

Relationenorientierter Daten- und Informationsaustausch - Basis eines flexiblen digitalen Bauwerksmodells

S. Willenbacher, H. Willenbacher¹, F. Petzold², A. Bubner³

Sonderforschungsbereich 524

Bauhaus-Universität Weimar

1. Motivation und Zielsetzung

Im Rahmen des SFB 524⁴ "*Werkstoffe und Konstruktionen für die Revitalisierung*" bildet die Integration der an der Revitalisierung beteiligten Fachplaner in einem gemeinsamen Informations- und Kommunikationssystem eine herausragende Komponente besonderer Bedeutung. Die in Angriffnahme dieser Problematik bei Revitalisierungsvorhaben von Bauwerken deckt sich mit der Situation im Bauwesen allgemein, welche durch:

- eine ständig wachsende Komplexität der Projekte
- zunehmende Spezialisierung der Fachplaner und -applikationen
- und die Globalisierung der Märkte (virtuelle Organisationen)

charakterisiert ist.

Dadurch ist eine 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 zu verzeichnen.

Speziell unter dem Fokus der mithin tendenziell ständig ansteigenden räumlich und zeitlich getrennten Teamarbeit wird die Bedeutung des integrierenden Aspekts einer computergestützten Integrationsebene deutlich [1]. Die Hauptaufgaben dieser die Fachplaner und -applikationen integrierenden Ebene sind die:

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

Ein effizienter Daten- und Informationsaustausch und eine sinnvolle Kommunikation und Kooperation setzen die Etablierung einer einheitlichen Verständigungsplattform

¹ Professur Informations- und Wissensverarbeitung

² Professur Informatik in der Architektur

³ Professur Stahlbau

⁴ gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG

voraus. Diese Plattform und damit Basis der Integrationsebene bildet ein digitales Bauwerksmodell, welches allen am Lebenszyklus eines Bauwerkes Beteiligten jederzeit die notwendigen relevanten Daten und Informationen in adäquater Weise zur Verfügung stellt.

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

- der Definition und Spezifikation der relevanten Daten und Ordnungsstrukturen[2],
- des Daten- und Informationsaustausches und
- der Koordination der Kooperation und Kommunikation der Beteiligten

als äußerst komplex.

Ausgehend von dieser Problematik werden zunächst kurz die Grundlagen digitaler Bauwerksmodelle analysiert, woran sich die Vorstellung des hier zu diskutierenden relationenorientierten Bauwerksmodellansatzes und dessen exemplarische Detaillierung anschließen. Der relationenorientierte Ansatz beruht auf der Definition von Relationen zwischen Teilmodellen des digitalen Bauwerksmodells und wird insbesondere unter den Gesichtspunkten:

- eines dynamisch modifizierbaren Bauwerksmodells [3] und
- eines auf Basis der Relationen realisierten Daten- und Informationsaustausches

betrachtet.

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

2. Grundlagen

Ziel der computergestützten Integrationsebene und speziell des digitalen Bauwerksmodells ist die allgemeine Verfügbarkeit von Bauwerksinformationen, die von unterschiedlichen Beteiligten in den verschiedenen Abschnitten (Planung, Errichtung, Nutzung, Revitalisierung oder Abriss) und Phasen (Vorentwurf, Genehmigungsplanung oder Ausführungsplanung) des Bauwerks-Lebenszyklus benötigt werden und damit die Realisierung des verteilten Agierens auf abgestimmten Modelldarstellungen des Betrachtungsgegenstandes Bauwerk.

2.1 Digitales Bauwerksmodell

Das digitale Bauwerksmodell repräsentiert demnach das zu errichtende bzw. zu revitalisierende Bauwerk im Sinne eines `virtuellen Bauwerks`, welches sich durch Abstraktion der Eigenschaften und Merkmale eines gedachten/realen Bauwerkes konstituiert [4]. Somit stellt es ein Ordnungsschema der zugehörigen Datengesamtheit

dar. Die Benutzung des digitalen Bauwerksmodells setzt dessen Beschickung mit teilprozessübergreifend relevanten Daten und Informationen (Bauwerksmodell-daten) voraus.

Die wesentlich zu leistende Funktionalität eines derartig aufgefassten Bauwerksmodells besteht in der Verwaltung aller notwendigen Informationen über das modellierte Bauobjekt und dem Austausch der Daten und Informationen zwischen den Beteiligten auf der Basis allgemeingültiger (für alle Beteiligten interpretierbarer) formalisierter Datenstrukturen.

Die Menge ganz unterschiedlicher Arten von Bauwerken (Industriebauten, Wohnbauten, Verkehrsbauten,...) und deren Unikatcharakter sowie die Vielzahl der verschiedenen Betrachtungsaspekte während des Lebenszyklus eines Bauwerkes führen zu einer extremen Komplexität des Bauwerksmodells, welche nur durch eine adäquate dynamisch anpassbare Sichten-orientierte Unterteilung des Gesamtdatenbestandes in kohärente Teil- bzw. Domänenmodelle beherrscht werden kann. Dabei reflektieren die Domänenmodelle jeweils einen relevanten zu betrachtenden dynamisch modifizierbaren Ausschnitt der verfügbaren Informationen über das Bauwerk.

2.2 Bauwerksmodellansätze

Zur Lösung der z.T. konträren Problemstellungen (Verwaltung und Austausch von Daten und Informationen) existieren verschiedene Lösungsansätze. Nachfolgend werden derartige Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt und unter dem Aspekt der Bauwerksmodell-bezogenen Anforderungen bewertet.

Zentraler Modellansatz

Der zentrale Modellansatz zeichnet sich durch ein allumfassendes, alle relevanten Daten und Informationen in sich vereinigendes Bauwerksmodell aus [5]. Seine Vorteile liegen im Bereich der Konsistenzsicherung und Versionierung der Daten. Die Komplexität dieses allumfassenden Bauwerksmodells erweist sich jedoch als kaum bzw. gar nicht handhabbar.

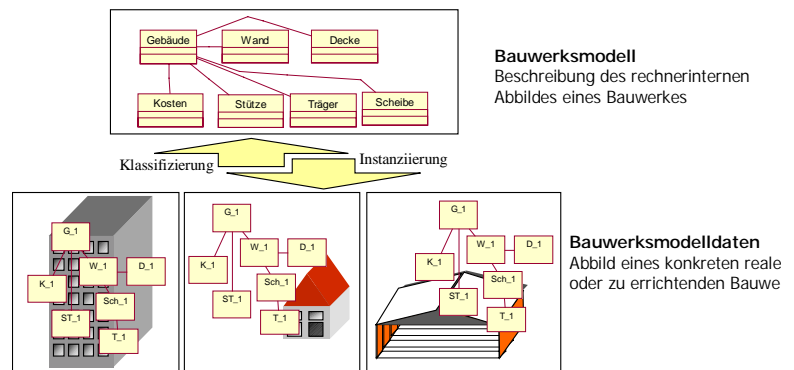


Abb. 1 Bauwerksmodell und konkrete Ausprägungen

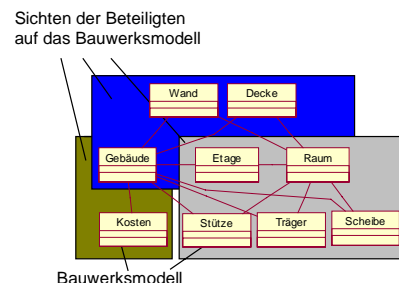


Abb. 2 Zentrale Architektur

Dezentraler Modellansatz

Der dezentrale Modellansatz verfolgt die Unterteilung der Bestandsinformationen in Phasen- bzw. Domänen-spezifische Teilmodelle, welche wesentlich einfacher zu definieren sind. Die Dezentralität bringt jedoch Nachteile hinsichtlich der integrativen Aspekte: Koordination der Kommunikation und Konsistenzsicherung.

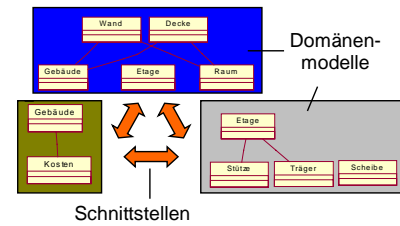


Abb. 3 Dezentrale Architektur

Hybrider Modellansatz⁵

Der hybride Modellansatz, also die Mischform von zentralem und dezentralem Ansatz, versucht jeweils, die Nachteile (zu hohe Komplexität und schlechte Koordinationsmöglichkeiten) durch Teilmodellbildung bzw. eine zentrale Komponente zur Kommunikation und Koordination bzw. zur Navigation innerhalb der Bestandsinformationen zu eliminieren. Eine spezielle Ausprägung des hybriden Ansatzes stellt der anschließend vorgestellte relationenorientierte Modellansatz dar.

3. Relationenorientierter Modellansatz

Die Konstituierung des Bauwerksmodells zieht die folgenden essentiellen modellbezogenen Problemstellungen nach sich:

- Es ist schwierig Domänenmodelle zu definieren, welche die Domäne allumfassend beschreiben und auf lange Sicht Gültigkeit besitzen, woraus die Notwendigkeit resultiert, Mechanismen einzuführen, die eine dynamische Modellmodifikation gewährleisten.
- Zudem ist es problematisch bereits zu Beginn eines Bauvorhabens alle über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes möglichen involvierten Domänenmodelle vorherzusehen, sodass eine dynamische Modifikation der gesamten Domänenmodellenschicht unerlässlich ist.
- Ein weiteres Problem bildet die Kohärenz der Domänenmodelle und die damit verbundene Spezifikation der zwischen den Domänenmodellen auszutauschenden Daten.

Der relationenorientierte Bauwerksmodellansatz - also die Realisierung des Daten- und Informationsaustausches durch zu definierende und zu verwaltende Relationen zwischen dynamisch modifizierbaren Domänenmodellen innerhalb eines dynamisch an-

⁵ Aufgrund der Kombination der Vorteile des zentralen und des dezentralen Ansatzes fand der hybride Ansatz in vielen zuletzt gelaufenen (z.T. EU-geförderten) Forschungsprojekten Anwendung (Esprit-Projekte: VEGA[6], TOCEE[7]).

passbaren Modellverbundes - stellt einen adäquaten Lösungsansatz für die oben beschriebenen Probleme dar.

3.1 Relationendefinition (Prinzip / Vorgehensweise)

Der Daten- und Informationsaustausch zwischen den Domänenmodellen erfolgt über Relationen, welche unter Zuhilfenahme der Such- und Navigationsmechanismen einer zentralen Schicht definiert werden. Den auf Domänenmodellebene geltenden Relationen entsprechen auf der Domänenmodelldatenebene die von den Relationen instanziierten Beziehungen, welche zwischen ganz speziellen Ausprägungen existieren [5].

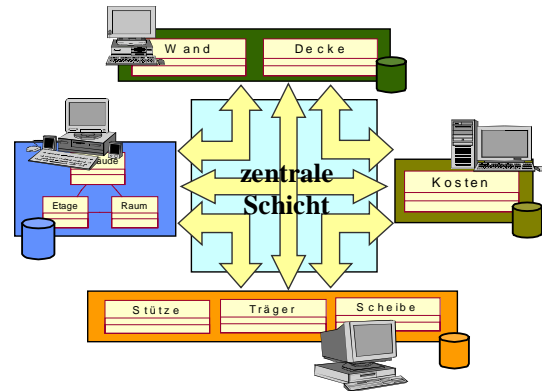


Abb. 4 Relationenorientierte logische Architektur

Bei Verwendung bekannter (statischer) Domänenmodelle ist es sinnvoll, die Relationen vorzukonfigurieren, sodass der Anwender die dann bereits existierenden Relationenklassen (z.B. *Wand steht in Relation mit Scheibe*) instanziiert und die entsprechenden involvierten fachspezifischen Instanzen (z.B. *Wand: R11 und Scheibe: S11*) zuordnet.

Für unbekannte (zum Bauwerksmodell-Verbund hinzukommende) oder dynamisch modifizierte Domänenmodelle kann der Fachplaner die für ihn erforderlichen Relationenklassen in Eigenverantwortung erstellen und anschließend instanziiieren und somit für ihn relevante Daten aus anderen Domänenmodellen übernehmen. Damit bietet das Relationenkonzept einerseits die notwendige Flexibilität, um auf die Modelldynamik reagieren zu können, und verlagert andererseits einen Großteil der Definitionsleistungen hinsichtlich der Domänenmodelle und deren Kohärenz hin zum Fachplaner. Dieser kann selbständig und flexibel bestimmen, welche Daten er von anderen Domänenmodellen zur Erledigung seiner Aufgaben benötigt und wie er daraus resultierend sein eigenes Domänenmodell füllt.

3.2 Relationenarten

Die möglichen Relationenarten unterscheiden sich nach verschiedenen Kriterien. Zunächst kann *elementbezogen* nach Art und Kardinalität der verknüpften Elemente kategorisiert werden.

Objekt(e) ⇔ Objekt(e) ⇔ Attribut(e) ⇔ Attribut(e)

Des Weiteren ist eine Unterteilung in *datenbezogen* bzw. *informationsbezogen* möglich, wobei die datenbezogenen Relationen auf das direkte Manipulieren von Werten zielen, dazu zählen z.B.:

- Nutzung (Verweis, Kopie) relevanter Daten
- Berechnung eigener Daten aus Daten anderer Domänenmodelle (Relation trägt algorithmische Informationen)
- Mapping (Modellabgleich zwischen differenziert verwendeten Konzepten).

Wohingegen die informationsbezogenen Arten Benachrichtigungsfunktionalität oberhalb der konkreten Wertemanipulation charakterisieren. Typische Vertreter sind Relationen zum Abdecken folgender Funktionsbereiche:

- Koordination
- Konsistenzsicherung
- Änderungsnotifikation und -management
- allgemeine Benachrichtigungen

4. Exemplarische Detaillierung

Im folgenden werden beispielhaft Relationenarten und daraus resultierende Beziehungen zwischen „Konstruktiver Gliederung“ und „Tragwerksmodellierung“, als Basis des Daten- und Informationsaustausches zwischen diesen Domänenmodellen beschrieben.

Die Domäne „konstruktive Gliederung“ umfasst die Beschreibung eines Bauwerkes durch reale Konstruktionselemente wie Wände, Decken und Öffnungen und mögliche strukturelle Zusammenhänge sowie weitere beschreibende (informelle, multimediale) Informationen.

Die Domäne „Tragwerksmodellierung“ umfasst die Erkennung und Spezifizierung der geometrischen und physikalischen Eigenschaften von Konstruktionselementen und ihres Beitrages zum Lastabtragverhalten des Bauwerkes. Das Ergebnis ist ein analysierbares Modell aus verknüpften Tragelementen und weiteren Randbedingungen (Einwirkungen und Lagerungsbedingungen).

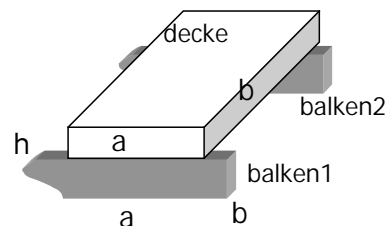


Abb. 5 graphische Repräsentation eines "konstruktiven" Sachverhaltes

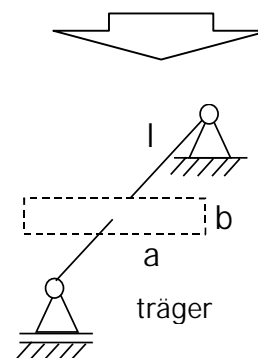


Abb. 6 entsprechender Zusammenhang aus "Sicht" der Tragwerksmodellierung

Anhand der Klassen „Balken“ und „Decke“ der Domäne „Konstruktive Gliederung“ und der dazu in Relation stehenden Klasse „Träger“ der Domäne „Tragwerksmodellierung“ werden oben beschriebene Relationenarten partiell illustriert.

Gemäß den auf Modellebene definierten Relationenklassen *DeckeZuTräger* bzw. *GeometrieZuQuerschnitt* werden durch Instanziierung die korrespondierenden Beziehung auf Datenebene erstellt.

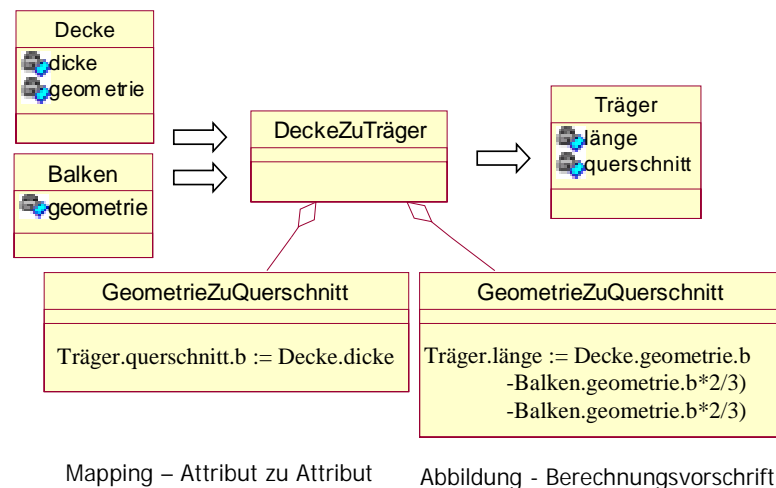


Abb. 7 Definition von Relationenklassen

Diesen resultierenden Beziehung müssen die tatsächlich involvierten Instanzen *decke*, *balken1* und *balken2* (Ausprägungen des konstruktiven Modells) und die Instanz *träger* der Klasse Träger (Tragwerksmodell) zugeordnet werden.

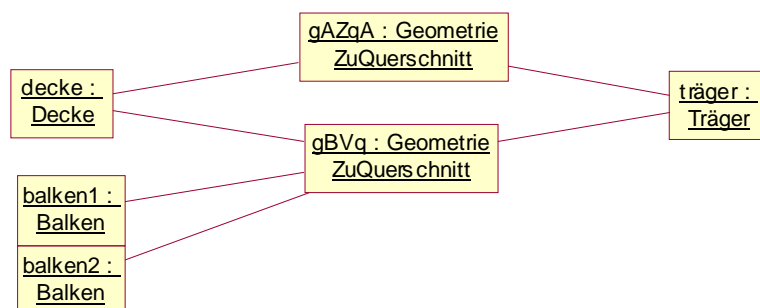


Abb. 8 Ausprägung der Beziehungen auf Instanzen (Daten-)ebene

Neben den datenbezogenen Relationen und Beziehungen existieren informationsbezogene Relationen, die beispielweise:

- die Nutzer des Domänenmodells „Tragwerksmodellierung“ über Änderungen im Modell „konstruktive Gliederung“ (z.B. Änderungen der Geometrie von Bauteilen) informieren, woraufhin bspw. eine Neuberechnung der Statik erfolgen kann.
- Relationen mit Verweisen auf Normungen, Verordnungen oder Vorschriften darstellen, welche einem Fachplaner bei der Entscheidungsfindung unterstützen (z.B. Träger.querschnitt.a = 1m).

- Informationen (z.B. Tragverhaltensanalyse) generieren und anderen in Relation stehenden Fachplanern zur Verfügung stellen.

Restriktionen für die Definition und Anwendung von Relationen und Beziehungen ergeben sich insbesondere durch ihre starke Abhängigkeit von einer zu etablierenden Rechte- bzw. Zugriffsverwaltung.

5. Zusammenfassung / Ausblick

Der relationenorientierte Ansatz stellt eine hybride Modellauffassung auf Basis dynamisch modifizierbarer Domänenmodelle dar und wird als adäquater Lösungsweg zur Bereitstellung 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 Relationen- und Beziehungsdefinition)
- Art und Weise der Relations- bzw. Beziehungsdefinitionsunterstützung
- effiziente Verwaltung der Relationen

6. Literatur

- [1] Donath, D. : Roadblocks ahead in Computer Aided Project Planning, In : Donath (EDITOR) ECAADE 2000 -Weimar, 2000
- [2] Neufert, E.: Bauentwurfslehre, Vieweg, Wiesbaden. Aktuelle Ausgabe 1996
- [3] Steinmann, F.: Modellbildung und computergestütztes Modellieren in frühen Phasen des architektonischen Entwurfs. Dissertation Bauhaus-Universität, Weimar, 1997
- [4] Oestereich, B.: Objektorientierte Softwareentwicklung. R.Oldenburger Verlag München Wien 1995
- [5] Olbrich, M.: Relationenorientiertes Modellieren mit Objekten in der Bauinformatik. Dissertation Universität Hannover, 1998
- [6] Computer-Integrated Object-Oriented Model for the Building Industry. ESPRIT Project 6609
- [7] Junge, R; Liebich, Th.: product data model for interoperability in an distributed environment. In:Proceedings of the 7th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures, Munich, Germany 1997
- [8] Scherer, R.: A Framework for the Concurrent Engineering Environment. In: Amor (Eds.); ECPPM, Product- and Process Modelling in the Building Industry 1998