



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Thesis Outline

Bastian Karstaedt

Entwicklung eines *Indoor Spatial Information*
Services für Smart Homes auf Basis der
Industry Foundation Classes

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
1.1	Motivation	3
1.2	Ziele der Masterarbeit	5
1.3	Abgrenzung	5
2	Schlussfolgerungen aus den Vorarbeiten	6
2.1	Anwendungen 1	6
2.2	Projekt 1	7
2.3	Anwendungen 2	7
2.4	Projekt 2	8
3	Vorgehensbeschreibung	9
3.1	Räumliche Operatoren im Innenraum	10
3.2	Ablauf einer räumlichen Serviceanfrage	11
4	Schluss	15
4.1	Risiken	15
4.2	Zusammenfassung	15
	Literaturverzeichnis	16

1 Einführung

Diese Thesis Outline befasst sich mit der Entwicklung eines *Indoor Spatial Information Services* (kurz *ISIS*) für digitale Gebäudemodelle. Hierbei wird die Fragestellung erörtert, in wie weit die Informationen, die in einem semantischen Gebäudemodell in Form von Topologien, räumlichen Relationen und Attributierungen enthalten sind, im Interesse der Bewohner einer intelligenten Wohnung genutzt werden können.

Ziel ist es diese Informationen über räumliche Serviceanfragen (*Spatial Services*) bereitzustellen. Da diese Informationen im geringen Maße explizit im Gebäudemodell enthalten sind, müssen sie größtenteils algorithmisch extrahiert werden (vgl. Kap. [Schluss](#)).

Im Folgenden wird näher auf die Motivation des Autors eingegangen und die Zielstellungen definiert.

1.1 Motivation

Der Autor hat bereits in der Bachelorarbeit grundlegende Kenntnisse im Bereich dreidimensionaler, semantischer Stadt- und Gebäudemodelle (CityGML, Green Building XML, IFC etc.) erworben (vgl. [12]), sich in den eigenen Entwicklungen aber auf den zweidimensionalen Bereich beschränkt.

Im Rahmen des Masterstudienganges an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg mit einem Projektschwerpunkt im Umfeld des Living Place Hamburg [9] (einer *intelligenten Wohnung*) entstand die Fragestellung, wie sich die Kenntnisse über die räumliche Struktur eines Gebäudes für (räumliche) Serviceanfragen nutzen lassen.

In Folge dessen wurde zunächst ein geeignetes Datenmodell für die Gebäudemodellierung gesucht (vgl. [15]). Auf Grund des Fokus auf eine hochdetaillierte Gebäudemodellierung wurden die *Industry Foundation Classes* (IFC; vgl. [8]) ausgewählt. Im Gegensatz zu Formaten wie KML (Key Markup Language), das die graphischen Ausprägungen von 3D-Stadtmodellen transportiert (vgl. [18]), werden mit den IFC auch semantische Aspekte wie Taxonomien, Topologien und ein Attributierungsmodell bereitgestellt.

Im Gegensatz zur Bauinformatik, die sich derzeit intensiv in vielen Forschungsschwerpunkten mit den *Industry Foundation Classes* beschäftigt (u.a. Statikberechnungen, Evakuierungsszenarien und Simulationen im Brandschutz), befasst sich die Arbeit mit der Verwendung des Datenmodells in einem neuen Bereich – dem der „Smart Homes“.

Smart Homes sind Wohnumgebungen mit steuerbarer Einrichtung und umfangreicher Sensorik, die sich auf die Bedürfnisse der Bewohner optimal anpassen. Es existieren bereits eine Vielzahl realer Installationen in Form von Forschungslaboren mit dem Ziel der Erhöhung des Wohnkomforts oder auch der Verbesserung der Energiebilanz (vgl. [17], [27], [7] u.a.). Mit dem *Living Place Hamburg* steht dem Autor ein Wohnlabor zur Verfügung, um die theoretischen Überlegungen und Entwicklungen unter realen Bedingungen zu evaluieren.

Der Autor versteht den *Indoor Spatial Information Service* als einen Service für die Bewohner einer intelligenten Wohnung. Nachfolgend sind drei Szenarien aufgeführt, die das Anwendungsfeld und den Nutzen verdeutlichen (u.a. aus [13]):

1. Szenario I – Das Gebäudemodell als Serviceanbieter

„Wo ist meine Sonnenbrille?!“ – Um diese Frage des Bewohner beantworten zu können sind mehrere technische Hürden zu nehmen. Mit Hilfe von Bilderkennungsverfahren (z.B. SIFT oder SURF) wird zunächst die Position des Gegenstandes im Raum berechnet. Durch eine Service-Anfrage an den *Indoor Spatial Information Service* 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 jetzt auf dem Stuhl unter dem Fenster.“). Das Gebäudemodell wird hier also als Dienst zur Auflösung räumlicher Relationen verstanden.

2. Szenario II – Konsistenz zwischen realer Welt und Modell

Damit die Rückgabemenge des ISIS in *Szenario I* auch dann noch korrekt ist, wenn der Stuhl verschoben wurde, muss im Gebäudemodell die Position des Gegenstandes aktualisiert werden, sobald dieser bewegt wurde. Das Ziel ist es also die Konsistenz zwischen realer Welt und digitalem Gebäudemodell zu wahren. Hierzu wird im *Living Place Hamburg* das Echtzeit Ortungssystem *Ubisense*¹ eingesetzt.

3. Szenario III – Integration von Ortsinformationen in Serviceanfragen

Bewegt sich ein Bewohner durch die Wohnung von A nach B werden diejenigen Bildschirme, die in seiner Nähe sind an- und die anderen abgeschaltet. Hierbei ist der Aufenthaltsort des Bewohners durch das bereits erwähnte Ortungssystem und die Positionen der Bildschirme durch das Gebäudemodell bekannt. Der ISIS dient hier in erste Linie als Lieferant von metrischen Informationen, deren Interpretation den Konsumenten dieser Informationen obliegt.

¹Webseite: <http://www.ubisense.com>

1.2 Ziele der Masterarbeit

Im Vordergrund der Zielstellungen steht die Realisierung und Integration eines *Indoor Spatial Information Services* (im Folgenden ISIS) in eine intelligente Wohnumgebung. Zur Evaluation wird der ISIS in den Living Place Hamburg integriert und unter realen Bedingungen getestet. Der ISIS hat hierbei zwei grundlegende Aufgabenbereiche.

Zum einen stellt ISIS die Abfrage räumlicher Informationen bereit. Hierzu zählen in erster Linie räumliche Relationen von Mobiliar (Beispiel: „A befindet sich *in* Raum 1, *unter* Objekt 2 *im Abstand von* 1,1m zu C“). Die algorithmische Umsetzung räumlicher Operatoren in diesem Zusammenhang bildet den Schwerpunkt der Masterarbeit. Dafür sind insbesondere *direktionale* („oben“, „unten“ etc.), *topologische* („innerhalb“, „außerhalb“ etc.) und *metrische* Operatoren (zur Entfernungsbestimmung) zu implementieren. Verdeutlicht wird deren Anwendung durch [Szenario I](#). Im Kapitel [Vorgehensbeschreibung](#) wird näher auf die Realisierung dieser Operatoren eingegangen.

Zum anderen bildet das Gebäudemodell im ISIS den aktuellen Zustand der physischen Gegenstände in der Wohnung ab und dient darauf basierend als *Broker* für semantische Informationen. Diese können bspw. einer Regelmaschine zur Extraktion kontextbasierter Interpretationen dienen.

1.3 Abgrenzung

Es existieren einige interessante Themengebiete, die für den ISIS von Nutzen wären, aber aus Zeitgründen nicht realisiert werden können bzw. von anderen Projektteams im Rahmen des Living Place Hamburg entwickelt werden.

Hierzu zählen insbesondere die zur Umsetzung der vorgestellten Szenarien notwendigen Teilsysteme. Dies ist zum einen die *Objekterkennung* auf Basis von Kamerabildern und zum anderen die *Interpretation der Rückgabemenge* räumlicher Relation in einer für den Bewohner verständlichen Form (z.B. per Sprachausgabe, 3D Visualisierung oder in Textform).

Zudem wäre eine Routennavigation für Besucher oder auch autonome Roboter als ein weiterer *Spatial Service* eine lohnenswerte Erweiterung des ISIS.

Des Weiteren erscheint eine intensive Auseinandersetzung mit räumlichen Heuristiken aus dem Fachgebiet der *Spatial Cognition*, einem aktuellen Sonderforschungsbereich², lohnenswert. Die Erkenntnisse aus diesem Forschungsgebiet können jedoch aus zeitlichen Gründen höchstens in ihren Grundlagen in den *Indoor Spatial Information Service* einfließen.

²Webseite: <http://www.sfbtr8.spatial-cognition.de>

2 Schlussfolgerungen aus den Vorarbeiten

In den vorangegangenen Studiensemestern wurden bereits einige Vorarbeiten im Hinblick auf die Masterarbeit geleistet. Die Erkenntnisse, die aus den theoretischen wie auch praktischen Arbeiten resultierten, werden nun im Folgenden kurz vorgestellt.

2.1 Anwendungen 1

In [15] lag der Fokus zunächst auf der Visualisierung semantischer Gebäudemodelle. Hierzu wurde zu Beginn ein adäquates Format zur semantischen, dreidimensionalen Gebäudemodellierung gesucht.

Bei einer Gegenüberstellung von CityGML ([19]) und IFC (Industry Foundation Classes) wurde letzteres als für das Vorhaben geeigneter Standard gewählt. Die Wahl fiel auf IFC, da vor allem der Einsatzschwerpunkt – eine detaillierte, semantische Gebäudemodellierung (auch im Innenraum) – den des eigenen Vorhabens besser widerspiegelte und in diesem Umfeld eine Vielzahl ausgereifter Anwendungen für die Modellierung IFC konformer Gebäudemodelle existieren.

Rückblickend hat sich die Entscheidung für IFC bewährt. Vor allem die Vielzahl professioneller Anwendungen in diesem Bereich hat den Praxiseinsatz erleichtert, obwohl die Einarbeitung in das IFC Klassenmodell sehr zeitaufwendig war (vgl. Untersuchungen von [11]).

Die Evaluation der zur Verfügung stehenden Tools und Bibliotheken hat dazu geführt, dass sich der Fokus letztlich von der Visualisierung zu den Einsatzmöglichkeiten von semantischen Gebäudemodellen in intelligenten Wohnungen verschoben hat.

2.2 Projekt 1

Im Projekt 1 wurde zunächst der Aufbau einer Infrastruktur für ein zentrales Gebäudemodell vorangebracht. Hierzu wurde der IFC-Produktmodellserver (*Open Source BiMserver*¹) in die Kommunikationsinfrastruktur des Living Place Hamburg integriert, der wesentliche Vorteile gegenüber einer rein Datei-basierten Verwaltung von Gebäudemodellen mit sich bringt. Dazu zählt ein Versionierungssystem, diverse Exportformate (u.a. CityGML), eine Visualisierung sowie eine SOAP Schnittstelle. Eine detaillierte Diskussion findet sich in [14].

Auf Grund einer Untersuchung der SOAP Schnittstelle wurde von einer Erweiterung des BiMserver durch analytische Module abgesehen. Der Hauptgrund liegt in der Rolle eines Modellserver – dieser stellt von seiner Definition her nur das digitale Modell (bzw. Teile davon) bereit, sodass geometrische Analysen von externen Tools durchgeführt werden sollten. Von daher wird der Modellserver nur noch in Form einer Persistenzschicht im ISIS integriert.

2.3 Anwendungen 2

In [13] wurde eine intensive Recherche vergleichbarer Arbeiten betrieben. Bei der Recherche zur Realisierung eines Moduls für räumliche Abfragen im Innenraum wurde deutlich, dass dies ein Themengebiet aktueller Forschungsarbeiten ist. Hier sind insbesondere die Arbeiten zu einer *Spatial Query Language* für IFC Modelle von Borrmann (u.a. [23]) hervorzuheben. In [3] wird auch klar, dass sowohl aktuelle Produktmodellserver als auch kommerzielle *Spatial DBMS* bislang keine derartigen räumlichen Abfragen ermöglichen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt gibt es nur im Forschungsbereich Arbeiten zu 3D räumlichen Anfragen in Spatial DBMS. Da jedoch noch keine offenen Bibliotheken für Anfragen im dreidimensionalen Innenraum vorhanden sind besteht die Notwendigkeit eigene Konzepte zu entwickeln.

Des Weiteren wurde im Kapitel *Simulationen und Analysen auf Basis von IFC Modellen* untersucht, in welchen Einsatzgebieten IFC Modelle verwendet werden. Hierzu zählen u.a. Rauch- und Feuersimulationen und Simulationen zur Licht-, Akustik- und Klimasteuerung. Es wurde hingegen keine Arbeit gefunden, die sich direkt mit der Verwendung eines Gebäudemodells in vergleichbarer Weise zum ISIS beschäftigte. Insofern liegt hier ein neuer Anwendungsbereich vor.

Es konnten Erkenntnisse aus der meist sehr ähnlichen Vorgehensweise der Forschungsarbeiten gezogen werden, die IFC als Basis für Simulationsszenarien verwenden. Gemein ist den Arbeiten, dass zunächst die Geometrien der IFC Modelle in eine Form transformiert werden, welches zum Import und zur Weiterverarbeitung im jeweils zur Simulation verwendeten

¹Webseite: <http://www.bimserver.org>

Framework geeignet ist. Dabei werden Attributierungen einzelner IFC Entitäten (teilweise) separat in Datenbanken gespeichert [13]. Dies legte eine intensive Auseinandersetzung mit dem Geometriemodell der IFC Klassen nahe, was daraufhin in *Projekt 2* [16] auch erfolgte.

Die Ergebnisse aus den Vorarbeiten wurden auf dem 22. Forum Bauinformatik² in Berlin präsentiert ([17]).

2.4 Projekt 2

In diesem Projektsemester wurde *Szenario II* umgesetzt sowie die Architektur des ISIS implementiert (Details zur Architektur und Implementierung finden sich in [16]). ISIS ist nun in Form einer Multithreading Applikation in den Living Place Hamburg integriert.

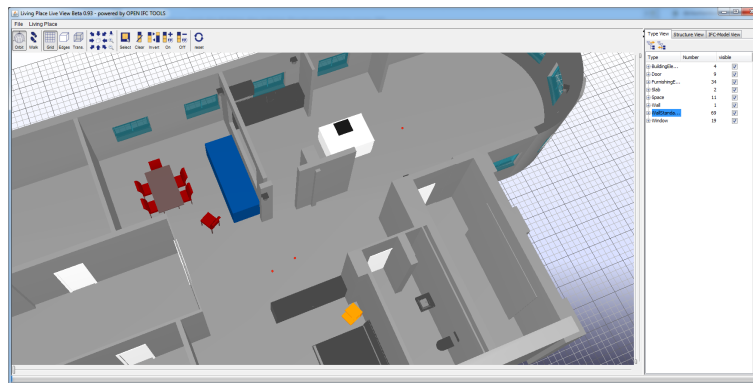


Abbildung 2.1: In den ISIS integrierte Visualisierung des Gebäudemodells

Die *Kommunikation* mit ISIS wird durch die Einbettung in die Blackboard-Architektur des Living Place ermöglicht. ISIS fungiert hier als Konsument und Produzent von Informationen, und in Form eines Dienstleisters für Anfragen.

Eine *Visualisierung* des Gebäudemodells (vgl. Abb. 2.1) bietet ein optisches Feedback für den aktuellen Zustand und momentane Änderungen am Modell (vgl. *Szenario II*). Es soll weitestgehend den Zustand der Wohnumgebung widerspiegeln und wurde mit den *Open IFC Tools* [28] realisiert, mit denen IFC-Modelle eingelesen, bearbeitet, visualisiert und geschrieben werden können.

Als *Persistenzebene* dient der bereits erwähnte BimServer. Zum ISIS Systemstart wird das Gebäudemodell vom diesem Modellserver geladen und in regelmäßigen Abständen werden Änderungen zurückgeschrieben.

²<http://forum2010.bauinformatik.tu-berlin.de>

3 Vorgehensbeschreibung

Wie in den vorangegangenen Kapiteln geschildert, wurden in den Vorarbeiten die Grundlagen für den *Indoor Spatial Information Service* gelegt. In diesem Rahmen wurde eine Architektur realisiert, die in den Living Place Hamburg integriert wurde (vgl. Abb. 3.1).

In [16] wird die Architektur im technischen Detail erläutert und auf die verwendeten Technologien, Tools und Bibliotheken eingegangen.

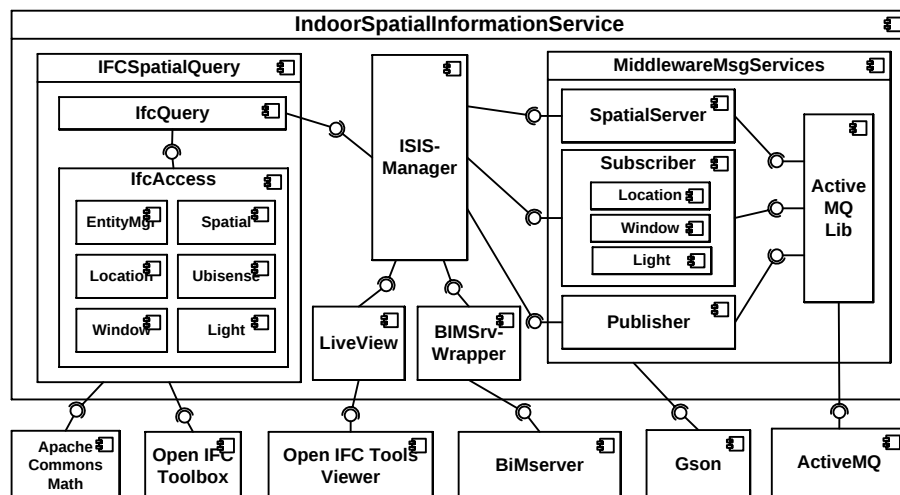


Abbildung 3.1: Architektur des *Indoor Spatial Information Service*

Die derzeit noch offene Fragestellung und das Hauptaugenmerk in der zukünftigen Masterarbeit beschäftigt sich mit Modellen und Algorithmen zur *Umsetzung räumlicher Operatoren*. Diese sind erforderlich um die in *Szenario I* beschriebene Serviceanfrage nach räumlichen Relationen beantworten zu können.

3.1 Räumliche Operatoren im Innenraum

In [4] wurden von Borrmann hierzu folgende räumliche Operatoren definiert:

- metrische (*metric*): *distance*, *closerThan*, *fartherThan* etc.
- topologische (*topological*): *touch*, *within*, *contains* etc.
- gerichtete (*directional*): *above*, *below*, *northOf* etc.

Die Umsetzung metrischer Operatoren zur Abstandsmessung ist algorithmisch betrachtet vergleichsweise einfach. Auch die Realisierung topologischer Relationen ist bei der Wahl einer geeigneten Repräsentation der Objektgeometrien (siehe Kap. 3.2) handhabbar.

Für die Implementierung direktonaler Operatoren ist es jedoch zunächst wichtig, diese präzise zu definieren. Nach [24] zitiert durch [5] unterscheidet man zunächst zwischen *intrinsischen*, *deiktischen* und *extrinsischen* Referenzrahmen. Hier wird der extrinsische Referenzrahmen gewählt, da dieser global gültig und unabhängig von der Position und Blickrichtung eines Betrachters ist.

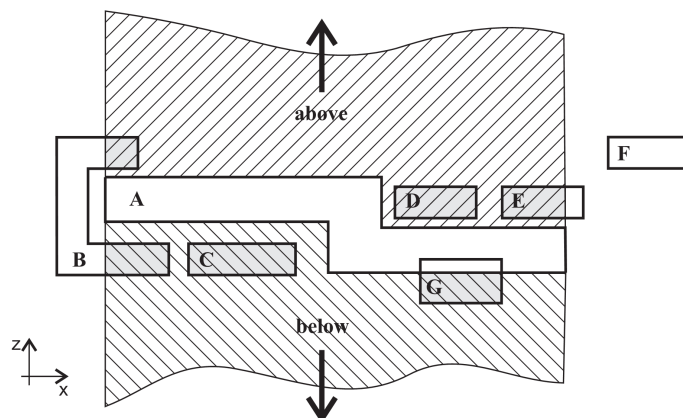


Abbildung 3.2: Anwendungsbeispiel des Operators *above* (projektionsbasiertes Richtungsmodell); Quelle: [5]

Des Weiteren wird in [5] S.102 ff. zwischen halbraum-basierten und projektions-basierten Modellen sowie strikten und relaxierten direktonalen Operatoren unterschieden. Um die Komplexität zu verdeutlichen wurde Abb. 3.2 eingefügt. Die Frage, welches der Objekte *über* dem Referenzobjekt A liegt, wird in den verschiedenen Modellen und Operatoren unterschiedlich beantwortet. Während im projektionsbasierten Richtungsmodell der relaxierte Operator z.B. B, D und E als *above* A einstuft, gilt dies beim strikten Operator nur für D.

In der Masterarbeit ist eine eigene Definition des direktonalen Operators zu leisten, der insbesondere *Szenario I* – also einer eher natürlichsprachlichen Beschreibung – genügen muss.

Im Folgenden wird auf den Ablauf einer räumlichen Serviceanfrage eingegangen und an Hand dessen besonders wichtige Algorithmen und Theorien zur Realisierung eines Moduls zur Analyse räumlicher Relationen für den ISIS vorgestellt.

3.2 Ablauf einer räumlichen Serviceanfrage

Um räumliche Serviceanfragen beantworten zu können sind eine Reihe von Schritten durchzuführen:

1. Identifikation der relevanten IFC Entitäten
2. Extraktion der Geometriedaten
3. Transformation in ein gemeinsames Koordinatensystem
4. Überführung der Objektgeometrien in eine Datenbank
5. Anwendung der räumlichen Operatoren
6. Rückgabe der Ergebnismenge

Die für die Umsetzung der genannten Szenarien relevanten IFC-Entitäten sind *IfcBuilding* (Gebäude), *IfcBuildingStorey* (Stockwerke), *IfcSpace* (Räume), *IfcFurnishingElement* (Möbiliar). Die Extraktion der Geometriedaten erfolgt mit Hilfe der bereits erwähnten *Open IFC Tools*.

Die Schritte 3. bis 6. wurden noch nicht in den Vorarbeiten geleistet. Nachfolgend werden daher zunächst andere Forschungsergebnisse diesbezüglich betrachtet. Da es keine frei zugänglichen Bibliotheken in diesem Bereich gibt, wird anschließend ein eigener Ansatz entwickelt, den es in der Masterarbeit zu realisieren gilt.

Transformation in ein gemeinsames Koordinatensystem

Zunächst sind die Geometriedaten der entscheidenden IFC Entitäten zu extrahieren und in eine Form zu bringen, die für die Anwendung räumlicher Operatoren erforderlich ist. Einer einfachen Anwendung dieser Operatoren steht die Verschachtelung von Koordinatensystemen im IFC Standard entgegen.

Wie in Abb. 3.3 zu sehen, orientieren sich die Koordinatensysteme einzelner IFC Entitäten an ihrem umgebenden Containerlement (vgl. auch [20]). Um die für eine Abfrage relevanten Entitäten in ein gemeinsames Koordinatensystem zu transformieren, ist der Aufbau einer affinen Transformationsmatrix notwendig (Herleitung s. [21]):

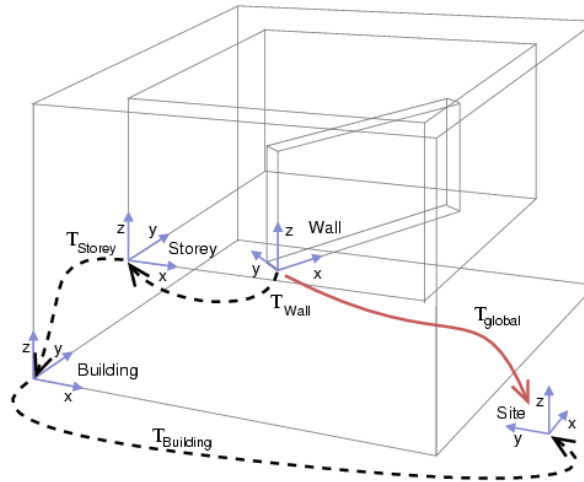


Abbildung 3.3: Prinzip der verschachtelten Koordinatensysteme in IFC; Quelle: [21]

$$T = \begin{pmatrix} x_x & y_x & z_x & l_x \\ x_y & y_y & z_y & l_y \\ x_z & y_z & z_z & l_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Mit Hilfe dieser Transformationsmatrix können nun alle relevanten IFC-Entitäten in ein gemeinsames Koordinatensystem (hier: des Stockwerks) transformiert werden.

Überführung in ein DBMS

Nach der Transformation erfolgt nun die Überführung der Bauteilgeometrien in eine Datenbank. Dazu ist eine genaue Betrachtung der Arbeiten von Dr. André Borrmann und seinem Team hilfreich. Wie in Kap. 2.3 geschildert, hat er sich mit dem Ziel einer räumlichen Abfragesprache intensiv mit effizienten Algorithmen für den dreidimensionalen Innenraum auseinandergesetzt. Zur Realisierung der räumlichen Anfragesprache auf Basis von *SQL 1999* wurde von Borrmann eine objekt-relationale Datenbank eingesetzt (u.a. [2]).

Auf Grund des strikt hierarchischen Aufbaus von Gebäuden wird in diesem Paper der Einsatz einer *Graphen-basierten Datenbank* vorgeschlagen. In Graphdatenbanken werden Daten in Graphen modelliert, gespeichert und ausgelesen [6]. Im Gegensatz zu relationalen Datenbanken, für die Datenmodelle aus objektorientierten Umgebungen typischerweise transformiert werden müssen (vgl. [10]), muss bei Graphdatenbanken keine konzeptuelle Transformation stattfinden.

Insofern hat eine Graphdatenbank in diesem Anwendungsgebiet den Vorteil, dass sie direkt die Struktur des Gebäudemodells widerspiegeln kann und daher eine natürlichere Modellierung des Anwendungsfeldes bietet (vgl. [1]). Dies wird bei einer Betrachtung des IFC Modells nochmals deutlich: eine Graphen-basierte Struktur ist in Form einer topologischen Repräsentation bereits vorhanden (IfcBuilding (Gebäude) $\rightarrow$ IfcBuildingStorey (Stockwerk) $\rightarrow$ IfcSpace (Raum) $\rightarrow$ IfcFurnishingElement (Möbiliar)), deren topologische Relationen zueinander durch den Operator *contains* bzw. *within* gegeben ist.

In der Graphdatenbank können nun die Geometrien dieser Entitäten direkt in den Knoten des Graphens gespeichert werden – hiervon sei Möbiliar zunächst ausgenommen. Da Möbiliar i.d.R. deutlich komplexere Formen als z.B. Räume aufweist, wird im folgenden ein Algorithmus zur Vereinfachung der Geometrie genauer dargestellt.

Anwendung räumlicher Operatoren

Nach diesem Schritt erfolgt die Anwendung räumlicher Operatoren im dreidimensionalen Raum. Um die Komplexität einer räumlichen Analyse zu verringern und um somit die Anfragezeit zu verkürzen, werden häufig hierarchische Verfahren eingesetzt. Zur effizienten Umsetzung der metrischen, topologischen und direktionalen Operatoren wurden hierzu AABB-Bäume ([25]), Octrees (u.a. [4]) sowie Slottrees vorgestellt (u.a. [2]).

Um die teilweise recht komplexen Gebäudeentitäten (insb. Möbiliar) zu vereinfachen, wird im Folgenden eine Komplexitätsreduktion durch den Einsatz von Octrees beschrieben.

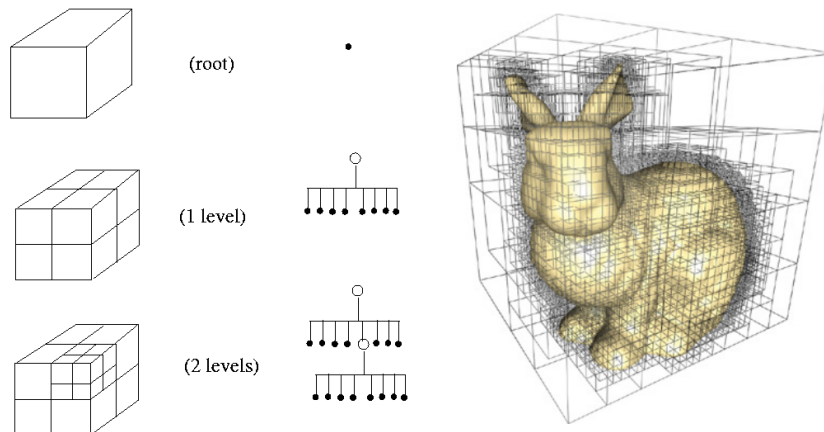


Abbildung 3.4: Links: Baumstruktur eines Octrees (Quelle: [22]); rechts: Octree am Beispiel einer Computergrafik (Quelle: [26])

Octrees sind eine dreidimensionale Erweiterung von Quadrees. Sie unterteilen den dreidimensionalen Raum in „Würfel“, die als Knoten im Baum fungieren, die wiederum 0 oder 8

Kindknoten enthalten, die den Raum des Elternelements in entsprechend kleinere Würfel unterteilen (siehe Abb. 3.4).

Hierbei werden nur nicht-leere Würfel durch Kindelemente verfeinert – je tiefer der Baum desto genauer wird die Repräsentation der ursprünglichen Geometrie. Für die in Kap. 1.1 genannten Szenarien sollte ein flacher Baum aus maximaler drei Ebenen ausreichen. Dies ist jedoch noch genauer zu untersuchen.

Der Octree einer Entität lässt sich wiederum an entsprechender Stelle in die bereits erwähnte Graph-Datenbank integrieren, sodass ein nahtloser Übergang zwischen Entitäten mit unbearbeiteter Geometrie (z.B. Räume) und durch einen Octree vereinfachter Geometrie entsteht. Dadurch bilden letztlich die Blätter aller Octrees eine Teilmenge der Blätter der Graphdatenbank (siehe Beispiel in Abb. 3.5).

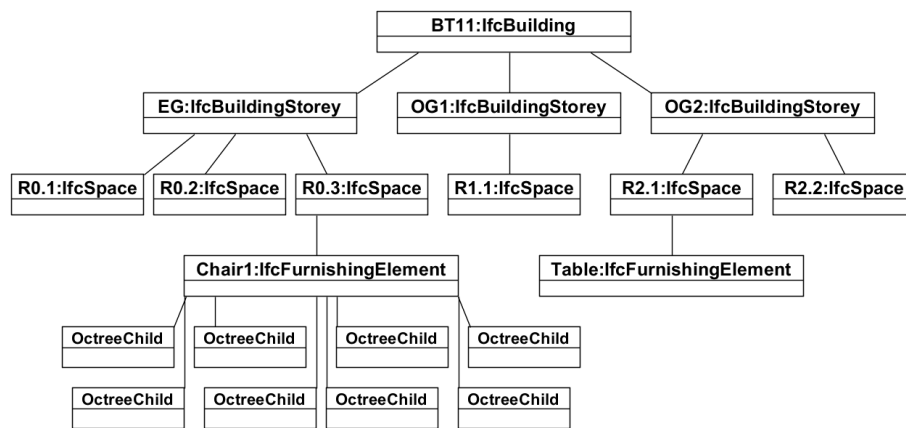


Abbildung 3.5: Beispielhafter Aufbau einer Graphdatenbank mit Gebäudemodell und Octree

Beim Traversieren des Graphen in der Datenbank lässt sich somit bereits frühzeitig eine topologische Aussage treffen (z.B. „Die Person befindet sich *im* Esszimmer.“). Auf Grund der (durch einen Octree) vereinfachten Geometrie von Mobiliar ist – durch simplen Abstandsvergleich aller Eckpunkte – eine metrische Aussage möglich („Die Person hält sich *im Abstand von* ca. 2m zum Esszimmertisch auf.“). Die Möglichkeiten einer *direktionalen* Aussage mittels Octree wurde wie bereits erwähnt u.a. in [4] ausführlich diskutiert und ist im Rahmen der Masterarbeit genauer zu untersuchen.

4 Schluss

4.1 Risiken

Die Risiken bei der Umsetzung des *Indoor Spatial Information Services* und insbesondere der in *Ziele der Masterarbeit* genannten Szenarien liegt zum einen in den Projektergebnissen der anderen Projektteams im Umfeld des Living Place. So ist in *Szenario I* eine hohe Präzision bei der Positionserkennung eines Gegenstandes auf Basis von Bilderkennungsverfahren erforderlich, da andernfalls die Ergebnisse der Suche von räumlichen Relationen nicht mit der Realität übereinstimmen.

Zum anderen liegt ein Risiko in der Komplexität der Zielstellungen und dem damit verbundenen Aufwand. Dies lässt sich durch die Definition einer kleinen Untermenge der genannten räumlichen Operatoren verringern.

4.2 Zusammenfassung

In diesem Papier wurde ein *Indoor Spatial Information Service* für intelligente Wohnumgebungen vorgestellt. Es wurde deutlich gemacht, welchen Nutzen ein derartiger Service, der u.a. Informationen über räumliche Relationen im Innenraum liefert, für Smart Homes bieten kann.

Der Schwerpunkt in der anstehenden Masterarbeit wird in der Umsetzung räumlicher Operatoren für den ISIS liegen. Hierzu wurde ein Realisierungsansatz auf Basis der Integration einer Octree Repräsentation dreidimensionaler Objekte in eine Graphen-basierte Datenbank aufgezeigt.

In den Vorarbeiten wurden die Grundlagen für den ISIS gelegt. Es wurde zunächst die Infrastruktur für eine Integration in den Living Place Hamburg geschaffen und anschließend die Architektur des ISIS entworfen und realisiert.

Der Living Place Hamburg wird mit dem *Indoor Spatial Information Service* um einen spannenden, neuartigen Serviceanbieter erweitert.

Literaturverzeichnis

- [1] Renzo Angles and Claudio Gutierrez. Survey of graph database models. *ACM Comput. Surv.*, 40:1:1–1:39, February 2008.
- [2] A. Borrmann, S. Schraufstetter, C. van Treeck, and E. Rank. An octree-based implementation of directional operators in a 3D spatial query language for building information models. In *Proc. of 24th CIB-W78 Conference on Information Technology in Construction*, 2007.
- [3] André Borrmann and Ernst Rank. Specification and implementation of directional operators in a 3d spatial query language for building information models. *Advanced Engineering Informatics*, 23(4):370–385, 2009.
- [4] André Borrmann and Ernst Rank. Topological analysis of 3d building models using a spatial query language. *Advanced Engineering Informatics, Elsevier Ltd.*, 23(4):370–385, 2009.
- [5] André Borrmann, Christoph Van Treeck, and Ernst Rank. 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.
- [6] M. Ciglan and K. Nørvåg. SGDB – Simple Graph Database Optimized for Activation Spreading Computation. In *Database Systems for Advanced Applications*, pages 45–56. Springer, 2010.
- [7] Fraunhofer-Gesellschaft. inhaus – innovationszentrum der fraunhofer gesellschaft, 2010. Letzer Zugriff 30.6.2010.
- [8] Industrie-Allianz für Interoperabilität (IAI e.V.). Industry foundation classes.
- [9] S. Gregor, M. Rahimi, M. Vogt, T. Schulz, and K.v.Luck. Tangible computing revisited: Anfassbare computer in intelligenten umgebungen. Technical report, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2009.
- [10] M. Gyssens, J. Paredaens, J. Van den Bussche, and D. Van Gucht. A graph-oriented object database model. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 6(4):572–586, August 1994.

- [11] Ulrich Hartmann. Metriken zur komplexitätsanalyse von produktmodellen. *Forum Bauinformatik 2010*, 1:8, August 2010.
- [12] Bastian Karstaedt. Wpf toolkit für interaktive, raumbezogene anwendungen. Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2009.
- [13] Bastian Karstaedt. Vergleichbare arbeiten – anwendungen des ifc produktdatenmodells in intelligenten wohnungen. Technical report, HAW-Hamburg, August 2010.
- [14] Bastian Karstaedt. Visualisierung von ifc gebäudemodellen unter verwendung einer game-engine. Präsentation, HAW-Hamburg, 2010.
- [15] Bastian Karstaedt. Visualisierung von semantischen 3d gebäudemodellen auf basis einer game-engine. Technical report, Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg, 2010.
- [16] Bastian Karstaedt. Entwicklung und integration des indoor spatial information services in den living place hamburg. Report, HAW-Hamburg, 2011.
- [17] Bastian Karstaedt and Prof. Birgit Wendholt. Anwendungen des ifc produktdatenmodells in intelligenten wohnungen. *Forum Bauinformatik 2010*, 1:8, August 2010.
- [18] Prof. Dr. Thomas H. Kolbe. Citygml, kml und das open geospatial consortium. Tagungsband zum 13. münchener fortbildungsseminar geoinformationssysteme an der technischen universität münchen, Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik, 2008.
- [19] Prof. Dr. Thomas H. Kolbe. Introduction – citygml and gml. Videolesson, Institute for Geodesy and Geoinformation Science; Berlin University of Technology, 2009.
- [20] Thomas Liebich. *IFC 2x Edition 3 Model Implementation Guide V.2.0*. buildingSMART International – Modeling Support Group, Mai 2009.
- [21] Jan Mentzel. Framework zur bearbeitung des ifc produktdatenmodells am beispiel der wandsegmentierung. Master's thesis, FH Karlsruhe, Fachbereich Architektur und Bauwesen, Studiengang Bauingenieurwesen, 2003.
- [22] Nvidia. A gpu-accelerated hierarchical structure: The n3-tree. Webseite. Zuletzt gesehen am 24.11.2010.
- [23] N. Paul and A. Borrmann. 3d spatial query language for building information models. Webseite, August 2010. Zuletzt betrachtet: 05.08.2010.
- [24] G. Retz-Schmidt. Various views on spatial prepositions. *AI magazine*, 9(2):95, 1988.
- [25] S. Schraufstetter and A. Borrmann. Aabb-bäume als grundlage effizienter algorithmen für operatoren einer räumlichen anfragesprache. In *Tagungsband des 19. Forum Bauinformatik*, 2007.

-
- [26] MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory. Constructive solid-geometry methods. Webseite.
- [27] TCom. Herzlich willkommen im tcom haus. Webseite. Letzter Zugriff 1.7.2010.
- [28] Jan Tulke, Eike Tauscher, and Michael Theiler. Open ifc tools – processing / visualisation / 4d. Zuletzt gesichtet am 22.11.2010.