



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

AW2 Ausarbeitung

Bastian Karstaedt, SoSe 2010

Anwendungen des IFC Produktdatenmodells in
intelligenten Wohnungen

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Thematik	3
1.1	BIM und IFC	3
1.2	Gliederung dieser Arbeit	4
2	Vergleichbare Arbeiten	6
2.1	Simulationen und Analysen auf Basis von IFC Modellen	6
2.1.1	Sharing Fire Engineering Simulation Data Using the IFC Building Information Model	7
2.1.2	Bewertung	8
2.2	BIM-Modellserver	8
2.2.1	Open Source Projekt: BiMserver.org	9
2.2.2	Bewertung	10
2.3	Räumliche Abfragen im Innenraum	11
2.3.1	Topological analysis of 3D building models using a spatial query language	11
2.3.2	Bewertung	13
3	Fazit	15
	Literaturverzeichnis	16

1 Einführung in die Thematik

In dieser Ausarbeitung werden Forschungsprojekte vorgestellt, die für die aktuellen Arbeiten des Autors von Interesse sind. Zunächst werden die Begrifflichkeiten *BIM* und *IFC* kurz erläutert und in Zusammenhang mit den eigenen Zielen gestellt, die an Hand zweier Szenarien verdeutlicht werden.

1.1 BIM und IFC

Building Information Modeling (kurz *BIM*) stellt einen Paradigmenwechsel im Bauwesen dar. Im Vordergrund stehen Bemühungen die Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachgebiete (u.a. Architektur, Bauausführung, Haustechnik und Facility Management) zu verbessern. Dies wird hauptsächlich durch das Produktdatenmodell IFC (*Industry Foundation Classes*¹) erreicht, einem offenen Standard für Gebäudemodelle, das als durchgehende Datenbasis in Projektteams dienen kann. Zuvor wurden reine entitätenbezogene, zweidimensionale Zeichnungen für unterschiedliche Ansichten auf ein dreidimensionales Gebäude verwendet, was mit einem hohen Anteil redundanter Informationen und somit erhöhter Fehleranfälligkeit einherging (vgl. [Eastman u. a. \(2009\)](#)). Durch BIM ist heute eine datenbankgestützte Verwaltung dreidimensionaler, objektorientierter Gebäudemodelle möglich, die neben geometrischen Informationen auch semantische und Metainformationen abbilden können ([von Both \(2006\)](#) S.9).

Die Forschung fand schnell Verwendung für BIM basierte, dreidimensionale Gebäudemodelle, die über die ursprünglichen Einsatzzwecke im AEC² Bereich (s.o.) hinausgingen. Grundlegend lassen sich hier drei Anwendungsbereiche ausmachen in denen die Modelle eingesetzt werden: *Visualisierung* (vgl. [Schatz \(2009\)](#)), *Simulation* (vgl. [Ekkerlein u. a. \(2002\)](#)) und *Navigation* (vgl. [Lertlakhanakul u. a. \(2009\)](#)).

In [Karstaedt und Wendholt \(2010\)](#) wird am Beispiel des Living Place Hamburg (ein *Smart Home* bzw. eine *intelligente Wohnung*) ein weiterer Anwendungsbereich des IFC Datenmodells

¹<http://www.buildingsmart.de>

²Architecture, Engineering and Construction

beschrieben. Dieser Anwendungsbereich wird als *BIM as a Service* (kurz *BIMaaS*) bezeichnet. Das IFC-Gebäudemodell ist hierbei Grundlage eines Services, der abstrakte Anfragen an das Modell entgegennimmt (vgl. [Szenario I](#)). Um die Konsistenz des Modells zu wahren wird die Integration einer Publisher-Subscriber-Architektur vorgeschlagen, die es ermöglicht Veränderungen der Außenwelt an das Modell zu propagieren (vgl. [Szenario II](#)). Die folgenden Szenarien sollen dies verdeutlichen.

1. Szenario I – das Gebäudemodell als Webservice

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. eine Sonnenbrille) beschreibt. Mit Hilfe von Bilderkennungsverfahren (z.B. SIFT oder SURF; vgl. [Najem \(2010\)](#)) wird die Position des Gegenstandes im Raum berechnet. Durch eine Service-Anfrage an das Gebäudemodell werden die Gegenstände in unmittelbarer Umgebung und ihre räumlichen Relationen zurückgegeben und der suchenden Person daraufhin eine verbale Beschreibung des Fundortes geliefert (“Die Sonnenbrille befindet sich auf dem Sofa neben dem Ess-tisch.”).

2. Szenario II – Konsistenz zwischen realer Welt und Modell

Bewegt ein Bewohner einen größeren Gegenstand, dessen Position überwacht wird (z.B. einen Sessel), muss im Gebäudemodell die Position des Gegenstandes aktualisiert werden.

Um die genannten Szenarien umzusetzen befasst sich der Autor aktuell mit einer Architektur, die einen *BIM-Modellserver*, der durch ein *SpatialQuery Modul* erweitert wird, in eine *Publisher-Subscriber-Architektur* integriert. [Abbildung 1.1](#) zeigt hierzu einen Architekturentwurf. Des Weiteren besteht die Frage, wie Simulationen auf Basis dieser Architektur durchgeführt werden können.

1.2 Gliederung dieser Arbeit

Zunächst wird auf [Simulationen und Analysen auf Basis von IFC Modellen](#) eingegangen und die Schwierigkeiten beim Transfer von IFC Daten in eine domänenspezifische Simulationsanwendung geschildert. Daraufhin werden die Vorteile von *BIM-Modellservern* am Beispiel des Open Source BiMservers erläutert. Schließlich wird im Kapitel [Räumliche Abfragen im Innenraum](#) eine Arbeit über räumliche Abfragen im Innenraum vorgestellt. Jedes Projekt bzw. jede Arbeit wird anschließend bewertet. Im letzten Kapitel folgt das Fazit, in dem die Arbeiten in einen gemeinsamen Kontext gestellt werden.

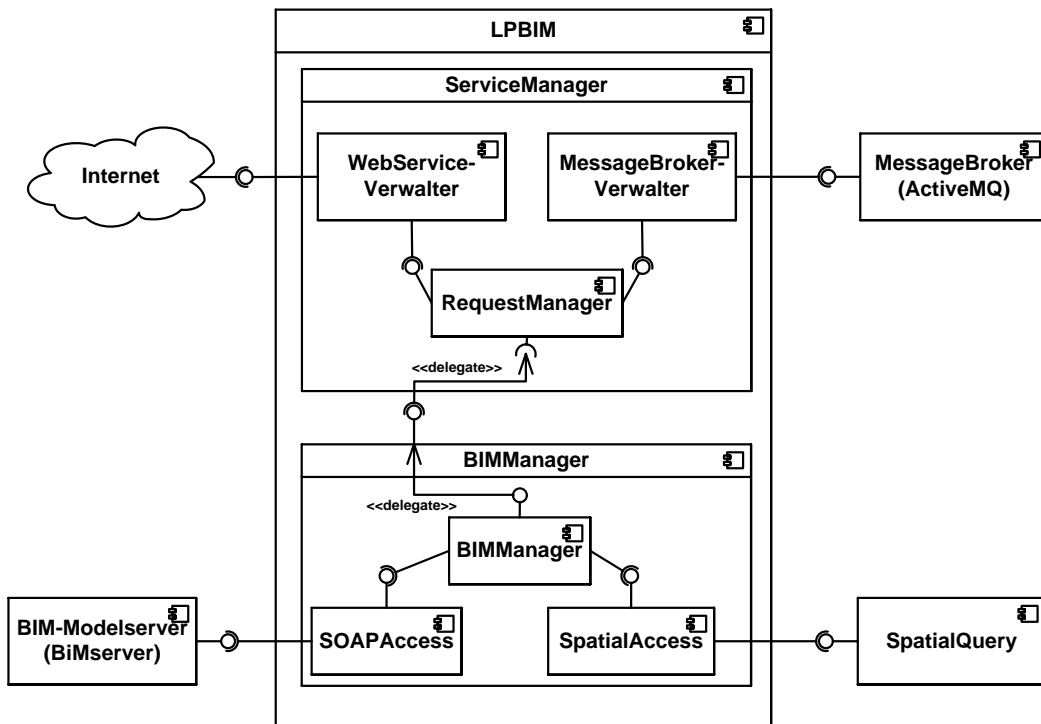


Abbildung 1.1: Integrationsarchitektur – BIM im Living Place Hamburg

2 Vergleichbare Arbeiten

2.1 Simulationen und Analysen auf Basis von IFC Modellen

In diesem Kapitel wird eine Arbeit über die Simulation und Analyse auf Basis des IFC-Gebäudemodells beschrieben. In dem Anwendungsfeld lassen sich mehrere Bereiche identifizieren, in denen Simulationen durchgeführt werden.

Zum einen finden Simulationen in der *Planungsphase* eines Gebäudes statt und hängen direkt mit dem Bau und Betrieb eines Gebäudes zusammen. Hierzu zählen z.B. strukturelle Analysen (Statik), die optische Wirkung eines Gebäudes in seiner Umgebung (Stadtplanung) oder auch Analysen der Umwelteinflüsse eines Gebäudes während seiner Lebensdauer zur Optimierung der Emissionen (vgl. [Siltanen u. a. \(2008\)](#)).

Eine Vielzahl von Veröffentlichungen sind im Bereich des *Brandschutzes* zu finden. Hervorzuheben sind hier Arbeiten im Bereich der Evakuierungssimulationen ([Abolghasemzadeh und Rätzke \(2009\)](#)), BIM gestützte Indoor Notfall-Navigationssysteme ([Rüppel und Stübbe \(2008\)](#)) und der Simulation der Ausbreitung von Rauch und Feuer im Brandfall (vgl. [Kühner \(2003\)](#)).

Ein weiterer Bereich lässt sich als *Wohnen und Leben* kategorisieren. Hier werden Simulationen mit dem Ziel einer verbesserten Lebensqualität durchgeführt. Dazu zählen Analysen zur Klimasteuerung, Licht und Akustik, sowie zur Navigation in Gebäuden.

Gemein ist den Arbeiten zumeist folgende *Vorgehensweise*: Die Geometrien der IFC Modelle werden in ein Format konvertiert, welches zum Import in das jeweils zur Simulation verwendete Framework erforderlich ist. Dabei werden Attributierungen einzelner IFC Entitäten (teilweise) separat in Datenbanken gespeichert.

Im Folgenden wird ein Papier von [Spearpoint und Dimyadi \(2007\)](#) vorgestellt, das eine typische Vorgehensweise und häufige Problemfelder bei der Simulation auf Basis von IFC-Modellen beschreibt. Es wurde von Dr. Michael Spearpoint (Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand) und Johannes Dimyadi (AstraVision Solutions, Auckland, New Zealand) im November 2007 veröffentlicht. Dieses Paper fügt sich ein in eine

Reihe von Veröffentlichungen beider Autoren im Bereich der Brand-Simulation (u.a. [Dimyadi u. a. \(2007\)](#)), erschienen im *Journal of Information Technology in Construction*). Es wurde ausgewählt, da es inhaltlich über die Beschreibung der Konvertierung von Geometrien hinausgeht und verschiedenste Aspekte und Problemstellungen berücksichtigt.

2.1.1 Sharing Fire Engineering Simulation Data Using the IFC Building Information Model

Brandschutztechniker verwenden computergestützte Brandsimulationsmodelle u.a. um die Ausbreitung von Rauch und Feuer in einem Gebäude zu untersuchen. Ein Großteil des Simulationsaufwandes bestehe zunächst im Transfer der Gebäudeinformationen in ein spezielles Brandsimulationsmodell.

Die Autoren sehen in den standardisierten IFC Klassen ein Produktmodell, das zur Interoperabilität von BIM mit Brandsimulationsmodellen herangezogen werden kann. Hierzu wurden IFC konforme Modelle mit ArchiCAD und Autodesk Revit erstellt, die als Daten- und Testbasis der Entwicklungen dienen.

Die Konvertierung von geometrischen und topologischen Gebäudeinformationen erfordere die Identifikation von Räumen, Grenzflächen (Wände und Decken), sowie von Öffnungen (Fenster und Türen) und ihrer Relationen zueinander. Dieser Ansatz beinhaltet einige Herausforderungen. Einerseits gebe es Beschränkungen bei der Beschreibung von Gebäudeinformationen in den IFC Klassen, andererseits könne die Struktur einiger Entitäten nicht den Anforderungen eines bestimmten Brandsimulationsmodells genügen. Von daher müssen IFC Entitäten korrekt interpretiert und in die Zielstruktur übersetzt werden, was die Komplexität des Austauschprozesses erhöhe.

Als Schwierigkeit komme hinzu, dass sich die Datenrepräsentation in der Ausgabedatei der oben genannten BIM Anwendungen (ArchiCAD, Revit) in vielen Details unterscheidet, obwohl jeweils *IFC* als Exportformat gewählt wurde. Dazu gehöre u.a. die Repräsentation von Geometrien und eine unterschiedliche Enkodierung von IFC-Entitäten. Dies führe dazu, dass in der Parsing Software Algorithmen implementiert werden mussten, die speziell an die jeweilige Anwendung angepasst wurden. Außerdem würden von den Anwendungen nicht alle IFC Entitäten implementiert, die für dieses Fachgebiet von Interesse sein könnten, obwohl sie Teil des IFC Modells sind.

Die große Anzahl an Entitäten, die im IFC Model spezifiziert sind, erforderten einen zunehmenden Aufwand in der Implementation neuer Extraktionsalgorithmen. Der in dieser Arbeit eingesetzte SECOM Server ([Adachi \(2002a\)](#), siehe Kap. 2.2 S. 8) vereinfache den Extraktionsprozess sehr. Der Austausch von Materialeigenschaften (wie z.B. die Entflammbarkeit) zwischen BIM und einem Brandsimulationsmodell erfordere ein spezielles Mapping – ggf.

müsse ein Benutzer sogar manuelle Änderungen vor Simulationsbeginn einpflegen. Andere Simulationsaufgaben wie z.B. eine Evakuierungssimulation erforderten einen erneuten beträchtlichen Aufwand um das Mapping anzupassen.

2.1.2 Bewertung

Dieses Papier zeigt die Schwierigkeiten auf, die bei der Transformation von Modellen einer allgemein gehaltenen Domäne (IFC) in eine fachspezifische Domäne (Brandsimulation) auftreten können. Oftmals mangelt es bei den IFC Klassen an speziellen Entitäten und Attributen, sodass diese ggf. durch eigens definierte *Property Sets* hinzugefügt werden müssen. Außerdem ist die Repräsentation von Geometrien im IFC Format komplex und unterscheidet sich von den üblichen Brandsimulationsmodellen, sodass ein aufwendiger Konvertierungsprozess entsteht. Hinzu kommt, dass die Software, mit der BIM Gebäudemodelle erstellt werden, Entitäten und deren Attributierung sehr unterschiedlich serialisieren, was zu einem Mehraufwand beim Parsen führt. Leider wurden keine Details über die Integration des Modellservers von SECOM vermittelt.

2.2 BIM-Modellserver

Mit den *Internet Foundation Classes* (IFC) wird ein Produktmodell bereitgestellt, das alle Informationen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes abbildet. Der praktische Einsatz und die Implementation in Software Produkten hat jedoch gezeigt, dass diese selten die Anforderungen an den gesamten Prozess unterstützen, wodurch ein verlustfreier, inkrementeller Datenfluss (wie von der IA¹ seit 1997 gefordert) nicht gewährleistet ist (Kiviniemi u. a. (2005)).

Ein dateibasierter Datenaustausch von Gebäudemodellen innerhalb der einzelnen Fachbereiche birgt u.a. die Gefahr von Inkonsistenzen. Im "PM4D Final Report" (Fischer und Kam (2002)) wurden außerdem folgende Grundprobleme hervorgehoben:

1. Der unterschiedliche Informationsgehalt in unterschiedlichen Software Produkten macht einen Transfer von Gebäudemodellen zwischen unterschiedlichen Anwendungen unter Bewahrung *aller* Informationen unmöglich².

¹International Alliance for Interoperability

²Programmspezifische Einstellungen etc. werden nicht berücksichtigt, können aber je nach Fachbereich von hohem Nutzen sein.

2. Die Modelle sind sehr umfangreich, wodurch der Austausch der Daten zeitaufwendig ist; auch wenn nur ein kleiner Teil des Modells geändert wurde, muss das gesamte Modell übertragen werden.
3. Eine Versionierung und Benutzerrechte-Verwaltung ist beim Austausch von Dateien praktisch unmöglich.

Kiviniemi fordert in [Kiviniemi u. a. \(2005\)](#) S.3 zudem einen vereinfachten Zugriff durch simple Abfragen (*Queries*) unter Verwendung von Standardtechnologien wie XML, SOAP und STEP³.

Um Lösungsansätze für diese Problemstellungen zu bieten, wurden BIM-Modellserver entwickelt, die kollaboratives Arbeiten an einem zentralen IFC-Gebäudemodell mit unterschiedlichen Anwendungen in unterschiedlichen Gewerken (Konstruktion, Elektrizität, HVAC3 etc.) ermöglichen. Seit 2001 wurden in diversen Projekten BIM-Modell-Server implementiert (IMSrv ([Adachi \(2002b\)](#)), WebSTEP ([Karstila und Hemiö \(2002\)](#)), EDMserver ([Jotne EPM Technology \(2010\)](#))). Bis auf *IMSrv*, dessen Entwicklung Oktober 2002 endete ([Adachi \(2002a\)](#)) waren die Entwicklungen nur kommerziell erhältlich.

Im Februar 2009 begannen die Entwicklungen an einem Open Source Modellserver, dem *BiMserver*⁴, der im Folgenden näher vorgestellt wird.

2.2.1 Open Source Projekt: BiMserver.org

Der BiMserver wird im Rahmen eines Open Source Projektes von Privatpersonen, Firmen (insb. TNO⁵, einer Non-Profit Forschungseinrichtung) und der Eindhoven University of Technology entwickelt und ist das erste frei erhältliche Projekt, das produktiv eingesetzt werden kann.

Kern der Anwendung ist ein EMF (e-core) Modell aus dem Objekte und Schnittstellen generiert werden ([van Berlo \(2010b\)](#)). Er läuft als Standalone Anwendung auf einem Java Web Application Server (z.B. Tomcat, JBoss, GlassFish). Lesen und Schreiben auf das zentrale Modell erfolgt durch das BIEP Protokoll (Building Information Exchange Protocol), einem neuem Standard, der von der Open Source BIM Foundation entwickelt wurde.

In Abb. 2.1 ist eine Übersicht über die Schnittstellen des BiMservers zu sehen.

Über ein *Web-Interface* können u.a. Projekte und Benutzer verwaltet werden. Es besteht die Möglichkeit Subprojekte zu erstellen, Modelle zu vereinen (Merging), Revisionen zu verwalten und das Modell oder Teile davon in verschiedenen Formaten (IFC2x3, ifcXML2x3,

³Standard for the Exchange of Product model data

⁴<http://www.bimserver.org>

⁵Netherlands Organization for Applied Scientific Research

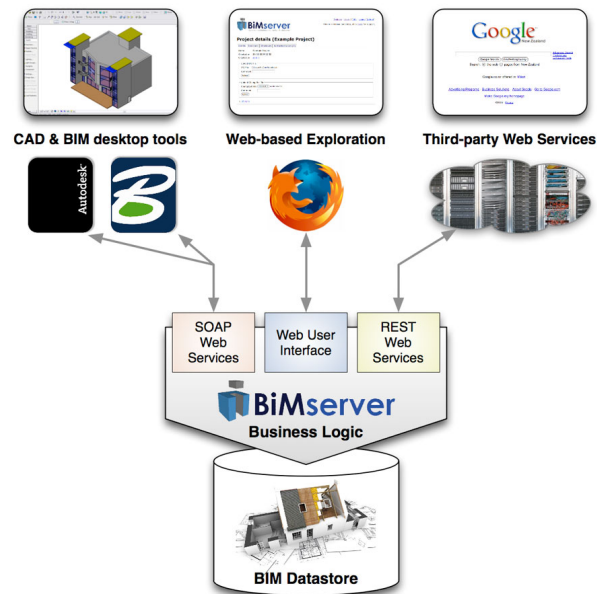


Abbildung 2.1: BiMserver Architektur; Quelle: [van Berlo \(2010b\)](#)

CityGML 1.0.0, O3D, Collada und KML) herunterzuladen. Eine *REST Schnittstelle* ermöglicht das Abfragen eines vollständigen Modells oder Komponenten davon (z.B. alle Entitäten einer IFC Klasse) über URIs. Über die *SOAP Schnittstelle* kann aus anderen Anwendungen heraus auf den BiMserver zugegriffen werden. Die per WSDL beschriebenen Zugriffsmethoden lassen sich wie folgt gruppieren: Benutzer- und Projektverwaltung, Down- und Upload von Modellen, Klassen und Entitäten, Zugriff auf Revisionen und Checkouts, Vergleich von (Sub-)Projekten und Auffinden von Kollisionen.

Weiterhin kann das Gebäudemodell geolokalisiert werden, d.h. der genaue Standort wird mittels eines Koordinatenreferenzsystems festgelegt ([van Berlo \(2010a\)](#)). Dies ist insbesondere für den Export nach CityGML und KML wichtig, da diese Formate in Geoinformationssystemen (GIS) verwendet werden.

2.2.2 Bewertung

Die von [Fischer und Kam \(2002\)](#) und [Kiviniemi u. a. \(2005\)](#) an einen BIM-Modellserver formulierten Anforderungen wurden mit dem *BiMserver* größtenteils umgesetzt. Im Gegensatz zum dateibasierten Arbeiten mit Gebäudemodellen bietet der BiMserver die Möglichkeit Teile eines Modells zu übertragen. Außerdem stellt er eine Versions- und Benutzerrechteverwal-

tung zur Verfügung. Mit SOAP und REST sind Schnittstellen vorhanden, die einen vereinfachten Zugriff auf die Modelldaten gewähren.

Der Transfer *aller* Informationen zwischen unterschiedlichen Anwendungen ist mit dem BIM-server nicht möglich. Dies ist jedoch eher dem Produktdatenmodell und der Heterogenität der Anwendungen, als den Fähigkeiten des BIMservers geschuldet.

Weiterhin sind bei heutigen Produktmodellservern keine Anfragen möglich, die sich auf die Geometrie der Bauteile und ihre räumlichen Relationen beziehen ([Schraufstetter und Borrmann \(2007\)](#)). Da dies aber essentiell für die derzeitigen Arbeiten des Autors ist, wird im Folgenden eine Arbeit vorgestellt, die sich mit Abfragen über räumliche Relationen im Innenraum befasst.

2.3 Räumliche Abfragen im Innenraum

Für die Realisierung des in Kapitel 1 vorgestellten ersten Szenarios ist ein Abfragemodul (in Abb. 1.1 S. 5 *SpatialQuery* genannt) erforderlich, das räumliche Relationen von Entitäten im Innenraum analysieren kann. Die im GIS Bereich verbreiteten *Spatial Database Management Systeme* (SDBMS) sind hierfür ungeeignet, da ihr Fokus auf den (zweidimensionalen) Außenbereich gerichtet ist. Der Innenbereich wird durch andere Bedingungen (*constraints*) beschrieben und vorwiegend durch architektonische Komponenten definiert ([Li \(2008\)](#)). Li unterstreicht, dass für Analysen des Innenraums und *Indoor Spatial Services* neue Theorien, Datenmodelle und vor allem DBMS entwickelt werden müssten. Von daher ist die Abfrage von räumlichen Relationen im Innenraum derzeit Schwerpunkt aktueller Forschungsprojekte.

Im Folgenden wird ein Papier von Dr. André Borrmann vorgestellt ([Borrmann und Rank \(2009\)](#)), der sich bereits seit seiner Dissertation ([Borrmann u. a. \(2006\)](#)) mit dieser Problemstellung auseinandersetzt und mittlerweile mehr als zehn Publikationen in diesem Bereich veröffentlicht hat (u.a. [Borrmann u. a. \(2006\)](#), [Borrmann \(2008\)](#), [Borrmann u. a. \(2009\)](#)).

2.3.1 Topological analysis of 3D building models using a spatial query language

In dem Papier “Topological analysis of 3D building models using a spatial query language” von [Borrmann und Rank \(2009\)](#), das im Elsevier Verlag herausgegeben wurde, werden die Entwicklungen einer räumlichen Abfragesprache (*3D spatial query language*) präsentiert und eine mögliche Implementation topologischer Operatoren im dreidimensionalen Raum unter Zuhilfenahme eines Octree basierten Algorithmus vorgestellt.

Anwendungen, die eine umfangreiche räumliche Analyse von digitalen Gebäudemodellen erlauben, seien bislang nicht verfügbar. Dies könne daran liegen, dass der Forschungsschwerpunkt im Bereich des computerunterstützten Gebäudedesigns im letzten Jahrzehnt in der Entwicklung eines semantischen, objektorientierten Gebäudemodells (BIM) lag.

Produktmodellserver werden als eine der wichtigsten, zukünftigen IT Infrastruktur Komponenten angesehen, da durch sie viele Probleme im Bereich der kollaborativen Gebäudeentwicklung gelöst werden könnten. Aktuelle Produktmodellserver ermöglichen die Extraktion von Teilen eines Gebäudemodells. Sie seien jedoch nicht in der Lage geometrische Informationen zu interpretieren, die implizit oder explizit in den Gebäudemodellen enthalten sind, da Sie kein Wissen über die räumliche Semantik (*spatial semantics*) von Attributen und Beziehungen haben. Vielmehr seien die Abfragesprachen der Modellserver auf numerische Vergleiche und Tests auf räumliche Relationen, die im Gebäudemodell vordefiniert sind, beschränkt.

Da jedoch räumliche Relationen zwischen Gebäudekomponenten eine wichtige Rolle in den meisten Design und Engineering Aufgaben im AEC⁶ Bereich spielten, wurden von den Autoren Konzepte und Techniken für eine *räumliche Abfragesprache* für BIM entwickelt. Die Abfragesprache ermögliche die Selektion spezieller Gebäudekomponenten auf Basis qualitativer, räumlicher Bedingungen.

Typische Beispiele hierfür seien:

- Selektiere alle Wände *innerhalb* des ersten Stockwerks.
- Selektiere alle Objekte *innerhalb einer Distanz* von 10m ausgehend von einem Punkt.
- Existieren Gasleitungen *unter* dem Fundament?

Anwendungsmöglichkeiten einer räumlichen Abfragesprache lägen in der Verifizierung von Konstruktionsregeln bis hin zur Extraktion von Modellteilen, die bestimmten räumlichen Bedingungen genügen müssen. Diese Modellteile könnten bspw. numerischen Simulationen dienen oder Teilnehmern eines kollaborativen Szenarios exklusiv zugänglich gemacht werden.

Abfragesprachen die räumliche, zweidimensionale Abfragen ermöglichen finden sich in den späten 1980er Jahren vor allem im GIS⁷ Kontext. In diesem Bereich gebe es mittlerweile eine große Anzahl kommerzieller, räumlicher 2D DBMS, die spezielle räumliche Datentypen und Indizierungstechniken verwenden. Bislang⁸ gebe es DBMS, die dreidimensionale Abfragen ermöglichten nur in Forschungsprojekten. In [Kriegel u. a. \(2003\)](#) wird ein DBMS vorgestellt,

⁶Architecture, Engineering and Construction

⁷GIS: Geoinformationssystem

⁸das Papier ist am 28. April 2009 in überarbeiteter Version an den Verlag übergeben worden

das eine räumliche Analyse von 3D CAD Modellen ermöglicht. Das DBMS erlaube einfache Volumen-, Kollisions- und Distanzabfragen, unterstütze aber weder topologische, noch gerichtete Prädikate.

Die Abfragesprache basiert auf räumlicher Algebra, die formal durch die Point-Set Theorie und Point-Set Topologie (vgl. u.a. [Borrmann u. a. \(2006\)](#)) definiert wird. Der wichtigste Teil der Algebra bildeten folgende räumliche Operatoren:

- metrisch (*metric*): *distance, closerThan, fartherThan, etc.*
- gerichtet (*directional*): *above, below, northOf, etc.*
- topologisch (*topological*): *touch, within, contains, etc.*

Um topologische Beziehungen abzuleiten werden in dem hier verfolgten Ansatz Positionen und Formen der involvierten Objekte *on-the-fly* betrachtet und nicht zuvor gespeichert. Dieser Ansatz werde insbesondere von der in BIM verwendeten Beschreibung von Gebäudegeometrien bestimmt⁹. Die Implementation basiert auf einer *Octree-Representation* der räumlichen Objekte, die Teil einer topologischen Anfrage sind. Der *Octree* ist eine Datenstruktur zur Repräsentation von dreidimensionalen Volumengeometrien, durch die der Raum hierarchisch aufgeteilt wird.

Um die Durchführbarkeit der vorgeschlagenen Konzepte zu beweisen wurde ein Softwareprototyp entwickelt (siehe Abb. 2.2). Dieser kann IFC-VRML Dateien lesen und analysieren.

Zukünftig sind u.a. Variationen der Implementierung der topologischen Operatoren geplant. Außerdem sollen alternative Abfragesprachen wie *XQuery* und *SPARQL* evaluiert werden. Weiterhin werde an praktischen Anwendungsfällen gearbeitet.

2.3.2 Bewertung

Insbesondere für den Anwendungsfall in [Szenario I](#) ist eine räumliche Abfragesprache wie sie im vorangegangenen Papier besprochen und umgesetzt wurde von Interesse. Darunter fallen vor allem die metrischen und gerichteten Operatoren (“Welche Objekte befinden sich im Umkreis?”, “Welches Objekt befindet sich unter/neben einem Objekt?”). Wie in dem Papier erwähnt wurde, existieren bislang keine DBMS oder Bibliotheken, die dreidimensionale, räumliche Abfragen unterstützen. Da dieser Bereich z.Zt. aktuelles Forschungsgebiet ist, gilt es aktuelle Forschungsergebnisse mitzuverfolgen.

⁹Geometrien werden in BIM als Volumen- oder Flächenmodell beschrieben (*B-Rep*)

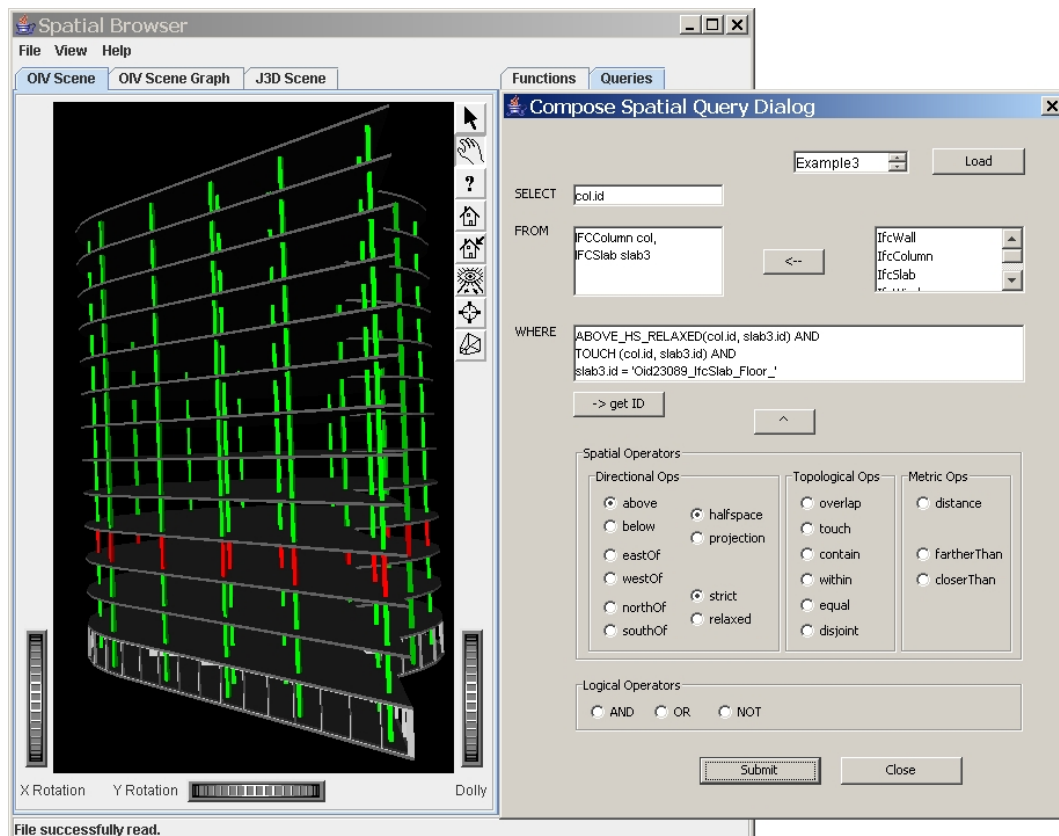


Abbildung 2.2: Screenshot des Prototyps mit dem Dialog für räumliche SQL Abfragen und dem 3D Viewer, der das Resultat hervorhebt (Quelle: Paul und Bormann (2010))

3 Fazit

Das Kapitel *Simulationen und Analysen auf Basis von IFC Modellen* hat gezeigt, dass die Verbreitung von standardisierten (Gebäude-)Modellen in den unterschiedlichsten Bereichen sinnvoll ist. Die *native* Unterstützung von IFC in Simulationssoftware kann z.B. den Mehraufwand bei Transformationsprozessen vermeiden und so nahtlos in die Bauplanungsphase integriert werden. Eine Erweiterung der IFC Klassen um domänenspezifische Entitäten und Attribute ist hier oftmals notwendig.

Als weiteres Hindernis wurde die unterschiedliche Implementierung der IFC Klassen in professionelle BIM-Software hervorgehoben. Dies wird auch von [Kiviniemi \(2006\)](#) in seinem Papier „*Ten years of IFC development – Why are we not yet there?*“ bemängelt. Kiviniemi stellt u.a. den IFC-Zertifizierungsprozess von BIM-Software als zu unpräzise heraus.

BIM-Modellserver, wie sie in *BIM-Modellserver* vorgestellt werden, stellen hier eine einheitliche Schnittstelle auf die IFC-Gebäudemodelle bereit. Außerdem bilden sie die zentrale Instanz für kooperatives Arbeiten an Gebäudemodellen. Eine Implementierung dieser Schnittstelle in Bauplanungs- und auch Simulationssoftware ist daher angeraten.

Auch im Kapitel *Räumliche Abfragen im Innenraum* wird der Nutzen von BIM-Modellservern hervorgehoben. Wie in Kap. 2.3.1 S. 11 beschrieben wird derzeit an einer Erweiterung ihrer Fähigkeiten um komplexe, räumliche Abfragen in der Forschung gearbeitet. Die Ergebnisse sind auch für den Autor dieser Arbeit höchst interessant.

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
- [Adachi 2002a] ADACHI, Yoshinobu: *IFC Model Server Development Project*. Webseite. Oktober 2002. – URL <http://cic.vtt.fi/projects/ifcsvr/>. – Zuletzt besucht am 11.08.2010
- [Adachi 2002b] ADACHI, Yoshinobu: Overview of IFC model server framework. In: *EWork and EBusiness in Architecture, Engineering and Construction 1* (2002), S. 367
- [van Berlo 2010a] BERLO, Leon van: *BiMserver Documentation of version 0.8*. Dokumentation. Oktober 2010
- [van Berlo 2010b] 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 2008] BORRMANN, A.: Eine räumliche Anfragesprache für dreidimensionale Bauwerksmodelle. In: *Tagungsband des 13. Münchner Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme*, 2008. – ISBN 978-3-935049-78-8
- [Borrmann u. a. 2009] BORRMANN, A. ; SCHRAUFSTETTER, S. ; RANK, E.: Implementing Metric Operators of a Spatial Query Language for 3D Building Models: Octree and B-Rep Approaches. In: *Journal of Computing in Civil Engineering* 23 (2009), Nr. 1, S. 34–46
- [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

- [von Both 2006] BOTH, Dr.-Ing. P. von: Integration von Informationsprozessen auf der Basis von Nemetschek Technologien / Nemetschek Technology, Germany. URL [http://www.rivera-gmbh.de/Intern/rivera-gmbh_de.nsf/webfiles/Download-Presse-Integration/\\$FILE/SR12-8.pdf](http://www.rivera-gmbh.de/Intern/rivera-gmbh_de.nsf/webfiles/Download-Presse-Integration/$FILE/SR12-8.pdf), 2006. – Forschungsbericht
- [Dimiyadi u. a. 2007] DIMYADI, J.A.W. ; SPEARPOINT, MJ ; AMOR, R.: Generating fire dynamics simulator geometrical input using an IFC-based building information model. In: *Journal of Information Technology in Construction* 12 (2007), S. 443–457
- [Eastman u. a. 2009] EASTMAN, C. ; TEICHOLZ, P. ; SACKS, R. ; LISTON, K.: *What is BIM*. AEC Integration Laboratory. August 2009
- [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
- [Fischer und Kam 2002] FISCHER, Martin ; KAM, Calvin: PM4D final report / Stanford University. Citeseer, Oktober 2002. – Forschungsbericht
- [Jotne EPM Technology 2010] JOTNE EPM TECHNOLOGY: *Jotne: EDMserver™*. Webseite. August 2010. – URL <http://www.epmtech.jotne.com/index.php?id=562520>. – Zuletzt besucht am 11.08.2010
- [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
- [Karstila und Hemiö 2002] KARSTILA, Kari ; HEMIÖ, Tero: *WebSTEP IFC Model Server project by Eurostep*. 2002. – URL <http://www.eurostep.com/prodserve/ems/ems.html>
- [Kiviniemi 2006] KIVINIEMI, A.: Ten years of IFC development – Why are we not yet there? In: *Keynote lecture at the Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering, Montreal* Bd. 14, 2006, S. 16
- [Kiviniemi u. a. 2005] KIVINIEMI, Arto ; FISCHER, Martin ; BAZJANAC, Vladimir: Integration of Multiple Product Models: IFC Model Servers as a Potential Solution. In: *22nd CIB-W78 Conference on Information Technology in Construction*, 2005
- [Kriegel u. a. 2003] KRIEGEL, Hans-Peter ; PFEIFLE, Martin ; PÖTKE, Marco ; RENZ, Matthias ; SEIDL, Thomas: Spatial data management for virtual product development. In: *Spatial data management for virtual product development*. New York, NY, USA : Springer-Verlag New York, Inc., 2003, S. 216–230. – ISBN 3-540-00579-X

- [Kühner 2003] KÜHNER, S.: *Virtual Reality basierte Analyse und interaktive Steuerung von Strömungssimulationen im Bauingenieurwesen*, Technische Universität München, Universitätsbibliothek, Dissertation, 2003
- [Lertlakkhanakul u. a. 2009] LERTLAKKHANAKUL, Jumphon ; LI, Yongzhi ; CHOI, Jinwon ; BU, Soyung: GongPath: Development of BIM Based Indoor Pedestrian Navigation System. In: *Networked Computing and Advanced Information Management, International Conference on, Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC 0* (2009), S. 382–388. ISBN 978-0-7695-3769-6
- [Li 2008] LI, Ki-Joune: Indoor Space: A New Notion of Space. In: *W2GIS '08: Proceedings of the 8th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems*. Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag, 2008, S. 1–3. – ISBN 978-3-540-89902-0
- [Najem 2010] NAJEM, Hosnia: Modellbasiertes Suchen von Objekten / Hochschule für Angewandte Wissenschaften 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
- [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
- [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>
- [Schraufstetter und Borrmann 2007] SCHRAUFSTETTER, S. ; BORRMANN, A.: Konzept und Umsetzung einer räumlichen Anfragesprache für digitale Bauwerksmodelle. In: *Tagungsband des Forum 3D - 3D-Technologien an der Technischen Universität München*, 2007. – ISBN 978-3-8322-6452-9
- [Siltanen u. a. 2008] SILTANEN, P. ; VARES, S. ; YLIKERÄLÄ, M. ; KAZI, A.S.S.: IFC and PMO for Estimating Building Environmental Effects / VTT Technical Research Center of Finland. 2008. – Forschungsbericht

[Spearpoint und Dimyadi 2007] SPEARPOINT, MJ ; DIMYADI, JAW: Sharing fire engineering simulation data using the IFC building information model / Department of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand; AstraVision Solutions. University of Canterbury. Civil and Natural Resources Engineering., 2007. – Forschungsbericht