



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# AW1 Ausarbeitung

Bastian Karstaedt

Visualisierung von semantischen 3D  
Gebäudemodellen auf Basis einer Game-Engine

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>3</b>
1.1 Ideen zur Verwendung von Gebäudemodellen . . . . .	5
1.1.1 Einsatzmöglichkeiten von semantischen Gebäudemodellen . . . . .	5
1.1.2 Interaktionsmöglichkeiten mit 3D Gebäudemodellen . . . . .	7
1.2 Schnittstellen zu anderen AW-Projekten . . . . .	7
<b>2 Standards zum Austausch von 3D Stadtmodellen</b>	<b>9</b>
2.1 CityGML . . . . .	9
2.2 BIM und IFC . . . . .	10
2.3 Vergleich von CityGML und IFC . . . . .	11
<b>3 Projektziele</b>	<b>13</b>
3.1 Aufbau einer Infrastruktur für ein zentrales Modell . . . . .	13
3.2 Visualisierung auf Basis einer Game-Engine . . . . .	13
3.3 Bereitstellung einer API für Anfragen an das Modell . . . . .	14
<b>4 Risiken</b>	<b>15</b>
4.1 Lösungsansätze . . . . .	16
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>17</b>

# 1 Einführung

Dem Trend der umfassenden Digitalisierung folgend, werden in zunehmendem Maße auch Städte dreidimensional modelliert, um sie in *Geographischen Informationssystemen* (GIS) einer weiteren, rechnergestützten Verwendung zukommen zu lassen (Bsp. s. Abb. 1.1).



Abbildung 1.1: 3D Modell des Berliner Museums für Kommunikation (Quelle: [Neumann \(2010\)](#))

Ein Forschungsschwerpunkt der Geoinformatik in den letzten Jahren bestand in der semantischen Repräsentation von *Stadtmodellen*, die über reine geometrische Informationen hinausgehen. In diesem Zusammenhang ist insbesondere *CityGML* ([Gröger u. a. \(2008\)](#)) zu nennen – ein Standard des *Open Geospatial Consortium*. In CityGML werden räumliche Stadt-Informationen (über Gebäude, Flüsse, Stadtmobiliar etc.) in Topologien, Ontologien und Taxonomien verknüpft. Verwendung finden solche semantischen Stadtmodelle z.B. bei der Infrastruktur- und Stadtplanung, der Mikroklimaforschung, der Platzierung von Telekommunikationssendeanlagen und beim Katastrophenschutz.

Nach Cote ([Cote \(2007\)](#)) werden zukünftig Stadtplaner, Designer, Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit Zugriff auf stets aktuelle Stadtmodelle haben, die auch das Gebäudeinne-

re und feste Innenrauminstallationen (z. B. Heizungen, Treppen, Türen usw.) beinhalten. Der Zugriff auf diese Informationen werde durch eine große Vielfalt an Anwendungen ermöglicht: Architektur, Visualisierung, Gebäudemanagement, Tourismus, Seamless Indoor-Outdoor Location Based Services, Planung und Analyse etc. Dies werde in großen Teilen durch offene Standards für einen anwendungsübergreifenden Datenaustausch ermöglicht.

Das wissenschaftliche Forschungsinteresse verlagert sich nun zunehmend vom Außenbereich auf den Innenbereich, wobei auch dort auf die semantische Modellierung ein Hauptaugenmerk gerichtet wird. In Gebäuden werden momentan vor allem Navigationslösungen (siehe Abb. 1.2) oder Einsatz- und Evakuierungsszenarien im Katastrophenfall erarbeitet (Rüppel und Stübbe (2008)).

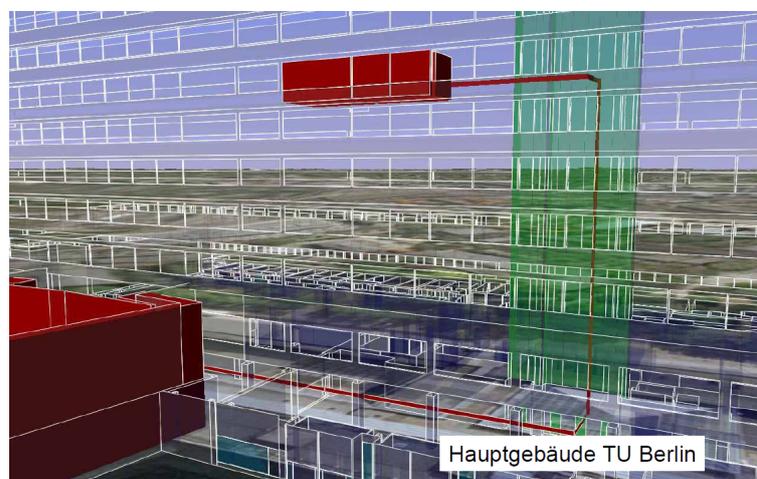


Abbildung 1.2: Navigationspfad im Gebäude der TU Berlin (Quelle: Kolbe (2008b))

Diesem Trend folgend, befasst sich diese Ausarbeitung nicht mit komplexen Stadtmodellen, sondern mit *hochdetaillierten Gebäudemodellen*. Der Fokus liegt auf der Visualisierung standardisierter *Gebäudemodelle* mit Hilfe einer Game-Engine und der Bereitstellung geometrischer und semantischer Informationen des Gebäudes und Interieurs zur weiteren Verwendung z. B. in Simulationsumgebungen.

Somit stellt diese Arbeit eine Verbindung von Architekturmodellen und Game-Engines her. Hervorzuheben ist, dass Forschung und Entwicklung in diesem Bereich kaum vorangeschritten sind. Der Vorteil einer Game-Engine liegt vor allem in der Abbildung von physikalischen Gesetzmäßigkeiten (Kollisionsabfrage, Beleuchtung, Bewegung im Raum etc.), wodurch beispielsweise eine virtuelle Begehung interessanter und realistischer gestaltet werden kann. Game-Engines eignen sich daher auch als Simulationsumgebung, wodurch beispielsweise Beleuchtungsszenarien erstellt werden können oder autonome Roboter virtuelle Rundgänge durch Gebäude machen können, wobei sie z. B. gegen Wände fahren und bei Treppen herabfallen würden.

Ein wichtiger Baustein ist die Verwendung eines *semantischen* Gebäudemodells. Erst dadurch werden komplexe Anfragen an das Modell möglich, die bei reiner geometrischer Betrachtung kaum zu leisten wären. Auf Grund dessen werden in dieser Ausarbeitung zwei verbreitete Standards betrachtet, die dieser Anforderung gerecht werden: *CityGML* und die *Industry Foundation Classes*. Sie sind Standards, die im Projekt als Datenbasis und Austauschformat in Frage kommen. Die Vor- und Nachteile, sowie die Anwendungsbereiche werden die in Kap. 2 S. 9 vorgestellt und erörtert.

Es bestehen also zwei grundlegende Ziele:

1. In einem automatisierten Prozess sollen aus Gebäudemodellen *begehbare*, virtuelle 3D Modelle auf Basis einer Game-Engine erstellt werden.
2. Die Verwendung eines semantischen Gebäudemodells soll darüber hinaus komplexe Anfragen an das Modell ermöglichen, die anderen Projektgruppen über eine Schnittstelle zur Verfügung stehen.

## 1.1 Ideen zur Verwendung von Gebäudemodellen

Mit Hinblick auf den *Living Place Hamburg*<sup>1</sup>, einer Forschungseinrichtung der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg unterstützt durch die Wirtschaftsbehörde der Stadt Hamburg mit dem Ziel an Problemstellungen der *intelligenten Wohnung* zu forschen, liegt ein Interessenschwerpunkt in der Fragestellung: 1. „Welche *sinnvollen Einsatzmöglichkeiten* ergeben sich aus einem semantischen Gebäudemodell?“ und 2. „Welche *Interaktionsmöglichkeiten* bieten sich mit einem virtuellen 3D Innenraummodell?“. Ideen hierzu werden im Folgenden dargelegt.

### 1.1.1 Einsatzmöglichkeiten von semantischen Gebäudemodellen

Einige Einsatzmöglichkeiten von semantischen Gebäudemodellen werden im Folgenden erörtert. Diese sind größtenteils als Ausblick bzw. Visionen zu verstehen – konkrete Ziele der Umsetzung sind in Kap. 3 S. 13 *Projektziele* formuliert.

---

<sup>1</sup><http://www.livingplace.org>

## Simulation

Ein 3D Gebäudemodell eignet sich nicht nur für virtuelle Rundgänge, sondern auch als Simulationsumgebung. Eine *Simulation* wird im Allgemeinen dann der realen Modifikation vorgezogen, wenn geplante Änderungen in der Realität riskant, schwierig (Sarstedt (2009)) oder teuer sind.

Derzeit gibt es einige Forschungsarbeiten in denen Gebäudemodelle Anwendung in *Katastrophenfällen* finden (vgl. Abolghasemzadeh und Rätzke (2009) u.a.). Beispielsweise wird die Ausbreitung von Rauch, mögliche Fluchtwege und das Verhalten fliehender Personen untersucht.

Im *Living Place* wäre eine Änderung der *Möblierung* ein mögliches Einsatzszenario. Gegenstände, deren Kauf in Erwägung gezogen wird, könnten zunächst im virtuellen Abbild der Wohnung platziert werden um ihre Wirkung zu beurteilen und den Standort zu planen.

Ein weiteres wichtiges Feld ist die Simulation von *Beleuchtungsszenarien*. Licht spielt eine große Rolle für das Empfinden und die Leistungsfähigkeit (Fleischer (2001)). Durch gute Lichtplanung lassen sich Lichtverhältnisse erschaffen, die der jeweiligen Situation angepasst sind (Arbeit, Entspannung, Kommunikation usw.) (Greule (2009)).

## Navigation

Mit Hilfe eines Gebäudemodells ergeben sich Anwendungsmöglichkeiten in der *Navigation* zu Orten, Personen oder Gegenständen. Ist z.B. der Aufenthaltsort von Personen in einem Gebäude bekannt, können Einsatzorte und Zusammenwirken besser gesteuert werden. Dies gilt insbesondere für Einsatzkräfte im *Katastrophenfall* (vgl. Rüppel und Stübbe (2008)), aber auch bei weniger zeitkritischen Anwendungsmöglichkeiten wie z.B. im *Facility Management*.

Ein weiteres Beispiel für die Verwendung eines 3D Gebäudemodells zur Visualisierung eines Navigationspfades durch ein Gebäude ist in Abb. 1.2 S. 4 zu sehen. Dies könnte zu einer erleichterten Navigation für Besucher eines unbekanntes Gebäudes beitragen.

## Kenntnisse der räumlichen Struktur

Kenntnisse über die exakte räumliche Struktur eines Gebäudes sind u.a. von Nutzen für die *Selbstlokalisierung* mobiler Roboter (vgl. Weber (2002)). Aus Kamerabildern könnten markante, unbewegliche Strukturen der Umgebung (Ecken, Türen usw.) mit dem digitalen Gebäudemodell abgeglichen werden, um die globale Position des Roboters zu rekalisieren.

### 1.1.2 Interaktionsmöglichkeiten mit 3D Gebäudemodellen

Bewohnern des *Living Place* könnte die Möglichkeit zur Interaktion mit dem virtuellen 3D Modell der Wohnung bzw. des Gebäudes gegeben werden (z. B. mittels Touchscreens). Die Interaktionsmöglichkeiten lassen sich wie folgt kategorisieren:

**Aufzeigen** Das *Aufzeigen* dient dem optischen Hervorheben von Entitäten. Es kann z. B. beim Auffinden eines verlorengegangenen Gegenstandes verwendet werden („Wo habe ich meinen Schlüssel/Brille/etc. verlegt?“, „Wo liegt die gestürzte Großmutter?“ usw.). Ebenso kann es dem Tracking von Personen dienen („Wo befindet sich Person X?“, „Wo liegt der nächste Einsatzort und welcher Weg führt dorthin?“).

**Modifizieren** Unter *Modifizieren* wird eine durch den Benutzer hervorgerufene Zustandsänderung verstanden. Darunter fällt z. B. die Administration einer Heizungs-, Alarm- oder auch Stereoanlage. Folgendes Szenario wäre eine Hilfestellung für z. B. bettlägerige Menschen in *Ambient Assisted Living* Umgebungen: Auf dem Bildschirm mit virtuellem 3D Abbild der Wohnung können Modifikationen vollzogen werden, die anschließend z. B. roboterunterstützt an den realen Objekten vollzogen werden. Voraussetzung ist eine geeignete Schnittstelle zwischen virtueller, interaktionsfähiger Entität und realem Pendant.

**Informieren** Über ein interaktives 3D-Modell können Informationen über einzelne Entitäten auf einfache Weise verfügbar gemacht werden („Wie lang ist die Restzeit der Waschmaschine?“, „Welche Lebensmittel im Kühlschrank überschreiten bald ihr Mindesthaltbarkeitsdatum?“, „Wann ist die nächste Wartung der Heizung?“ usw.). Diese Informationen könnten hierbei nach einer direkten Interaktion mit einem Gegenstand im virtuellen 3D Modell erscheinen. Auch ein Automatismus könnte dem Bewohner Informationen (z. B. als Warnhinweis) liefern, ggf. im Zusammenhang mit dem *Aufzeigen* des auslösenden Gegenstandes.

## 1.2 Schnittstellen zu anderen AW-Projekten

Andere Projekte können sich die *Kenntnisse über die exakte räumliche Struktur* des *Living Places* zu Nutze machen. Szenarien, die an der Erkennung spezieller Gegenstände mittels Videokameras und z. B. SIFT-Algorithmus<sup>2</sup> arbeiten, könnten beim Bestimmen des exakten Standortes eines gefundenen Objektes unterstützt werden. Auf Grund des semantischen Gebäudemodells wäre es weitergehend möglich, dem Suchenden den Fundort des gesuchten Objektes in Relation zu anderen Objekten zu mitzuteilen (z. B. „Auf dem Sofa“ anstatt in X-Y-Z-Koordinaten).

Autonome Roboter wären in der Lage Routen zu planen, Gegenstände aufzufinden und den eigenen Standort zu kalibrieren (wie in *Kenntnisse der räumlichen Struktur* erläutert).

<sup>2</sup>SIFT: Scale Invariant Feature Transformation

---

Eine Metapher im *Living Place* ist der *Event Heap* (vgl. [Winograd u. a. \(2000\)](#)). Dort werden Ereignisse zentral verwaltet und Interessenten zur Verfügung gestellt. Bestimmte Ereignistupel könnten für Entitäten des Gebäudemodells von Interesse sein – verzeichnet der Kühlschrank z. B. das nahende Überschreiten des Verfallsdatums, bewirkt das auf dem *Event Heap* abgelegte Ereignis eine Reaktion des “virtuellen Kühlschranks”. In diesem Sinne könnte der Eventheap eine (bidirektionale) Schnittstelle zwischen realen Objekten und virtuellen Abbildern darstellen.

## 2 Standards zum Austausch von 3D Stadtmodellen

Die 3D Modellierung von Städten hat sich zunächst auf die rein graphische Repräsentation fokussiert. Ein verbreiteter Standard ist das von Google Inc. entwickelte KML, das die *graphischen Ausprägungen* von 3D-Stadtmodellen transportiert (Kolbe (2008a))<sup>1</sup>. In den letzten Jahren hat sich ein Trend abgezeichnet auch semantische, nicht-physische Aspekte von Städten zu modellieren (Billen (2009)). Die Vorteile semantischer Modelle sind wie bereits erwähnt auch in dieser Arbeit von großem Interesse. Mit BIM und CityGML gibt es zwei Ansätze, die im Folgenden vorgestellt werden.

### 2.1 CityGML

CityGML ist ein Standard des [Open Geospatial Consortium](#) (OGC). Es wurde von der [Special Interest Group 3D](#) (SIG 3D) entworfen und dient dem Austausch von 3D Stadtmodellen. CityGML ist ein Anwendungsschema der Geography Markup Language (GML) Version 3.1.1 des OGC und somit XML basiert.

Im Gegensatz zu Standards wie KML, die auf die Präsentation von Raummodellen spezialisiert sind, werden mittels CityGML insbesondere Sach- und Strukturinformationen fachübergreifend transportiert (Rech (2008) S.13). In dieser zusätzlichen semantischen Ebene werden räumliche Informationen in Topologien, Ontologien und Taxonomien verknüpft (Kolbe (2008a)).

CityGML verfügt über fünf graphische Detaillierungsgrade, den *Level of Detail* (LoD), wobei LoD0 den wenigsten und LoD4 die meisten Details bereithält. LoD4 "schließt die Modellierung von Innenräumen von Gebäuden ein (inkl. von Räumen, Mobiliar und festen Installationen wie Treppen und Säulen)" (Kolbe (2008b) S.3).

Der Nutzen der semantischen Ebene in CityGML liegt in der Vielfalt möglicher Abfragen, die bei alleiniger Betrachtung der Geometrie und Textuierung – also der visuellen Ausprägung –

---

<sup>1</sup>Zu diesem Typus rein graphischer Modellierungen gehören Formate wie COLLADA, X3D und VRML.

unbeantwortet blieben. Es werden Entitäten modelliert, die sich in Abfragen gezielt ansprechen lassen, was bei den reinen visuellen Formaten (wie KML) nicht möglich ist (Karstaedt (2009)).

## 2.2 BIM und IFC

Während CityGML seine Ursprünge in der Kartographie hat, stammen Building Information Model (BIM) und Industry Foundation Classes (IFC) aus dem Bereich der Architektur (*Architecture, Engineering and Construction [AEC]*), in dem insbesondere das *Computer Aided Design (CAD)* angesiedelt ist.

BIM beschreibt den *Prozess* der Generierung, Verwaltung und Verwendung von Gebäudedaten während des gesamten Gebäudelebenszyklus. Außerdem können auch abstrakte Konzepte, wie Zeitpläne, Organisationen und Kosten, die während eines Bauprojektes anfallen, modelliert werden.

Die *Industry Foundation Classes* sind ein Standard der *International Alliance for Interoperability (IAI)* und ein hochdetailliertes, semantisches Modell im Bauwesen und Facility-Management. IFC wird als neutrales, objektorientiertes Austauschformat für Bauwerksmodelle im Sinne hoher Interoperabilität zwischen Applikationen im Bauwesen gesehen. Dadurch steht allen Beteiligten der verschiedenen Fachgebiete (Architektur, Bauausführung, Haustechnik und Facility Management) eine gemeinsame, anwendungsübergreifende Datengrundlage zur Verfügung. Dies vereinfacht die Kommunikation der Fachbereiche, verhindert Redundanzen und somit mögliche Fehlerquellen (vgl. Abb. 2.1).

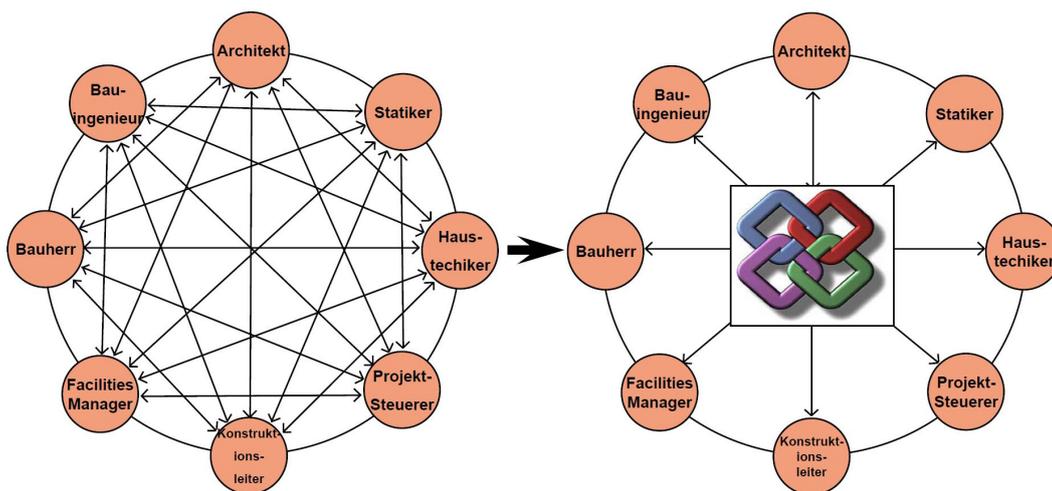


Abbildung 2.1: Einsatz von BIM verhindert Redundanzen (Quelle: Isermeyer (2003))

Folgendes Zitat verdeutlicht den Zusammenhang und das Verhältnis von CAD und BIM:

(...) so wie DXF das Austauschformat für CAD-Zeichnungen ist,  
sind die IFC das Austauschformat von BIM.  
Dr. Rudolf Juli (Vorsitzender des Vorstandes IAI)  
Juli (2005)

Während klassische CAD-Formate wie DXF und DWG lediglich Geometrien transportieren, beinhalten die *Industry Foundation Classes* zusätzliche Bauprojekt-spezifische Informationen.

Sollte die Entscheidung zu Gunsten dieses Standards ausgehen, ist eine transparente Einbindung in den gesamten BIM-Prozess sinnvoll, sodass die Verwendung und ggf. Erweiterung eines Bauwerksmodells keine negativen Auswirkungen auf die Nutzung in anderen Fachgebieten hat.

## 2.3 Vergleich von CityGML und IFC

Da sich CityGML und BIM/IFC historisch betrachtet aus unterschiedlichen Bereichen entwickelt haben, sind auch ihre Einsatzschwerpunkte verschieden. Während bei CityGML das Hauptaugenmerk auf der Stadtmodellierung liegt, werden mit IFC hochdetaillierte Gebäude beschrieben. Der Sachverhalt, dass die Formate in unterschiedlichen Skalierungsgraden verwendet werden, wird in Abb. 2.2 deutlich.

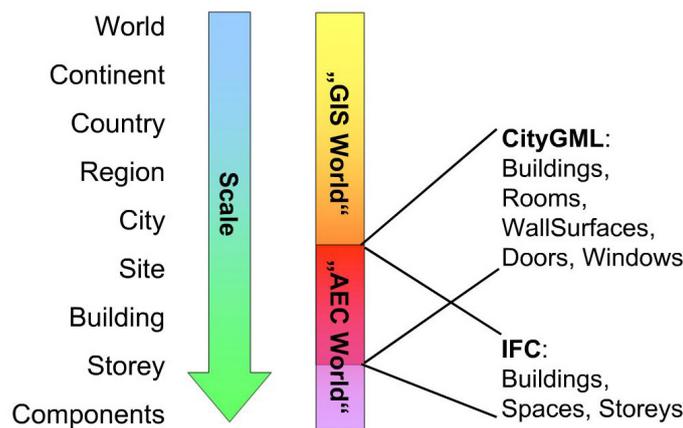


Abbildung 2.2: Einsatzbereiche von BIM und CityGML (Quelle: Kolbe (2009))

Das Gebäudemodell von CityGML wurde in Kenntnis und in Abstimmung mit der Gebäudemodellierung der IFC entwickelt. Da die strukturelle Übereinstimmung beider Formate

bei der Gebäudemodellierung sehr hoch ist, ist eine Konvertierung von IFC-Daten inklusive semantischer Eigenschaften wie Klassifizierungen und Attributierungen in verschiedene CityGML-LoD-Stufen möglich (Kolbe (2008b)). Somit können IFC-Bauwerksmodelle nach CityGML transformiert und daraufhin geographisch verortet werden und somit in vorhandene Stadtmodelle eingegliedert werden.

Festzuhalten ist jedoch, dass CityGML im Gegensatz zu Standards im Bereich der 3D Computergrafik und AEC (Architecture, Engineering and Construction) – zu denen auch BIM/IFC gehört – einen geringeren Verbreitungsgrad hat und die Anzahl professioneller Tools überschaubar ist. Software zur Gebäudemodellierung in IFC wird von vielen Herstellern unterstützt (u.a. AutoDesk, Bentley, Graphisoft, Softtech [Juli (2005)]). Dadurch ist sichergestellt, dass kommerzielle wie auch Open Source Software einen offenen Standard als Austauschformat nutzen können. BIM/IFC ist auch Grundlage vieler Forschungsarbeiten (vgl. Forum Bauinformatik<sup>2</sup>, Universität Karlsruhe (2009)). Auf Grund der dargelegten Gründe wird ein Fokus auf IFC gelegt werden.

---

<sup>2</sup><http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/bauinformatik/>

## 3 Projektziele

Im Kapitel *Ideen zur Verwendung von Gebäudemodellen* wurden diverse Anwendungsmöglichkeiten von semantischen Gebäudemodellen aufgezeigt. Im Folgenden werden konkrete Ziele formuliert, die in der anschließenden praktischen Phase erarbeitet werden sollen.

Die Ziele orientieren sich in weiten Teilen an Anwendungsmöglichkeiten im *Living Place*. Da es sich beim *Living Place* aber um Räume in *einem* Stockwerk handelt, wird das Anwendungsgebiet auf ganze Gebäude ausgeweitet, um weiteren Anwendungsmöglichkeiten Raum zu verschaffen.

### 3.1 Aufbau einer Infrastruktur für ein zentrales Modell

Da verschiedene Projektgruppen Interesse an einem 3D Modell des *Living Place* haben, ist es zunächst sinnvoll eine solide Infrastruktur zu schaffen, um ein effizientes Arbeiten mit einem zentralen, standardisiertem Gebäudemodell bereitzustellen. Dazu gehören auch Softwaretools – im zumeist professionell ausgerichtetem BIM/IFC Umfeld finden sich umfangreiche Anwendungen von Anbietern wie Oracle, AutoDesk und Bentley (Kolbe (2008b)).

### 3.2 Visualisierung auf Basis einer Game-Engine

Wie bereits in der *Einführung* erwähnt, sind Entwicklungen bei der Verwendung von Game-Engines zur Visualisierung von standardisierten Gebäude- oder Stadtmodellen wenig vorangeschritten. Von daher kann nicht davon ausgegangen werden, dass umfangreiche Frameworks zur Verfügung stehen werden und somit eigene, *zeitaufwendige* Entwicklungen durchgeführt werden müssen. Diese Phase beschäftigt sich somit vor allem mit der intensiven Auseinandersetzung mit den Modellen und der Game-Engine.

### 3.3 Bereitstellung einer API für Anfragen an das Modell

Abhängig von der verbliebenen Zeit kann in der dritten Phase an einer *Schnittstelle für andere Projektgruppen* gearbeitet werden (vgl. Kap. [Kenntnisse der räumlichen Struktur](#)). Eine sinnvolle Abfrage wäre z. B. „Welche Objekte befinden sich im Umkreis von 1m bei den Koordinaten  $(x,y,z)$ ?“. Diese Phase erfordert eine gute Kommunikation mit anderen Projektgruppen um die Anforderungen an die Schnittstelle klar zu definieren.

## 4 Risiken

Generell stellt sich die Frage über die *Quellen* von detaillierten Gebäudemodellen. Wenngleich bereits viele Modelle in standardisierten Formaten wie CityGML zur Verfügung stehen, sind dennoch wenige ausreichend detailliert. Ggf. müssen Modelle um Innenraumentitäten (Möbiliar, feste Installationen etc.) erweitert werden bzw. sind *Modifikationen* vorhandener Entitäten erforderlich. Die dahinter liegenden Problemfelder sind vor allem in unterschiedlichen, teilweise proprietären Quellformaten und unterschiedlicher Bearbeitungssoftware begründet.

Die Ausgangssituation im *Living Place* ist dabei typisch für die vieler Gebäude. Es liegen meist nur 2D CAD Stockwerkspläne vor (vgl. Abb. 4.1), sodass das Hinzufügen von Höheninformationen notwendig wird. Verglichen mit 2D, müssen jedoch in 3D zusätzliche Eigenschaften berücksichtigt werden (Nagarajan und Sudalaimuthu (2006)): die 3D Geometrie der Gebäude, Beleuchtungseffekte, Schattierungsmodell, Texturinformationen und Änderungen der Perspektive.

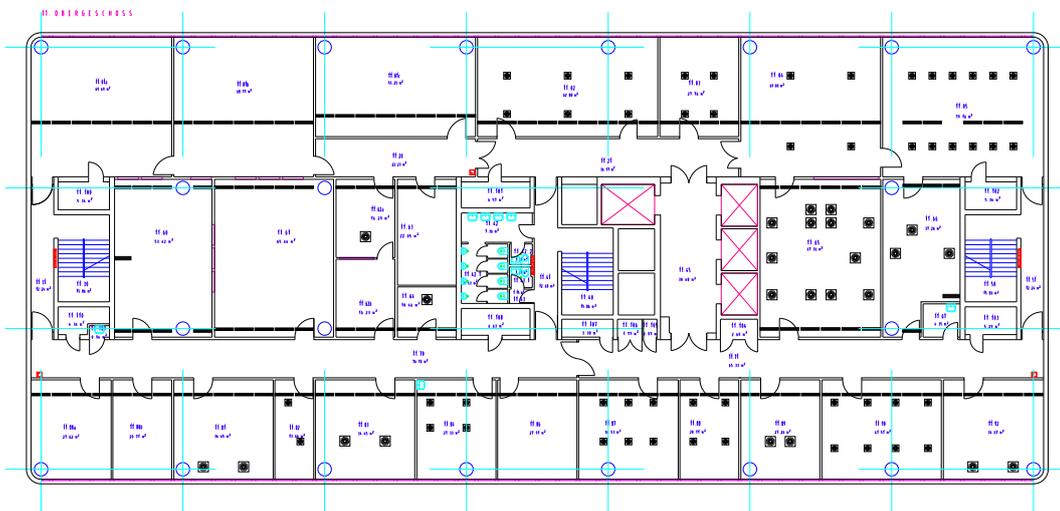


Abbildung 4.1: 2D CAD Stockwerksdaten (Quelle: Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg)

In einem nächsten Schritt soll das Modell mit Hilfe einer Game-Engine visualisiert werden. In Kogan (2009) wurde bereits eine Game-Engine zur Visualisierung eines Gebäudes her-

angezogen, allerdings wurde *kein* standardisiertes Format als Datenbasis verwendet (Abb. 4.2).



Abbildung 4.2: Indoor-Visualisierung auf Basis der Irrlicht 3D Engine (Quelle: [Kogan \(2009\)](#))

In diesem Gebiet gibt es bisher wenige wissenschaftliche Ansätze, sodass keine oder wenig umfangreiche Bibliotheken hierfür zur Verfügung stehen und selber geschrieben werden müssen. Von einer Konvertierung eines Formates wie IFC in ein rein geometrisches Modell, das von einer Game-Engine dargestellt werden kann (z. B. VRML), ist abzusehen, da die semantischen Informationen auch im Modell der Game-Engine verwendet werden sollen. Der Aufwand hier ist also nicht zu unterschätzen.

## 4.1 Lösungsansätze

Es gibt einige *vergleichbare Arbeiten*, die in einer künftigen Ausarbeitung näher betrachtet werden sollen und die die genannten Problemstellungen aufgreifen. So stellt die FH Gelsenkirchen eine *CityGML-Toolchain*<sup>1</sup> ([Juen und Kaiser \(2010\)](#)) bereit, die verschiedene Module zum Import, zur Aufbereitung, Veröffentlichung, Verteilung und Visualisierung von CityGML Stadtmodellen anbietet. Der Konferenzbeitrag *BIM goes Gaming – Integration von Building Information Modeling in virtuelle Spieleumgebungen* ([Schatz \(2009\)](#)) kommt der Zielstellung schon sehr nahe. Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung sind es allerdings weitestgehend theoretische Überlegungen, deren praktische Verwirklichung noch ansteht.

---

<sup>1</sup><http://www.citygml.de>

# Literaturverzeichnis

- [Abolghasemzadeh und Rätzke 2009] ABOLGHASEMZADEH, Puyan ; RÄTZKE, Matthias: Building Information Model (BIM) basierte, immersive Evakuierungssimulation / Technische Universität Darmstadt, Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen. 2009. – Forschungsbericht
- [Billen 2009] BILLEN, Professor R.: Exploring the needs and applicability of a 3D urban land register information system / University of Liege, Belgium. URL [http://www.rics.org/site/download\\_feed.aspx?fileID=5788&fileExtension=PDF](http://www.rics.org/site/download_feed.aspx?fileID=5788&fileExtension=PDF), April 2009. – Forschungsbericht
- [Cote 2007] COTE, Paul: Activities Bridging the Information Domains of Architecture Engineering Construction and Facilities Management with Geospatial Information Infrastructure / Havard University. 2007. – Forschungsbericht
- [Fleischer 2001] FLEISCHER, Susanne E.: *Die psychologische Wirkung veränderlicher Kunstlichtsituationen auf den Menschen*, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Doktorarbeit, 2001. – URL <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:23942>
- [Greule 2009] GREULE, Prof. Dr.-Ing. R.: Einführung Lichtdesign / HAW-Hamburg, Fakultät DMI, Department Technik. 2009. – Vorlesungsunterlagen
- [Gröger u. a. 2008] GRÖGER, Gerhard ; KOLBE, Thomas H. ; CZERWINSKI, Angela ; NAGEL, Claus: OpenGIS®City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard / Open Geospatial Consortium Inc. URL [http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact\\_id=28802](http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=28802), 2008. – International OGC Standard Version 1.0.0
- [Isermeyer 2003] ISERMEYER, Ulrich: *Datenaustausch auf neuem Niveau*. Oktober 2003
- [Juen und Kaiser 2010] JUEN, Prof. Dr. G. ; KAISER, Prof. Dr. U.: *CityGML-Toolchain – Performante Visualisierung großer 3D-Stadtmodelle für 3D-Fachanwendungen und 3D-Bürger(software)*. Webseite. Februar 2010. – URL <http://www.citygml.de>
- [Juli 2005] JULI, Dr.-Ing. R.: Warum IFC für BIM? Eine Stellungnahme der Industrie-Allianz für Interoperabilität (IAI e.V.). In: *CAD NEWS MAGAZIN* 02 (2005), S. 4

- [Karstaedt 2009] KARSTAEDT, Bastian: *WPF Toolkit für interaktive, raumbezogene Anwendungen*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Bachelorarbeit, 2009. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/bachelor/karstaedt.pdf>
- [Kogan 2009] KOGAN, Borys: *Indoor Navigationssystem mit dynamischer Beschilderung – Entwicklung und Simulation in einer virtuellen 3D-Umgebung*, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Masterarbeit, 2009. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/kogan.pdf>
- [Kolbe 2008a] KOLBE, Prof. Dr. Thomas H.: 3D Stadtmodellierung mit CityGML / Technische Universität Berlin. URL [www.geomv.de/geoforum/2008/presentationen/A3\\_Kolbe\\_CityGML.pdf](http://www.geomv.de/geoforum/2008/presentationen/A3_Kolbe_CityGML.pdf), 2008. – Skript
- [Kolbe 2008b] KOLBE, Prof. Dr. Thomas H.: CityGML, KML und das Open Geospatial Consortium / Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik. URL [http://www.igg.tu-berlin.de/uploads/tx\\_ikgpublication/CityGML\\_und\\_KML\\_Kolbe2008.pdf](http://www.igg.tu-berlin.de/uploads/tx_ikgpublication/CityGML_und_KML_Kolbe2008.pdf), 2008. – Tagungsband zum 13. Münchener Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme an der Technischen Universität München
- [Kolbe 2009] KOLBE, Prof. Dr. Thomas H.: Introduction – CityGML and GML / Institute for Geodesy and Geoinformation Science; Berlin University of Technology. 2009. – Videolesson
- [Nagarajan und Sudalaimuthu 2006] NAGARAJAN, Sudhagar ; SUDALAIMUTHU, Karuppasamy: Web 3DS Business Models / Stuttgart University of Applied Sciences. URL <http://www.gisdevelopment.net/application/urban/overview/urbano047pf.htm>, Mai 2006. – Forschungsbericht
- [Neumann 2010] NEUMANN, Robert: *3D-Stadtmodell Berlin*. Webseite. Februar 2010. – URL <http://www.3d-stadtmodell-berlin.de/3d/B/seite0.jsp>
- [Rech 2008] RECH, Monika: CityGML, ein Standard made in Germany. In: *gis-Business 5* (2008), Nr. 5, S. 12–14
- [Rüppel und Stübbe 2008] RÜPPEL, Uwe ; STÜBBE, Kai M.: BIM-Based Indoor-Emergency-Navigation-System for Complex Buildings / Institute of Numerical Methods and Informatics in Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Geodesy, Technische Universität Darmstadt. URL <http://qhxb.lib.tsinghua.edu.cn/myweb/english/2008/2008es1/362-367.pdf>, 2008. – Forschungsbericht

- [Sarstedt 2009] SARSTEDT, Prof. S.: Modellierung von Informationssystemen – Modelle Grundlagen und Modelle aufgefrischt / Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg. 2009. – Vorlesungsunterlagen
- [Schatz 2009] SCHATZ, Kristian: BIM goes Gaming – Integration von Building Information Modeling in virtuelle Spieleumgebungen. In: *Forum Bauinformatik 2009* 1 (2009), September, S. 16. – URL <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000012014>
- [Universität Karlsruhe 2009] Universität Karlsruhe (Veranst.): *Forum Bauinformatik 2009*. Petra von Both, Volker Koch, September 2009
- [Weber 2002] WEBER, Joachim: *Globale Selbstlokalisierung für mobile Service Roboter*, Universität Kaiserslautern, Dissertation, April 2002. – URL <http://ag-vp-www.informatik.uni-kl.de/Projekte/CAROL/papers/Diss.pdf>
- [Winograd u. a. 2000] WINOGRAD, Terry ; JOHANSON, Brad ; FOX, Armando ; HANRAHAN, Pat: *The Event Heap: An Enabling Infrastructure for Interactive Workspaces* / Stanford University. 2000. – Forschungsbericht