

Dimensionen eines digitalen Stadtmodelles am Beispiel Linz

Elke ACHLEITNER, Elmar SCHMIDINGER, Andreas VOIGT

elke.achleitner@mag.linz.at Magistrat der Landeshauptstadt Linz,
es@itc-schmidinger.com IT-Consultant, Wien
voigt@ifoeer.tuwien.ac.at, Technische Universität Wien

ABSTRACT

Virtuelle Stadtmodelle („Digitale Städte“) sind zu einem wichtigen Planungsinstrument für die Gestaltung der Zukunft unserer Lebensräume, insbesondere unserer Städte geworden. Der vorliegende Beitrag diskutiert auf der Grundlage von langjährigen Erfahrungen mit dem digitalen Stadtmodell Linz mögliche „Dimensionen“ eines digitalen Stadtmodelles an Hand von:

- Raum & Zeit (Veränderungen des Raumes über die Zeit erfordern einen dynamischen Raum-Begriff);
- Varianten & Versionen (Real existiert immer nur ein aktueller Zustand; in der Planung sind zumeist mehrere Varianten gegeben);
- „Level-Of-Object-Presentation“ (Berücksichtigung der Entfernung Beobachter / Objekt - je nach Darstellungsnähe gliedern sich Objekte in mehrere Subobjekte, d.h. die sogenannte „Szene“ ist maßstabsabhängig)

Als weitere Schlüssel-Begriffe werden die Konzepte „Datenpipeline“ und „Stadttraumbezogenes Content-Management“ kurz vorgestellt.

VORBEMERKUNGEN

Im Raum finden die Menschen ihre Lebensgrundlage, die durch eine optimale Nutzung und Gestaltung wesentlich verbessert werden kann. Diese Verbesserung setzt ein detailliertes, problembezogenes Wissen über Raumressourcen sowie über Elemente und Beziehungen des Systems Raum voraus. Besonders in urbanen Räumen wird die Raumnutzung immer komplexer, weshalb der Aufbau von raumbezogenen Informations- und Planungssystemen erforderlich wird. Als unentbehrliche Grundlage hierfür sind umfassende, aktuelle raumbezogene Daten, also Geodaten erforderlich, die entsprechend strukturiert erfasst und objektorientiert aufbereitet sein müssen. Schließlich entstehen aus den so geformten Geodaten unter Einbeziehung attributiver Rauminformationen dreidimensionale Stadtmodelle (Cyber-Cities). Raumplanung ist daher mit Geoinformation, Techniken der raumbezogenen Modellbildung und Simulation auf das engste verzahnt.

„Digitale Städte“ beschreiben urbane Räume durch dreidimensionale Stadtmodelle. Wesentlich für die Bildung von 3D-Objektmodellen ist einerseits die Aufnahme von Geodaten und andererseits die Erfassung und Strukturierung von Attributdaten. Bei der Erstellung eines Designs für ein digitales Stadtmodell ist besonders auf die Problematik der laufenden Aktualisierung des Datenbestandes bedacht zu nehmen. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass die laufende Aktualisierung von urbanen 3D-Objektmodellen ein sehr sensibler Bereich ist und an Organisation und Finanzierung der Datenerfassung hohe Anforderungen stellt.

Die neugegründete Abteilung „Geodatenmanagement“ des Magistrates der Landeshauptstadt Linz möchte mit einem praxis- wie forschungsorientierten Konzept für digitale Städte die vielfältigen Pionierleistungen des Vermessungsamtes fortsetzen und Synergieeffekte zwischen internen und externen Kunden nutzen.

1 DIE DIMENSIONEN „RAUM&ZEIT“

Erster Ansatz zu einem 3D-Stadtmodell

Der reale Raum befindet sich in einem ständigen Wandel. Die Aktivitäten der Akteure im Raum und ihre Auswirkungen auf den Raum, die beispielhaft zu Neu-, Zu- und Umbauten, zum Abbruch von Gebäuden, zu Veränderungen im Vegetationsbestand, in der Verkehrsinfrastruktur usw. führen, lassen von keinem statischen Begriff des physischen Raumes ausgehen sondern nur von einem dynamischen. So ist diese ständige Veränderung des physischen Raumes ein wesentlicher und zu berücksichtigender Faktor zur Konzeption seines virtuellen Abbildes (Modelles). Dies soll durch „Datenpipelines“ berücksichtigt werden:

Der Begriff „Datenpipeline“ bezieht sich auf einen prozeßhaften Fluß der raum- und zeitbezogenen Daten aus verschiedenen Quellen. Diese „Pipeline“ leitet durch geeignete Erfassungs- und Analyseprozesse aus bestehenden Verwaltungssystemen (GIS-Systemen) Daten unmittelbar in interaktive Visualisierungs- und Simulationsysteme über. Nur durch dieses Pipelinekonzept kann der Dynamik des Raums nachgekommen werden. Die „Datenpipeline“ ist ein System zur automatisierten Generierung von 3D-Stadtmodellen mit der Möglichkeit der interaktiven Begehrbarkeit und Simulation dieser Modelle. Ausgangsdaten für das System sind Vermessungsdaten für Gebäudegrundrisse, Traufen bzw. Traufhöhen, Geländedaten, Vegetation ua. Die Daten werden im System objektorientiert, automatisiert verarbeitet und zu einem gesamten vollständigen 3D-Stadtszenario kombiniert. In einer Datenbank werden die komplexen Datenmengen verwaltet und über Abfragekriterien (z.B. Bereiche) interaktive (echtzeitfähige) Modelle generiert.

Aus der Erfahrung zahlreicher Projekte im Industrie- und Forschungsumfeld hinsichtlich raumbezogener Modellbildung und Simulation ergeben sich im wesentlichen drei Schwierigkeiten bei der Visualisierung von komplexen 3D-Modellen (so auch bei Stadtmodellen):

- die Komplexität der Geometrie automatisiert zu erfassen und zu reduzieren (optimieren),
- die komplexen Modelle strukturiert zu verwalten,
- die Modelle interaktiv darzustellen.

Die meisten bisherigen Applikationen lösen lediglich zwei dieser Problemfelder. Daher soll im Konzept „Datenpipeline“ auf alle drei Aspekte Rücksicht genommen werden, indem drei Applikationsumgebungen kombiniert werden, die ausreichende Transparenz hinsichtlich Datenaustausch und -format beinhalten und ausreichende Skalierbarkeit in Hinsicht auf die Datengröße gewährleisten.

Diese drei Applikationen umfassen:

- eine Graphik-Toolbox (Import, Konvertierung, Optimierung),
- eine Datenbank (Database-Management) und

eine visuelle Simulations-Umgebung (interaktive Darstellung)

Die nachfolgende Abbildung vermittelt die Grundstruktur des digitalen Stadtmodelles Linz, konzipiert als “Daten-Pipeline” (“DynaRoom-Pipeline”):

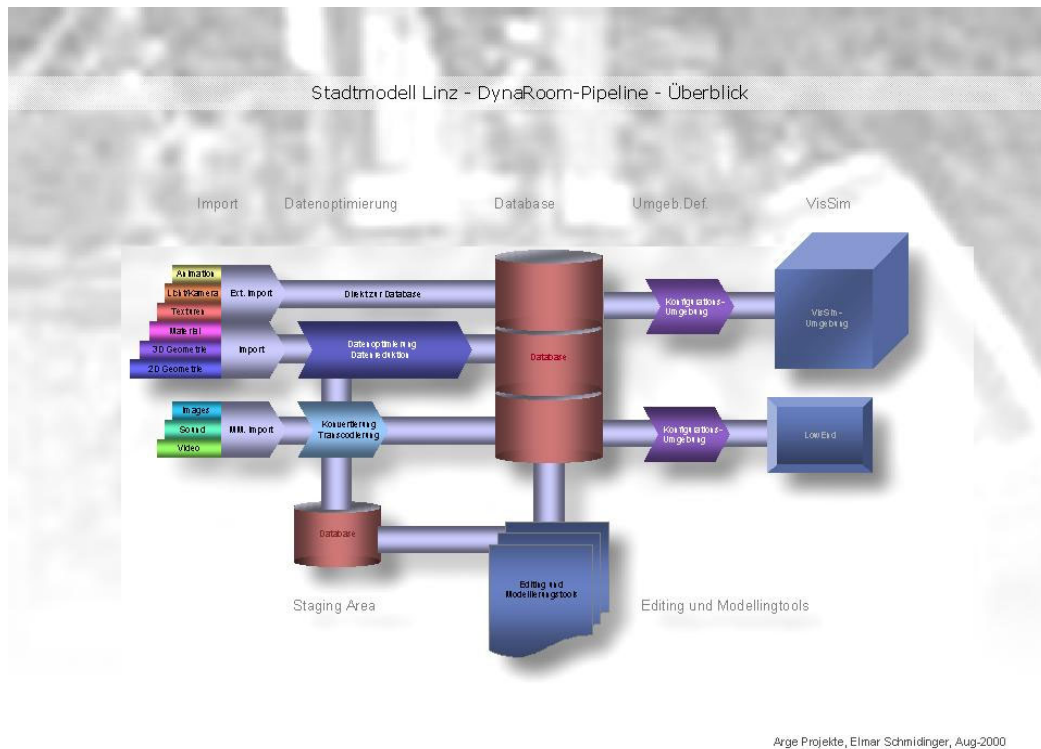


Abb. 1: „Daten-Pipeline“ Linz

Die „Datenpipeline“ umfasst im wesentlichen 3 Kernbereiche, welche durch eine „Staging Area“ sowie „Editing u. Modellierungstools“ ergänzt werden.

A) Datenoptimierung, Import und Konvertierung (Graphik-Toolbox)

Die Optimierung wird auf einer Umgebung durchgeführt, die auch im Automobilbereich zum Einsatz kommt, nämlich „digital mockup“ (dmu). Diese Umgebung dient der Reduktion von komplexen Szenarios.

B) Database-Management (Datenbank)

Aufgrund der Vielzahl an Objekten und der nachträglichen Möglichkeit der Bearbeitung (Überarbeitung und Erhöhung des Detaillierungsgrades) ist eine Datenbank unabkömmlich. Ein erweiterter Funktionsbereich der Datenbank wäre die Möglichkeit zur Verknüpfung mit statistischer Information sowie sonstigen entscheidungsrelevanten, raumbezogenen Informationen.

C) Visuelle Simulation (interaktive Darstellung)

Bei der interaktiven Darstellung muss das Visualisierungssystem die darstellbaren Komplexitätsgrade berücksichtigen. Wenn das komplette Modell visualisiert wird, müssen weit entfernte Objekte so gering wie möglich aufgelöst werden, jedoch nahe dem Betrachter liegende Modelle den höchsten möglichen Komplexitätsgrad aufweisen. Für eine gutes Management dieser Effekte sind die Daten entsprechend zu strukturieren und aufzubereiten.

Das Konzept der „Daten-Pipeline“ leitet im wesentlichen einen aktuellen Datenbestand aus Erfassungssystemen bzw. bestehenden Verwaltungssystem strukturiert an eine Visualisierungs- oder Simulationsumgebung weiter. Zu Analyse- bzw. Planungszwecken ist es jedoch erforderlich, Daten zu verschiedenen Zeitpunkten – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft – zu vergleichen. Dazu ist es erforderlich, alle in die Pipeline importierten Daten mit entsprechenden „Timestamps“ zu speichern, und erst durch entsprechende Filter oder Abfragen an die Graphik und Visualisierung weiterzuleiten, also die Dimension Zeit einzuführen. Dazu wurde auf das Konzept des „SRCMS (bzw. SCMS), *Stadtraumbezogenes Content-Management-System*“ übergegangen.

2 VARIANTEN & VERSIONEN

Stadtraumbezogene Content Management Systeme (SRCMS)

SRCMS-Systeme vertiefen den Ansatz der Daten-Pipeline mit dem Dimension „Zeit“ (jedes Objekt wird in einem Timetrack aufgezeichnet) und ergänzen ihn durch die Dimensionen „Varianten“ und „Versionen“:

- Varianten von Daten werden verwendet, um mehrere Planungszustände bzw. in der Simulation erstellte Ergebnisse aus selbigen Ausgangsdaten parallel im SRCMS-System abzulegen.
- Versionen werden verwendet, um modifizierte Daten aus Ausgangsdaten sequentiell im SRCMS-System abzulegen.

Grundfunktionen von „Content-Management-Systemen“ (CMS) sind die Erfassung, Verwaltung, Bereitstellung und Archivierung von Informationen. Im wesentlichen lassen sich folgende Aufgaben differenzieren:

Information Erfassen

- Datenerfassung für verschiedene Nutzungen bzw. Nutzergruppen, Definition der Datenqualität
- Metadaten: Beschreibung der Daten, der Datenherkunft (Autor), des Erfassungsdatums, etc.
- Rechte: Eigentum, Urheberrecht, Zugriffsberechtigungen, Gültigkeitsdauer etc.

Information Verwalten

- Bearbeitung: Workflows, Rollen, Rechte
- Aktualisierung und Versionierung (alle bestehenden Versionen von Daten bleiben erhalten)
- Varianten: Bearbeitungsstufen, Planungsvarianten

Information Bereitstellen

- Unterschiedliche Nutzergruppen: Datenerfassung, -korrektur u. -bereinigung kann durch verschieden Nutzergruppen unterstützt werden
- Unterschiedliche Anforderungen: Bereitstellung der Daten in Abstimmung mit der jeweiligen Nutzung

Information Archivieren

- Archiv: Archivierung „historischer“ Daten
- Datenmigration / Datenerhaltung: Übersetzung der Daten in neue Versionen bzw. Formate

SRCMS verknüpfen verfügbare Informationen (planungsrelevante raumbezogene Informationen, Metainformationen) und stellen diese als „Rich-Media“ bereit; sie verwalten und archivieren verschiedene Versionen und setzen bestehende Module (GIS, Datenbank, etc.) in Beziehung. Thematische Abfragen generieren entsprechende Modelle und Simulationen. Ein Export-Modul gewährleistet u.a. den Datenaustausch, die Qualitätskontrolle, den XML-Export und die Verbindung zu speziellen Simulationsmodulen (Visuelle Simulation im CAVE, GIS-basierte Simulationen, komplexe räumliche Simulationen, etc.). Die Verknüpfung der SRCMS-Objekte mit bestehenden Services anderer Module (GIS, Datenbank, etc.) erfolgt über die 3D-Objekt-ID's (Identitätsmerkmal). Der Zugriff auf die SRCMS-Daten soll über Links / URL's möglich sein.

SRCMS sind u.a. mit folgenden Anforderungen konfrontiert:

Verwaltung großer, komplexer Datenmengen

- 2D- u. 3D-Geometrie
- Bilder, Texte, sonstige Dokumente
- Video/Audio, Simulationsdaten, Metadaten, etc.

Berücksichtigung der Zeitdimension der 3D-Objekte

- Dynamik des Raumes, Versionierung, Varianten

Interaktivität

- Thematische Abfragen
- Interaktion mit Modellen (Modifikation, Navigation, vorzugsweise in Echtzeit)

Im Interesse der Vernetzung und Integration der Informationen wie der Verknüpfung unterschiedlicher Module ist die Realisierung folgender Rahmenbedingungen erforderlich:

Informationsbezug auf 3D-Objekt-ID (Identitätsmerkmal)

- alle Datenarten beziehen sich auf die 3D-Objekt-ID

Bereitstellung der Objekt Referenzierung

- von und zu anderen Modulen / Systemen (Datenbanken, GIS, CAD, visuelle Simulation, etc..)

In Abhängigkeit von Nutzern und möglichen Nutzungen gilt es, eine Vielzahl von Datenarten in das SRCMS einzubinden, u.a.:

3D-Geometrie (modelliert, gescannt)

- Topographie, Vegetation
- Gebäude, Stadtraumobjekte (Brücken, Stadtmöblierung, Ampeln, ...)
- Dynamische Objekte (Fußgänger, Fahrzeuge, ...)
- Szene und Navigation (Witterung, Licht, ...)
- Informations- u. Steuerungselemente

2D-Geometrie

Karten, Pläne; Zeichnungen, Vektorgraphiken etc.

Texte/Dokumente

Bild (Textures, Abbildungen etc.)

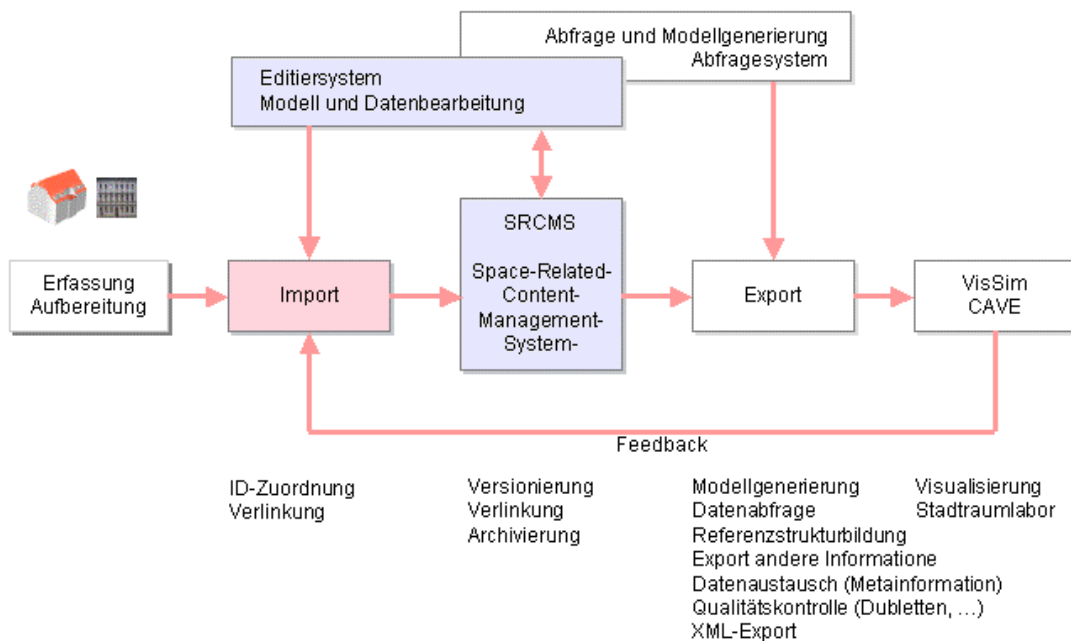
Video/Audio

Simulationdaten

Metadaten, etc.

Folgende SRCMS-Funktionskomponenten werden differenziert:

SRCMS / Funktionskomponenten



Arge Projekte

itc-schmidinger.com

Abb. 2: SRCMS - Funktionskomponenten

3 “LEVEL-OF-OBJECT-PRESENTATION” (ENTFERNUNG BEOBACHTER OBJEKT)

Wenn wir „Raum“ betrachten und via Raumplanung Handlungen vorbereiten, die Räume in ihrer physischen Struktur oder in ihren Nutzungsmöglichkeiten erhalten oder verändern sollen, so tun wir dies stets an Hand von Modellen mit unterschiedlichen räumlichen Auflösungsgraden (Maßstäbe, Rasterungen bzw. Detaillierungsgrade). Das Variieren des Detailreichtums nimmt in der Modellierung von Stadträumen eine zentrale Stelle ein – verschiedene „Levels of Detail, LOD’s“ können differenziert werden. Diese „LOD’s“ dienen einerseits als Hilfskonstruktionen im Umgang mit komplexen, großen Datenmengen, andererseits spiegeln die verschiedenen LOD’s unterschiedliche Konkretisierungsformen von Räumen im Planungsprozeß (vom abstrakten „Stadtvolumen“ zum konkreten architektonischen Gebäude).

Je nach Maßstab verfließen einzelne Objekt zu einem Darstellungsobjekt (bspw. mehrere Gebäude zu einem Gebäudeblock). Die im SRCMS zur Anwendung gebrachte „Level-Of-Object-Presentation, LOOP“ berücksichtigt, dass mit dem Detaillierungsgrad des dargestellten Objekts auch planungsrelevante Informationen verknüpfbar sind.

Beispielhaft seien folgende LOOP’s herausgegriffen:

- “0-Modell“ – ohne geometrische Information
- „Kubenmodell“ – 2,5D, Fassaden, Traufhöhen, etc.
- 3D-Modell 1 – mit vereinfachter Dachlandschaft
- 3D-Modell 2 – mit detaillierten Dachlandschaft
- ...

- 4D-Modell 1 – mit Verhalten (Simulation)
- ...

Jedes Objekt beinhaltet entsprechende Metainformation und bietet für die entsprechende Darstellung (LOOP) abhängige und relevante Information.

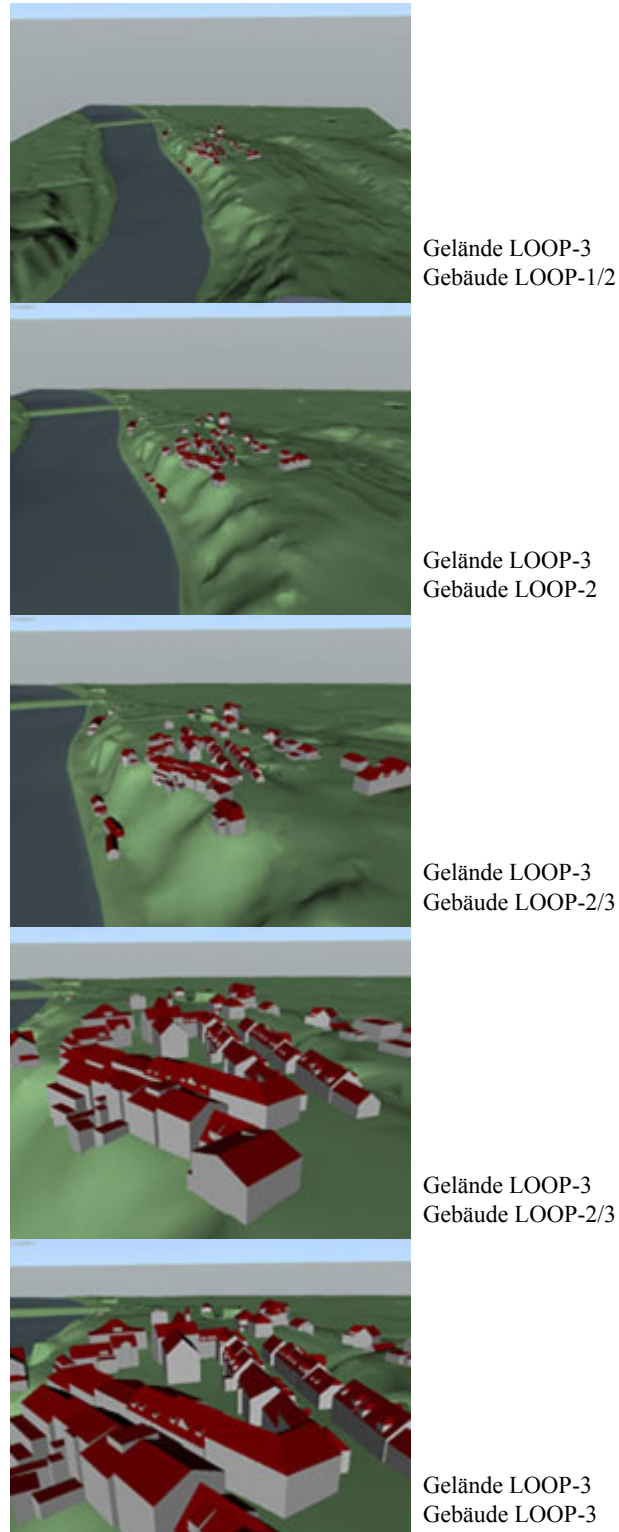


Abb. 3: LOOP's - Beispiele

Sollen die verschiedenen „LOD's“ bzw. „LOOP's“ für Planungszwecke nutzbringend verwendet werden, so ist es entscheidend, welches „Volumen“ modelliert wird. Dazu können beispielhaft folgende Ansätze verfolgt werden: Bruttorauminhalt, Stadträumliches Volumen, energetisches Volumen usw. Verschiedene Bezugshöhen sind in diesem Zusammenhang relevant: die Traufhöhe, der tiefste Schnittpunkt des Gebäudes mit dem Gelände, die durch die Baubehörde genehmigte Bezugshöhe, die Kellersohle usw.. Verschiedene Formen der Gebäudeparametrisierung sind in diesem Zusammenhang denkbar.

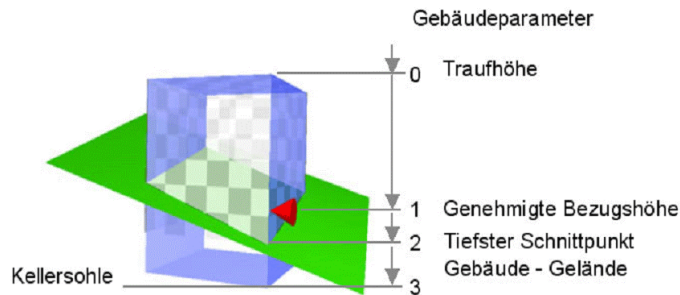


Abb. 4: Verschiedene Volums-Konzepte

Betrachten wir in weiterer Folge beispielhaft die Informationsstruktur von Gebäuden, so können u.a. folgende Attribute differenziert werden:

Objekte (Wand, Dach, Öffnungen), jeweils:

- Geometrie
- Material
- Textur

Metainformation

Objekt-ID, Name, Datum, Beschreibung, Fakten, Dimensionen, Rechte ...

Steuerelemente

Verhalten

4 BEDÜRFNISGERECHTE „DIMENSIONIERUNG“ VON STADTMODELLEN

Die Frage, welche Daten nun tatsächlich in das Modell einbezogen werden soll, hängt von der Art der Benutzung, der Struktur der Nutzergruppen und den Bedürfnissen der Nutzer ab. Die Schaffung einer optimalen Grunddatenmenge, die für den gesamten Planungs-, Entscheidungs- und Kommunikationsprozess in räumlichen Fragen gut geeignet ist, ebenso der jeweils notwendige Detailreichtum und die Validierung von Simulationstechniken bedürfen weiterer Forschungen der Planungswissenschaften unter Einbeziehung der Umwelt- bzw. Wahrnehmungspsychologie.

Wesentlich bei einer erfolgreichen Nutzung und Implementierung eines 4D-Stadtmodelles sind u.a.:

- die Bereitstellung und Nutzungsmöglichkeit der Daten für und von möglichst vielen „datenbeteiligten“ Einrichtungen (z.B. Geodatenmanagement, Stadtvermessung, Stadtplanung und Verkehrsplanung, Bauverwaltung, Demographie und Statistik, Stadtarchäologie, etc.);
- eine schrittweise Erweiterungsmöglichkeit der Daten und Systeme sowohl regional wie auch im Grad ihrer Komplexität;
- eine gute Planung der Informationsstrukturen sowie der Anforderungen der beteiligten Gruppen an den „digitalen 3D-Akt“;

eine Anpassung (Tayloring) des Stadtmodelles an differenzierte Bedürfnisse der „Akteure“ des Raumes; insbesondere soll das „Experimentieren“ mit Stadträumen ermöglicht werden.

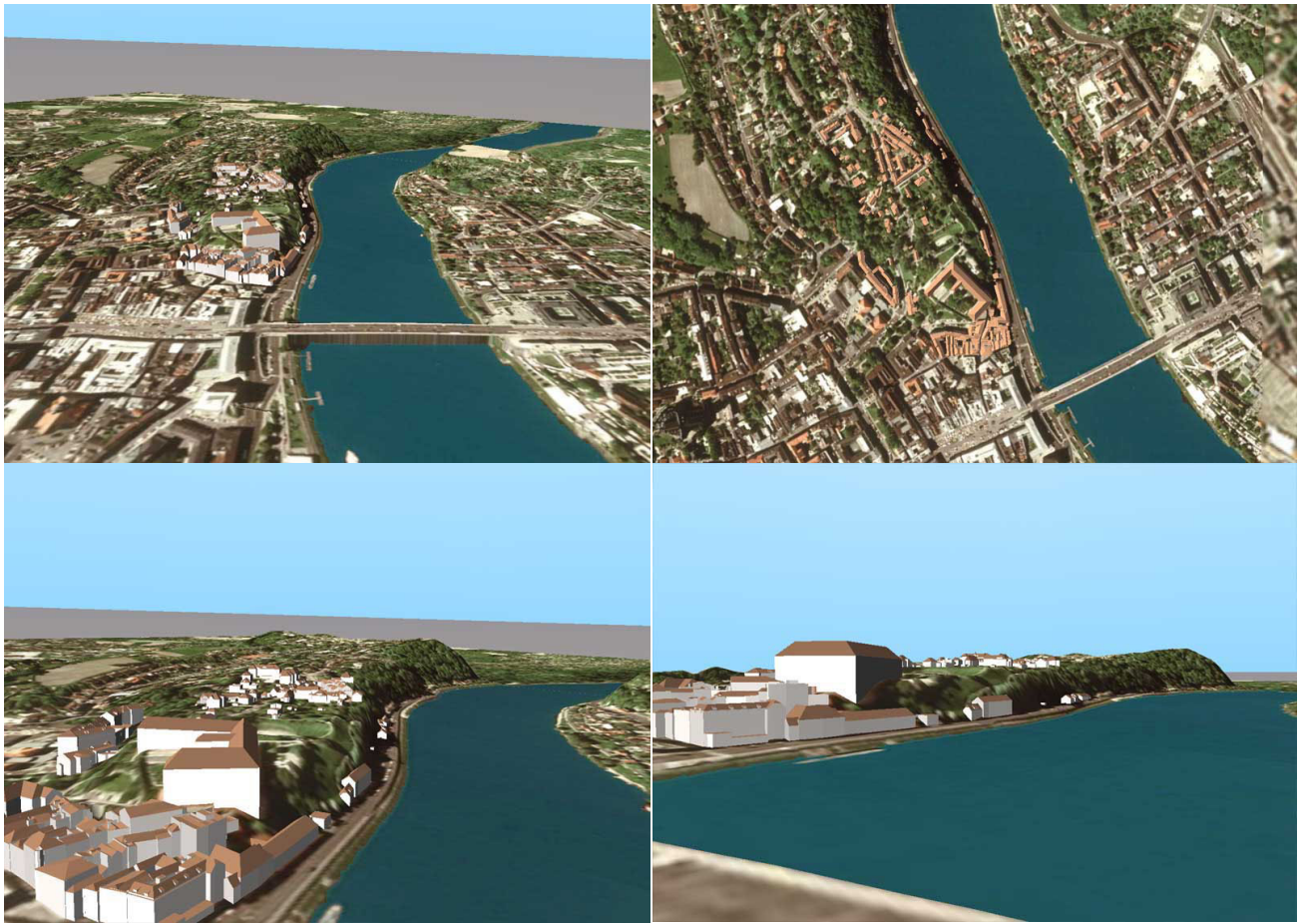


Abb.. 5: Digitales Stadtmodell Linz

Die nachfolgende Tabelle (Voigt, 2001) soll als Pflichtenheft für das Experimentieren mit Stadträumen und damit als Grundlage für die weitere Entwicklung von digitalen Stadtmodellen dienen:

	Experimentieren mit Stadtraum
<i>Stadtgestalt: Überprüfung von Raumwirkung und Erlebniswert</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Volumina, Silhouetten • Raumprofile, Proportionen • Öffentliche Räume, Platz- und Straßenräume • Beziehung von „Positiv- und Negativraum“ • Sequenzen von öffentlichen Räumen • Fern- und Nahwirkung von stadträumlichen Dominanten („Landmarks“) • Großprojekte, baulich-infrastrukturelle Einzelprojekte usw.
<i>Zusammenordnung, Ausformung und Gliederung der Bauvolumina</i>	<ul style="list-style-type: none"> • räumliche Organisation • räumliche Verdichtung, Varianten der Massenverteilung, Höhenentwicklung • Addieren und Gruppieren im Kontext von Bebauungsstrukturmodellen • Verschieben von Einzelobjekten, Objektgruppen oder Gesamtmodellen • Drehen • Skalieren von Modellen in allen Raumachsen • „Deformation“ und „Morphing“ usw.
<i>Anordnung und Verteilung der Bauvolumina in einem definierten Rahmen</i>	<p>z.B. definiert durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • städtebauliche Kennwerte

<i>Rahmen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • maximale Gebäudehöhe • Lichteinfalls- bzw. Abstandsbestimmungen • Topographie • Solarangebot • Stadtklima, Strömungsverhältnisse • Lärmbelastung • infrastrukturelle Ausstattung • Einwohnerdichten usw.
<i>Variationen am Einzelobjekt bzw. an Objektgruppen im baulich-räumlichen Kontext</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Charakteristik des Raumes, Dialogsituation, Konfrontationssituation • Baulückenbebauung, freistehendes Objekt • stadträumliche Problem- und Konfliktsituation • Baukörperstellung (im Straßenraum) • Dachlandschaft, Variation von Trauf- und Giebelstellung • Texturierung und Strukturierung von Fassaden, Farbgebung • Variantenbildung und Aufzeigen von Alternativen usw.
<i>Veränderungen am Bestand</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bestandsergänzungen • Abbruch von Einzelobjekten • Innenhofentkernung • flächenhafter Abbruch usw.
<i>Stadträumliche Detailfragen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bepflanzung • Oberflächengestaltung • Stadtmöblierung • Kunst im öffentlichen Raum • Beschilderung (z.B. Sichtbarkeit und Lesbarkeit bei unterschiedlichen Sichtsituationen) • Plakatierung • Wegeführung • Beleuchtung usw.
<i>Temporäre Rauminstallationen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • temporäre Fassaden • Festivals • diverse Installationen im Raum usw.
<i>Wechselbeziehungen der Raum-Strukturen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bebauungsstruktur und Verkehrsorganisation bzw. Verkehrsbelastung • Bebauungsstruktur, Bevölkerungsstruktur und soziale Infrastruktur, Auslastung • Bebauungsstruktur und technische Infrastruktur (Ver- und Entsorgung), Netzbelastungen • Bebauungsstruktur und Stadtökologie, Stadtklima • Bebauungsstruktur und sozialer Raum, öffentlicher Raum, Nutzbarkeit • Bebauungsstruktur und Investitionsvolumen, Folgekosten, Reparaturzyklen • akustische Belastung durch bauliche und verkehrliche Maßnahmen • Energiebedarf und Ressourceneffizienz von Bebauungsstrukturen usw.
<i>usw.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • ...

5 BIBLIOGRAPHIE

- BOURDAKIS, Vassilis (2001): „On Developing Standards for the Creation of VR City Models“; In: PENTTILÄ, Hannu (ed.): Architectural Information Management [Proceedings 19th eCAADe-Conference, Helsinki (Finland)], Helsinki, pp. 404-409
- VOIGT, Andreas (2001): Raumbegogene Simulation und Örtliche Raumplanung. Wien: Habilitationsschrift TU Wien
- VOIGT, Andreas and LINZER, Helena (1999): “The Digital City“; In: Bermudez, J. et al. (eds.), [Proceedings sigradi-Conference, III Congreso Iberoamericano de Grafico Digital, Montevideo (Uruguay), 29 September – 1 October 1999], Montevideo, pp. 438-442
- VOIGT, Andreas, WALCHHOFER, H.P., LINZER, Helena (2000): “City Experimental Lab“; In: RIPPER KÓŠ, José, PESSOA BORDE, Andréa, RODRIGUEZ BARROS, Diana (eds.), [Proceedings sigradi-Conference, IV Congreso Iberoamericano de Grafico Digital, Rio de Janeiro 09/2000], Rio de Janeiro, pp. 143-146

