



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Projektbericht PO1

Bastian Karstaedt, SoSe 2010

Anwendungen des IFC Produktdatenmodells in
intelligenten Wohnungen

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	3
1.1 Zielstellungen des Projektes	4
2 Aufbau der Infrastruktur für ein zentrales Gebäudemodell	5
2.1 Der Open Source BiMserver als zentrales Infrastrukturelement	5
3 Visualisierung des Modells auf Basis einer Game-Engine	8
3.1 Aufbau und Verarbeitung von IFC Dateien	9
3.2 Visualisierung mit Hilfe des BiMservers	9
4 BIM als Serviceanbieter in intelligenten Wohnungen	11
4.1 Das Gebäudemodell als Webservice	12
4.2 Konsistenzwahrung zwischen realer Welt und Modell	13
5 Schluss	16
5.1 Fazit	16
5.2 Ausblick	17
Literaturverzeichnis	18

1 Einführung

Derzeit findet ein Paradigmenwechsel im Bauwesen statt. Wurden früher zweidimensionale Gebäudezeichnungen zur Darstellung verwendet, steht heute mit den *Industry Foundation Classes* (IFC) der *International Alliance for Interoperability* (IAI) ein offenes Austauschformat für dreidimensionale, objektorientierte Gebäudemodelle zur Verfügung. Darüber hinaus wurde mit *Building Information Modeling* (BIM) ein Prozess definiert um den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes abzudecken.

In Forschungsprojekten werden BIM Gebäudemodelle zumeist für *Simulationen* verwendet (vgl. [Neuberg u. a. \(2001\)](#), [Eggerlein u. a. \(2002\)](#) u.a.) und darauf basierend *visualisiert* (vgl. [Schatz \(2009\)](#), [McDonald \(2007\)](#)). Im Rahmen des Living Place Hamburg¹ (siehe Abb. 1.1) entstand die Fragestellung, welche Anwendungsmöglichkeiten semantische Gebäudemodelle für intelligente Wohnungen bieten.

Neben den bereits genannten (Simulation und Visualisierung) wurde ein weiterer Bereich identifiziert: *Spatial Information Services*². Hierbei stellt das Gebäudemodell einen Service für räumliche Abfragen bereit. Zwei Szenarien die hierzu entwickelt wurden, werden in dieser Projektausarbeitung detailliert vorgestellt.

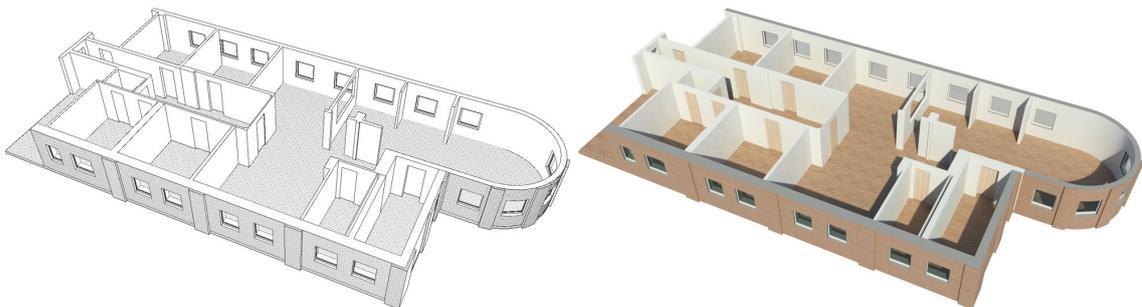


Abb. 1.1: Modell des Living Place (erstellt und gerendert in Autodesk[®] Revit[®] Architecture)

¹www.livingplace.org (Der Living Place Hamburg ist ein 140m² großes, vollausgestattetes Apartment im Loft-Stil, das Experimente unter Realbedingungen ermöglicht. Für weitere Informationen siehe http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/content/LivingPlaceHamburg_en.pdf)

²Alternativ auch: *BIM as a Service, Indoor Spatial Information Service*

1.1 Zielstellungen des Projektes

Diese Ausarbeitung befasst sich mit den Projektergebnissen des Autors im Rahmen des Living Place Hamburg. Primäres Ziel war zunächst der Aufbau einer Infrastruktur für ein dreidimensionales, auf Basis der IFC Klassen generiertes Modell des Living Place.

Der Fokus der Problemstellungen lag daraufhin im Bereich *Visualisierung* (da sie die Grundlage vieler Simulationsansätze bildet) und der Bereitstellung der genannten *Spatial Information Services* auf Basis eines dreidimensionalen Modells des Living Places im IFC Format.

Ausgangspunkt der Projektarbeiten waren folgende, vor Beginn formulierte Zielstellungen, die nun die nachfolgenden Kapitel bilden:

1. Aufbau einer Infrastruktur für ein zentrales Gebäudemodell
2. Visualisierung des IFC-Modells auf Basis einer Game-Engine
3. Bereitstellung einer API für Anfragen an das Modell (im Folgenden *Spatial Information Services* genannt)

Die Reihenfolge der Kapitel entspricht weitestgehend der chronologischen Reihenfolge im Projektverlauf.

2 Aufbau der Infrastruktur für ein zentrales Gebäudemodell

Im Bereich des Living Place Hamburg gibt es verschiedene Verwendungszwecke für ein dreidimensionales Modell der Wohn- und Laborräume. Während einige Projektgruppen lediglich eine Grafik des Living Place für einen Forschungsbericht benötigen, ist für andere Projekte das Modell in einem bestimmten Dateiformat interessant. Letztere beschäftigen sich bspw. mit der Simulation von Lichtszenarien (z.B. mit *Relux* oder *DIALux*). Auch als Planungsgrundlage bei der Anschaffung von neuen Einrichtungsgegenständen ist das Modell von Interesse.

Wie bereits erwähnt bilden BIM Gebäudemodelle im Allgemeinen und das Modell des Living Place im Speziellen die Grundlage der Arbeiten des Autors. Um den Zugriff auf ein stets aktuelles Modell im Living Place zu gewährleisten, wurde ein IFC-Produktmodellserver eingerichtet auf den im Folgenden genauer eingegangen wird.

2.1 Der Open Source BiMserver als zentrales Infrastrukturelement

Im Rahmen des Projektes wurde der Open Source BiMserver in der Version 0.8.1 als zentrale Verwaltungsinstanz des Gebäudemodells installiert. Der Server läuft als *Standalone* Anwendung auf einem Java Web Application Server¹.

Die Entwicklung wird von Privatpersonen, Firmen (insb. *TNO (Netherlands Organization for Applied Scientific Research)*, einer Non-Profit Forschungseinrichtung) und der *Eindhoven University of Technology* vorangetrieben. Aktuelle Entwicklerversionen sind per SVN oder *Nightly Builds* derzeit fast täglich erhältlich².

Über ein Web-Interface können u.a. Projekte und Benutzer verwaltet werden. Es besteht die Möglichkeit Subprojekte zu erstellen, Modelle zu vereinen (*Merging*) und Revisionen zu

¹z.Zt. in einer virtuellen Maschine unter Tomcat auf <http://bim.informatik.haw-hamburg.de:8080>

²<http://download.bimserver.org>

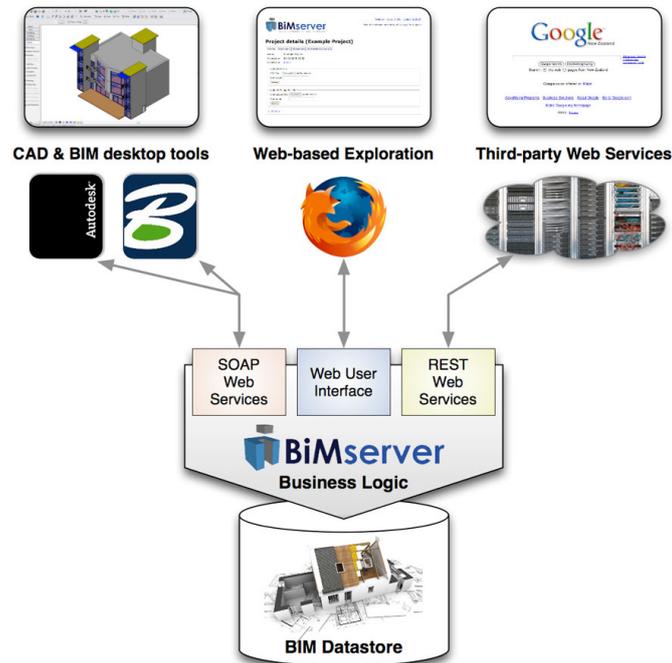


Abb. 2.1: Schnittstellen des BiMservers (Quelle: [van Berlo \(2010\)](#))

verwalten. Außerdem können mittels *Queries* einfache Anfragen an das Modell formuliert werden. Ein Projektbrowser listet die IFC-Klassen auf und stellt Informationen über einzelne Entitäten bereit.

Ein Gebäudemodell kann geolokalisiert werden, d.h. der Standort des Gebäudes kann beim Erstellen eines Projektes spezifiziert werden. Dies ist insbesondere beim Export des Gebäudemodells in das Format *CityGML* von Vorteil. Während die Ursprünge von IFC im Bauwesens (AEC³) liegen, ist CityGML ein Format der Geoinformationssysteme (GIS). Insofern bildet der BiMserver eine Brücke von der AEC- zur GIS-Welt (die Interoperabilität beider Welten ist derzeit aktuelles Forschungsgebiet).

Neben O3D gehören KML und COLLADA zu den Exportformaten. Mit dem KML Format ist es über einen statischen REST⁴ Link des Servers bspw. möglich den Fortschritt der Modellierung auf einem virtuellen Globus zu verfolgen.

Für Anwendungsentwickler ist insbesondere die SOAP Schnittstelle des BiMservers interessant. Die Zugriffsmethoden, die die per WSDL beschriebene Schnittstelle bietet, lassen sich wie folgt einteilen: Benutzer- und Projektverwaltung, Down- und Upload von Modellen,

³Architecture, Engineering, Construction

⁴REST: Representational State Transfer

Klassen und Entitäten, Zugriff auf Revisionen und Checkouts, Vergleich von (Sub-)Projekten und Auffinden von Kollisionen.

Anfragen über räumliche Relationen sind mit dem BIMserver nicht möglich. In Kap. 4 S. 11 wird näher auf eine mögliche Erweiterung des Servers mit Hinblick auf die eingangs erwähnten *Spatial Information Services* eingegangen.

3 Visualisierung des Modells auf Basis einer Game-Engine

Zur Betrachtung von Gebäudemodellen im IFC Format sind diverse *Viewer* erhältlich (u.a. DDS CAD Viewer, IFC-Engine Viewer, Nemetschek IfcViewer, FZK Viewer uvm.). Sie bieten einen rudimentären Eindruck eines Gebäudes (siehe Abb. 3.1). Teilweise kann mit einem Browser die Objekthierarchie durchsucht werden und Detailinformationen einzelner Entitäten abgefragt werden.

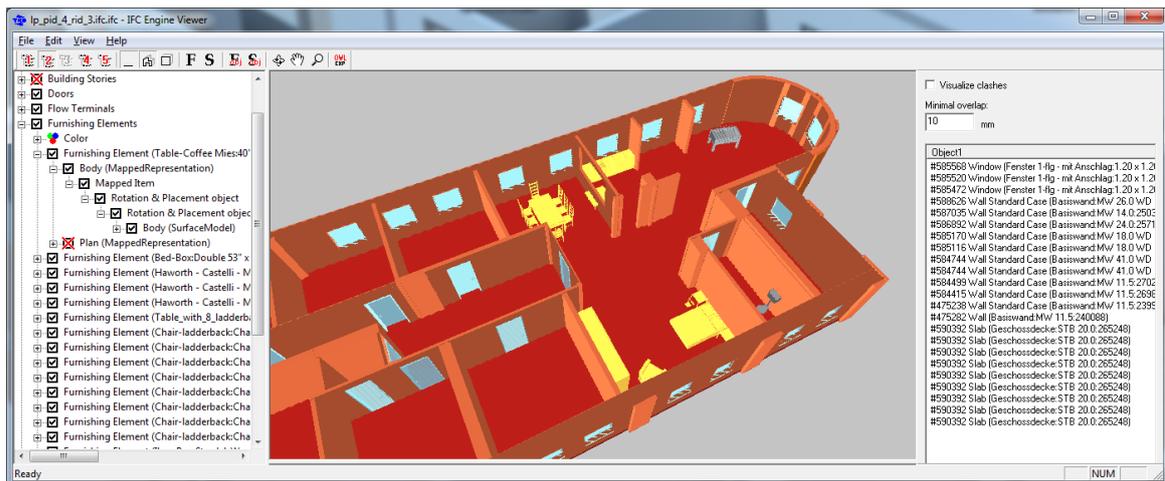


Abb. 3.1: IFC-Engine Viewer von TNO

Der Vorteil in der Visualisierung auf Basis 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 (vgl. [Karstaedt \(2010b\)](#)). Game-Engines eignen sich daher auch als Simulationsumgebung, wodurch beispielsweise Beleuchtungsszenarien erstellt werden können. Im Folgenden wird ein Ansatz beschrieben Gebäudemodelle, die mit den IFC Klassen modelliert wurden, zu visualisieren.

3.1 Aufbau und Verarbeitung von IFC Dateien

Zu Projektbeginn stellte sich die Frage, wie IFC Dateien aufgebaut sind und wie man die in ihnen enthaltenen geometrischen und semantischen Informationen verarbeitet.

Die IFC Klassen wurden von der *International Alliance for Interoperability* (IAI¹) entwickelt. Die IAI bietet eine Schemadefinition (z.Zt. aktuell für IFC2x3) an, in der sie Datentypen, Entitäten, Beziehungen usw. per EXPRESS definiert. EXPRESS ist ein Metametamodell für Produktdaten und Teil des ISO Standards STEP.

Eine IFC *Datei* enthält ein konkretes Gebäudemodell, das dem durch EXPRESS definiertem Schema unterliegt. Die IFC Daten werden im sog. *STEP part 21* Format gespeichert, das definiert wie Objektdaten in einer Datei abzulegen sind. Es existiert auch eine XML Variante (*IFCXML, Part 28 file* vgl. [Eastman \(2006\)](#)).

Es ist möglich hierzu einen Parser z.B. mit Hilfe von Parsergeneratoren (z.B. ANTLR, Lex oder Yacc) zu entwickeln. Zu Beginn der Recherchen stellte sich jedoch heraus, dass IFC Bibliotheken existieren, die eine vereinfachte Schnittstelle auf die IFC Dateien bieten². Hierzu zählen u.a. die *Eurostep IFC Toolbox* (kommerziell), das *ECCO Toolkit*³ (kommerziell) und die *TNO IFCEngine*⁴ (kostenlos für nicht-kommerzielle Zwecke).

3.2 Visualisierung mit Hilfe des BiMservers

Der Nachteil in der direkten Bearbeitung von IFC Dateien mit Hilfe von Game-Engines liegt in der notwendigen Konvertierung der Geometriedaten. Bisher gibt es keine Game-Engine, die IFC Modelle ohne Umwege verarbeiten kann. Möchte man jedoch unabhängig von der Art und Weise der Visualisierung bleiben, wird ein standardisiertes 3D Format benötigt. Hier bietet sich COLLADA an, das (wie in Kap. 2 S. 5 beschrieben) vom BiMserver als Exportformat z.B. über die SOAP Schnittstelle bereitgestellt wird. COLLADA⁵ ist ein XML basiertes, offenes Austauschformat für 3D Inhalte, das von vielen Tools, Game Engines und einigen DBMS unterstützt wird (z.B. Google SketchUp, Maya, Cinema4D, OGRE, Irrlicht, Oracle Spatial etc.). Der BiMserver selber greift intern auf die bereits erwähnte IFCEngine von TNO zurück.

¹Technische Informationen zu IFC: <http://www.iai-tech.org>

²<http://www.iai-tech.org/developers/get-started/ifc-toolboxes>

³http://www.pdtec.de/pdtec2/products/ecco_toolkit_lik.aspx

⁴<http://www.ifcbrowser.com>

⁵COLADA: COLLABorative Design Activity

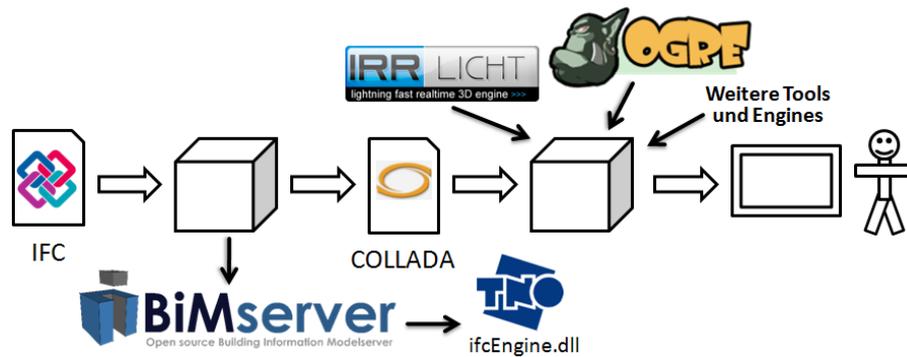


Abb. 3.2: Entwurf des Visualisierungsablaufs auf Basis einer Game Engine

In Abbildung 3.2 ist die Visualisierungsstrecke für ein IFC Gebäudemodell zu sehen, die in diesem Projekt erarbeitet wurde. Das Modell wird hierbei im BiMserver verwaltet. Die einzelnen Entitäten werden im COLLADA Format über die SOAP Schnittstelle abgefragt und der Game-Engine zur Darstellung übergeben. Über die GUID (*global unique id*) können weitere Informationen der einzelnen Entitäten bereitgestellt werden.

Zum einen wurden bereits in anderen Projekten IFC Modelle mit Hilfe von Game-Engines visualisiert (z.B. McDonald (2007), Schatz (2009)), zum anderen ist der Bereich der *Spatial Information Services* aktuelles Forschungsgebiet. Daher hat sich im Laufe des Projektes auf Grund intensiver Recherche der Schwerpunkt von der Visualisierung weg hin zu den *Spatial Information Services* bewegt, die im Folgenden beschrieben werden.

4 BIM als Serviceanbieter in intelligenten Wohnungen

In diesem Projekt wurden neue Anwendungsmöglichkeiten von Gebäudemodellen entwickelt. Hierzu zählt insbesondere die Idee, das Modell als Serviceanbieter für semantische und räumliche Abfragen zu nutzen. Um ein genaueres Verständnis für die Anwendungsmöglichkeiten zu erlangen, wurden zwei Szenarien entwickelt, die im Folgenden vorgestellt werden.

- **Szenario I – das Gebäudemodell als *Spatial Information Service***

Dieses Szenario betrachtet das computergestützte Auffinden von Gegenständen. Hierbei tritt der Bewohner in Interaktion mit der intelligenten Wohnung indem er z.B. verbal den gesuchten Gegenstand (z.B. einen Schlüssel) beschreibt. Mit Hilfe von Bilderkennungsverfahren (z.B. SIFT oder SURF; vgl. [Najem \(2010\)](#)) wird die Position des Gegenstandes im Raum berechnet. Durch eine Serviceanfrage an das Gebäudemodell werden die Gegenstände in unmittelbarer Umgebung und ihre räumlichen Relationen zueinander zurückgegeben. Der suchenden Person wird daraufhin z.B. eine verbale Beschreibung des Fundortes geliefert (“Der Schlüssel befindet sich auf dem Sofa neben dem Esstisch.”).

- **Szenario II – Konsistenzwahrung zwischen realer Welt und Modell**

Bewegt ein Bewohner Gegenstände in der Wohnung, deren Position überwacht wird (z.B. einen Sessel, Stühle usw.), muss im Gebäudemodell die Position der Gegenstände angepasst werden.

Zur Umsetzung dieser Szenarien wurde eine Architektur entworfen, die den BiMserver in den Messagebroker ActiveMQ¹ integriert (siehe Abb. 4.1). Im Folgenden wird auf die Umsetzung beider Szenarien genauer eingegangen.

¹Detaillierte Informationen über den ActiveMQ finden sich in [Otto und Voskuhl \(2010\)](#).

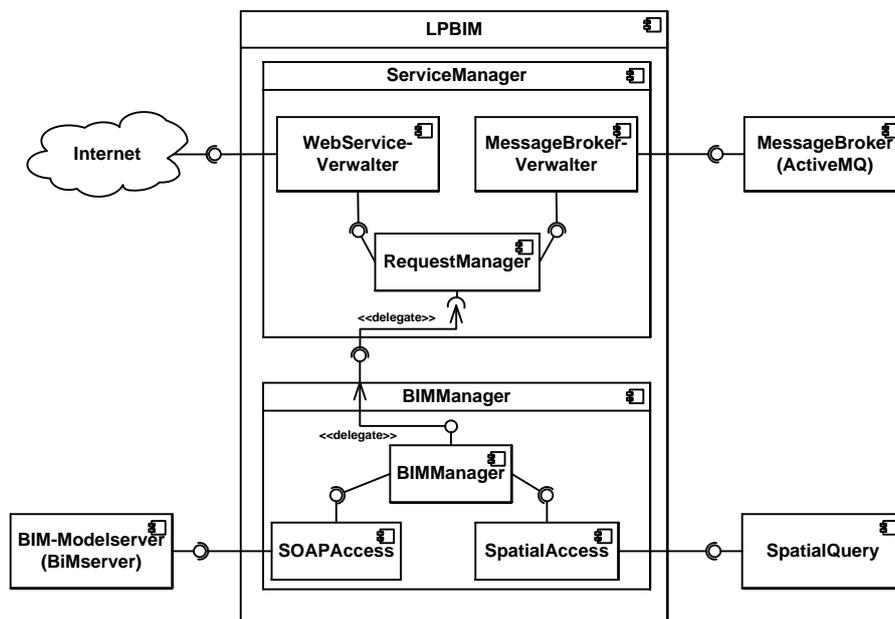


Abb. 4.1: Integrationsarchitektur – BIM im Living Place Hamburg

4.1 Das Gebäudemodell als Webservice

In *Szenario 1* stellt das Gebäudemodell einen Webservice bereit, der das computergestützte Auffinden von Gegenständen ermöglicht.

Die Kommunikation wird hierbei mit Hilfe des *ActiveMQ* auf Basis eines *Pull-Mechanismus* umgesetzt. Das BIM-Modell bietet zwei Schnittstellen dazu an: eine *ActiveMQQueue* um Requests entgegenzunehmen und ein *ActiveMQTopic* auf dem die angeforderten Informationen publiziert werden. Folglich erhalten alle *Subscriber* dieses Topics die angeforderten Informationen.

Eine Anfrage an den Service wird mittels JSON² formuliert. Dieses Nachrichtenformat ist auf Grund seiner einfachen und flexiblen Struktur projektübergreifend für die Kommunikation und den Datenaustausch im Living Place gewählt worden.

In Zusammenarbeit mit der Projektgruppe *Modellbasiertes Suchen von Objekten im Raum*³ wurde (unter Beachtung der projektübergreifenden Ontologie) eine Schnittstelle für räumliche Abfragen definiert⁴. Umgangssprachlich lässt sich die Anfrage an das BIM-Modell wie

²JSON: JavaScript Object Notation

³http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/wiki/index.php/Modellbasiertes_Suchen_von_Objekten_im_Raum

⁴siehe Projektwiki unter http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/wiki/index.php/LivingPlace_3D#Schnittstellen

folgt formulieren: *Liefere alle Gegenstände und deren Beziehungen im Umkreis von X_m ausgehend vom Punkt P .* Neben den Standardwerten einer Nachricht (Version, Message-ID) enthält die Anfragenachricht also die Koordinaten des Fundortes im globalen Koordinatensystem, einen Wert für den Umkreis in dem gesucht werden soll und die ID des gesuchten Objektes.

Die Antwortnachricht enthält die Gegenstände und deren Relationen zueinander. Um die räumlichen Beziehungen auszudrücken wurden hierzu Prädikate ausgewählt, die für diesen Einsatzzweck als sinnvoll erachtet wurden. Folgende gerichtete, räumliche Operatoren wurden angelehnt an [Borrmann u. a. \(2006\)](#) definiert: *above* und *below* auf der Z-Achse, *northOf* und *southOf* auf der X-Achse, sowie *eastOf* und *westOf* auf der Y-Achse. Weitergehend ließen sich zukünftig Klassifizierungen vornehmen, um Objekte, die eine größere Bedeutung bei der menschlichen Wahrnehmung haben zu priorisieren.

Realisierung

Im GIS⁵ Bereich werden für räumliche Abfragen *Spatial DBMS* verwendet, die sich aber nur auf den *zweidimensionalen* Raum beschränken. Um dreidimensionale, geometrische und semantische Anfragen im Innenraum beantworten zu können sind umfangreichere Berechnungen notwendig.

Da dies aktuelles Forschungsgebiet ist, existiert derzeit *keine* Datenbank oder Bibliothek, die diese Möglichkeiten anbietet. Genauerer hierzu wurde in [Karstaedt \(2010a\)](#) S.11 ff. erörtert. Besonders aktiv bei der Umsetzung räumlicher Operatoren ist Dr. André Borrmann (vgl. insb. [Borrmann und Rank \(2009\)](#)) – in seinen Projekten wurden bereits gerichtete (*directional*), topologische (*topological*) und metrische (*metric*), sowie boolesche Operatoren implementiert. Mit dem *Spatial Browser* (siehe Abb. 4.2) wurde ein erster Forschungsprototyp entwickelt.

Insofern muss für die zukünftige Realisierung dieses Szenarios im Living Place an einer Bibliothek oder Datenbankeerweiterung gearbeitet werden, die die genannten Fähigkeiten besitzt.

4.2 Konsistenzwahrung zwischen realer Welt und Modell

Voraussetzung für korrekte Antworten des im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Services ist ein Modell, dessen Objektzustände konsistent mit denen der Realität sind. Um dies zu gewährleisten wurde ein *Location-Update-Mechanismus* implementiert.

⁵GIS: Geoinformationssystem

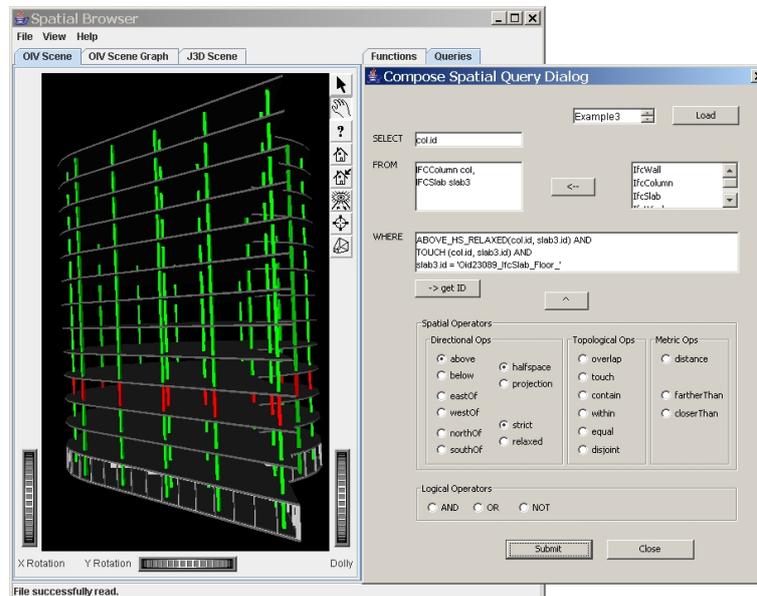


Abb. 4.2: SpatialBrowser (Quelle: [Paul und Borrmann \(2010\)](#))

Ein *LocationPublisher* sendet hierbei die aktuelle Position eines Gegenstandes an ein Topic des ActiveMQ (Format und Name des Topics siehe Projektwiki⁶). Das Tracking der Gegenstände kann z.B. mit Hilfe des Echtzeit-Ortungssystem *Ubisense*⁷ geschehen. Ein *LocationSubscriber* passt entsprechend die Positionen der Gegenstände an. Im Folgenden wird die Umsetzung dieses Szenarios beschrieben.

Realisierung

Als Proof-Of-Concept wurde ein *LocationPublisher* entwickelt, bei dem ein symbolisierter Gegenstand per *Drag-n-Drop* mittels Mauszeiger auf einer 2D Visualisierung des Living Place positioniert werden kann (siehe Abb. 4.3). Eine spätere Realisierung eines *LocationPublishers* im Living Place kann z.B. auf einem Ortungssystem basieren.

Um die SOAP Schnittstelle des BiMservers zu bedienen, wurde ein MTOM⁸ fähiger Client in C# .NET entwickelt. Hierzu wurde auf Basis der WSDL⁹ Schnittstellenbeschreibung zunächst mit Hilfe eines Befehlszeilentools eine Proxy-Klasse und eine Konfigurationsdatei erstellt. Da sich die Schnittstelle mit neuen BiMserver-Versionen ändert wurde diese Vorgehensweise genau dokumentiert.

⁶http://livingplace.informatik.haw-hamburg.de/wiki/index.php/LivingPlace_3D#Update_Object_Location

⁷Ubisense Webseite: <http://www.ubisense.de>

⁸MTOM: Message Transmission Optimization Mechanism

⁹WSDL: Web Service Description Language

Der *LocationPublisher* sendet jeweils nach einer minimal zurückgelegten Distanz Nachrichten an das entsprechende Topic des ActiveMQ, die u.a. die absolute Position, Einheit (meist „Meter“) und Objekt-Id (GUID) des Gegenstandes enthält. Wird das Objekt nicht weiter verschoben wird eine *finalize* Nachricht geschickt, die den *LocationSubscriber* veranlasst, die Änderungen zu persistieren.

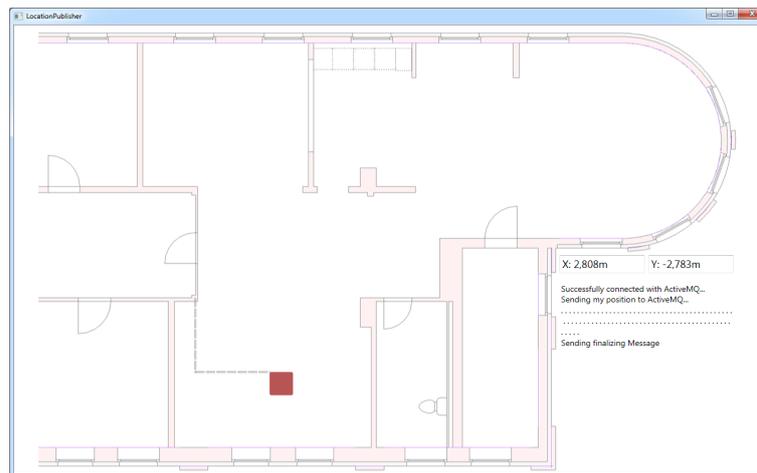


Abb. 4.3: LocationPublisher

Der *LocationSubscriber* wartet also auf Nachrichten dieses Topics. Bei Eintreffen einer Nachricht werden die internen Objektrepräsentationen des IFC Modells angepasst. Nach einem bestimmten Zeitintervall oder einer *finalize* Nachricht wird über die SOAP Schnittstelle des BiMservers die Position der Entität auf dem Server aktualisiert. Derzeit geschieht dies durch einen kompletten Upload des modifizierten Modells – zukünftig wird die Aktualisierung über einen wesentlich performanteren Methodenaufwurf (*processChangeSet()*) erfolgen. Im derzeitigen Entwicklungszustand ist dieser Aufruf jedoch noch sehr fehleranfällig¹⁰.

¹⁰Dessen ungeachtet sind die Entwickler sehr motiviert dieses Feature voranzubringen, wie folgende Antwort verdeutlicht, die mir während einer Diskussion über den Entwicklerverteiler (devel@bimserver.org) gegeben wurde: „If you plan to seriously start using changesets we are happy to guide you as good as we can. The changeset-concept is (we think) one of the best of the BIMserver and we are excited that somebody is really starting to use it.“ Léon van Berlo, Projektleiter bei TNO

5 Schluss

Im Folgenden wird ein Résumé über das vorangegangene Projekt gezogen. Der Ausblick danach stellt künftige Projektziele und -entwicklungen vor.

5.1 Fazit

Zunächst lag der Fokus des Projektes in der Game-Engine basierten *Visualisierung* von IFC Gebäudemodellen. Das IFC Dateiformat wurde untersucht, IFC Bibliotheken evaluiert und Kontakte zu den Herstellern geknüpft. Schließlich wurde eine Visualisierungsstrecke (vgl. siehe Abb. 3.2) erarbeitet, bei der der BiMserver als Konvertierungstool fungiert um die IFC Geometrien in ein standardisiertes 3D Format umzuwandeln, welches von diversen Applikationen verarbeitet werden kann. Die Recherchen und Entwicklungen zu [Karstaedt und Wendholt \(2010\)](#) haben jedoch frühzeitig deutlich gemacht, dass umfangreicheres Forschungsinteresse in der möglichen Nutzung des IFC Modells in intelligenten Wohnungen besteht.

Hierzu wurde der *BiMserver* als zentrale Verwaltungsinstanz und Schnittstelle in den AktiveMQ integriert (vgl. Architekturschaubild 4.1). Projektmitglieder sind auf Grund der umfangreichen Anzahl von Exportformaten in der Lage das 3D Modell des Living Place in anderen Programmen zu nutzen (u.a. Planung, Simulation, Rendering).

Es wurden die Grundlagen für eine Erweiterung der Schnittstelle des BiMservers um dreidimensionale, räumliche Abfragen im Sinne eines *Spatial Information Services* gelegt (vgl. [Szenario I](#)). Als Voraussetzung hierzu wurde bereits der erforderliche Update-Mechanismus des zweiten Szenarios (vgl. [Szenario II](#)) realisiert.

Im zurückliegenden Projekt wurden also die technischen Grundlagen für zukünftige Entwicklungen geschaffen.

5.2 Ausblick

Das Kernziel im folgenden Projekt wird die Umsetzung grundlegender räumlicher Anfragen an das Gebäudemodell sein (vgl. *Szenario I*). Des Weiteren wird das *Szenario II* auf Basis des Echtzeit Ortungssystems Ubisense im Living Place installiert. Als mobile Variante für Präsentationen o.ä. wird eine Version basierend auf einem Bewegungssensor entwickelt. Um die Positionsänderungen im Modell nachzuverfolgen ist eine rudimentäre Visualisierung z.B. auf Basis der *TNO IFCEngine*¹ wünschenswert.

In diesem Zusammenhang ist eine projekübergreifende Festlegung eines Koordinatenursprungs und der Achsenrichtungen für ein globales Koordinatensystem im Living Place erforderlich. Außerdem wird der Aufbau einer Datenbank zum Mappen von Objekt-IDs auf Entitätsinformationen (z.B. über Mobiliar des Living Place) angestrebt.

¹IFCEngine: <http://www.ifcbrowser.com>

Literaturverzeichnis

- [van Berlo 2010] BERLO, M.Sc. L. van: *BiMserver – Open Source Building Information Modelserver*. Webseite. Juli 2010. – URL <http://www.bimserver.org>. – Letzter Aufruf: 12.08.2010
- [Borrmann und Rank 2009] BORRMANN, André ; RANK, Ernst: Topological analysis of 3D building models using a spatial query language. In: *Advanced Engineering Informatics, Elsevier Ltd.* 23 (2009), Nr. 4, S. 370–385. – ISSN 1474-0346
- [Borrmann u. a. 2006] BORRMANN, Andre ; TREECK, Christoph V. ; RANK, Ernst: Towards a 3D Spatial Query Language for Building Information Models. In: *Proc. Joint Int. Conf. of Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering (ICCCBE-XI)*, 2006
- [Eastman 2006] EASTMAN, Chuck: IFC Overview / Georgia Institute of Technologie. URL http://bim.arch.gatech.edu/content_view.asp?id=550, 2006. – Forschungsbericht
- [Eggerlein u. a. 2002] EKKERLEIN, C. ; NEUBERG, F. ; FAULSTICH, M. ; BAUINFORMATIK, L. für: Internetbasierte Simulation des Ressourcenbedarfs von Gebäuden. In: *VDI BERICHTE* 1668 (2002), S. 275–286
- [Karstaedt 2010a] KARSTAEDT, Bastian: Vergleichbare Arbeiten – Anwendungen des IFC Produktdatenmodells in intelligenten Wohnungen / HAW-Hamburg. August 2010. – Forschungsbericht
- [Karstaedt 2010b] KARSTAEDT, Bastian: Visualisierung von semantischen 3D Gebäudemodellen auf Basis einer Game-Engine / Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg. 2010. – Forschungsbericht
- [Karstaedt und Wendholt 2010] KARSTAEDT, Bastian ; WENDHOLT, Prof. B.: Anwendungen des IFC Produktdatenmodells in intelligenten Wohnungen. In: *Forum Bauinformatik 2010* 1 (2010), August, S. 8
- [McDonald 2007] McDONALD, Christopher E.: *Framework For A Visual Energy Use System*, Texas A&M University, Diplomarbeit, 2007
- [Najem 2010] NAJEM, Hosnia: Modellbasiertes Suchen von Objekten / Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg. 2010. – Forschungsbericht

- [Neuberg u. a. 2001] NEUBERG, F. ; HOFFMANN, S. ; MÜNCHEN, TU ; BAUINFORMATIK, L. für: Simulation von Energieströmen in Gebäuden auf der Grundlage eines IFC basierten Produktmodells. In: *Forum Bauinformatik, München, 2001*
- [Otto und Voskuhl 2010] OTTO, Kjell ; VOSKUHL, Sören: Entwicklung einer Architektur für den Living Place Hamburg / HAW-Hamburg. 2010. – Forschungsbericht
- [Paul und Borrmann 2010] PAUL, N. ; BORRMANN, A.: *3D Spatial Query Language for Building Information Models*. Webseite. August 2010. – URL <http://www.cie.bv.tum.de/index.php/de/component/content/article/58>. – Zuletzt betrachtet: 05.08.2010
- [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>