplorer verfügt außerdem über ein digitales Rechtemanagement für die Herausgabe von Ausschnitten aus dem 3D-Modell.

11.9.8 TerraExplorer

www.skylinesoft.com/corporate/technology/technology_terraexplorer.asp

Der TerraExplorer von Skyline Software Systems wird als 3D-Viewer im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes NRW.3D der Terra Map Server GmbH in Dortmund mit dem Landesvermessungsamt NRW eingesetzt.

Mit Hilfe des 3D-Viewers von Skyline können sich Nutzer frei in 3D-Umgebungen bewegen, die mit Terra-Produkten von Skyline erzeugt wurden. Die Nutzer erhalten eine realitätsnahe Darstellung von 3D-Objekten und deren Umfeld.

Die interaktive Software TerraExplorer kann mit den beantragten Daten im Internet kostenlos herunter geladen werden.

11.9.9 TerrainView

www.viewtec.ch/techdiv/terrainview_d.html

Die Software TerrainView ist eine Virtual Reality Lösung, mit der sich hochauflösende Geländedaten dreidimensional im Intranet oder Internet visualisieren lassen. Dabei kann sich der Benutzer in einem fotorealistisch dargestellten Geländemodell interaktiv bewegen.

Dem Anwender bietet TerrainView verschiedenste Optionen zur Erstellung, Bearbeitung und Visualisierung von VR-Welten an. Hierunter fallen z.B. der direkte Web-Export einer

3D-Szene, die Definition unterschiedlicher Wetterbedingungen (Tageszeit, Bewölkung, Sonnenstand, Regen etc.) und die Vermessung direkt im 3D-Modell.

Die Software bietet interaktive Flüge, bei denen der Benutzer die Höhe, die Geschwindigkeit und die Flugrichtung durch die Maus kontrollieren kann. Georeferenzierte Geländepositionen werden in OpenGL, SwissGrid, WGS84- oder UTM-Koordinaten ausgegeben. Hierbei werden dem Anwender verschiedene Navigationsmodi wie Sichtmodus, Flugmodus, Geländeverfolgung und Erkundungsmodus angeboten. Gleichzeitig können Videos in verschiedenen Video-Codecs mit einer beliebigen Bildwiederholungsrate produziert werden.

Wie auch COSIMIR nutzt die TerrainView-Visualisierung die OpenGL-Techniken auf modernen Grafikkarten.

11.9.10 TRIDICON

www.gta-geo.com

Das Unternehmen GTA Geoinformatik GmbH bietet mit der Produktfamilie tridicon™ eine Komplettlösung zur Erstellung, Verwaltung, Nutzung und Laufendhaltung von digitalen 3D-Stadtmodellen an. Die Systemlösung besteht aus verschiedenen Software- und Hardwarekomponenten und verfügt über Schnittstellen zu den gängigsten Datenformaten.

Unter den verschiedenen Komponenten dient das Systemmodul tridicon™ VISION als interaktiver 3D-Viewer der echtzeitgerechten Visualisierung von VRML-Welten. So wird die freie Navigation im 3D-Modell über Tastatur oder Joystick ermöglicht, dabei kann der Betrachter zwischen den Bewegungsmodi Walk und Flight unterscheiden. Zu bestimmten Objekten können Sachinformationen angezeigt werden, wenn eine Verknüpfung über Hyperlinks gesetzt ist. Außerdem können Bilder (Snapshots) erstellt werden und mit geeigneter Grafikkarte ist eine Stereobetrachtung möglich.

11.9.11 VirtualGIS

www.geosystems.de/produkte/erdas_image/index.html

Der VirtualGIS-Viewer kann als Zusatzmodul zum Programmpaket ERDAS-IMAGINE eingesetzt werden. ERDAS-IMAGINE ist ein rasterorientiertes Programmpaket zur Visualisierung, Manipulation und Analyse von Luft- und Satellitenbildern sowie geographischer Datensätze.

VirtualGIS ermöglicht sowohl die dynamische 3D-Visualisierung einer realitätsnahen Landschaft als auch die Generierung von Überflügen mit mehreren Objekten und Flugpfaden. Die Visualisierung der dreidimensionalen Bilder und thematischen Layer wird durch die beschleunigte Darstellung von Höhenmodellen mit einer variablen Dreiecksvermaschung optimiert.

11.9.12 Walkinside

www.walkinside.com

Die 3D-Visualisierungs- und Simulationssoftware Walkinside wurde von der belgischen Softwarefirma VRcontext entwickelt. Walkinside ermöglicht es, mit dem 3D-CAD-Programm Microstation erzeugte, sehr große und umfassende 3D-Modelle zu durchwandern und entsprechende Bewertungen vorzunehmen.

Der Nutzer betrachtet das Modell in Echtzeit mit den Augen einer virtuellen Person und ist in der Lage, wie in einem Computerspiel umherzugehen und sich frei zu bewegen.