

3D-Stadtmodellierung mit CityGML

Prof. Dr. Thomas H. Kolbe

Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik

Technische Universität Berlin

kolbe@igg.tu-berlin.de

28. April 2008

GeoForum Mecklenburg-Vorpommern



Business Location Center
Berlin-Brandenburg

Stadtmodell © Der Senat von Berlin
© 2007 Europa Technologies

Image © 2007 AeroWest

Quelle: Berlin Partner, Google

Zeiger 52°31'01.83" N 13°22'37.31" O Höhe 36 m

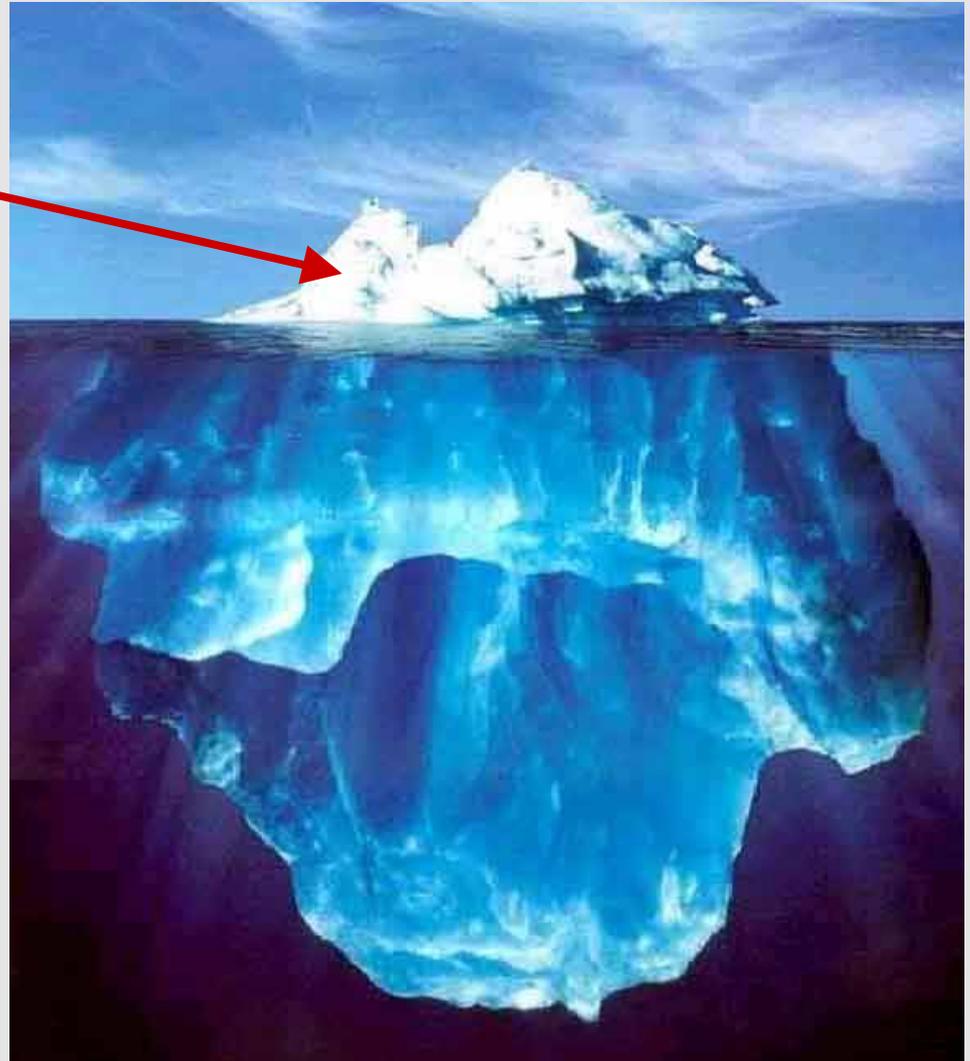
Übertragung | | 33%

Sichthöhe 113 m

... ist weit mehr als
die 3D-Visualisierung
der Realität

Tatsächlich ist die
Geometrie und ihre
Erscheinung
nur ein Aspekt
einer Entität!

Schlüsselthema:
Semantische
Modellierung



Geometrie und Erscheinung

- ▶ **sagt** unmittelbar **nichts über die Bedeutung** aus

Rechnergestützte Analysen und Simulationen auf der Basis von 3D-Stadtmodellen

- ▶ **erfordern** vom Rechner **unterscheidbare Entitäten** mit räumlichen *und* thematischen Eigenschaften

Semantische 3D-Stadtmodelle

- ▶ relevante **Objekte** des städtischen Raumes werden **klassifiziert** und ihre **Eigenschaften** beschrieben
- ▶ **Bedeutung & Funktion der Objekte** werden in einer **Ontologie** formal modelliert

Befragen Sie Ihr 3D-Stadtmodell!

(ganz ohne 3D-Visualisierung !)

- ▶ *Aus welchen Fenstern von welchen Räumen in welchen Gebäuden habe ich eine freie Sicht auf bestimmte Plätze, Straßen oder Monumente?*
- ▶ *Bis zu welchem Stockwerk wurden die Gebäude bei einer Überflutung jeweils betroffen?*
- ▶ *Wo sind Vortragssäle in einem bestimmten Stadtgebiet (oder auf dem Campus) mit mehr als 500 Sitzplätzen, 3D-Projektionsmöglichkeiten, die in weniger als 15min zu Fuß von einer ÖPNV-Haltestelle erreichbar sind?*

Fachneutrales Topographisches Informationsmodell für semantische 3D-Stadtmodelle (Ontologie)

- ▶ umfasst verschiedene thematische Bereiche (Gebäude, Vegetation, Gewässer, Relief, Verkehr etc.)
- ▶ als GML3-Anwendungsschema realisiert (GML3 wird ISO-Norm 19136)
 - ist somit gleichzeitig Austauschformat



CityGML repräsentiert

- ▶ 3D-Geometrie, 3D-Topologie, Semantik und Erscheinung
- ▶ 5 diskrete Skalenbereiche (Levels of Detail, LOD)

▶ **Entwicklung seit 2002** in der Special Interest Group 3D (**SIG 3D**) der Geodateninfrastruktur NRW

- offene Arbeitsgemeinschaft von >70 Institutionen



▶ **Internationale Standardisierung im Open Geospatial Consortium**

- 3D Information Modelling Working Group
- Aktueller Stand: OGC Best Practice Paper
- Letzter Schritt: internationaler Standard (avisiert für Juni 2008)



▶ wachsende **Systemunterstützung**

- SupportGIS, LandXPlorer, Bentley Microstation (tlw.), FME, Oracle 11G, ESRI ArcGIS und Autodesk AutoCAD in Vorbereitung

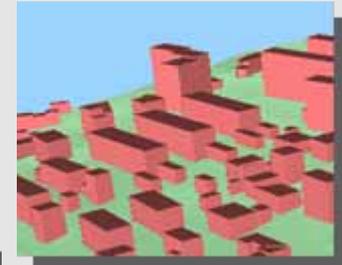
LOD 0 – Regionalmodell

- ▶ bis auf 3D-Landmarks nur 2,5D DGM



LOD 1 – Stadt- / Standortmodell

- ▶ „Klötzchenmodell“ ohne Dachstrukturen



LOD 2 – Stadt- / Standortmodell

- ▶ texturiert, differenzierte Dachstrukturen



LOD 3 – Stadt- / Standortmodell

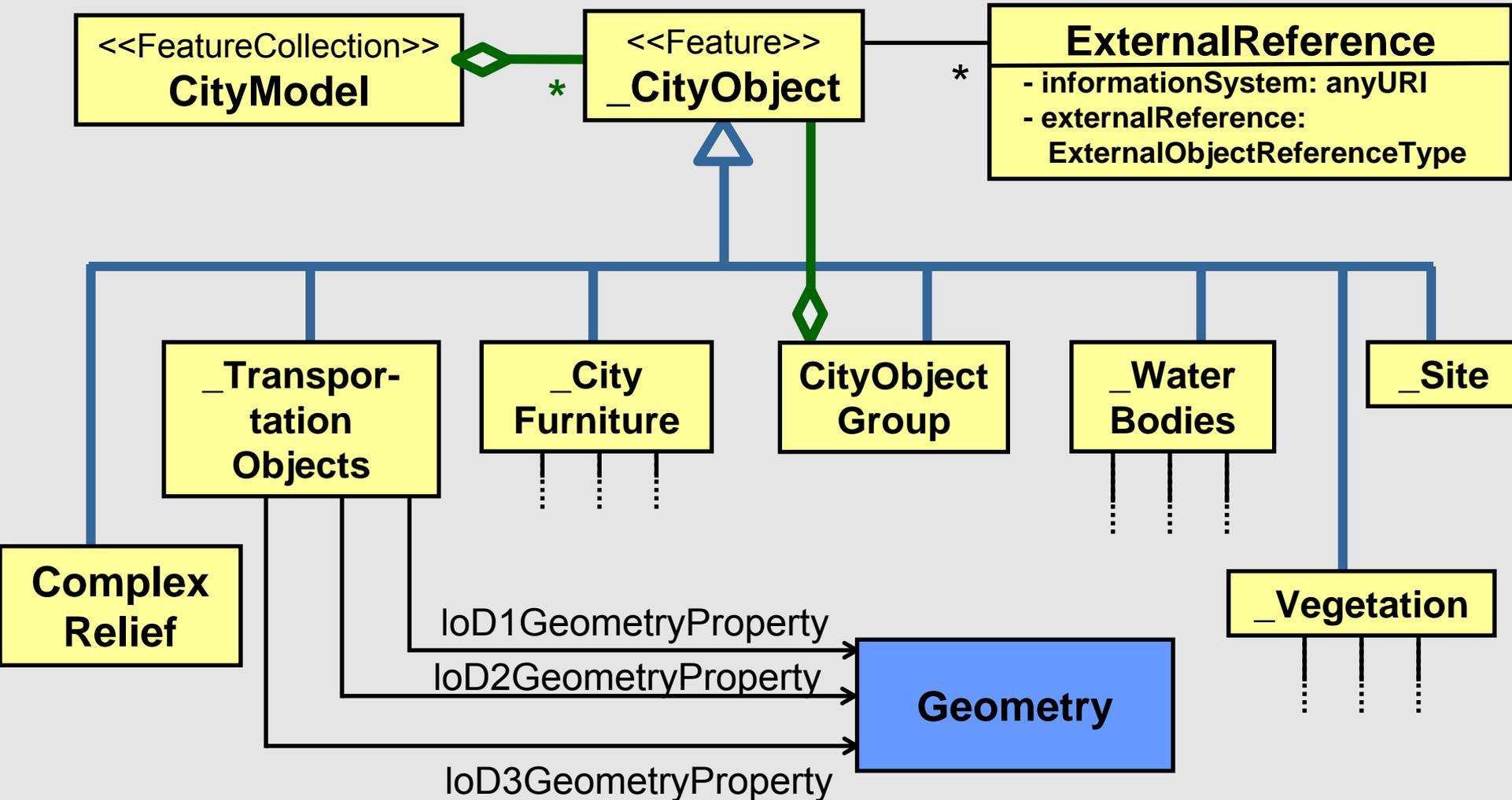
- ▶ detaillierte Architekturmodelle



LOD 4 – Innenraummodell

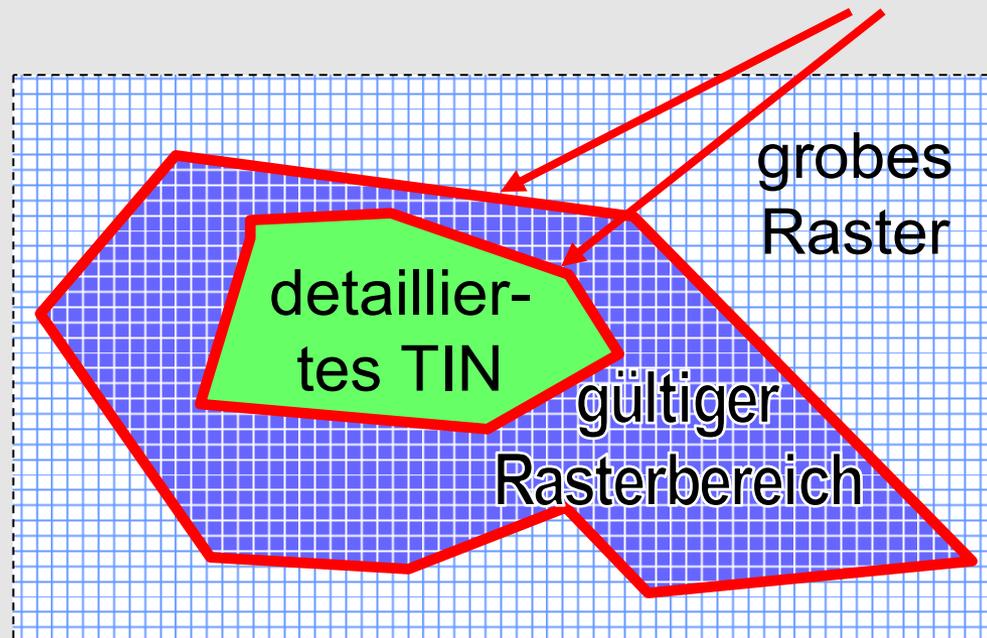
- ▶ „Begehbare“ Architekturmodelle





kann für jeden Level of Detail aggregiert werden aus

- ▶ **TINs** (Triangulated Irregular Networks), **Rastern**, **3D-Bruchkanten** und **3D-Massenpunkten**
- ▶ Jede DGM-Komponente kann in ihrer Gültigkeit räumlich beschränkt werden (**validity extent polygon**)



Gültigkeitspolygone können Löcher haben -> **verschachtelte DGMs!**

▶ Kohärente Aggregation von räumlichen und semantischen Komponenten

- (rekursive) Zerlegung in **Gebäudeteile**
- **Thematische Flächen** (Dachfläche, Wandfläche etc.) [ab LOD2]
- **Gebäudemerkmale** wie Gauben, Treppen, Balkone [ab LOD2]
- **Öffnungen** wie Türen und Fenster [ab LOD3]
- **Räume** und **Mobiliar** [in LOD4]



▶ Komponenten besitzen **thematische Attribute**

- Name, Klasse, Funktion, Nutzung, (Baujahr, Dachtyp, Adresse)
- Anzahl der ober- / unterirdischen Geschosse, Geschosshöhen

▶ **Oberflächencharakteristika** (Texturen, Farben)

Beispiel für ein semantisches Gebäudemodell

3D-Modell: Stadt Coburg



Gebäudemerkmal
(Gaube)

Gebäudeteil

Gebäude

Gebäudeteil

Gebäudefläche
(Außenwand)

Gebäude

Einige CityGML-konforme Stadtmodelle:

- ▶ Berlin
- ▶ Hamburg
- ▶ Stuttgart
- ▶ Frankfurt
- ▶ Bochum
- ▶ Essen
- ▶ Recklinghausen
- ▶ München (im Aufbau)
- ▶ Düsseldorf
- ▶ Köln (im Aufbau)
- ▶ Land NRW (LOD1 mit 9 Millionen Gebäuden, 3D-Straßen- und Schienennetzwerk)

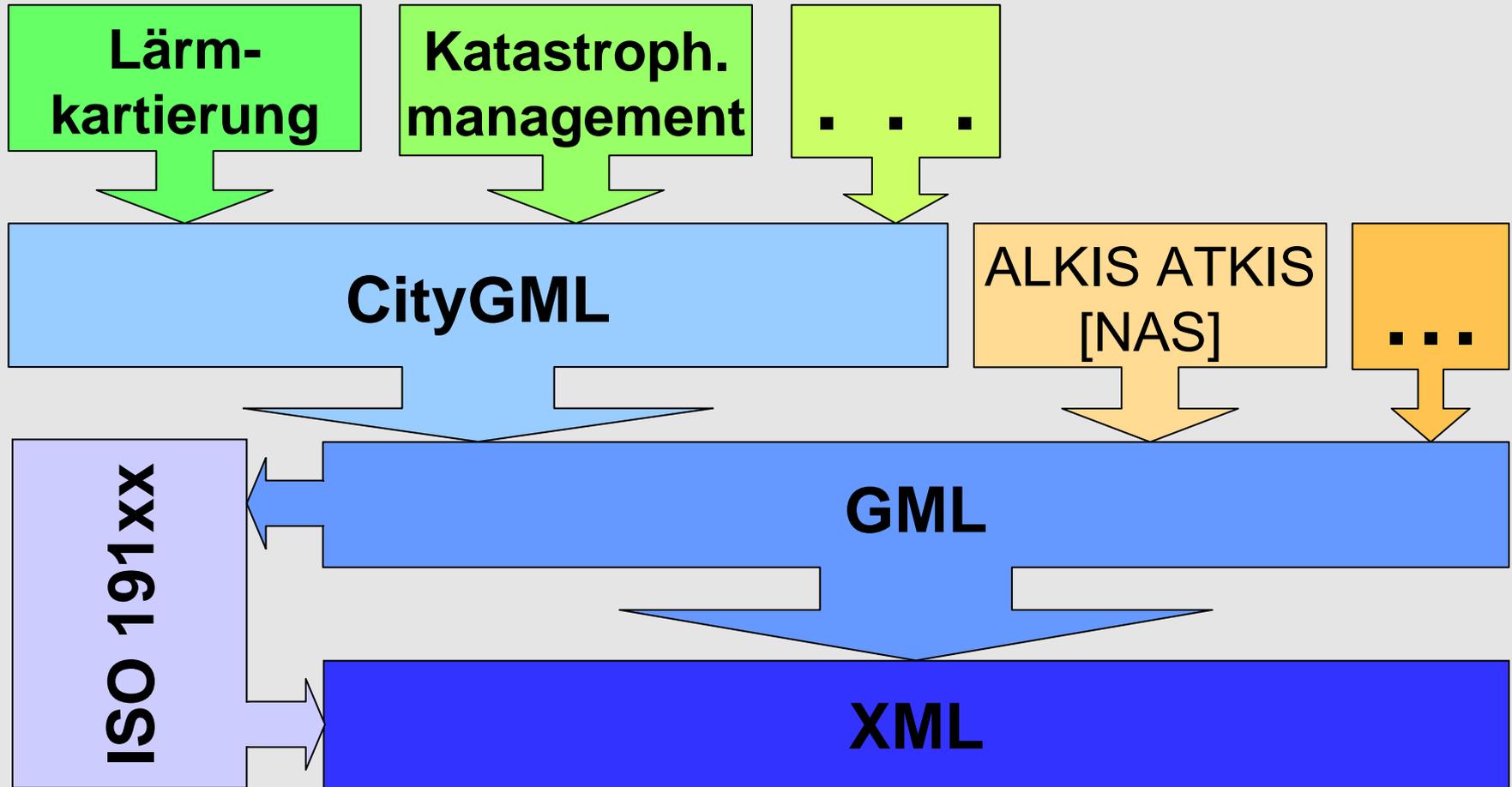
Alle haben oder planen volle Abdeckung, regelm.
Fortführung und Synchronisation mit dem Kataster

CityGML repräsentiert 3D-Geobasisinformationen

- ▶ Anwendungen müssen i.d.R. zusätzlich spezifische Fachdaten führen und austauschen
- ▶ nach Möglichkeit integrierte Verarbeitung von Fach- und Basisdaten → Erweiterungskonzept erforderlich

Application Domain Extensions (ADE)

- ▶ **Erweiterung bestehender CityGML-Objektarten** um
 - zusätzliche räumliche und nicht-räumliche Attribute
 - zusätzliche Beziehungen / Relationen
- ▶ **Definition neuer, fachspezischer Objektarten**
 - auf Basis der abstrakten CityGML-Oberklasse *CityObject*



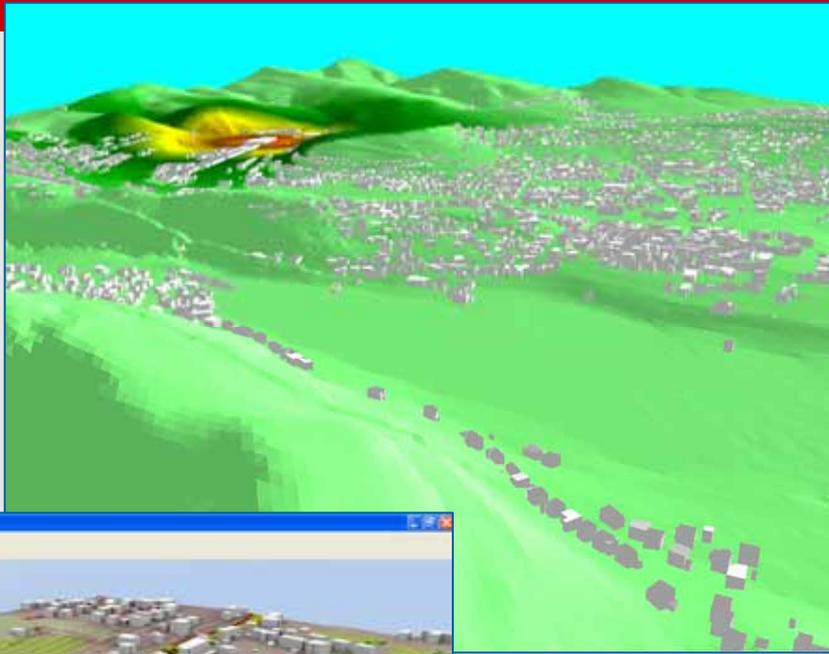
CityGML bildet die Grundlage für die Berechnung der Lärmimmissionskarten in Nordrhein-Westfalen

- ▶ Hintergrund: **EU-Richtlinie zur Minderung von Umgebungslärm**
- ▶ CityGML-Fachschale: **CityGML Noise ADE**
- ▶ Bereitstellung und Austausch aller Daten **ausschließlich über CityGML** und entsprechende Web Services (WFS, WCS, WMS):
 - 8,4 Millionen 3D-Gebäude in LOD1
 - 3D-Straßennetz NRW in LOD0 (auf Basis von OKSTRA, ATKIS & DGM5), Erweiterung um lärmsimulationsrelevante Eigenschaften
 - 3D-Schienenetz NRW in LOD0 (auf Basis von ATKIS, DGM5)
 - 3D-Schallschirme in LOD1
 - DGM5 (Verwendung im 10m Raster)

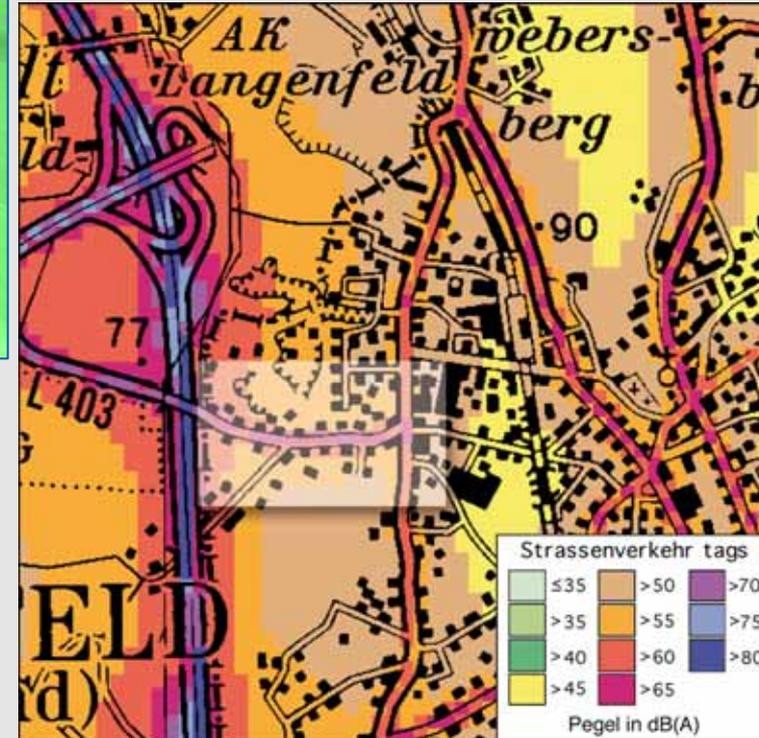
Umgebungsärmkartierung

3D-Modell in
CityGML (über
WFS-Dienst)

DGM 10m
Raster (über
WCS-Dienst)



Lärmausbreitungs-
simulation



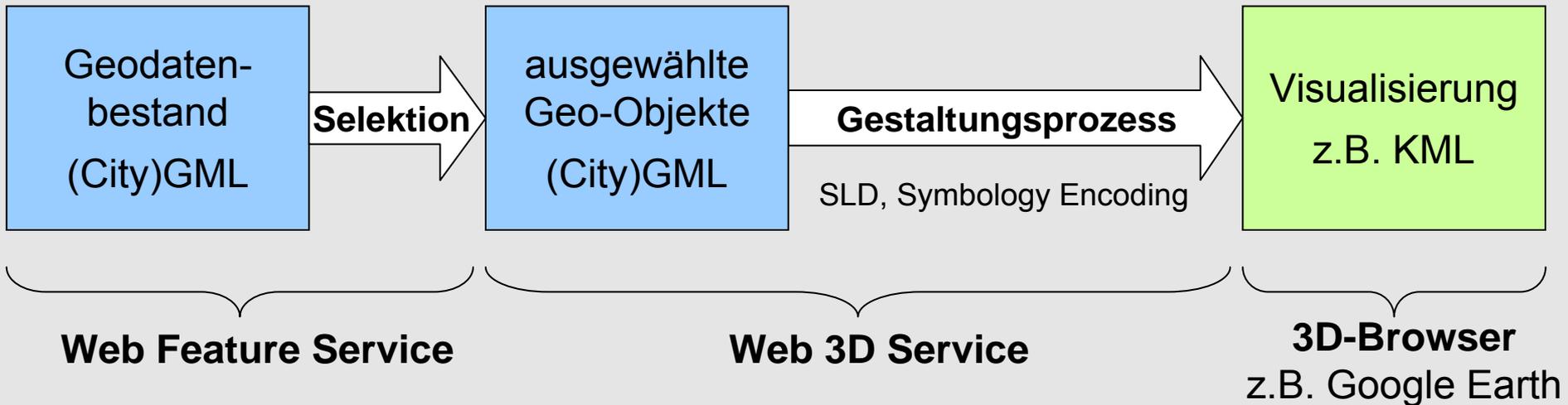
Lärmimmissionskarten
für die Meldung an die EU
(über WMS-Dienst)

- ▶ Paradigma des OGC: **Konzeptuelle Trennung** der
 - **Repräsentation von Geodaten**
 - von **ihrer Visualisierung**

- ▶ **Visualisierungen sind das Ergebnis eines (karto)graphischen Gestaltungsprozesses**
 - mehr als eine einfache Formatkonvertierung
 - umfasst u.a. Selektion (Weglassen), Hervorhebung, Signaturierung, Generalisierung Schriftplatzierung

- ▶ Austausch von **Geoinformationen über GML**

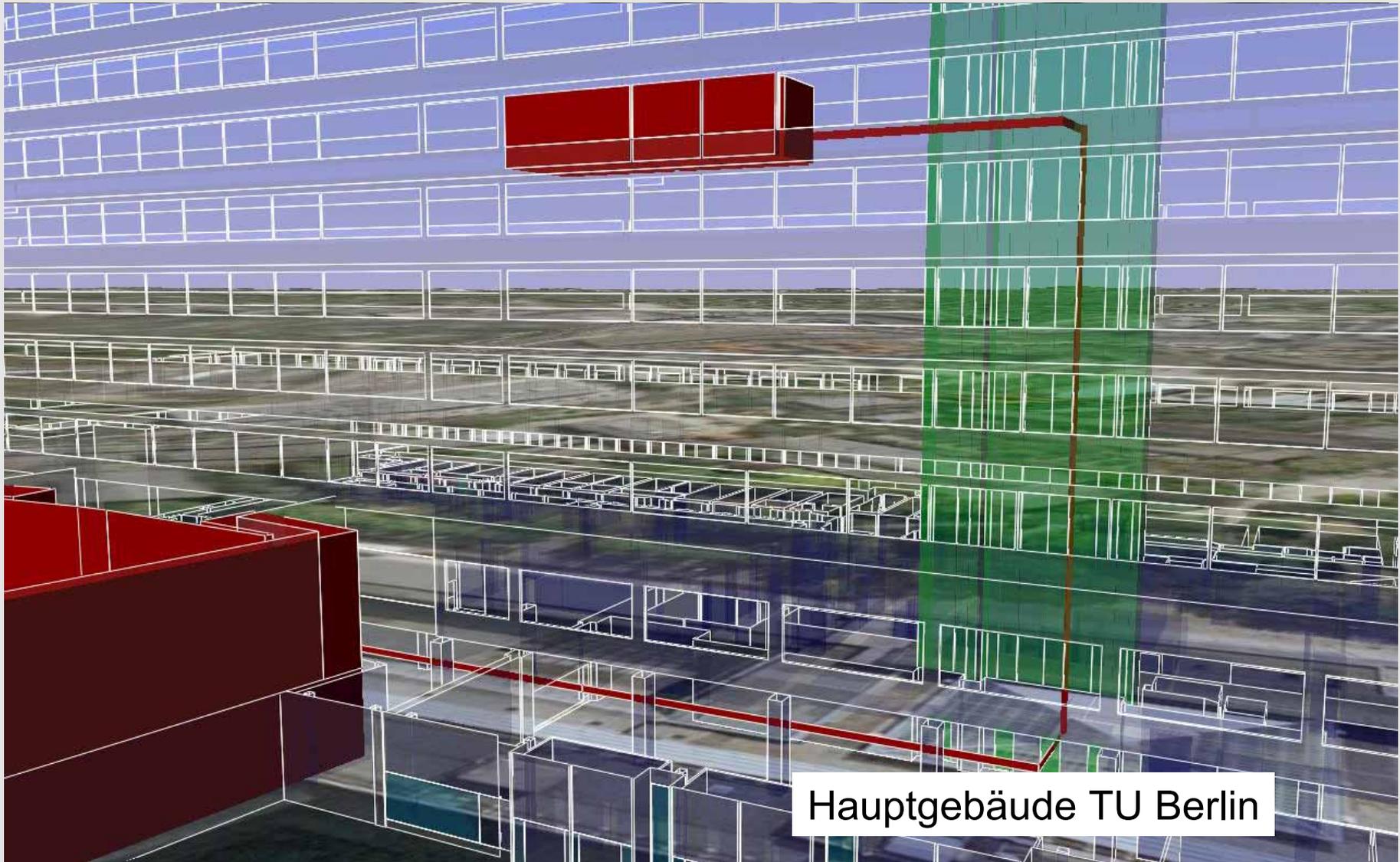
- ▶ Austausch **visueller Repräsentationen**
 - bei 2D-Daten: **Rastergrafikformate** wie JPEG, PNG, TIFF
 - bei 3D-Daten: **KML** (+ weitere Formate wie **X3D, COLLADA**)



Aktuelles Problem:

- ▶ **Viele 3D-Gebäude- und Stadtmodelle** werden direkt (und ausschließlich) **als graphische Modelle** erfasst
 - u.a. Softwaresysteme wie Sketchup machen dies populär
 - OK, wenn Modelle nur für Visualisierungen verwendet werden
- ▶ Aber: der Weg **von KML nach CityGML** (also zu Geo-Objekten) ist i.d.R. **nicht einfach realisierbar!!**

Unterschiedl. Gestaltung eines LOD4-Modells



Hauptgebäude TU Berlin

- ▶ **Semantische 3D-Stadtmodelle** ermöglichen eine **neue Qualität** des urbanen Informationsmanagements und der Informationsintegration

- ▶ Zunehmende Zahl von Anwendungen erfordern **standardisierte** semantische 3D-Modelle
 - repräsentieren die **räumliche *und* thematische Struktur**
 - die **Geobasisdaten der Zukunft?** → ALKIS 3D bei der SIG 3D bereits in Entwicklung

- ▶ **CityGML** ist ein Topographisches Informationsmodell für
 - die **Modellierung** und **Erfassung**,
 - den **Austausch** semantischer 3D-Stadtmodelle