

# Relationen zwischen Domänenmodellen

## Ansatz zur Schaffung einer integrierenden computergestützten Bauplanungsumgebung<sup>1</sup>

Willenbacher, Heiko; Hübler, Reinhard<sup>2</sup>

### 1. Einleitung

Die IT-technische Integration, aller am Lebenszyklus eines Bauwerkes Beteiligter, stellt nach wie vor eine große Herausforderung für die Forschung im Bereich baubezogener angewandter Informationsverarbeitung dar.

Die Situation im Bauwesen ist durch die zunehmend erforderliche Kooperation verschiedener Beteiligter unterschiedlicher Fachabteilungen bzw. Firmen und dem damit verbundenen Einsatz hochspezialisierter Fachapplikationen in heterogenen Systemumgebungen für planerische Entscheidungen innerhalb von Bauprojekten charakterisiert. Gerade vor dem Hintergrund der dadurch tendenziell ständig ansteigenden räumlich und zeitlich getrennten Teamarbeit wird die Bedeutung des integrierenden Aspekts einer computergestützten Integrationsebene deutlich.

Ein digitales Bauwerksmodell bildet die Basis für diese Datenintegrationsebene, welche allen am Lebenszyklus eines Bauwerkes Beteiligten die notwendigen relevanten Informationen zur Verfügung stellt.

Hauptanliegen der Integrationsebene und damit Anforderungen an die digitale Bauwerksmodellverwaltung sind:

- die Etablierung eines effizienten, fehlerfreien Daten- und Informationsaustausches und
- die Sicherstellung der Kommunikation und Kooperation unter den Beteiligten.

Die Realisierung einer derartigen Bauwerksmodell-orientierten Datenintegrationsebene erweist sich speziell auf den Gebieten:

- der Definition und Spezifikation der relevanten Daten,
- des Daten- und Informationsaustausches und
- der Koordination der Kooperation und Kommunikation der Beteiligten

als äußerst komplex.

Ausgehend von dieser Problematik werden anschließend zunächst die hinsichtlich der eben genannten Aspekte auftretenden Schwierigkeiten und verschiedene bisherige Lösungsansätze analysiert, um anschließend die Vorteile und Möglichkeiten des hier vorzustellenden Relationen-orientierten Integrationsansatzes diskutieren und werten zu können. Dieser Ansatz beruht auf der Definition von Relationen zwischen Teilmodellen des digitalen Bauwerksmodells und wird insbesondere unter den Gesichtspunkten:

- eines dynamisch modifizierbaren Bauwerksmodells und
  - eines auf Basis der Relationen realisiertem Daten- und Informationsaustausches
- betrachtet.

Die abschließende Zusammenfassung gibt einen Überblick über noch offene Probleme und damit assoziierte Forschungsbemühungen.

---

<sup>1</sup> Dieses Thema wird im Rahmen des SFB 524 "Werkstoffe und Konstruktionen für die Revitalisierung von Bauwerken" (gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG) bearbeitet.

<sup>2</sup> Bauhaus-Universität Weimar

Professur Informations- und Wissensverarbeitung

Coudraystr. 13b, 99421 Weimar, Telefon 03643/584260, Fax: 03643/584292

e-mail: {Heiko.Willenbacher|Reinhard.Hübler}@informatik.uni-weimar.de

## 2. Grundlagen

Nachfolgend werden die bei der Schaffung einer Integrationsebene involvierten Faktoren

- Prozesscharakter und
- Informationsbeschaffenheit

skizziert, um Anforderungen an die logische Struktur eines digitalen Bauwerksmodells und dessen Verwaltung zu verdeutlichen.

### 2.1 Prozesscharakter

Innerhalb der verschiedenen Abschnitte (Planung, Errichtung, Nutzung, Revitalisierung oder Abriss) und Phasen (Vorentwurf, Genehmigungsplanung oder Ausführungsplanung) während des Bauwerks-Lebenszyklusses ist eine ständig zunehmende Teamarbeit und damit das verteilte Agieren auf abgestimmten Modelldarstellungen (spezielle views) des Betrachtungsgegenstandes Bauwerkes zu verzeichnen. Planungshandlungen sind demnach als räumlich und zeitlich verteilte kooperative Prozesse anzusehen, deren Koordinationsplattform die Modelldarstellungen des Planungsgegenstandes darstellen.

### 2.2 Informationsbeschaffenheit

Ziel des integrierenden digitalen Bauwerksmodells ist die allgemeine Verfügbarkeit von Bauwerksinformationen, die von unterschiedlichen Beteiligten in verschiedenen Phasen des Bauwerks-Lebenszyklus benötigt werden. Das integrierende digitale Bauwerksmodell fungiert demnach im Sinne eines `virtuellen Bauwerkes` als Ordnungsschema der zugehörigen Datengesamtheit.

Die Benutzung des digitalen Bauwerksmodells setzt dessen Beschickung mit teilprozessübergreifend relevanten Daten und Informationen (Bauwerksmodelldaten) voraus, welche im wesentlichen:

- von anderen Fachplanern in früheren Phasen erzeugte Daten
  - fachspezifische Informationen (Datenänderungen, Modellerweiterungen,...)
  - sonstige Informationen (Protokolle, Verordnungen, Termine, ...)
- umfassen.

Das digitale Bauwerksmodell repräsentiert dabei die von den Eigenschaften und Merkmalen eines realen/gedachten Bauwerkes abstrahierten Daten - die **Bauwerksmodelldaten**.

Durch Klassifizierung kann aus den Bauwerksmodelldaten ein den Daten übergeordnetes, sie beschreibendes Modell - das eigentliche **Bauwerksmodell** - generiert werden, welches die Basis für beliebig viele verschiedene konkrete Ausprägungen (Bauwerksmodelldaten spezieller realer bzw. zu errichtender Bauwerke) darstellt [4].

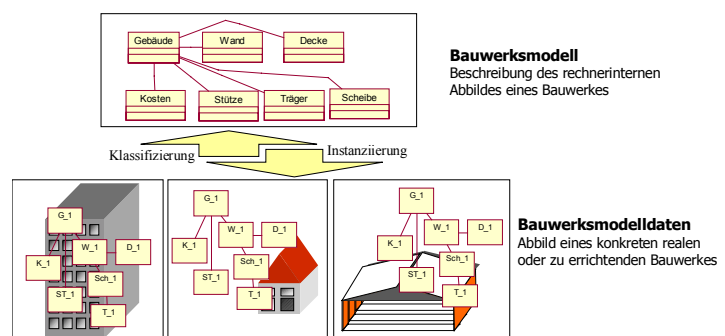


Abb. 1 Bauwerksmodell und konkrete Ausprägungen

Die Hauptaufgaben eines derartig aufgefassten Bauwerksmodells bestehen darin:

1. alle notwendigen Informationen über das modellierte Bauobjekt adäquat zu speichern und zur Verfügung zu stellen (**Verwaltungsaufgabe**) sowie

2. allgemeingültige (für alle Beteiligten interpretierbare) formalisierte Datenstrukturen zu definieren, um einen effizienten verlustfreien Daten- und Informationsaustausch zwischen den Beteiligten zu realisieren, welcher auf dieser Ebene unabhängig von den proprietären Datenstrukturen und Datenhaltungssystemen der verschiedenen Softwarehersteller ist (**Austauschtaufgabe**).

Aufgrund des Unikatcharakters und der Menge ganz unterschiedlicher Arten von Bauwerken (Industriebauten, Wohnbauten, Verkehrsbauten,...) sowie unter Berücksichtigung der Vielzahl der verschiedenen Betrachtungsaspekte während des Lebenszyklus eines Bauwerkes kann ein Bauwerksmodell extrem komplex und umfangreich sein.

Um trotzdem ein effizientes Arbeiten (Manipulation relevanter Daten) auf dem Bauwerksmodell zu realisieren, muss eine adäquate Unterteilung des Gesamtdatenbestandes vorgenommen werden.

Diese Unterteilung kann Sichten-orientiert in Form von **Teil- bzw. Domänenmodellen** realisiert werden und orientiert sich fachlich an den verschiedenen beteiligten Gewerken und den unterschiedlichen durchlaufenen Phasen und Rollen. Diese Domänenmodelle stellen den für eine Phase oder ein Rolle (z.B. Architekt während der Bauaufnahme) relevanten zu betrachtenden Ausschnitt der verfügbaren Informationen über das Bauwerk dar. Die Domänenmodelle sind untereinander nicht notwendigerweise redundanzfrei und stehen überdies auf vielfältigste Art und Weise in Beziehung zu einander.

Eine Hauptschwierigkeit entsteht durch die enorme Menge denkbarer Daten- bzw. Datenstrukturanforderungen an ein Bauwerksmodell, welche es nahezu unmöglich macht, all diese Anforderungen vorzudenken und zur Entwicklungszeit des Modells zu berücksichtigen. Diese Nichtdeterminiertheit von Entwurfsentscheidungen begründet die Notwendigkeit laufzeitdynamischer Modellmodifikationen.

### 2.3 Resultierende Anforderungen

Aus den oben formulierten allgemeinen Aussagen lassen sich Eigenschaften eines zu spezifizierenden Bauwerksmodells und dessen Verwaltung ableiten [2].

<b>Bauwerksmodellstruktur</b>	<b>Modellverwaltungssystem</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ordnungsstrukturcharakter</li> <li>▪ Verteilte Modellarchitektur</li> <li>▪ Explizite Beziehungsstruktur zwischen Teilmodellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Parallele Benutzbarkeit</li> <li>▪ Dynamische Modellmodifikationsmöglichkeit</li> <li>▪ Erweiterungsfähigkeit für zusätzliche / modifizierte Fachapplikationen</li> <li>▪ Kooperative Benutzbarkeit/Konsistenzsicherung</li> <li>▪ persistente Zustandsreflektion (Repository- Charakter)</li> </ul>

### 2.4 Modellansätze

Für die den Anforderungen entsprechenden z.T. konträren Problemstellungen existieren verschiedene Lösungsansätze. Nachfolgend werden derartige Lösungsmöglichkeiten untersucht und unter dem Aspekt der Bauwerksmodell-bezogenen Anforderungen bewertet. Die betrachteten Ansätze unterscheiden sich im wesentlichen in der konzeptionellen Architektur des Bauwerksmodells, wobei hier der ausschließlich zentrale, der vollständig dezentrale und die Mischform beider, der hybride Ansatz vorgestellt werden.

### Zentraler Modellansatz

- allumfassendes, alle relevanten Daten und Informationen in sich vereinigendes Bauwerksmodell
- Kooperation durch Sichten auf das Modell
- + Konsistenzsicherung der Daten
- + Versionierung der Daten
- + Zwang zur Kommunikation und Kooperation
- extrem hohe Komplexität des Bauwerksmodells (kaum bzw. gar nicht handhabbar)
- zusätzliche Sichtenbildung und -verwaltung
- Modellerweiterungen extrem aufwändig

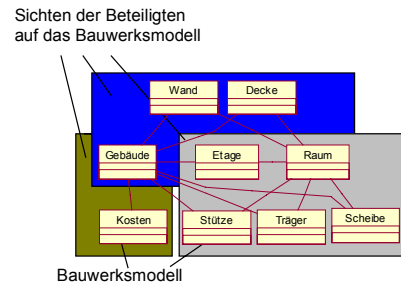


Abb. 2 Zentrale Architektur

### Dezentraler Modellansatz

- konsequente Unterteilung der Bestandsinformationen in Phasen- bzw. Domänen-spezifische Teilmodelle
- Datenaustausch über Schnittstellen zwischen den Domänenmodellen
- + Domänenmodelle prinzipiell einfacher zu definieren
- + Erweiterbarkeit um weitere Domänenmodelle
- integrativer Charakter kaum vorhanden
- wenig Konsistenzsicherungsmöglichkeiten
- Versionierung eines "Gesamtdatenbestandes" problematisch
- kaum Koordinationsmöglichkeiten

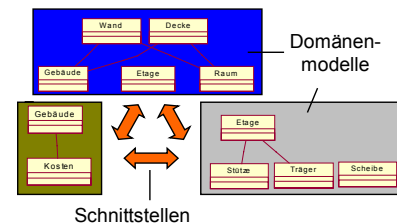


Abb. 3 Dezentrale Architektur

### Hybrider Modellansatz<sup>3</sup>

Der hybride Modellansatz versucht die bereits erwähnten Nachteile (zu hohe Komplexität und schlechte Koordinationsmöglichkeiten) der beiden zuvor genannten Ansätze durch:

- Teilmodellbildung bzw.
- eine zentrale Komponente zur Kommunikation und Koordination bzw. zur Navigation innerhalb der Bestandsinformationen zu eliminieren.

(Abbildung 4 zeigt die logische Struktur des im Rahmen des SFB 524 verwendeten Bauwerksmodells dessen Basis der hybride Ansatz darstellt.)

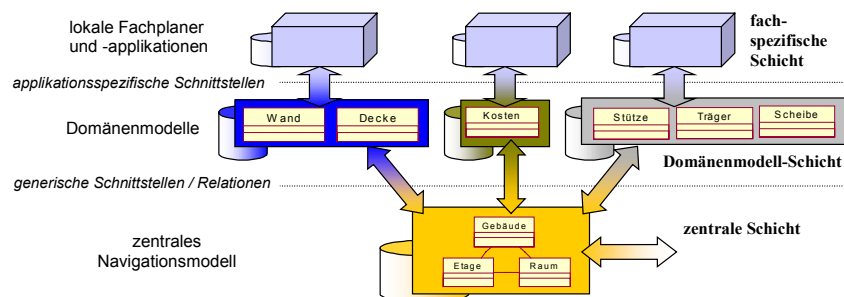


Abb. 4 logische Gesamtstruktur des digitalen Bauwerksmodells

## 3. Relationen-orientiertes Bauwerksmodell

Aus den obigen Ausführungen können noch einmal wichtige modellbezogene Problemstellungen formuliert werden:

- Es ist schwierig Domänenmodelle zu definieren, welche die Domäne allumfassend beschreiben und auf lange Sicht Gültigkeit besitzen. Aus diesem Grund müssen Mechanismen eingeführt werden, die eine dynamische Modellmodifikation gewährleisten.

<sup>3</sup> Aufgrund der Kombination der Vorteile des zentralen und des dezentralen Ansatzes fand der hybride Ansatz in fast allen nennenswerten, zuletzt gelaufenen (z.T. EU-geförderten) Forschungsprojekten Anwendung (Esprit-Projekte: VEGA[5], TOCEE[6]).

- Ebenso ist es schwierig zu Beginn eines Bauvorhabens alle über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes möglichen involvierten Domänenmodelle vorherzusehen, sodass auch eine dynamische Modifikation der gesamten Domänenmodellschicht unerlässlich ist.
- Ein weiteres Problem bildet die Kohärenz der Domänenmodelle und die damit verbundene Spezifikation der zwischen den Domänenmodellen auszutauschenden Daten.

Der Relationen-orientierte Bauwerksmodellansatz - *also die Realisierung des Daten- und Informationsaustauschs durch zu definierende und zu verwaltende Relationen zwischen dynamisch modifizierbaren Domänenmodellen* - stellt einen adäquaten Lösungsansatz für die oben beschriebenen Probleme dar. (s. Abb. 4 generische Schnittstellen<sup>4</sup>/Relationen)

### 3.1 Relationen / Beziehungen

Der Datenaustausch zwischen den Domänenmodellen erfolgt über definierte Relationen. Diese Relationen werden unter Zuhilfenahme der Such- und Navigationsmechanismen der zentralen Schicht zwischen den Domänenmodellen definiert und von der zentralen Schicht verwaltet. Den auf Domänenmodellebene existierenden Relationen entsprechen auf der Domänenmodell-datenebene die von den Relationen instanziierten Beziehungen, welche zwischen ganz speziellen Ausprägungen gelten [1].

Bei Kenntnis verwendeter (statischer) Domänenmodelle können die Relationen vorkonfiguriert sein, d.h. die Relationsklassen (z.B. *Wand steht in Relation mit Scheibe*), sind vorgegeben und der Anwender instanziiert diese Klassen und ordnet die entsprechenden involvierten Instanzen (z.B. *Wand: R11 und Scheibe: S11*) zu. Für unbekannte oder dynamisch modifizierte Domänenmodelle kann der Fachplaner die für ihn erforderlichen Relationsklassen in Eigenverantwortung erstellen und anschließend instanziiieren und somit relevante Daten aus anderen Domänenmodellen übernehmen. Dieses Übernehmen kann verschiedenste Ausprägungen besitzen, vom reinen "Kopieren" eines Wertes über die Berechnung bestimmter Werte aus verschiedenen assoziierten Daten anderer Domänenmodelle bis hin zum vollständigen Ableiten der Domänenmodelldaten aus anderen Domänenmodellen.

Der Relationen-orientierte Ansatz verlagert einen Großteil der Definitionsleistungen hinsichtlich der Domänenmodelle und deren Kohärenz hin zum Fachplaner. Dies bedeutet ein Fachplaner kann selbständig mit Hilfe seiner Fachkompetenz, seiner Erfahrung und seiner Intelligenz bestimmen, welche Daten er von anderen Domänenmodellen zur Erledigung seiner Aufgaben benötigt. Mit Hilfe dieser Vorgehensweise ist es möglich, auf dynamische Domänenmodelländerungen und auf das Hinzukommen neuer Domänenmodelle zu reagieren. Zusätzlich entbindet dieser Ansatz von der Notwendigkeit des vollständigen Mappings zwischen den Domänenmodellen (das Abbilden der Kohärenz). Diese Überführung der in den jeweiligen Domänenmodellen unterschiedlich aufgefassten und verwendeten Begriffe und Konzepte ist ohnehin bestenfalls IT-technisch zu unterstützen und halbautomatisch zu

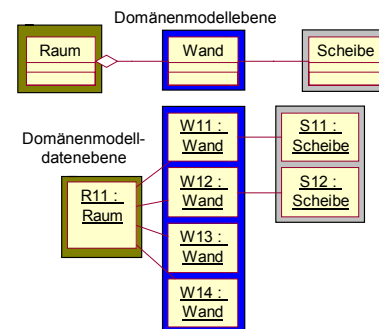


Abb. 5 Relationen / Beziehungen

<sup>4</sup> Die generischen Schnittstellen realisieren den einheitlichen Zugriff auf die unterschiedlichen Domänenmodelle und die Domänenmodelldaten. Sie sind in der Lage, jedes Domänenmodell (sofern es einem einheitlichen Paradigma folgt: hier Objektorientierung) syntaktisch interpretieren zu können. Sie bilden die Basis zur Handhabung der laufzeitdynamischen Domänenmodelladaptation und -modifikation. [2][3]

realisieren und erfordert insbesondere durch die Dynamik der Domänenmodelle auf jeden Fall die kompetente Unterstützung eines Fachplaners.

### **Relationsarten**

Die möglichen Relationsarten unterscheiden sich nach verschiedenen Kriterien. Zunächst kann nach den verknüpften Elemente kategorisiert werden.

Objekt  $\Leftrightarrow$  Objekt      Objekt  $\Leftrightarrow$  Attribut      Attribut  $\Leftrightarrow$  Objekt      Attribut  $\Leftrightarrow$  Attribut

Außerdem ist eine Unterteilung in Daten- oder Informationsaustausch möglich, wobei Datenaustausch auf das direkte Manipulieren von Werten zielt, wohingegen der Informationsaustausch Benachrichtigungsfunktionalität oberhalb der konkreten Wertemanipulation charakterisiert.

Relationen zum Datenaustausch:

- Kopie relevanter Daten
- Berechnung eigener Daten aus Daten anderer Domänenmodelle (die Relation trägt hierbei algorithmische Informationen)
- Umstrukturierung (Modellabgleich zwischen den unterschiedlich verwendeten Begriffen der Domänenmodelle)

## **4. Zusammenfassung / Ausblick**

Der Relationen-orientierte Ansatz, d.h. die Realisierung des Daten- und Informationsaustausches mittels definierter Relationen und Beziehungen zwischen dynamisch modifizierbaren Domänenmodellen, wird als adäquater Lösungsweg zur Modellierung eines digitalen Bauwerksmodells als Datenintegrationsebene für den kompletten Lebenszyklus eines Bauwerkes angesehen. Vertiefende Untersuchungen sind insbesondere zur Prüfung folgender Teilaspekte erforderlich:

- Vorkonfigurierbarkeit der Relationsklassen
- Protokollierung und Reflektion definierter Relationen
- Akzeptanz durch die Fachplaner (Eigenverantwortung bei Relationsdefinition)
- Art und Weise der Relations- bzw. Beziehungsdefinitionsunterstützung
- effiziente Verwaltung der Relationen

## **5. Literatur**

- [1] Olbrich, M.: Relationenorientiertes Modellieren mit Objekten in der Bauinformatik. Dissertation Universität Hannover, 1998
- [2] Steinmann, F.: Modellbildung und computergestütztes Modellieren in frühen Phasen des architektonischen Entwurfs. Dissertation Bauhaus-Universität, Weimar, 1997
- [3] Kolbe, P.: AKO - ARBEITSKREIS OBJEKTE Eine Schnittstelle für Modellverwaltungssysteme. In: Proceedings 10. Forum Bauinformatik, Weimar, 1998
- [4] Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. R. Oldenburg Verlag München Wien 1995
- [5] Junge, R.; Liebich, Th.: product data model for interoperability in an distributed environment. In: Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Munich, Germany 1997
- [6] Scherer, R.: A Framework for the Concurrent Engineering Environment. In: Amor (Eds.); ECPPM, Product- and Process Modelling in the Building Industry 1998