

BENUTZERADÄQUATE NAVIGATIONS- UND RECHERCHE- WERKZEUGE FÜR DYNAMISCHE VERTEILTE DIGITALE BAUWERKSMODELLE

K. Wender*, **H. Willenbacher***, and **R. Hübler***

* *Bereich Informations- und Wissensverarbeitung, Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland*
E-mail: iwv@uiformatik.uni-weimar.de

Keywords: Bauwerkslebenszyklus, Navigation und Informationsrecherche, Entscheidungsunterstützung in Planungsprozessen, Prozess- und Datenintegration, Modellverwaltungssystem.

Abstract. *Hinsichtlich der Integration einzelner Bauwerkslebensphasen und der verschiedenen Beteiligten, insbesondere innerhalb von Bauplanungs- und Revitalisierungsprozessen, bestehen aktuell entscheidende Defizite. Die generelle Zielstellung der in diesem Beitrag vorgestellten Forschungsarbeiten besteht in der Unterstützung und Verbesserung der Integration durch die disziplin- und lebensphasenübergreifende Bereitstellung sämtlicher bauwerksbezogener Informationen. Dies erfordert einerseits geeignete Ansätze zur Modellierung und Integration der vielfältigen disziplinspezifischen Daten, andererseits geeignete Lösungen, die einen globalen Zugriff, Navigation und Recherche im Gesamtdatenbestand ermöglichen. Den Schwerpunkt dieses Beitrags bildet die Entwicklung einer geeigneten flexiblen Navigations- und Rechereschicht zu Realisierung projektglobaler Informationsrecherche. Aus der Sicht der Modellierung und Datenverwaltung wie auch aus der Sicht der Informationsrecherche und Informationspräsentation in Planungsprozessen ergeben sich verschiedene Anforderungen an derartige Recherchewerkzeuge, wobei der wesentlichste Grundsatz maximale Flexibilität hinsichtlich verfügbarer Darstellungstechniken und deren freie Kombination mit Techniken formaler Suchanfragen ist. Das entwickelte Systemkonzept basiert auf einem Framework, welches verschiedene Grundtypen von Recherchemodulen und deren Interaktionsprinzipien vorgibt. Einzelne Recherchemodule werden als Ausprägungen dieser Modultypen realisiert und können je nach Bedarf laufzeitdynamisch in die Navigationsschicht integriert werden. Die technische Realisierung des Systems erfolgt im Umfeld vorhandener Prototypen aus vorangegangenen Forschungsaktivitäten. Dieses technische Umfeld gibt verschiedene Rahmenbedingungen vor, welche im Vorfeld prototypischer Implementierungen verschiedene Adaptionen des generellen Systemkonzepts notwendig machen. Der vorliegende Beitrag stellt den aktuellen Entwicklungsstand der Systemlösung aus konzeptioneller und technischer Sicht sowie erste prototypische Realisierungen von Recherchemodulen vor.*

1 MOTIVATION

Vorhaben im Bauwerkslebenszyklus, vor allem Planungs- und Revitalisierungsprozesse sind gekennzeichnet durch ausgeprägte Arbeitsteilung mit einem hohen Grad der Spezialisierung, nicht voraus bestimmbar Entscheidungsstrukturen sowie zunehmend auch geografischer Verteilung der an diesen Prozessen Beteiligten. Zugleich existiert eine enge Verflechtung der Aktivitäten der einzelnen Fachplaner. Planungsentscheidungen sind vielfach auf Vorgaben anderer Disziplinen bzw. Ergebnisse aus parallelen oder zeitlich vorgelagerten Arbeitsschritten angewiesen.

Die einzelnen Fachplaner verwenden zumeist hoch spezialisierte Software-Werkzeuge, die aber jeweils nur einen bestimmten Teilprozess oder bestimmte Planungstätigkeiten losgelöst aus dem Gesamtprozess betrachten und die jeweils relevanten Daten in proprietären Modellen speichern. Die Kommunikation dieser Softwaresysteme basiert auf dem Austausch von Dateien und ist in der Regel verlustbehaftet. Auf dieser Basis ist ein durchgängiges Fortschreiben und Wiederverwenden einmal erzeugter Daten über den gesamten Bauwerkslebenszyklus hinweg nicht realisierbar. Ebenso wenig ist ein globaler Überblick über alle zu einem gegebenen Zeitpunkt verfügbaren Daten möglich: Es existieren keine Softwarewerkzeuge, die in der Lage sind, die Daten sämtlicher beteiligten Fachanwendungen zu lesen, zu interpretieren und zueinander in Beziehung gesetzt darzustellen. Infolgedessen bestehen hinsichtlich der Integration der einzelnen Beteiligten und ihrer Aktivitäten (Teilprozesse) aktuell entscheidende Defizite.

2 VISION UND ZIELSTELLUNG

Die generelle Zielstellung der hier vorgestellten Forschungsarbeiten besteht in der Unterstützung und Verbesserung der Integration durch die disziplin- und lebensphasenübergreifende Bereitstellung aller bauwerksbezogenen Informationen. Dies erfordert einerseits geeignete Ansätze zur Modellierung und Integration der vielfältigen disziplinspezifischen Daten, andererseits geeignete Lösungen, die einen globalen Zugriff, Navigation und Recherche im Gesamtdatenbestand ermöglichen. Die technische Realisierung dieser beiden Aspekte erfolgt in Form einer lebensphasenübergreifenden Kommunikations- und Integrationsplattform, deren Kern ein integrierter, gemeinsam genutzter Datenbestand in Form eines Modellverbundes bildet. In den vergangenen Jahren wurden bereits Ansätze zur Modellierung, Modellverwaltung und Modellintegration entwickelt und verifiziert. Damit ist aktuell die Voraussetzung gelegt für eine projektglobale Navigation und Informationsrecherche. Die aktuellen Forschungsaktivitäten konzentrieren sich derzeit auf die Entwicklung flexibler Recherchewerkzeuge, die auf diesem Modellverbund aufsetzen.

3 VORAUSSETZUNGEN UND VORGEHENSWEISE

Wie im vorangegangenen Abschnitt bereits erwähnt, bildet eine integrierte Verwaltung sämtlicher bauwerksbezogenen Informationen die grundlegende Voraussetzung für einen projektglobalen disziplinübergreifenden Zugriff. Die Bauwerksmodellierung befasst sich seit einigen Jahren mit dieser Problematik. Bislang wurden verschiedene Lösungsansätze entwickelt. Auf internationaler Ebene gibt es Bemühungen um die Standardisierung von Modellen und Austauschformaten. Wesentliche Charakteristika dieser Ansätze werden in Abschnitt 4.1 gegenübergestellt.

Der Informationsbedarf im Planungsprozess, oder allgemeiner im Bauwerkslebenszyklus, bildet eine weitere wesentliche Randbedingung für die zu entwickelnde Systemlösung. Weitere Anforderungen ergeben sich aus generellen Vorgehensweisen und Randbedingungen der Informationsrecherche in umfangreichen (heterogenen) Datenbeständen. Auf diese Aspekte wird im Abschnitt 4.2 eingegangen.

Die Entwicklung der endgültigen Systemlösung erfolgt in mehreren Iterationsschritten. Im ersten Schritt wird die grundlegende Systemarchitektur definiert und anhand einfacher Suchfunktionalität verifiziert. Der zweite Schritt konzentriert sich auf die Realisierung komplexerer bauwesenspezifischer Darstellungsformen und damit die Verbesserung der Anschaulichkeit der Navigationsdarstellungen. Den Schwerpunkt des dritten Schrittes bilden Funktionalitäten zur ‚intelligenten Rechercheunterstützung wie beispielsweise Beobachtung und Auswertung von Nutzerverhalten. Aktuell ist der erste Schritt in Bearbeitung.

Nach der Analyse und Erläuterung der Randbedingungen stellen die Abschnitte 5-7 den aktuellen Entwicklungsstand der Systemlösung vor. Die wesentlichen Gliederungspunkte bilden dabei das allgemeine Systemkonzept, das technische Konzept und prototypische Implementierungen.

4 ANALYSE UND ANFORDERUNGSDEFINITION

Die folgenden zwei Abschnitte geben einen kurzen Abriss zu den Randbedingungen der Aufgabenstellung und leiten grundsätzliche Anforderungen an die zu entwickelnde Systemlösung ab.

4.1 Integrierte Bauwerksmodellierung

Digitale Bauwerksmodelle sind nach wie vor Gegenstand breit gefächerter Forschungsaktivitäten. Das Objektorientierte Paradigma gilt mittlerweile als allgemein anerkannte Modellierungsgrundlage. Aufgrund der Spezifika von Bauwerken wie der vergleichsweise langen Lebensdauer, der Vielfalt konstruktiver Elemente und deren Weiterentwicklung, des Unikatcharakters der projektspezifischen Anforderungen und der baulichen Lösung sowie der daraus resultierenden langen Modell-Lebensdauer und wiederholt erforderlichen Modell-Modifikationen ist eine Verwendung statischer Datenstrukturen ungeeignet [2, 3].

Standardisierungsbemühungen wie IFC und STEP konnten sich bislang allerdings nicht in einem breiten Anwenderkreis durchsetzen. Gründe hierfür sind die hohe, schwer handhabbare Komplexität und zugleich aber Unvollständigkeit dieser Spezifikationen [10].

Die verschiedenen aktuell publizierten Lösungsansätze zur integrierten Bauwerksmodellierung unterscheiden sich bedingt durch den jeweiligen Fokus der Arbeiten. So kommen sowohl proprietäre Modelle als auch oben genannte Spezifikationen zum Einsatz. Ein wiederholt gewählter Ansatz ist die Verwendung von Sets vordefinierter Klassen mit optionaler Modifizierbarkeit durch Subklassenbildung zur Laufzeit [11, 12, 13].

Im Unterschied zu anderen Ansätzen beruht das im SFB 524 verfolgte Datenverwaltungskonzept auf vollständig laufzeitdynamisch definierbaren Modellstrukturen, so dass Klassen und Instanzen den Anforderungen der jeweiligen Situation entsprechend zur Laufzeit definiert, erzeugt und modifiziert werden können. Die digitale Repräsentation des Bauwerks wird über verteilte disziplinspezifische Partialmodelle realisiert, die mittels explizit zu definierender Verknüpfungen zu einem Partialmodellverbund integriert werden. Alle

disziplinspezifischen Partialmodelle werden basierend auf einem statischen Meta-Modell erstellt, welches Elemente wie Schema, Package, Klasse, Attribut, Relation und Instanz sowie deren Beziehungen definiert. Die einzelnen Partialmodelle beinhalten somit zwei Ebenen, auf denen Bearbeitung und Modifikationen – und somit Informationsrecherche – stattfinden können: einerseits die Klassenstrukturen, die das jeweilige disziplinspezifische Wissen (Schema) abbilden, andererseits die Instanzen, die die Daten eines konkreten Bauprojektes enthalten (Bauwerksmodelldaten). Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Systemstruktur des realisierten Ansatzes zur integrierten Modellverwaltung.

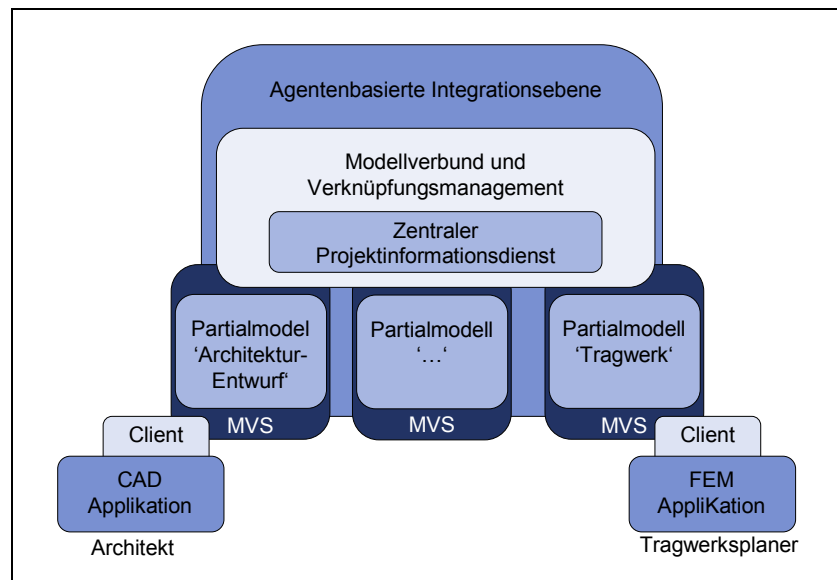


Abb.1: Technische Struktur des Modellverwaltungsansatzes.

Der Modellierungsansatz verzichtet gezielt auf eine Unterordnung der Datenstruktur unter eine vorausgedachte algorithmisch fixierte und implementierte Prozessstruktur. Die Intention besteht vielmehr darin, Planungsvorgänge und Entscheidungshandlungen beim Planer zu belassen, die Ergebnisse jedoch im Bauwerksmodell zu vergegenständlichen und den Zusammenhang zu tangierten Betrachtungsaspekten weiterer am Planungsprozess Beteiligter herzustellen und zu signalisieren. [2, 3, 4]

Navigations- und Recherchewerkzeuge müssen somit in der Lage sein, mit verteilten Modellen und laufzeitdynamischen Datenstrukturen umgehen zu können. Einzig das Meta-Modell kann als statische Datenstruktur zur Implementierung von Such – und Darstellungsalgorithmen verwendet werden.

4.2 Informationsrecherche im Kontext von Entwurfs- und Planungsprozessen

Durch die Vielfalt der Problemstellungen und zu treffenden Entscheidungen innerhalb des Bauwerkslebenszyklus ist der zu deckende Informationsbedarf im Einzelfall nicht vorhersehbar. Dabei sind insbesondere Bauplanungs- und Revitalisierungsvorgänge durch einen hohen und detaillierten Informationsbedarf bezüglich der bestehenden Bausubstanz gekennzeichnet, der im Einzelnen jedoch stark von den jeweils geplanten Baumaßnahmen beeinflusst wird.

Die Honorarordnung für Leistungen der Architekten und Ingenieure (HOAI) gibt lediglich eine grobe Strukturierung der Bauplanung in 9 Phasen bzw. Tätigkeitsbilder vor [8]. Rückschlüsse auf den detaillierten Ablauf eines konkreten Projektes, die Bestimmung

einzelner Arbeitsschritte und zu treffender Entscheidungen sowie deren Informationsbedarf lassen sich daraus nicht ableiten. Insbesondere Vorgehensweisen beim Entwerfen sind stark individuell und personengebunden. Entwurfstätigkeiten verlaufen in jedem Fall iterativ mit Rekursionen und Verzweigungen [1, 9]. Der Informationsbedarf während der Gebäudenutzung kann – je nach Gebäudetyp, -größe und Nutzungsart – vielfältig sein. *Folglich müssen Navigations- und Recherchewerkzeuge die Bearbeitung nahezu jeder denkbaren Fragestellung im Zusammenhang mit einem Bauwerk ermöglichen.*

Informationsrecherche geht stets von einem vorhandenen Datenbestand und einer zu beantwortenden Fragestellung aus. Ziel ist dabei, aus dem Datenbestand diejenigen Daten zu ermitteln und Informationen abzuleiten, die eine Beantwortung der Fragestellung ermöglichen. Eine wesentliche Rolle für den Erfolg der Recherche spielen die Klarheit, mit der ein Nutzer sein Suchziel formulieren kann, sowie die Kenntnisse, die er über Strukturen und Inhalte des Datenbestandes besitzt. Von diesen zwei Aspekten hängt wesentlich die Vorgehensweise bei der Recherche ab. Prinzipiell sind zwei Strategien zu unterscheiden:

- Explorative Suche – ‚Browsing‘, Erkunden, ‚Vorwärtstasten‘ anhand grafischer Darstellungen von Strukturen und Inhalten
- Deklarative Suche – Formulieren konkreter Suchkriterien und (maschinelle) Abarbeitung derselben durch entsprechende Algorithmen

In der Regel erfolgt die Informationssuche in mehreren Iterationsschritten mit einem Wechsel der Strategien [7]. *Recherchewerkzeuge sollten folglich in der Lage sein, beide Strategien integrierend zu unterstützen.*

Explorative Vorgehensweisen setzen die Verfügbarkeit navigierbarer Darstellungen der Inhalte und Strukturen des Datenbestandes voraus. Die traditionelle Kommunikation und Dokumentation im Bauwesen kennt eine Vielzahl verschiedener Darstellungsformen zur Darstellung verschiedener fach- oder zweckbezogener Sichten auf den Planungsgegenstand. Charakteristische Beispiele sind unter anderem räumliche Präsentationszeichnungen, Risse und Schnitte des Architekten, Elektro-Installationspläne, Raumbuch und Leistungsverzeichnis. Damit existiert eine nicht überschaubare Vielfalt spezifischer Darstellungsformen. Zudem findet aktuell eine Weiterentwicklung der Präsentationstechniken basierend auf computergestützten Technologien statt. *Eine feste Auswahl und Vorgabe bestimmter Darstellungsformen ist somit nicht sinnvoll.*

5 SYSTEMKONZEPT

Die Realisierung der notwendigen Flexibilität erfolgt mithilfe eines Frameworks, das beliebige Erweiterungen um zusätzliche Recherchefunktionalitäten erlaubt. Das Framework definiert allgemeingültig verschiedene Typen von Recherchemodulen und legt deren Aufgaben und Interaktionsprinzipien fest. Durch Instanziierung dieser Modultypen wird konkrete Recherchefunktionalität realisiert. Auf diese Weise ist die Realisierung, Integration und Kombination verschiedenster Darstellungsformen und Methoden zur Anfragedefinition und somit die Anpassung an projektspezifische Erfordernisse jederzeit möglich. Abbildung 2 zeigt die grundlegende Struktur des Frameworks.

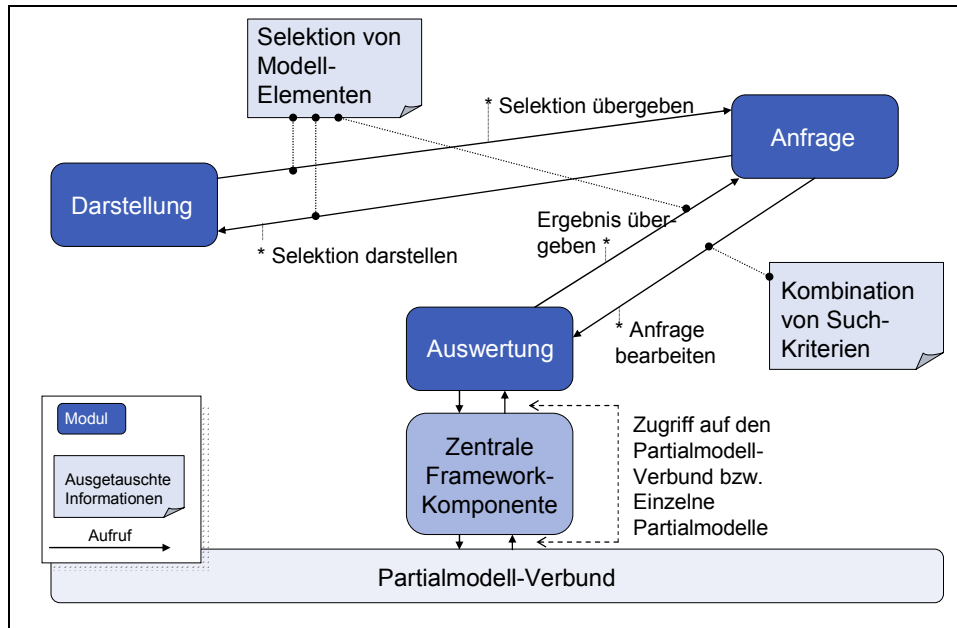


Abb.2: Framework-Konzept. Modultypen und Interaktion.

In den folgenden Abschnitten wird das Systemkonzept im Detail hergeleitet und erläutert.

5.1 Anforderungen an Navigations- und Recherchewerkzeuge

Basierend auf den im Abschnitt 4 erläuterten Randbedingungen ergeben sich folgende Anforderungen an die Navigations- und Rechercheschicht

- i. Bereitstellung von Suchfunktionalität, die beide Suchstrategien (explorative und deklarative Vorgehensweisen) integrierend unterstützt und innerhalb der Partialmodelle sowohl die Ebene der Klassendefinitionen (Schema) als auch die Ebene der Instanziierung und Modifikationen von Instanzen (Bauwerksmodelldaten) berücksichtigt
- ii. Bereitstellung differenzierter Funktionalität zur Darstellung von / Suche in beliebigen Modellstrukturen und Modelldaten, dies umfasst im einzelnen mehrere Ebenen
 - Minimale disziplinunabhängige Funktionalität auf dem Niveau des Meta-Modells
 - Bauwesenorientierte Darstellungsformen bzw. Navigationsstrukturen, vor allem in Form grafischer (2D/3D) Darstellungen des konkreten Arbeitsgegenstandes, der durch die konkreten Modelldaten (Instanzen) repräsentiert wird
 - Funktionalität zur Unterstützung der Informationsrecherche für disziplinspezifische wiederkehrende Routineaufgaben
- iii. Flexibilität hinsichtlich der Integration neuer Darstellungsformen/ Navigationsdarstellungen bzw. Anfragemethoden/-technologien
- iv. Flexibilität hinsichtlich der Integration neuer disziplinspezifischer Recherchewerkzeuge
- v. Koordinierter Zugriff auf die verteilt verwalteten Partialmodelle

- vi. Realisierung einer Zugriffsschicht oberhalb des Partialmodellverbundes, die Funktionalität zur Abarbeitung formaler Anfragen bietet.

5.2 Module und Funktionalitäten

Vor dem Hintergrund der Flexibilität und beliebigen Austausch- bzw. Kombinierbarkeit wurde eine strikte Trennung der Grundfunktionalitäten in

- Definition formaler Suchkriterien (Unterstützung deklarativer Suche)
- Darstellung (Unterstützung explorativer Suche, Ergebnisdarstellung) und
- Auswertung formaler Anfragen

vorgenommen. Einen Überblick über die Zuordnung wesentlicher Funktionalitäten zu den einzelnen Modultypen gibt Tabelle 1.

<i>Modultyp</i>	<i>Wesentliche Funktionalitäten</i>
Darstellung	<ul style="list-style-type: none"> - (navigierbare) Darstellung von Partialmodellinhalten und -strukturen - grafische Selektion von Modell-Elementen - Hervorheben selektierter Elemente in der Darstellung - Austausch von Selektionen mit anderen Modulen - Anzeige von Detailinformationen zu einzelnen Modellelementen
Anfrage	<ul style="list-style-type: none"> - Definition formaler Anfragen durch Festlegen von Suchkriterien - Kooperation mit Auswertemodul zur Bearbeitung von Anfragen: Übergabe von Suchkriterien, Übernahme von Selektionen - Austausch von Selektionen mit anderen Modulen - Speichern, Verwalten und Wiederverwenden von Anfragen
Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> - Übernahme von Suchkriterien - Abarbeiten von Anfragen: Auswertung von Suchkriterien / Ermitteln der entsprechenden Modellelemente - Übergabe von Selektionen
Zentrale Komponente	<ul style="list-style-type: none"> - Integration und Koordination der Navigationsschicht - Registrieren beteiligter Module / Verzeichnis verfügbarer Recherchefunktionalität - Kopplung mit Partialmodellverbund / Sicherstellen des Zugriffs auf einzelne Partialmodelle - Synchronisation von Recherchemodulen (Darstellung verschiedener Sichten auf gleichen Inhalt)

Tab.1: Zuordnung elementarer Funktionalität zu einzelnen Modultypen.

Darstellungsmodule sind verantwortlich für die navigierbare Präsentation sowohl von Modellstrukturen (Klassen-Ebene) als auch von Modellinhalten (Instanzen-Ebene). Unterschiedliche Darstellungsformen werden über je ein Modul realisiert, wobei unterschieden werden kann in

- Module, die ausschließlich Klassenstrukturen darstellen (z.B. Klassendiagramme nach UML-Notifikation)
- Module, deren Darstellungsfunktionalität sich ausschließlich auf Bauwerksmodell/Instanzen bezieht (z.B. räumliche Darstellungen eines konkreten Bauwerks) sowie

- Module, die beide Ebenen darstellen können.

Suchmodule orientieren auf die Unterstützung deklarativer Vorgehensweisen. Hauptaufgabe ist die Unterstützung des Nutzers bei der Definition formaler Suchkriterien. Somit stehen die Suchmodule in enger Beziehung zu den Auswertemodulen, die für die Abarbeitung der Suchkriterien verantwortlich sind. Das bedeutet, Auswertemodule müssen die formal definierten Suchkriterien lesen und verarbeiten können und schrittweise in Zugriffe auf den Partialmodellverbund umsetzen, um so die entsprechenden Modellelemente als Suchergebnis ermitteln zu können.

Zusätzlich zu den drei Modultypen enthält das Framework eine zentrale Komponente, die das Management des Frameworks übernimmt. Hier werden die einzelnen aktuell beteiligten Module registriert, so dass ein zentrales Verzeichnis der verfügbaren Recherchefunktionalität bereitsteht. Ferner erfolgt über diese zentrale Komponente die Integration mit dem Partialmodellverbund durch Kommunikation und Interaktion mit dem zentralen Projektinformationsdienst des Modellverbundes. Auf diese Weise wird der Zugriff auf einzelne Partialmodelle sichergestellt.

5.3 Beziehungen und Interaktion zwischen den Modulen

Wesentlich für Kommunikation der Module sind prinzipiell zwei Aspekte:

- der Austausch formaler Suchkriterien und
- der Austausch von Ergebnismengen bzw. Mengen selektierter Modell-Elemente.

Formale Suchkriterien beschreiben Eigenschaften gesuchter Modellelemente. Sie sind somit unabhängig vom Zustand der Partialmodelle zu einem konkreten Zeitpunkt und können ohne Verlust an Aktualität gespeichert und zu einem späteren Zeitpunkt erneut ausgewertet werden. Die Beschreibung von Suchkriterien erfolgt basierend auf dem Meta-Modell, welches den Partialmodellen zugrunde liegt. Ein einfacher Suchausdruck hat somit die Form

(<Meta-Elementtyp.Eigenschaft> <Vergleichsoperator> <Wert>)

Derartige Ausdrücke können dabei beliebig mit UND bzw. ODER verschachtelt werden. Die Schnittstelle zwischen Anfrage- und Auswertemodul muss somit zusätzlich zu den entsprechenden Methoden eine verbindliche Syntax solcher verschachtelten Ausdrücke festlegen.

Ergebnismengen dagegen sind nur für einen bestimmten Zeitpunkt oder Modellzustand gültig und müssen nach Modelländerungen erneut ermittelt werden. Ein Speichern und späteres Wiederverwenden kann nur bedingt erfolgen. Da alle Modell-Elemente anhand ihrer ID eindeutig identifizierbar sind, können derartige Ergebnismengen oder grafisch erstellte Selektionen leicht als Liste der betreffenden IDs definiert und weitergegeben werden.

5.4 Schnittstellendefinition

Aus den erforderlichen Funktionalitäten und Beziehungen der Module ergeben sich folgende Klassen als zentrale Bestandteile der Frameworkdefinition (siehe Abb.3). Die drei Modultypen ‚Darstellung‘, ‚Anfrage‘ und ‚Auswertung‘ stellen dabei abstrakte Klassen dar, von denen die konkreten Modulausprägungen abzuleiten sind.

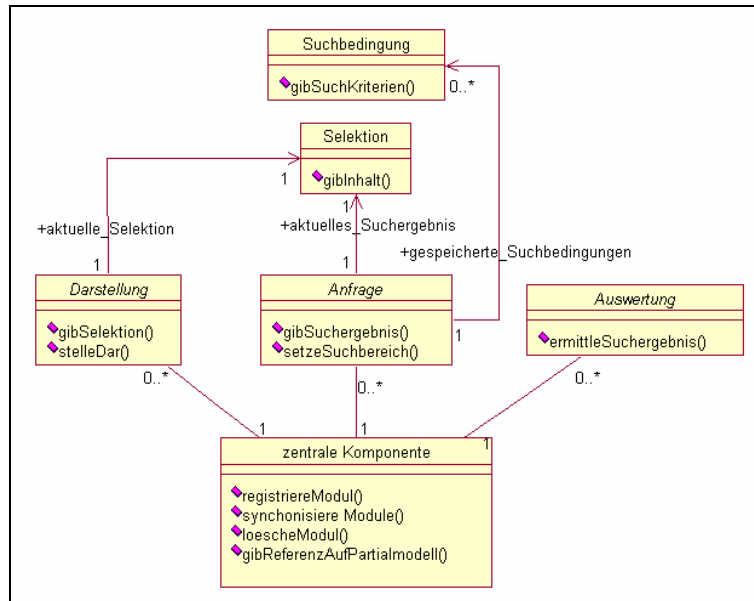


Abb.3: Klassendiagramm der Framework-Komponenten.

6 TECHNISCHES KONZEPT

Die technische Umsetzung des Systemkonzeptes baut wesentlich auf den bisherigen Ergebnissen und Implementierungen zur Modellverwaltung und Integration auf. Diese geben dabei einige technische Rahmenbedingungen vor, die im folgenden Abschnitt kurz vorgestellt werden. Basierend auf diesen und weiteren Anforderungen, die sich unmittelbar aus dem Framework-Konzept selbst ergeben, werden anschließend Ansätze zur technischen Realisierung erläutert.

6.1 Anforderungen aus dem technischen Umfeld

Der verwendete Modellierungsansatz sieht einen dynamischen Partialmodellverbund vor, bei dem die einzelnen Partialmodelle verteilt verwaltet werden. Somit werden rechnerübergreifende Zugriffe notwendig. Sämtliche Zugriffe auf Modellinhalte erfolgen über die vom Modellverwaltungssystem bereitgestellte Programmierschnittstelle, wofür eine Referenz auf das entsprechende Modellverwaltungssystem erforderlich ist. Aufgrund der Verteilung und der dynamischen Integration der Partialmodelle müssen derartige Referenzen zum jeweiligen Zeitpunkt neu ermittelt und bereitgestellt werden. Den zentralen Anlaufpunkt hierfür bildet der Projektinformationsdienst des Partialmodellverbundes. Dieser Projektinformationsdienst sowie die gesamte Modellintegrationsebene sind als Bestandteile eines Multiagentensystems realisiert worden.

Darüber hinaus spielen Eigenschaften der Programmierschnittstelle eine entscheidende Rolle im Rahmen der technischen Konzeption. Die Elemente des Meta-Modells besitzen keine gemeinsame Superklasse, über die sie allgemeingültig angesprochen werden können. Für den Zugriff auf Modellelemente anhand der ID ist somit zusätzlich die Kenntnis des Elementtyps (Schema, Klasse oder Instanz etc.) notwendig. Die Schnittstelle stellt zudem keine Funktionalität zur Realisierung formaler Anfragen (Ermittle alle Instanzen der Klasse ‚Wand‘, die aus Fachwerk sind!) bereit. Ein Teil der Navigationsschicht muss folglich diese Funktionalität realisieren.

Das Framework-Konzept sieht eine beliebige Anzahl von Recherchemodulen vor, die bei Bedarf laufzeitdynamisch integriert werden können. Die Anzahl und der Funktionalitätsumfang der beteiligten Module sind zum Zeitpunkt der Implementation also nicht festgelegt. Die einzelnen Module müssen dennoch untereinander kommunizieren können. Dies betrifft vor allem den Austausch von Selektionen und deren Synchronisation bei Bedarf. Darüber hinaus müssen die Module autonom agieren können, d.h. die Funktionalität jedes Moduls muss unabhängig von der Verfügbarkeit anderer Module jederzeit gegeben sein.

6.2 Konsequenzen für die technische Umsetzung des Frameworks

Bedingt durch die Eigenschaften der MVS-Schnittstelle muss die Beschreibung von Selektionen erweitert werden. Zusätzlich zu den IDs der betreffenden Modell-Elemente ist noch deren jeweiliger Elementtyp zu verwalten.

Den Auswerte-Modulen fällt die Realisierung der Anfragesprache zu, indem sie entsprechende Methoden bereitstellen, formale in einer festgelegten Syntax übergebene Suchkriterien zu parsen, dabei hierarchische UND/ODER-Verknüpfungen zu identifizieren, eine entsprechende Hierarchie der Such-Ausdrücke (siehe 5.3) aufzubauen und diese schrittweise auszuwerten, indem die einzelnen Ausdrücke in Aufrufe der MVS-Schnittstelle übertragen werden.

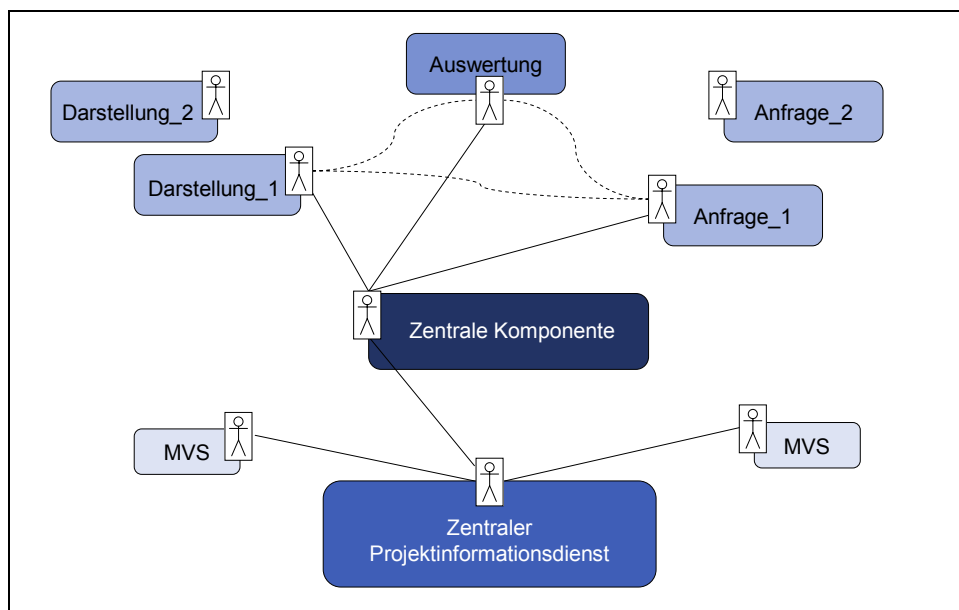


Abb.4: Ansatz zur technischen Realisierung innerhalb eines Multiagentensystems.

Aufgrund der notwendigen systemübergreifenden Zugriffe, der Autonomie und Interaktion der Recherchemodule sowie der Interaktion mit dem bestehenden Multiagentensystem bietet sich die Agententechnologie als Lösungsansatz zur technischen Realisierung an. Die Navigationsschicht stellt aus dieser Perspektive eine Erweiterung des bestehenden MA-Systemkonzeptes dar (siehe Abb.4). Dabei erfolgt die Kopplung zwischen Framework und Partialmodellverbund in erster Linie zwischen der zentralen Framework-Verwaltungskomponente und dem Projektinformationsdienst. Jedem der einzelnen Recherchemodule sowie der zentralen Framework-Verwaltung sind jeweils Softwareagenten zugeordnet, die untereinander kommunizieren. Die zentrale Verwaltungs-Komponente fungiert dabei als Verzeichnis-Dienst, bei dem sich alle beteiligten Recherchemodule registrieren, und stellt somit ein Verzeichnis der aktuell verfügbaren Funktionalitäten bereit –

sowohl für Benutzer als auch für andere Agenten. Zur Ermittlung der zur Darstellung bzw. Definition von Suchkriterien relevanten Daten benötigen die einzelnen Recherchemodule direkten Zugriff auf die Partialmodelle bzw. deren Modellverwaltungssysteme. In diesem Fall müssen die betreffenden Agenten des Recherchemoduls und des betreffenden Partialmodells direkt kommunizieren.

7 PROTOTYPISCHE IMPLEMENTIERUNGEN

Die Verifikation des bisher erarbeiteten Systemkonzepts anhand von Prototypen ist aktuell in Bearbeitung. Der Schwerpunkt liegt dabei zunächst auf der Überprüfung der Modultypen und deren Interaktion. Untersuchungen zur Modulintegration und zum Framework-Management schließen sich an. Die bislang umgesetzten Module realisieren einfachste allgemeingültige Navigations- und Recherchefunktionalität: Ein Navigationsmodul ermöglicht die hierarchische Darstellung von Partialmodellstrukturen und –inhalten, wobei die jeweiligen Elementtypen (Schema, Klassen, Instanzen etc.) symbolisch gekennzeichnet werden. Eine Auswahl der darzustellenden Elemente nach deren Typ ist möglich (siehe Abb. 5).

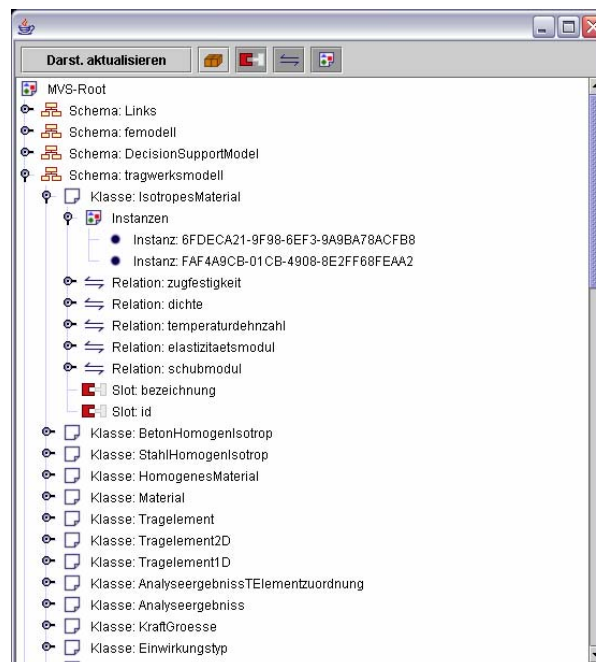


Abb.5: Explorative Suche – Navigation anhand von Baumdarstellungen der Modellstrukturen.

Ein weiteres Modul ermöglicht die formularbasierte Definition von Suchkriterien. Dabei werden Informationen aus den existierenden Schema- und Klassendefinitionen bereitgestellt, um die Definition sinnvoller Suchkriterien zu unterstützen. Nach der Auswahl eines Partialmodells / Schemas werden beispielsweise alle darin definierten Klassen angezeigt. Die Wahl einer Klasse gibt deren Attribute und Relationen für die Suche nach bestimmten Instanzen vor (siehe Abb.6).

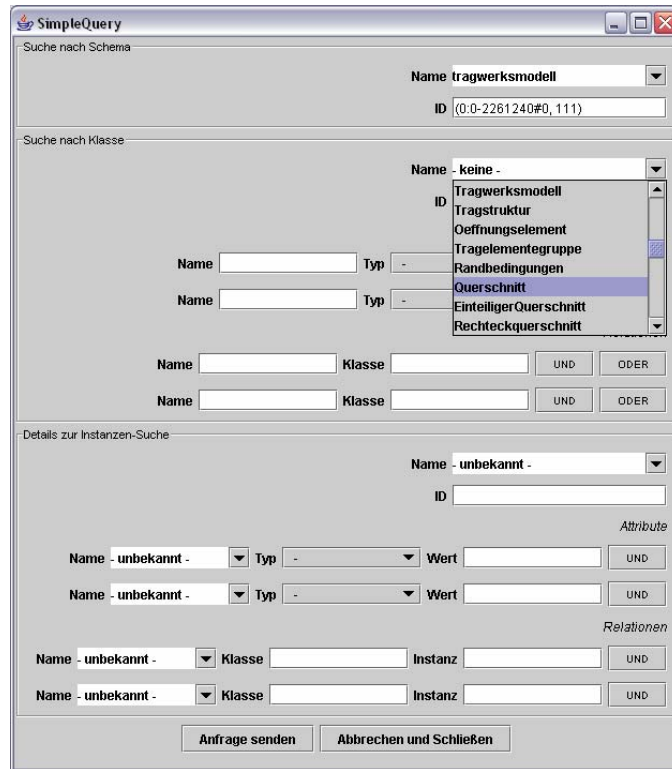


Abb.6: Deklarative Suche – Formularbasierte Definition von Suchkriterien.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Ausgehend von der derzeitigen Situation mangelnder Integration im Bauwerkslebenszyklus, insbesondere in Planungs- und Revitalisierungsprozessen, wurde ein Lösungsansatz zur Verbesserung der Prozessintegration und verbesserten Unterstützung der Kooperation der einzelnen Beteiligten vorgestellt. Kern dieses Ansatzes ist die integrierte Verwaltung und Bereitstellung sämtlicher bauwerkbezogener Daten. Zunächst wurde der gewählte Ansatz der Modellierung und Modellverwaltung weiteren aktuellen Ansätzen der Bauwerksmodellierung gegenübergestellt. Darüber hinaus wurden weitere Anforderungen an die disziplinübergreifende Bereitstellung und Präsentation zur Informationsrecherche in bauwerksbezogenen Daten erläutert. Ausgehend von diesen Anforderungen wurde ein framework-basiertes Systemkonzept für eine flexible modulare Navigations- und Rechercheschicht auf einem dynamischen Partialmodellverbund entwickelt. Randbedingungen und Ansätze zur technischen Realisierung der Navigationsschicht im Umfeld bestehender Implementierungen wurden diskutiert und erste Schritte der prototypischen Umsetzung vorgestellt.

Die nächsten Arbeitsschritte konzentrieren sich vor allem auf die Weiterentwicklung des technischen Konzeptes und den Abschluss der ersten Verifikationsstufe anhand von Prototypen. Technisch-konzeptionelle Arbeit ist vor allem noch notwendig im Rahmen der Modulintegration und des Framework-Managements sowie bezüglich der Problematik des Speicherns und Wiederverwendens von Suchkriterien und Selektionen. Auf der Ebene prototypischer Implementationen steht zunächst die Realisierung der Modulkommunikation, d.h. der Austausch von Suchkriterien und Selektionen im Mittelpunkt. Im Anschluss ist die Realisierung der zentralen Framework-Komponente vorgesehen.

REFERENCES

- [1] P. Lorenz, *Entwerfen. 25 Architekten – 25 Standpunkte*. DVA, München, 2004.
- [2] H. Willenbacher, and R. Hübler, *Intelligent Link Management for the Support of Integration in Building Life Cycle*. Proceedings of the ICCCBE-X, Weimar, 2004.
- [3] T. Hauschild, *Computer Supported Cooperative Work-Applikationen in der Bauwerksplanung auf Basis einer integrierten Bauwerksmodellverwaltung*. Dissertation, Bauhaus-Universität, Weimar, 2003.
- [4] H. Willenbacher, *Interaktive verknüpfungsbasierte Bauwerksmodellierung als Integrationsplattform für den Bauwerkslebenszyklus*. Dissertation, Bauhaus-Universität, Weimar, Germany, 2002.
- [5] R. Berger, E. Berger, *Bauwerke betrachten, erfassen beurteilen – Wege zum Verständnis klassischer und moderner Architektur*. Augustus-Verlag, Augsburg, 1999.
- [6] J. Ferber, *Multi-Agent Systems. An Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Addison-Wesley, Harlow, England, 1999.
- [7] W. Taube, *Qualitativ hochwertige Stadtinformationssysteme. Zur Strukturierung des Informationsraumes*. Shaker-Verlag, Aachen, 1998.
- [8] HOAI Textausgabe, *Verordnung über die Honorare für Leistungen der Architekten und Ingenieure in der Fassung der fünften ÄnderungsVO*. Werner-Verlag, Düsseldorf, 1996.
- [9] J. Joedicke, *Angewandte Entwurfsmethodik für Architekten*. Krämer-Verlag, Stuttgart, 1976.
- [10] B. Firmenich, *Product Models in Network Based Co-Operation in Structural Engineering*. Proceedings of the ICCCBE-X, Weimar, 2004.
- [11] T. Thurow, *Digitaler Architekturbestand. Untersuchungen zur computergestützten, schrittweisen Erfassung und Abbildung der Geometrie von Gebäuden im Kontext der planungsrelevanten Bauaufnahme*. Dissertation, Bauhaus-Universität, Weimar, 2004.
- [12] P. v. Both and N. Kohler, *A virtual life cycle structured platform for building applications*. Proceedings of the ICCCBE-X, Weimar, 2004.
- [13] GISMO-Projekt, <http://www.gismo-projekt.de>, Stand 20. Sep. 2005