

EIN FRAMEWORK ZUR DEFINITION UND DURCHFÜHRUNG INTERDISZIPLINÄRER, MODELLÜBERGREIFENDER ANALYSEN AM BEISPIEL SOLARER EINSTRAHLPOTENTIALE IM URBANEN KONTEXT

Ulrich Hartmann¹, Petra von Both¹, Saoussen Arfaoui¹

¹Fachgebiet Building Lifecycle Management, Karlsruher Institut für Technology (KIT),
 Karlsruhe, Deutschland

KURZFASSUNG

Im Bauwesen und Städtebau sind aufgrund der fachübergreifenden Problemstellung an einer Analyse häufig mehrere Modelltypen beteiligt. Ein Zusammenführen der beteiligten Modellschemas erschwert aufgrund der erhöhten Gesamtkomplexität die Formulierung einer Analyse. Im DFG-Projekt "Ein modellgetriebener Ansatz zur Integration von Produktmodellen in domänenübergreifende Analyseprozesse" wurde daher ein Konzept entwickelt, das die dynamische Spezifikation eines Analysemodells mit einer dem Problem angemessenen Komplexität erlaubt. Fachdomänenexperten können in einer von ihnen selbst gewählten domänenspezifischen Sprache und der entsprechenden Syntax und Semantik modellübergreifend interagieren. Dazu wurde ein auf Begriffsebene ansetzendes Integrationskonzept entwickelt. Die Modellbildung erfolgt auf zwei Abstraktionsebenen: Der Analyseexperte entwirft zunächst sein Analysemodell in seiner eigenen Begriffswelt, anschließend fügt ein Modellierungsexperte, der sich mit den Schemas der verwendeten Quelldatenmodelle auskennt, die entsprechenden Abbildungsbeziehungen hinzu. Danach kann ein Analysemodell unter Verwendung der Objekte aller beteiligten Quellmodelle generiert werden. Dieses besitzt eine dem Analyseproblem angemessene – weitaus geringere – Komplexität, als die Quellmodelle.

ABSTRACT

Due to the domain-spanning nature of investigations in urban development and civil engineering, frequently more than one model type is involved in an analysis. A unification of those model types (schemas) would cause an increase in complexity, thus making the formal specification of the analysis more complex.

In a project sponsored by the "Deutsche Forschungsgemeinschaft" (DFG) German research funding organization, a concept for the dynamic specification of an analysis model with reasonable complexity has been developed. The underlying goal was to ease the integration of product models into cross-domain

analysis processes. Domain experts should be enabled to use their own domain-specific language when interacting with models of other domains. An integration concept based on terms has been developed. The analysis model is specified on two consecutive abstraction levels. On the first level the expert defines the analysis model schema, on the second level a modelling expert, familiar with schemas of the underlying source models, assigns mapping relations between the analysis model objects an the source model objects. After that, an instance of the analysis model can be generated out of the pool of objects encountered in all participating source models. Obviously, the complexity of the resulting analysis model will be scaled to the analysis problem.

EINLEITUNG

Die interdisziplinäre Analyse auf Basis digitaler Modelle stößt an ihre Grenzen, wenn ein einzelner Modelltyp nicht den semantischen Gehalt aufweist, der für die angestrebte Analyse erforderlich wäre. Die Analyse muß in diesem Fall auf zwei oder mehr Modelle unterschiedlichen Typs (Schema) zurückgreifen. In diesen Fällen stehen dazu zwei prinzipielle Lösungswege offen: Erstens, die Integration zweier oder mehrerer Modelltypen zu einem Gesamtmodelltyp mit passendem Informationsumfang oder zweitens, die namensraumübergreifende Anpassung der Analyseformulierung unter Wahrung der Eigenständigkeit der einzelnen Modelltypen. Die zu bewältigende Komplexität wächst in beiden Fällen stark an. Die Wahl besteht lediglich zwischen einer erhöhten Modellkomplexität als Resultat der Schemavereinigung oder einer erhöhten Komplexität bei der Formulierung der Analyse, die dann Assoziationsbeziehungen zwischen den verschiedenen Modelltypen berücksichtigen muss. Zur Ermittlung der Modellkomplexität können Metriken herangezogen werden, die einen Komplexitätsvergleich zwischen Modellen ermöglichen. Es kann gezeigt werden, das Modellstrukturen starken Einfluss auf die Komplexität der Algorithmen haben, die diese Strukturen verwenden (Hart 2010).

Im DFG-Projekt "Ein modellgetriebener Ansatz zur Integration von Produktmodellen in domänenübergreifende Analyseprozesse" wurde ein Konzept entwickelt, das bei einer Beteiligung von mindestens zwei Domänenmodellen unterschiedlichen Typs, beispielsweise IFC und CityGML, die dynamische Spezifikation eines Analysemodells erlaubt, das auf den verwendeten Quellmodellen aufbaut. Das Analysemodell enthält lediglich die zur Analyse der betrachteten Problemstellung notwendigen Konzepte.

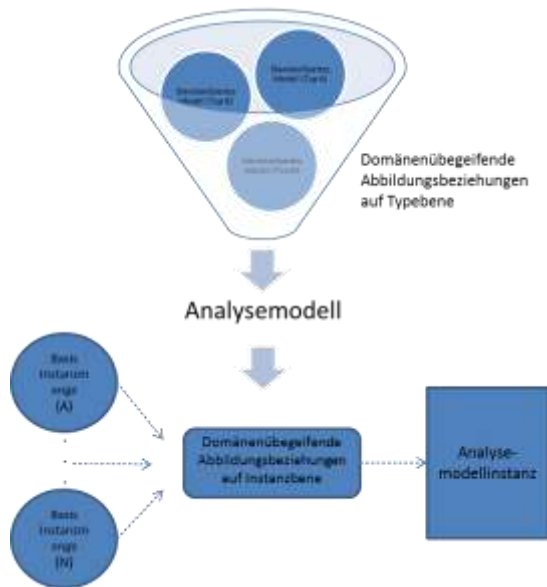


Abbildung 1: Abbildung von Produktmodellinstanzen auf ein Fachdomänenmodell

Die Abbildungsbeziehungen werden separat von der Definition des Analysemodells formuliert (Abbildung 1). Durch diese Aufteilung der Modellierungsaufgabe in die Einzelschritte Modellspezifikation und Modellabbildung wird sowohl eine Komplexitätsreduktion der Einzelmodule also auch der Gesamtkomplexität erzielt.

Nach Spezifikation und Instanziierung des Analysemodells können Fachdomänenexperten in der von ihnen selbst definierten Sprache und Ontologie modelltypübergreifend oder auch mit Modellen nur eines einzigen Typs interagieren. Das auf Begriffsebene ansetzende Integrationskonzept erlaubt neben der Abbildung der bestehenden Begriffswelt einer Fachdomäne auch eine Ergänzung auf Ebene des Analysemodells um weitere Eigenschaften, beispielsweise damit Analyseergebnisse abgelegt werden können. Durch Schaffung einer Abstraktionsebene zwischen Modell und Prozess (bzw. Analyseanwendung) wird eine Anpassung des semantischen Gehaltes an die Bedürfnisse des Modellnutzers und seiner aktuellen Analyseaufgabe erreicht. Das Konzept formalisiert die Trennung von Schnittstellendefinition und Schnittstellenimplementierung und ermöglicht so eine Arbeitsteilung zwischen

Fachexperten der Problemdomäne (z.B. einer Ingenieurdisziplin) und den Modellierungsexperten für das jeweilige Standardmodell (Informationswissenschaften). Das Analysemodell als Schnittstelle zur Analyseanwendung erlaubt damit den Fachdomänenexperten eine Formulierung ihrer Konzepte in der für die Fachdomäne üblichen Form (vgl. Abbildung 3). Die Umsetzung in die Notation eines Standardmodells wird anschließend von Experten für die dort verwendeten informationstechnischen Konzepte vorgenommen. Dazu wurde das zweigliedrige Konzept der deklarativen Modellsemantik entwickelt. Es ermöglicht den Modellnutzern, die Modellkomplexität auf Zugriffsebene den Erfordernissen des betreffenden Anwendungsfalles anzupassen. So kann der Modellnutzer trotz gleichzeitigem Zugriff auf zwei Modelle unterschiedlichen Typs jedoch Dank einer auf Metaebene ausgeprägten modellübergreifenden Schnittstelle auf ein einziges homogenes Modell zugreifen. Die physische Eigenständigkeit beider zu Grunde liegenden Quellmodelle bleibt dabei erhalten.

Im genannten DFG-Projekt wurde ein Framework Prototyp entwickelt, welcher die Spezifikation und Instanziierung entsprechender Analysemodelle auf Basis mehrerer Fachdomänenmodelle unterschiedlichen Typs ermöglicht und die entsprechenden Werkzeuge bereitstellt. Die Arbeitsweise wird am Beispiel einer modellübergreifenden Analyse durch Untersuchung der Einzelgebäude (IFC) im urbanen Kontext (CityGML) verdeutlicht. Im Beispiel soll das Energiegewinnungspotenzial urbaner Dachflächen untersucht werden. Während das Stadtmodell (CityGML) über die notwendigen Angaben im urbanen Kontext verfügt (Lage, räumliche Orientierung, Abschattung), trägt das Bauwerksmodell exakte Informationen zur Art, Ausprägung und Orientierung entsprechender Gebäudeflächen bei. Die Referenzierung der Quellobjekte in ihren jeweiligen Namensräumen wäre bei der Formulierung einer interdisziplinären Modelanalyse äußerst hinderlich und würde zu einem unerwünschten Ansteigen der Komplexität bei der Formulierung der Analyse führen. Ein weiterer Anstieg wäre durch die in den unterschiedlichen Modelltypen verwendeten Identifikatorsystematiken zu erwarten.

Ein Analyseexperte sollte daher sein Analysemodell unabhängig von existierenden Datenstrukturen und Datenquellen auf rein logischer Basis entwerfen können. Erst in einem zweiten Schritt fügt ein Modellierungsexperte, der über die Kenntnis entsprechender Modellnotationen und Datenstrukturen der verwendeten Modelltypen verfügt, die entsprechenden Abbildungsbeziehungen hinzu. Das im Rahmen des Projekts entwickelte Framework stellt hierzu die entsprechenden Funktionalitäten und Werkzeuge bereit.

FRAMEWORK ZUR DOMÄNENÜBERGREIFENDEN ANALYSE

Problemstellung

Im Bauwesen und im Städtebau haben sich bereits seit vielen Jahren digitale Modelle etabliert, welche die jeweiligen Fachdomänenkonzepte in einem gewissen Umfang abbilden können. Diese Modelle haben zum Teil den Status eines internationalen Standards erlangt. Das IFC-Schema ist ein bekannter Vertreter dieser Art aus dem Bauwesen. Es stellt die zentrale Arbeitsleistung von buildingSMART International (bSI) dar. Die buildingSmart versteht IFC¹ als ein Standardformat zur Beschreibung eines Building Information Models (BIM). Es repräsentiert die Struktur der Information und deren Beziehung zu anderen Informationen. IFC definiert, wie Informationen in allen Phasen eines Gebäudelebenszyklus bereitgestellt und gespeichert werden (Wix 2007). Der Informationsgehalt reicht von reiner Geometrie, über Berechnungen, Mengen, den Gebäudebetrieb, Preisfestlegungen usw. bis zu den unterschiedlichsten Fachgebieten (Architektur, Elektro, HVAC, Strukturmechanik, Gelände usw.). Die Vision der Abdeckung des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks mit einem einzelnen Modelltyp führt zu einer Komplexität des Gesamtmodells, die häufig den wünschenswerten Rahmen einer einzelnen Fachdomäne übersteigt.

Bezieht man die Prinzipien der Modelltheorie in diese Betrachtungen ein, lässt sich feststellen, dass der Integrationsgedanke als Motivation für ein viele Fachdomänen umfassendes Produktdatenmodell dem Prinzip der Abstraktion, also dem bewussten Weglassen von Informationen, zuwiderläuft. Dieses wird "bezahlt" mit einer erhöhten Komplexität auf Typebene (Schema) und bei der Handhabung der Teilmodellinstanzen (MVDs). Sowohl die Extraktion von Teilmodellen aus dem gesamten Modell, als auch die Re-Integration von Teilmodellen in das Gesamtmodell hat bereits einen erhöhten technischen Aufwand, beispielsweise in Form von Client/Server-Architekturen zur Folge. Dort müssen die Abbildungsbeziehungen zwischen Gesamtmodell und Teilmodell implementiert werden. Mit einzelnen, in sich konsistente Teilschemas, so genannten Model View Definitions (MVDs) versucht buildingSMART daher, die Komplexität auf das für die jeweilige Teilfachdomäne notwendige Maß zu reduzieren, indem die MVD lediglich die Konzepte der Fachdomäne sowie die zur Koordination notwendigen Elemente enthält. Die Auswahl der in einer MVD enthaltenen Modelkonzepte impliziert jedoch wiederum ein Spektrum von Anwendungsfällen, dass sich nicht in allen Fällen mit der

Zielsetzung der in diesem Bereich tätigen Anwendungen decken kann.

Bei anderen Standardmodelltypen sind ähnliche Bestrebungen zu beobachten, die einer strengen Anwendung modelltheoretischer Prinzipien entgegenstehen. So werden in den international anerkannten Standard für Stadtmodelle CityGML² Modelldaten aus IFC importiert, um bestimmten Anwendungsfällen Rechnung zu tragen. Die daraus resultierenden Redundanzen sind für den Anwendungsfall der reinen Visualisierung zwar tolerierbar, da der Informationsfluß bei Änderungen hier klar ist. Allerdings sind Redundanzen nicht aus dem Modell selbst heraus ersichtlich, da die referenziellen Beziehungen zum Ursprungsmodell nicht modelliert sind. Die Notwendigkeit zur Aktualisierung von Daten kann daher lediglich über implizite Informationen außerhalb der beteiligten Modelle ausgedrückt werden.

Domänenspezifische Modeldefinition

Das im vorangehenden Abschnitt genannte Vorgehen birgt die genannten systemimmanenten Nachteile der Redundanzbildung und der wachsenden Komplexität aufgrund einer weniger rigorosen Auslegung des Abstraktionprinzips der Modelltheorie und der technischen Abbildung auf die jeweils verwendeten digitalen Modelle.

Offenkundig sind Experten einer Fachdomäne in der Lage, eine Problemstellung mit den Fachkonzepten ihrer Fachdomäne und der dort üblichen domäneneigenen Fachsprache zu formulieren und damit den logischen Ablauf einer Analyse oder einer Simulation auszudrücken. Digitale Modelle verwenden dagegen häufig eine Notation und Semantik, die hiervon deutlich abweicht. Neben der logischen Komplexität bei der Formulierung von Analysen und Simulationen auf Fachebene kommt daher die technische Komplexität der Abbildung auf die jeweilige Modelltypebene hinzu.

Wünschenswert wäre ein Verfahren, mit dem zum einen die Abhängigkeiten zwischen den Datenquellen explizit modelliert werden könnten und zum anderen die Komplexität der zu untersuchenden Datenmenge insgesamt auf die Notwendigkeiten des jeweiligen Anwendungsfalls skaliert werden könnte. Dabei sollte es möglich sein, die Modellierung bzw. Problemformulierung auf der Abstraktionsebene des Fachdomänenexperten durchzuführen, auch wenn die technische Umsetzung auf Ebene standardisierter Datenmodelle geschieht.

Lösungsansatz

Produktmodelle haben mit ihrer Mächtigkeit das Ziel der vollständigen Abdeckung mehrerer Fachbereiche

¹ ISO-Standard 16739

² OGC Standard und ISO TC211

und der Koordinierung der Zusammenarbeit. Analysen dagegen zielen auf einen eng umrissenen Teilbereich aus dem Spektrum der Gesamtkonzepte eines oder mehrerer Produktmodelle ab. Das bewusste Außerachtlassen großer Anteile der Konzepte von Produktmodellen zum Zwecke der Analyse kann daher als Anwendung des Abstraktionsprinzips der Modelltheorie betrachtet werden. Hierunter fällt auch die Trennung der Gesamtinformation in einen Informations- und einen Exformationsanteil. Der Begriff der Exformation wurde vom dänischen Wissenschaftsjournalisten Tor Nørretranders (Nørre 1998) publiziert und bezeichnet diejenigen Anteile, die bei einem Informationsaustausch ausdrücklich weggelassen werden. Den kommunizieren Parteien ist jedoch implizit der außer Acht gelassene Anteil bekannt. Dieser gemeinsame Kontext wird als Exformation bezeichnet. Nur durch die implizite Kenntnis der Exformation ist die ausgetauschte Information überhaupt interpretierbar.

Im vorgestellten Lösungsansatz besteht der Informationsanteil aus dem vom Fachdomänenexperten spezifizierten Analysemodell. Das Analysemodell enthält die vom Domänenexperten entwickelten Fachkonzepte, die für die Analyse benötigt werden. Sie sind zunächst unabhängig von Konzepten anderer Modelle, auch wenn diese später die Datenquelle zur Instanziierung des Analysemodells bilden. Die als Datengrundlage herangezogenen Produktmodelle entsprechen dem Exformationsanteil, die dort vorhandenen Konzepte und deren Syntax und Semantik müssen nicht in das Analysemodell übernommen werden. Dennoch bestehen inhaltliche Beziehungen zwischen Konzepten des Analysemodells und Konzepten der verwendeten Produktmodelle.

Vorgehensweise

Das im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelte Framework stellt die notwendigen Module zur Abwicklung aller Teilschritte einer modellübergreifenden Analyse, von der Modelldefinition bis zur programmatischen Durchführung der Analyse, bereit. Wie in Abbildung 2 dargestellt gliedert sich der modellübergreifende Analyseprozess dabei in drei Schritte:

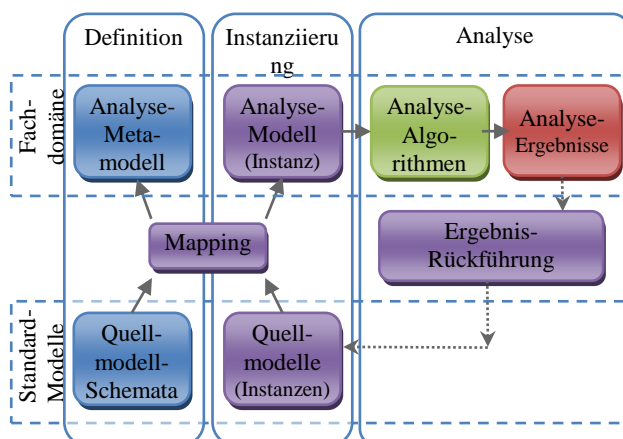


Abbildung 2 Teilschritte der modellübergreifenden

Definitionsphase

Der hier vorgestellte Lösungsansatz trennt in der Definitionsphase die Abbildung der Beziehungen zwischen Quell- und Zielmodellen von der Modellierung des Analysemodells selbst.

Das entwickelte Framework stellt dabei Werkzeuge zur Verfügung, welche die Nutzung der zur Verfügung stehenden Funktionalität des Frameworks erleichtern. Hierzu zählt beispielsweise ein Editor zur grafischen Spezifikation des Analysemodells. Er unterstützt ein zweistufiges Vorgehen:

- Im ersten Schritt formuliert der Domänenexperte sein Analysemodell. Er verwendet die von ihm als sinnvoll erachtete Syntax und Semantik, und spezifiziert die für die Analyse sinnvollen Ontologien (Abbildung 4).
- Im zweiten Schritt formuliert der Modellierungsexperte die Abbildung von Beziehungen zwischen den Konzepten des Analysemodells und den Konzepten derjenigen Produktmodelle, die als Datengrundlage des Analysemodells dienen sollen.

Durch diese Trennung ist eine arbeitsteilige Lösung der Gesamtaufgabe möglich. Domänenexperten müssen sich nicht einer langwierigen Einarbeitung in ein oder mehrere Produktdatenmodelle unterziehen, sondern können sich auf die Formulierung der Analyseaufgabe konzentrieren. Der hinzugezogene Modellierungsexperte kann im zweiten Schritt und ohne Detailkenntnis der Analyseaufgabe die Abbildungsformulierungen hinzufügen. Die vorgenommene Trennung in Fachdomänen- und Modellierungsexpertenanteile erlaubt die bereits von (Polly 1996) vorgeschlagene arbeitsteilige Vorgehensweise.

Sind Analyseszenarien standardisierbar oder kommen innerhalb des Nutzungskontextes oder Projektes mehrfach vor, so kann auch für Folgeanalysen auf die bereits vorliegenden Definitionen zurückgegriffen werden.

Instanziierung

Ein Analysealgorithmus verarbeitet eine Instanz eines Analysemodells. Die Analysemodellinstanz ist eine Ausprägung des Analysemodell-Schemas, das der Fachdomänenexperte entworfen hat. Die Objekte des Analysemodells werden auf Basis der hinzugezogenen Quellmodellinstanzen instanziiert. Der grafische Editor, den das Framework zur Verfügung stellt, legt die Analysemodell-Schemabeschreibung im Hintergrund als Metainformation in XML-Notation ab. Die vom Framework zur Verfügung gestellte XML-Notation bietet Elemente zur Spezifikation von Objekttypen des Analysemodells und zur Beschreibung von Abbildungsbeziehungen zwischen Analysemodell- und Quellmodellinstanzen. Hierzu wurde ein XML-Schema entwickelt. Die drei Ebenen, Schemabeschreibungssprache, Analyse-

modellschema und Analysemodellinstanz stehen somit jeweils zueinander in einem Metaebenenverhältnis. Auf oberster Abstraktionsebene steht das Schema, welches die Elemente zur Spezifikation des Analysemodell-Schemas bereitgestellt. Unter Verwendung dieser Elemente kann ein konkretes Analysemodellschema beschrieben werden. Eine Analysemodellinstanz entspricht diesem Analysemodellschema.

Abbildungsbeziehungen

Ein Analysemodellobjekt gibt nur den für die Analyse wichtigen Teil von Objekteigenschaften wieder. Dieser wichtige Informationsanteil wird Objekten der hinzugezogenen Quellmodelle entnommen. Die Beschreibung der Beziehung zwischen Analysemodellobjekt und Quellmodellobjekt, die diese Übernahme von Eigenschaften beschreibt, hat ein Modellierungsexperte vorgenommen. Er ist mit den Notationen der jeweils herangezogenen Produktdatenmodelle vertraut und kann daher die Abbildung von Instanzen der herangezogenen Produktdatenmodelle auf Instanzen des Analysemodells beschreiben. Zur Beschreibung dieser Abbildungsbeziehungen reicht die Angabe von Quell- und Zielschema allein nicht aus, da ein Schema keine konkreten Objekteigenschaften sondern lediglich Typinformationen enthält. Soll beispielsweise nur dann ein Analyseobjekt instanziiert werden, wenn im Quellmodell ein Objekt mit bestimmten vorgegebenen Eigenschaften angetroffen wird, reicht die reine Schemainformation nicht aus. Es sind weitere einschränkende Angaben notwendig. Das Framework erlaubt daher die Spezifikation der Einschränkungen mithilfe der Object Constraint Language (OCL). OCL ist eine typisierte, deklarative Notationssprache zur Analyse und Entwurf von Objekten (Klassen) und wird häufig beim Entwurf von Softwaresystemen eingesetzt. Sie ist ein Bestandteil (Untermenge) des Industriestandards Unified Modeling Language (UML) und erlaubt die Bearbeitung von Elementmengen durch Spezifikation von Einschränkungen und deren Anwendung auf Objektmodelle. Einschränkungen sind besonders deshalb sehr wichtig, weil Entwickler damit in deklarativer Weise einen Satz von individuellen Regeln für einzelne Objekte festlegen können. Objekte, die den spezifizierten Einschränkungen genügen, können dann auf die Zieleobjekte -in diesem Fall Analysemodellobjekte- projiziert werden. Durch die Projektion werden nur diejenigen Eigenschaften übertragen, die im Zielobjekt definiert sind.

Abbildungsbeziehungen können nicht nur instanzbildende Beziehungen zwischen Quell- und Analysemodellen beschreiben. Weit häufiger sind Beziehungen, die Eigenschaften aus unterschied-

lichen Objekten der Quellmodelle in einem neuen Objekt (hier Analyseobjekt) zusammenfassen. Diese Eigenschaften können aus Quellenmodellen von unterschiedlichen Fachdomänen entnommen werden. In diesem Fall ist das Analysemodell Grundlage für eine domänenübergreifende Analyse.

Werden Attribute aus unterschiedlichen Quellmodellen in einem Analysemodellobjekt zusammengefasst, so ergibt sich aufgrund eines unterschiedlichen Aufbaus und einer unterschiedlichen Systematik der Objekt-Identifikatoren beider Systeme die Notwendigkeit, assoziierte Objekte explizit zu verknüpfen. Soll beispielsweise eine Flächeninformation eines Bauwerks aus einem Modell entnommen werden, dem ein IFC-Schema zu Grunde liegt, während das Bauwerk selber in einem CityGML-Format vorliegt, so muss der IFC-Identifikator des Gebäudes im IFC-Modell mit dem CityGML-Identifikator des Stadtmodells tabellarisch verknüpft werden. Da die Identifikatoren beider Modelltypen grundsätzlich unterschiedlich generiert werden, ist eine automatische Verknüpfung nicht möglich. Der grafische Editor des Frameworks bietet daher eine Hilfestellung bei der Spezifikation der assoziierten Identifikatoren.

Enthalten die über Modellgrenzen hinweg zu verknüpfenden Elemente Eigenschaften, die den Anforderungen an einen Identifikator standhalten, so können diese als Pseudo-IDs verwendet werden. Im vorliegenden Falle kämen als Pseudo-ID die Attribute Straßenname und Hausnummer infrage, da Sie potenziell sowohl in IFC als auch in CityGML (optional) vorhanden sind.

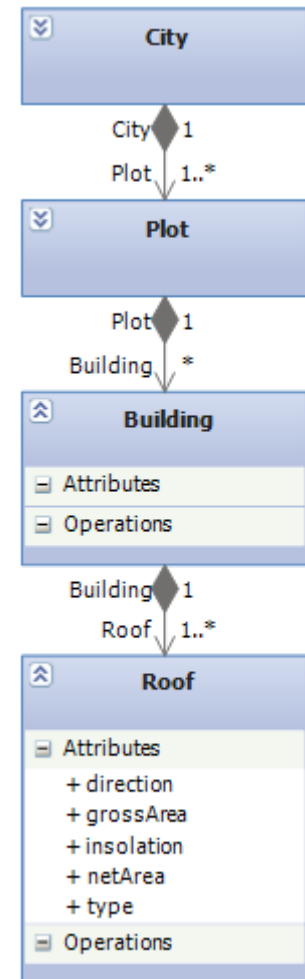


Abbildung 3 Schema zur Analyse von exponierten Flächen im Stadtgebiet

Beispielanalyse - Solare Einstrahlungspotentiale im urbanen Kontext

Der Einsatz des Frameworks soll abschließend anhand einer einfachen Analyseaufgabe verdeutlicht

werden: Untersucht werden soll der Flächenanteil innerhalb eines Stadtgebietes, der zur Energiegewinnung aus Sonnenenergie herangezogen werden kann. Die Eignung von Flächen unterliegt vielfältigen Kriterien. Dieses sind neben technischen Anforderungen auch städtebauliche und stadtplanerische Kriterien.

Unterschiedliche Kommunen besitzen in der Regel unterschiedliche Kriterienkataloge, daher ist eine flexible Anpassungsfähigkeit des Analysemodells an die örtlichen Kriterien erforderlich. Der kommunale Datenbestand variiert zum Teil erheblich in seiner technischen Ausprägung und seinem Detaillierungsgrad. Auf der Ebene der Abbildungsbeziehungen zwischen Analysemodell und Datenbestand wirkt sich daher auch hier die Anpassungsfähigkeit des Frameworks günstig aus, sie erlaubt eine Anpassung der Abbildungsbeziehungen, ohne Eingriff in die Definition des Analysemodells. Es ist daher denkbar und wünschenswert, dass allein der Modellierungsexperte Entscheidungen über die technische Anbindung der zu verwendenden Datenquellen trifft. Dieses wird durch die Trennung der Spezifikationen beider Teilaufgaben ermöglicht. Die Durchführung der Analyse vollzieht sich im Framework in den folgenden Schritten:

1. Spezifikation des Analysemodells



Abbildung 4
Spezifikation des
Analysemodellschemas
im Framework Editor

Die Spezifikation des Analysemodells geschieht unter Verwendung des vom Framework zur Verfügung gestellten Schemas. Es enthält die Meta-Information des Analysemodells und wird in Form einer XML-Datei an das Framework übergeben. Die Spezifikation des Analysemodells wird vom Fachdomänenexperten, der die Analyse vornehmen will, erstellt. Es enthält noch keinerlei Festlegungen hinsichtlich der zu verwendenden Quellmodelltypen. Die Pilotimplementierung des Frameworks stellt einen grafischen Editor als Werkzeug zur visuellen Erstellung von Analysemodellen bereit (Abbildung 4). Dieses Werkzeug nutzt die

Schnittstellen (API) des Frameworks zur Spezifikation des Analysemodells. In der vorliegenden Analyse entwirft der Fachdomänenexperte auch das Schema in Abbildung 4. Es enthält als Objekttypen die Katasterinformation (Flurstück) und die jeweils dort angetroffenen Flächen mit den flächenbezogenen Eigenschaften (Brutto- und Nettofläche, Flächentyp, Flächennormale). Zusätzlich wird ein Attribut zur Eintragung der aktuellen Einstrahlungsleistung angelegt.

2. Wahl geeigneter Quellmodelltypen

Die Formulierung der Abbildungsbeziehungen zwischen Quellmodellen und Analysemodell ist Aufgabe eines Modellierungsexperten, der mit der Notation und den „best practices“ der in Frage kommenden Quellmodelltypen vertraut ist. Unter Berücksichtigung verfügbarer Datenquellen wählt er die zur Anwendung kommenden Modelltypen (Schemas) der Quellmodelle aus. Dabei kann er aus dem Satz zuvor im administrativen Teil des Frameworks registrierter Modelltypen auswählen. Dadurch wird sichergestellt, dass ausschließlich Modellinstanzen eines zulässigen Typs verwendet werden. Durch die Typzuordnung können die Inhalte von Modelldateien ggfs. gegen das vorgeschriebene Schema geprüft werden. Im vorliegenden Beispiel wird auf Stadtebene von einem Modell im CityGML-Format Gebrauch gemacht. Es enthält die im Analysemodell gewünschte Katasterinformation sowie die Gebäudedaten auf Stadtebene. Als Einstrahlflächen können dem CityGML-Modell bereits Anteile der Erdoberfläche entnommen werden, Informationen über die äußere Hülle von Gebäuden, insbesondere die Dachflächen liegen aber in einem zu geringen Detaillierungsgrad vor. Da diese Informationen für die vorliegende Analyse von besonderem Interesse sind, müssen Sie aus anderen Datenquellen beschafft werden. In diesem Beispiel wird für jedes Gebäude vom Vorliegen eines Gebäudemodells im IFC-Format ausgegangen. Dieses Format enthält die gewünschten Detailinformationen zur Berechnung von Netto- und Bruttodachflächen, sowie deren räumliche Orientierung (Flächennormale) entsprechend dem Klassendiagramm in Abbildung 3.

3. Spezifikation der Abbildungsbeziehungen (mapping) zwischen Quellmodellen und Fachdomänenmodell

Der bereits erwähnte grafische Editor stellt Methoden zur Erstellung von Abbildungsbeziehungen bereit (Abbildung 4). Es nutzt die Schnittstellen (API) des Frameworks zur Spezifikation des Analysemodells. Nach diesem Teilschritt ist das Analysemodell und dessen Beziehung zu seinen Quellmodellen vollständig definiert. In der vorliegenden Analyse müssen die Gebäudeinformationen aus dem CityGML zur Auswahl des zutreffenden IFC-Modells heran-

gezogen werden, um die Dachflächeninformation des IFC-Modells auf das entsprechende Flächenobjekt des Analysemodells abzubilden.

4. Generieren des Fachdomänenmodells (Instanz) basierend auf Quellmodellinstanzen

Der Administrationsteil des Frameworks enthält neben einer Projektverwaltung auch eine Modellverwaltung. Sie stellt zum einen die Konsistenz der Modelldaten hinsichtlich ihrer Zuordnung zu Analysen sicher, zum anderen verwaltet sie den physischen Ort der Daten und deren technische Anbindung (Datei, Datenbank). Nach Auswahl dieser konkreten Instanzen der Quellmodelle kann der Modellgenerator anhand der Abbildungs-Spezifikation die Instanziierung von Analysemodellelementen vornehmen. Nachdem eine Instanz des Analysemodells generiert wurde, ist das Framework bereit eine Analyse durchzuführen.

5. Auswahl geeigneter Analyse-Algorithmen

Analysealgorithmen sind in Analysemodulen implementiert, die dynamisch in das Framework integriert werden können. Im Registrierungsprozess für Analysemodule wird sichergestellt, dass die Konsistenz zwischen Analysemodell und Analysemodul hinsichtlich der verwendeten Elementtypen gewährleistet ist. Einfache Analysealgorithmen können im Framework direkt eingegeben werden, komplexere Algorithmen können in externen Modulen implementiert werden. Diese müssen geeignete Schnittstellen zum Empfang des Analysemodells und zur Rückgabe von Ergebnissen implementieren. Für die hier beispielhaft durchgeführten Analyse stehen drei Analysemodule zur Verfügung. Das erste Modul wurde direkt in das Framework eingegeben, es berechnet lediglich die Gesamtsumme aller Einstrahlflächen. Das Ergebnis kann zur Abschätzung und Kontrolle der folgenden Analysen herangezogen werden. Das zweite Modul berechnet eine detaillierte Aufstellung aller Brutto- und Nettoflächen geordnet nach Flächentyp (Dachfläche, Gelände). Das dritte Modul berücksichtigt darüber hinaus die räumliche Orientierung der aufgefundenen Flächen und kann über den als Parameter übergebenen Vektor der Einstrahlungsrichtung die daraus resultierende Einstrahlungsenergie berechnen. Durch wiederholte Berechnungen dieser Art mit unterschiedlichen Einstrahlrichtungen können jahreszeitliche und tageszeitliche Einstrahlprofile berechnet werden.

6. Anwendung von Analyse-Algorithmen auf die Analysemodell-Instanz

Die Prozesssteuerung für Analyseprozesse übergibt dem gewählten Analysemodul nun die aktuelle Analysemodellinstanz und stößt dadurch den Analysealgorithmus des Analysemoduls an.

Analysemodule werden innerhalb einer Sandbox-Umgebung ausgeführt und können jederzeit angehalten oder abgebrochen werden. Nach technisch fehlerfreier Ausführung gibt das Analysemodul das Analyseergebnis in Form eines XML-Dokuments zurück. Sofern ein Anzeigemodul für den vorliegenden Analyseergebnistyp vorliegt, kann die Analyseprozesssteuerung das Ergebnisdokument zur Anzeige an die Nutzeroberfläche übergeben. Analog zur Erweiterbarkeit durch Analysemodule sieht das Framework auch eine Erweiterbarkeit durch zusätzliche Module für die Ergebnisdarstellung vor. In der derzeitigen Framework-Implementierung ist lediglich ein Standardausgabemodul registriert, das die Ergebnisdaten tabellarisch anzeigt. Für spezielle Analyseergebnisse können weitere Module registriert werden, die auf die speziellen Gegebenheiten der Analyse eingehen. So ist beispielsweise auch eine grafische Aufbereitung der Ergebnisdaten denkbar.

7. Ablegen des Analyse-Ergebnisses

Das Framework implementiert als Standardverhalten für die Verarbeitung von Analyseergebnissen die versionierte Ablage des Ergebnisdokuments im Dateisystem. Versionierte Ergebnisse können auch nachträglich im User Interface angezeigt werden.

8. Quellmodelländerungen

Modifikationen innerhalb der Quellmodelle machen eine Wiederholung der Analyse erforderlich. Sofern es sich bei den Änderungen nicht um Schemaänderungen, sondern lediglich um Änderungen auf Instanzebene handelt, behalten die Abbildungsbeziehungen zwischen Quellmodellen und Analysemodell weiterhin Gültigkeit. In diesem Fall ist nach Modifikation eines Quellmodells lediglich die Wiederholung der Schritte 4. bis 7. erforderlich. Durch die datenverdichtende Wirkung des Analysemodells und die damit einhergehende Komplexitätsreduktion sowie durch die klar gegliederten Arbeitsschritte ist ein Aufbau von Monitorprozessen leicht möglich.

ZUSAMMENFASSUNG

Durch das vorgestellte Konzept der domänenübergreifenden Verdichtung von Daten zu einem Analysemodell kann eine erhebliche Komplexitätsreduktion bei der Formulierung von Analysen erzielt werden. Durch Trennung der Abstraktionsebenen in die Ebene der Spezifikation des Analysemodellschemas und in die Ebene der Abbildung von Objektinstanzen wird sowohl eine arbeitsteilige Vorgehensweise, als auch eine Wiederverwendbarkeit von Komponenten der einzelnen Ebenen möglich. Das vorgestellte Framework implementiert beispielhaft die Einzelschritte zur Erstellung von Analysemodellinstanzen und stellt Schnittstellen zur

dynamischen Einbindung in Analyseprozesse bereit. Hierdurch können die unterlegten Produktdatenmodelle transparent in Prozesskontexte eingebettet werden.

LITERATUR

Hartmann, U. 2010. Metrics for the Analysis of Product Model Complexity. Proceedings of Managing IT in Construction. Cairo 2010

Polly, A. 1996: Methodische Entwicklung und Integration von Produktmodellen. Dissertation. Fakultät für Maschinenbau, Universität Karlsruhe.

Wix, J. 2007. IDM Learning Guide. A set of lessons on how to develop IDM component documents. What is the IFC Model. WS3_IDM_WhatIsTheIFCModel.pdf download von:
http://www.iai.no/idm/idm_learning/idm_learning.htm