

# 3D-Stadtmodelle

Eine Orientierungshilfe für die Städte in NRW

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

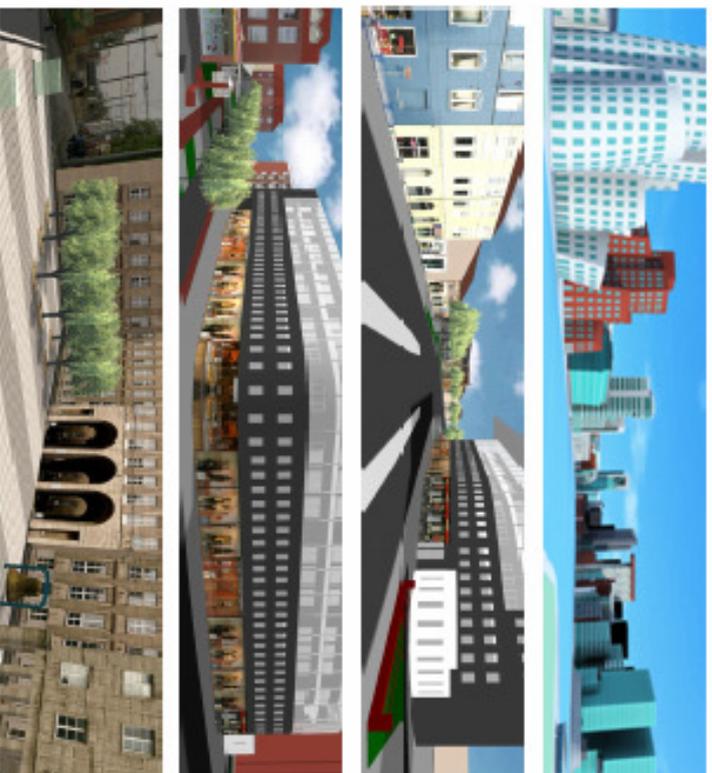
Download: [www.wuppertal.de/geodaten](http://www.wuppertal.de/geodaten) -> Download -> Publikationen

[www.bochum.de/vermessungsamt](http://www.bochum.de/vermessungsamt) -> Geodaten-Info -> 3D-Stadtmodelle



**Orientierungshilfe**

## **3D-Stadtmodelle**



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

# 3D-Stadtmodelle

Eine Orientierungshilfe für die Städte in NRW

Erstellt durch die  
AG 3D-Stadtmodelle  
des AK Kommunales Vermessungs- und  
Liegenchaftswesen 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 Wellessen  
Jörg Albert  
Jörg Schubert  
Christoph Buddendick  
Udo Hannok  
Ulrich Herting  
Bettina Petzold  
(Leitung)  
Holger Wanzke  
(Betreuung)

**Städtetag**  
**Nordrhein-Westfalen**

**2. Inhaltsverzeichnis**

1. Kurzfassung..... 2

2. Inhaltsverzeichnis ..... 6

3. Vorwort ..... 9

4. Komponenten von 3D-Stadtmodellen ..... 12

5. Anwendungsbereiche..... 13

5.1 Ergebnisse der AG "Anwendungen / Zielgruppen" innerhalb der SIG 3D ..... 13

5.2 Visualisierungsanwendungen ..... 14

5.2.1 Stadtplanung ..... 14

5.2.2 Wirtschaftsförderung..... 17

5.2.3 Tourismus ..... 18

5.2.4 Vorbereitung von Großveranstaltungen ..... 18

5.3 Ingenieurtechnische Anwendungen..... 19

5.3.1 Lernschutz..... 19

5.3.2 Modellierung des Stadtklimas, Standorte für Gewinnung erneuerbarer Energien..... 21

5.3.3 Hochwasserschutz / Katastrophenschutz ..... 21

5.3.4 Mobilfunk..... 22

5.3.5 Unterirdische Strukturen im 3D-Modell: Stadenwasser, Grundwasser, Altlasten..... 22

5.4 3D-Navigationssysteme..... 23

6. Grundsätze zur Modellierung und Speicherung von 3D-Daten ..... 26

6.1 Digitales Geländemodell ..... 26

6.2 Datenmodellierung für 3D-Stadtmodelle ..... 27

6.2.1 Constructive Solid Geometry ..... 27

6.2.2 Boundary-Representation ..... 27

6.2.3 Derzeitiger Stand: Quasi-Standard ..... 28

6.2.4 Detaillierungsgrad ..... 28

6.3 Datenhaltung für 3D-Stadtmodelle ..... 29

6.4 Datenaustausch ..... 30

6.4.1 Virtual Reality Modeling Language, VRML ..... 30

6.4.2 Geography Markup Language, GML ..... 31

6.5 ALVIS als Grundlage für 3D-Stadtmodelle ..... 32

7. Ableitung von 3D-Stadtmodellen ..... 33

7.1 Digitale Geländemodelle ..... 33

7.2 3D-Gebäudemodelle..... 34

7.2.1 Datenbeschaffung, -nutzung und -auswertung ..... 35

7.2.2 Fortführung der 3D-Stadtmodelle ..... 38

7.2.3 Texturierung..... 39

7.3 Genauigkeitsanforderungen an ein 3D-Stadtmodell ..... 41

7.4 Fazit ..... 41

8. Technische Möglichkeiten der Visualisierung von Modellen ..... 43

8.1 Standbild-Visualisierung..... 44

8.2 Visualisierung mit Visiertechnik ..... 44

8.3 3D-Viewer und -Auskunftssysteme ..... 45

8.3.1 Allgemeines ..... 45

8.3.2 Web3D-Viewer ..... 46

8.3.3 3D-Auskunftssysteme..... 46

9. Kosten, Aufwand und Kriterien zur Entscheidungsfindung ..... 48

10. Ausblick (quo vadis 3D-Stadtmodelle?) ..... 49

10.1 Expertise "Digitale Oberflächenmodelle und 3D-Stadtmodelle" der ADV ..... 49

10.2 Ergebnisse und Zukunftsaussichten..... 49

11. Anlagen ..... 52

11.1 Abkürzungen und Definitionen..... 52

11.2 Literaturhinweise ..... 54

11.3 Internet Links ..... 56

11.4 bekannte Stadtmodelle..... 56

11.5 Kriterien Stadtmodelle..... 57

11.6 Zielgruppen und Anwendungen für Digitale Stadtmodelle und Digitale Geländemodelle ..... 71

11.7 UML-Notation geometrisch-topologisches Basismodell ..... 75

11.8 Detaillierungsgrade, LOD ..... 77

11.9 3D-Viewer bzw. -Auskunftssysteme (Auswahl) ..... 78

11.9.1 Arepolis..... 78

11.9.2 Bboxun ..... 79

11.9.3 CityGRID ..... 79

11.9.4 Corona ..... 80

11.9.5 COSMIR ..... 80

11.9.6 In3D ..... 80

11.9.7 LandXplorer ..... 81

11.9.8 TerraExplorer ..... 81

11.9.9 TerrainView ..... 81

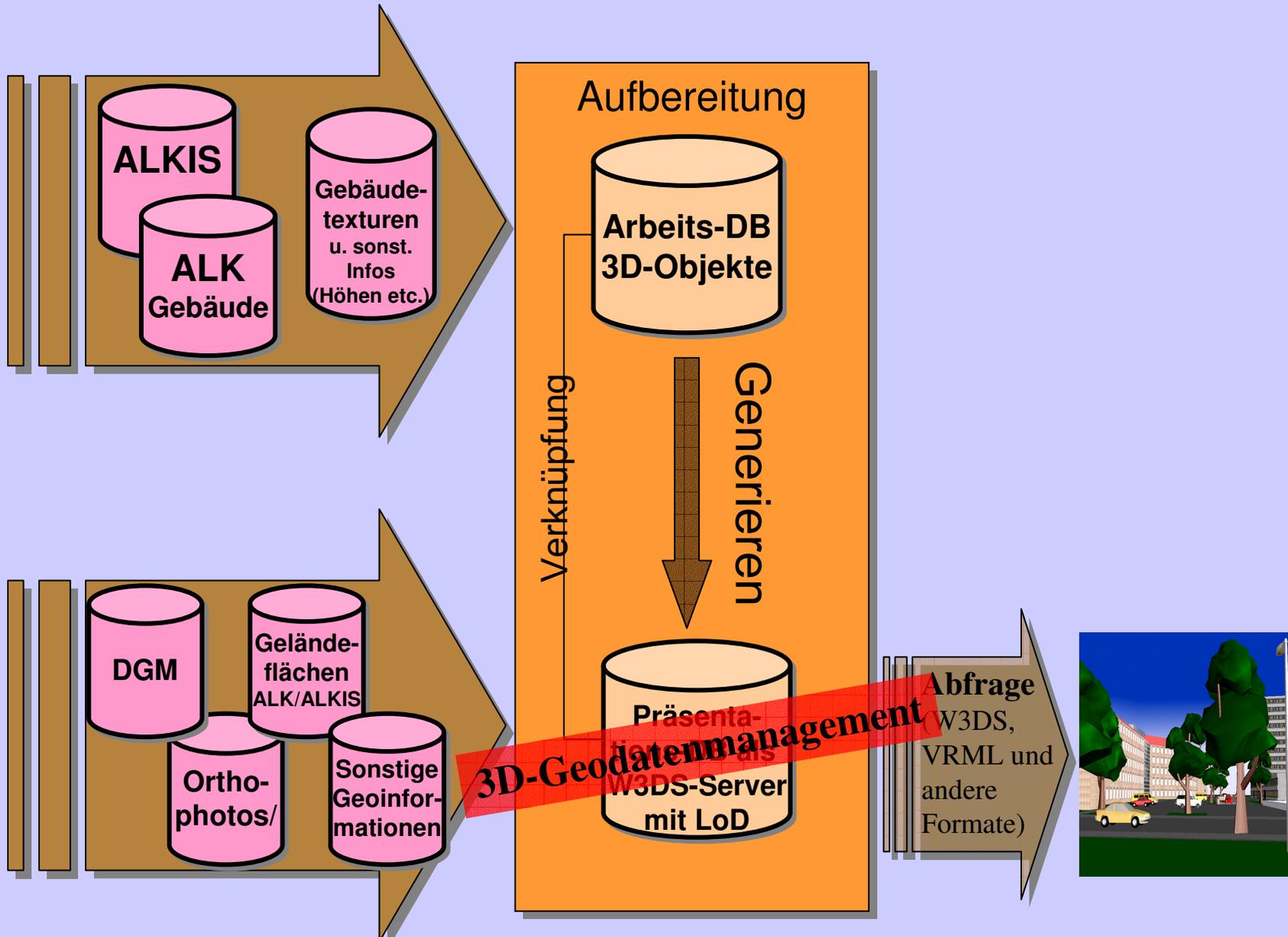
11.9.10 VirtualGIS ..... 82

11.9.11 Wellinside ..... 82

# Komponenten von 3D-Stadtmodellen

- 3D-Beschreibung der Geländeform (Geländemodell)
- Gebäude einschließlich (wesentlicher) Dachaufbauten
- Texturen der Geländeoberfläche (Orthophotos etc.)
- Texturen der Gebäudeaußenflächen (Photos etc.)
- unterirdische Bauwerke
- sonstige Elemente wie
  - Brücken und Tunnel
  - Ver- und Entsorgungseinrichtungen
  - Vegetation und Bäume
  - Straßenmöbel
  - Einrichtungen zur Verkehrsregelung und -lenkung

# Beispiel: 3D-Stadtmodell Bochum



# Anwendungsgebiete für 3D-Stadtmodelle

## ➤ Visualisierungsanwendungen

- Stadtplanung
- Wirtschaftsförderung
- Tourismus
- Vorbereitung von Großveranstaltungen

## ➤ Ingenieurtechnische Anwendungen

- Lärmschutz
- Modellierung des Stadtklimas
- Hochwasserschutz
- Katastrophenschutz
- Mobilfunk
- Unterirdische Strukturen
- Stadtentwässerung
- Grundwasser
- Altlasten

## ➤ 3D-Navigationssysteme

# Anwendungsgebiet Stadtplanung

- Visuelle Unterstützung des Bebauungsplanes als „Gestaltungsplan“
  - Ersatz oder Ergänzung des traditionellen Tischmodells
  - Ersatz für die begrenzte Anzahl von isometrischen Perspektivzeichnungen
  - Einfache Verteilbarkeit eines vollständigen 3D-Modells an Planungsteilnehmer: Bürger, Investoren, beteiligte Fachbehörden: Verwendung des Mediums Internet
    - Es wird jedoch nur eine „technokratische“ Teilnehmergruppe erreicht: Bürger ohne Computererfahrung sind von diesem Teil des Planungs- und Partizipationsprozesses (teilweise) ausgeschlossen: Die traditionelle Auslegung des B-Plans nach BauGB wird immer nur ergänzt, nie ersetzt.
  - Software- und Hardwarestandards der Zielgruppe dürfen nicht überstrapaziert werden
- Hoher Grad an Wirklichkeitstreue und „Immersion“ verstärkt die Glaubwürdigkeit des Modells im Planungsprozess
  - Realistische Sichtbeziehungen
  - Verdeckungen
  - Verschattungen im Verlauf des Tages und des Jahres unter Beachtung von DIN und ISO-Normen sowie des „State-of-the-Art“
  - Stadtsilhouette

# Anwendungsgebiet Stadtplanung

## •Resultierende Anforderungen

- Interaktive Steuerung in Echtzeit, intuitiv und einfach erlernbar
- Abspielbarkeit des Modells auf durchschnittlichen Rechnern mit Standardsoftwareausstattung und kostenlosen Plugins
- Präzision der Gebäudeabbildung und Erdoberfläche durch Geometrie der Gebäude, Präzision der Textur
- Genügend große räumliche Ausdehnung

## •Gewünschte Funktionalitäten

- Zusammenhängende Datenquelle für alle Beteiligten im Planungsprozeß
- Änderungen im Primärdatenbestand lassen sofortige Ermittlung der Kennzahlen und Parameter zu
  - Just-in-Time-Ermittlung von Auswirkungen
    - Lärm, Klima und Wind, Sonne und Schatten
  - Just-in-Time-Ermittlung von
    - Grundflächenzahl / Geschoßflächenzahl / Baumassenzahl / Abstandsflächen
- Hin- und Herschalten „Szenarienwechsel“ zwischen
  - Planungsalternativen
  - Vorher- / Nachher-Szenarien, z.B bei Neubau, städtebaulichen Sanierungen oder Stadtrückbau

## Beispiele für 3D-Stadtmodelle in der Stadtplanung



# Anwendungsgebiet Wirtschaftsförderung

- Visualisierung von städtebaulichen Strukturen
- Visualisierung von „harten“ Standortfaktoren: Infrastruktur, Erschließung, Standortkosten, Verfügbarkeiten
- Visualisierung von „weichen“ Standortfaktoren: Arbeits- und Wirtschaftsqualitäten, Lebensqualitäten, Machbarkeiten / Genehmigungsfähigkeit
  - Einsatz von 3D-Modellen vermittelt den Eindruck einer „High-Tech-Wirtschaftsförderung“ bei manchen Zielbranchen
  - Die euphorische Akzeptanz zum Einsatz dieser Techniken hat aber nach Platzen der Internetblase 2000 / 2001 gelitten, obwohl die technischen Möglichkeiten sich gebessert haben (Hardware, DSL)
- Rahmenbedingungen zum Einsatz von 3D-Modellen in der Wirtschaftsförderung
  - Eher selbstablaufender bedienungsfreier animierter Computerfilm (AVI, MPG)
  - Medienfähigkeit der Modelle ist wünschenswert: Herstellung hoch aufgelöster Renderings für Druckvorlagen sollte in einem einfach Produktionsprozeß angebunden sein

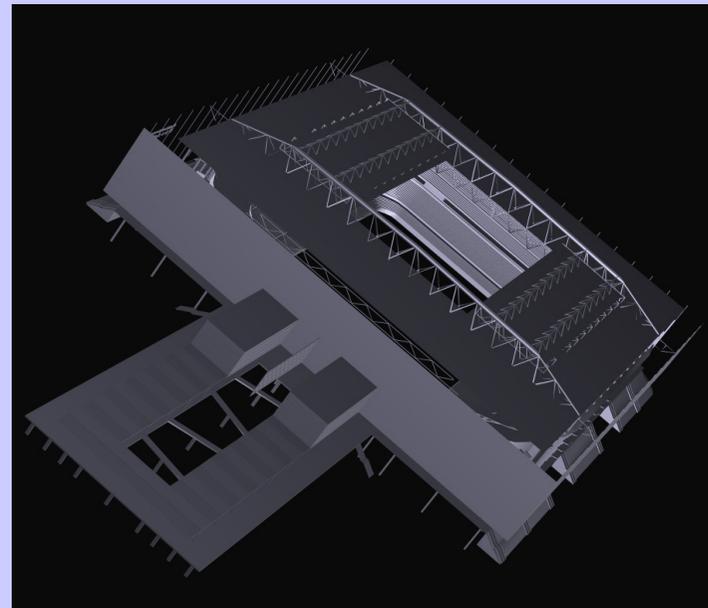
# Anwendungsgebiet Tourismus

- High-Tech-Tourismuswerbung wirkt auf computeraffine Zielgruppe
  - Klassische Printmedien werden ergänzt, aber nicht ersetzt
- Rahmenbedingungen
  - Optisch hochwertige Präsentation
    - Das Modell muss eher noch Emotionen ansprechen als in anderen Visualisierungsanwendungen (Sprache, Stimmen, Musik, ...)
  - Sehr einfache, intuitive Bedienung ist zwingend erforderlich
  - Mehrwert beim Informationsgehalt ist erforderlich gegenüber Printmedium: Blick aus dem „virtuellen“ Hotelzimmer, Online-Buchungen, Ticketservices, Attraktionen und Veranstaltungen
  - In der Zielgruppe verbreitete Soft- und Hardwarestandards sowie Bandbreiten dürfen nicht überstrapaziert werden



# Anwendungsgebiet Großveranstaltungen

- Großveranstaltungen (Sport, Kultur, Festival) schaffen für Orte ein Alleinstellungsmerkmal
- Sie heben den Ort aus den global oft nivellierten klassischen Standortfaktoren heraus
- Die Großveranstaltung muss mediengerecht akquiriert und inszeniert werden, um die knappste Ressource der Mediengesellschaft zu erzeugen: **Aufmerksamkeit**
- 3D-Modelle müssen deshalb in ihrer Gestaltung Visionen und Emotionen wecken und stehen in Konkurrenz gegenüber allen klassischen Bild- und Tonmedien



# Ingenieurtechnische Anwendungen: Lärmschutz nach §47a BImSchG

- Lärmausbreitungsberechnungen nach §47a BImSchG werden seit Anfang der 1990er Jahre durch die Kommunen durchgeführt, um Lärminderungsmaßnahmen zu planen
- Erledigung muss dort durchgeführt werden, wo Lärmbelastung gegeben ist oder zu erwarten ist
  - Es gibt aber keine Erledigungsfrist: Es ist also eine freiwillige Veranstaltung !
- Erledigung erfolgte nach den Datenquellen, die gerade verfügbar waren:
  - DGM verschiedener Auflösungen
  - ATKIS
  - ALK
  - Modelle der Mobilfunkanbieter
  - Manuelle Digitalisierung
  - Diverse Verkehrszahlen, Industrielärm, örtliche Messungen
- Wenig Fortschreibung bei den Datengrundlagen für Lärmhindernisse

# Anwendungsgebiet Lärmschutz nach EU-Richtlinie 2002/49/EG

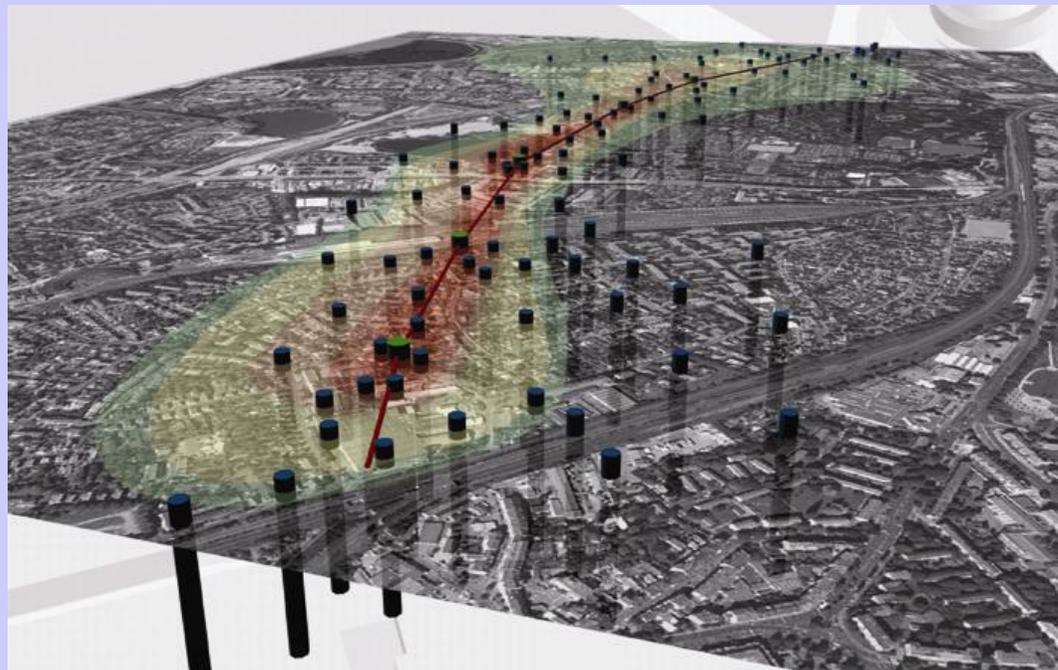
- Verabschiedung am 25.6.2002
- Pflichtprogramm
  - Erledigung bis zum 31.07.2007
    - Alle Ballungsräume mit mehr als 250.000 Einwohnern
    - Fernstraßen > 6 Mio. Fahrzeuge / a
    - Bahnlinien > 60.000 Züge / a
    - Großflughäfen
  - Erledigung bis 31.07.2012
    - Alle Ballungsräume
    - Alle Fernstraßen
- Danach Aktualisierung in einem fünfjährigen Zyklus
- Geforderte Ergebnisse mit räumlichen und 3D-Bezug
  - Lärmkarten für Emittenten: Straße, Schiene, Flugverkehr, Gewerbe, Sport, etc
  - Ermittlung der am stärksten lärmbelasteten Fassade des Gebäudes in einer bestimmten Höhe, und Anzahl der betroffenen Einwohner im Gebäude mit mindestens einer ruhigen Fassade
  - Ermittlung der Anzahl der belasteten Wohnungen, Schulen, Krankenhäuser,
  - Ermittlung der Einwohnerzahl in lärmbelasteten Gebieten
  - Die EU kann später Details zu Lärmkarten und Software erlassen

# **Anwendungsgebiet Lärmschutz nach EU-Richtlinie 2002/49/EG**

- **Probleme und Hindernisse**
- **Termin zur Umsetzung in bundesdeutsche Gesetzgebung ist im Juli 2004 abgelaufen**
- **Gesetzesentwurf vom 28.07.2004 sieht Zuständigkeiten**
  - **Schienenverkehr: Eisenbahnbundesamt**
  - **Flugverkehr: Flughafenbetreiber**
  - **Fernstraßen: Landestraßenbaubehörden (BAB) und sonstige Straßenbaubehörden für andere Straßen**
  - **Anlagenbetreiber für den eigenen Lärm**
  - **Kommunen für den Rest**
- **Kommunen müssen Daten über Wohnbevölkerung und Bebauung zur Verfügung stellen**
- **Datenaustausch zwischen allen Beteiligten muss unentgeltlich erfolgen**

# Ingenieurtechnische Anwendungen

- Modellierung des Stadtklimas
- Modellierung des Windfeldes
- Hochwasserschutz / Katastrophenschutz
- Mobilfunk
- Unterirdische Strukturen
  - Wasserversorgung und Wasserentsorgung
  - Energie
  - Telekommunikation
  - U-Bahnen
  - Sonstige Gebäude
- Grundwasserschutz
- Altlasten



# 3D-Navigationssysteme

- 2D-Navigationssysteme sind derzeit noch ein Markt mit Entwicklungschancen
  - 15% aller Neuwagen in Deutschland haben ein Navigationssystem
- 3D-Navigationssysteme werden vermutlich ein Thema, wenn Sättigung bei 2D-Systemen erreicht ist
  - 7er-BMW hat Pseudo-3D-Systeme
  - Japanische Anbieter sind mit den Entwicklungen beschäftigt
- Erstmalige Datengewinnung und Aktualisierung ist mit beträchtlichen Aufwand verbunden
  - Zunächst nur Modellierung von Landmarks und Innenstädten
  - Später exakte Geometrie und Ausgestaltung des Straßenraumes
- Es besteht noch Forschungsbedarf über welche Informationsdichte und Darstellungsform dem Autofahrer dienlich ist, ohne vom Fahrgeschehen abgelenkt zu werden
  - Mehrwertfrage: Was wird beim Autofahren durch 3D-Navigation entscheidend verbessert gegenüber 2D-Navigation ?
- Kommunen können sich in einer Schlüsselposition als potentielle Datenanbieter begeben, da sie ideale Voraussetzungen zur Fortführung haben

# Grundsätze zur Modellierung und Speicherung von 3D-Daten

## •Digitales Geländemodell

- 2,5D-DGM ist vorhanden
  - Trianguliertes DGM (TIN) oder Gitterbasiertes DGM
- 3D-DGM wäre wünschenswert
  - Bisher eigentlich kein marktreifes System vorhanden

## •Datenmodellierung

- Geometriemodell Constructive Solid Geometry „CSG“
- Geometriemodell Boundary Representation „B-Rep“ mit Aggregation der Objekte zu Volumenkörpern
  - LOD-Stufen 0-1-2-3-4

## •Datenhaltung

- Die in CAD- oder GIS-Systemen verbreitete Datenhaltung in geschlossenen filebasierten Datenfiles ist eigentlich nur für kleinere Teilprojekte ohne Fortführungsbedarf geeignet
- Datenbanken mit „echter“ Modellierung von 3D-Objekten, Topologien und entsprechenden Abfragen wäre wünschenswert, ist aber nicht am Markt

## •Datenaustausch

- VRML97 ist derzeit Quasistandard für Datenaustausch und –präsentation
- GML3 wird die Zukunft sein zum Austausch zwischen DB-Systemen mit allen Objektrealtionen
- ALKIS ist auf 3D entwicklungsfähig und -würdig

# Ableitung und Herstellung von 3D-Modellen

## •Digitale Geländemodelle

- Halbautomatisierte Erstellung des DGM, meist auf Basis von Laserscandaten oder photogrammetrischen Daten
- Erfassung von Bruchkanten (terrestrisch oder photogrammetrisch)

## •3D-Gebäudemodelle

### •Verwendung der ALK / ALKIS-Daten ist DER Königsweg

- Daten besitzen umfangreiche Attribute, u.a. Höheninformation
- Daten sind vorhanden und bezahlt
- Daten sind je nach Datenmodell in der DB umfangreich veredelbar
- Daten sind fortführbar und werden fortgeführt nach §14 VermKatG NRW

### •Daten aus photogrammetrischen Auswertungen

- Vollautomatisierte Verfahren sind nicht marktreif
- Halbautomatisierte Verfahren bringen zur ALK redundante Datenführung
- Verfahren ist eher zur Veredelung von ALK-Daten anzustreben

### •Flugzeuggestütztes oder terrestrisches Laserscanning

- Keine schlüssige Objektbildung, deshalb begrenzte Anwendungszwecke

### •CAD-Verfahren machen für großräumige Stadtmodelle nur mit Datenbank-Anbindung Sinn

# Texturierung

- Nur durch Texturen ist ein hohes Maß an Orientierung für den Benutzer gegeben

- Fassadenbilder

- Entzerrung, Montage und Bereinigung von Digitalfotos und Eintragung in Datenbank (keine Architekturphotogrammetrie)

- Zeit- und Kostenaufwand ist sehr hoch

- Generalisiertes Neuzeichnen von Fassadenbildern nach Vorlage des Digitalfotos

- Zeit- und Kostenaufwand ist hoch

- Bodentextur

- Weiterverwendung von Ortholuftbildern

- Kartografische Neuerstellung von Bodentexturen

- Nicht-Photorealistische Texturen / Non-Photorealstic-Rendering

- „Cartoon-Shading“ zur Hervorhebung eines „modellhaften“ Characters oder zur halbautomatischen Generalisierung

# Technische Möglichkeiten der Visualisierung von Modellen

- Standbildvisualisierung (Stillbildvisualisierung)
- Visualisierung mit Videotechnik (AVI)
- 3D-Viewer und –Auskunftssysteme
  - Web3D-Viewer
  - 3D-Auskunftssysteme

# 3D-Viewer und -Auskunftssysteme

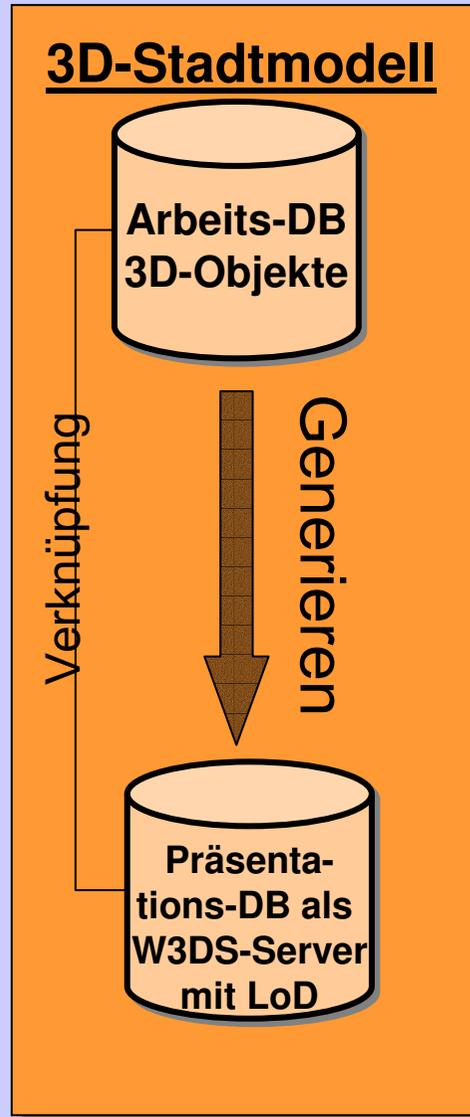
Neben den Werkzeugen zur Erfassung/Ableitung sowie Fortführung der Modelle dienen die Viewer und Auskunftssysteme als weitere Komponenten dazu,

- durch die Visualisierung eine Außenwirkung zu erzielen und die Modelle zu vermarkten,
- die freie Bewegung im virtuellen Raum zu ermöglichen,
- GIS-Auswertungen anzufordern/durchzuführen und zu visualisieren.

⇒ Auswahl von Systemen in Kapitel 11.9 !

# 3D-Viewer und -Auskunftssysteme

Geobasisdaten und Geofachdaten der Kommune



evt. Import  
proprietärer  
(CAD-)Formate  
von Planungs-  
büros etc.



**Visualisierung  
und weitere  
Bearbeitung**



- Freies Bewegen
- Standbilder
- AVI
- GIS-Auswertungen
- Planungsalternativen
- Simulationen

standardi-  
sierter  
Abfrage-  
dienst



# Beispiel: Präsentations-DB Bochum



# Kosten, Aufwand und Kriterien zur Entscheidungsfindung

- Bisher entstandene Kosten sind stark mit Entwicklung und Ausbildung belastet.
- Anforderungen an Modelle und Vermarktungsstrategien differieren sehr stark.
- In Großstädten wird ein MA allein für Koordinierungsarbeiten vollständig gebunden.
- Kosten für weiteres Personal, Investitionen und Dienstleistungen liegen bei ca. 1-2 € pro EW (verteilt auf die ersten 4 Jahre)
- Entscheidungsmatrix wurde von den Städten Hamburg, Düsseldorf und Bochum ausgefüllt (s. Kap. 11.5).

# Quo Vadis 3D-Stadtmodelle ?

- Expertise „Digitale Oberflächenmodelle und 3D-Stadtmodelle der AdV
  - Standardisierung der 3D-Modellierung wichtige Aufgabe der AdV
  - Weiterentwicklung des AAA-Modells (und somit von ALKIS)
  
- Ergebnisse und Zukunftsaussichten
  - Integration in Verwaltungsprozesse und das kommunale Geodatenmanagement
  - Einheitlich strukturierte Daten über kommunale Grenzen hinweg und dabei Ergebnisse/Standards der SIG 3D berücksichtigen
  - Verzahnung mit ALKIS und 3D-Weiterentwicklung von ALKIS
  - Sicherstellung der Fortführung durch Verbindung mit Prozessen in ALKIS und im (digitalen) Baugenehmigungsverfahren

[www.wuppertal.de/geodaten](http://www.wuppertal.de/geodaten) -> Download -> Publikationen

[www.bochum.de/vermessungsamt](http://www.bochum.de/vermessungsamt) -> Geodaten-Info -> 3D-Stadtmodelle