

## KENNZEICHNUNGSBASIERTER ZUGRIFF VON PROZESSMODELLEN AUF OBJEKTBESTÄNDE DES BAUWESENS

**T. Heinrich**\*

\* *Sonderforschungsbereich 524, TP-D1*  
*Bauhaus-Universität Weimar*  
E-mail: theinrich@sfb.uni-weimar.de

**Schlüsselworte:** Prozessmodellierung, Kennzeichnung, Bauplanung, Objektmodell.

**Zusammenfassung.** *Für eine beherrschbare Koordination und Durchführung von Planungsaufgaben in Bauprojekten wird der Planungsprozess zunehmend in formalisierten Modellen – Prozessmodellen – beschrieben. Die Produktmodellforschung hingegen widmet sich der Speicherung von Planungsdaten – dem eigentlichen Planungsmaterial – in Form von objektorientierten Modellen im Rechner. Hauptaugenmerk sind dabei die Wahrung der Konsistenz und die Modellierung von Abhängigkeiten innerhalb dieses Planungsmaterials. Der Bezug zu den Akteuren der Planung wird nicht direkt hergestellt, die Schwierigkeiten bestehen bereits im Zugriff existierender Softwarewerkzeuge (Fachapplikationen der Planer) auf die Objektmodelle. Daher kann ein formal beschriebener Planungsprozesses in der Praxis noch nicht derart realisiert werden, dass ein gleichförmiger Zugriff auf Einzelobjekte des Planungsprozesses gewährleistet ist. Bestehende Planungsunterstützungs- und Workflowmanagement-Systeme abstrahieren und ordnen das Planungsmaterial daher immer noch auf Dateiebene.*

*Der vorliegende Artikel beschreibt eine Methode für die geeignete Verbindung von formalisierten Prozessmodellen in der Bauplanung mit den Einzelobjekten, die in den modellorientierten Objektmengen kodiert sind. Dabei wird die Zugehörigkeit bestimmter Objekte zu Plänen und Dokumenten (zum Zwecke des Datenaustauschs) nicht mehr durch die physische Zuordnung zu Dateien festgelegt, sondern ein formales Beschreibungsmittel vorgestellt, welches die entsprechende Teilmengenbildung aus der Gesamtheit der Planungsobjekte ermöglicht. Der Datenaustausch im Planungsalltag findet derzeit dateibasiert statt. Dazu werden aus den Objektmodellen der Planungsmodelle Teilmengen herausgelöst und physikalisch zwischen den Planern transportiert. Das neue Beschreibungsmittel hingegen erlaubt es, die Bildungsvorschrift für Objektteilmengen statt der Mengen selbst zwischen den Planern auszutauschen. Der Zugriff auf die konkreten Objekte findet dann serverbasiert statt.*

# 1 EINFÜHRUNG

Die Gesamtheit der Planungs- und Ausführungsprozesse im Bauwesen ist durch eine Vielzahl von beteiligten Einzelobjekten gekennzeichnet. Zwar ist in Branchen mit massivem Automatisierungsgrad auch eine solche Vielzahl anzutreffen, doch helfen dort höhere Standardisierungsgrade, Normierungen und Konventionen den Beteiligten bei der Handhabung der Informationsvielfalt. So sind im Maschinen- und Fahrzeugbau sowie in der Elektrotechnik Kleinteile und komplette Baugruppen nahezu vollständig standardisiert und einheitlich beschrieben.

Im Bauwesen hängt die konkrete Anzahl von Objekten in den Datenmodellen von der Größenordnung eines Projekts ab. Für Hochbauprojekte sind Mengen von  $10^4$  (Einfamilienhaus) bis  $10^8$  (Großbaustelle) Einzelobjekten typisch. Die hohe Zahl an Einzelobjekten bei größeren Projekten gilt in ihrer Gesamtheit als nicht beherrschbar. Monolithische Datenmodelle, die alle projektrelevanten Objekte beinhalten sollen, sind deshalb in der Praxis kaum anzutreffen.

Eine prozesshafte Betrachtung aller Einzelobjekte ist aufgrund des hohen Aufwands nicht erwünscht. Die aktuelle Forschung ist sich bei der Frage der Formalisierung von kommunikativen Prozessen nicht sicher, in welcher Genauigkeit diese Prozesse auszuformulieren sind. Man geht davon aus, dass die Behandlung von Einzelobjekten nur auf der Objektmodellebene selbst und damit für den unmittelbar beteiligten Planer (sowie für seine konkreten Softwarewerkzeuge) leistbar ist. Daran hat sich seit der Einführung computergestützter Modelle nichts geändert. Es besteht nach wie vor die Aufgabe, Objekte und Teilmengen von Objekten zu „planbaren“ Einheiten zusammenzuführen. Ein Dokument bildet eine solche planbare Einheit. Das Dokument als Abstraktionsebene entstand historisch aus der Notwendigkeit, Kommunikation zwischen den Planenden anhand einer Zeichnung führen zu können. Mit der Verlagerung vieler Arbeitsprozesse in computergestützte Umgebungen bot sich die dortige Abstraktionsebene Datei als Entsprechung für den Dokumentenbegriff an. Folglich wurde die Diskussion des Begriffs Datenaustausch in der Vergangenheit von der Vorstellung von Dateien geprägt.

Mit der Bemühung um die formale Abbildung von (insbesondere kommunikativen) Prozessen in Bauprojekten wird diese Dokumentmetapher bis heute übernommen und führt dazu, dass unter einer computergestützten Kommunikation zunächst der Austausch von Projektdaten in Form von Dateien verstanden wird. Derzeit am Markt gängige Systeme – vom Internet-Projektraum über Dokumentmanagementsysteme DMS bis zu Projektkommunikationssystemen PKS – unterstützen deshalb vorrangig den Austausch von Dateien zwischen den Planungsbeteiligten.

Auch die technologischen Abhängigkeiten bestimmen die Zugehörigkeit der Planungsinformationen zu einer Datei sowie deren Kodierung. Schon die Frage, ob Stahllisten dynamisch aus einem Modell generiert werden, oder (des schnelleren Zugriffs wegen) in ausgewerteter Form in einer Übergabedatei enthalten sind, wird von technologischen Faktoren bestimmt. Ebenso das Enthaltensein weiterer Informationen, die das Dateiformat beeinflussen (z.B. typisierte Bewehrungen), bei einer Integrationsaufgabe jedoch zwangsläufig zu einem Informationsverlust führen, weil sie spezifisch für die Schalungs- und Bewehrungsaufgabe sind, oder nur in ausgewerteter Form übertragen werden können.

Es ist festzustellen, dass die Zusammensetzung (Clustering) heutiger Planungsdaten (im Sinne der Strukturierung in Dateien) aus dem engen Gesichtswinkel jeweils eines Fachgewerkes und einer IT-Anwendung bestimmt wird. Anforderungen aus dem kommunikativen Prozess, also der Zusammenarbeit der Fachplaner untereinander, laufen oftmals konträr zum Gliederungsaspekt einer Fachanwendung (Abb. 1). Unter dem Austausch von Dokumenten wird der Austausch von Computerdateien mit Modellausschnitten aus den Anwendungen der Fachplaner verstanden. Somit richtet sich der Datenaustausch nicht nach den Erfordernissen der Planer, sondern nach den Möglichkeiten der Software und ihrer Exportfunktionen. Informationen werden redundant oder unvollständig übertragen. Auf der Seite des empfangenden Planers müssen die Informationen stets geprüft werden, bevor sie Verwendung in der aktiven Planungsaufgabe finden.

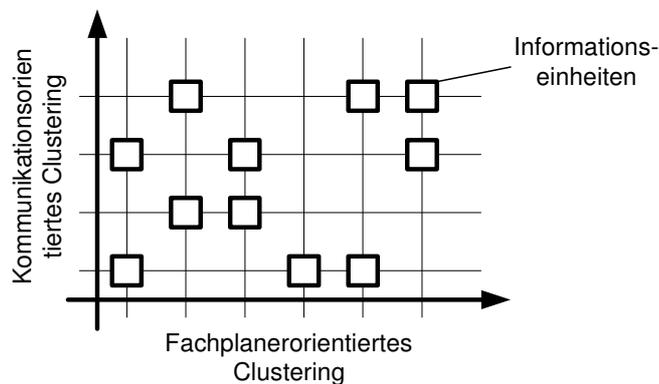


Abb. 1: Orthogonale Zuordnung von Planungsinformationen zu Dateien/Dokumenten

## 2 TEILMENGENSELEKTION IN DER PROJEKTKOMMUNIKATION

Die frühen Aktivitäten in der Planung befassen sich mit der Beschaffung von Informationen über das Projekt. Die Einordnung solcher Informationen in eine spätere Projektstruktur kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgen, die Informationen werden schlichtweg gesammelt. Beim Bauen im Bestand existieren jedoch bereits Bezüge. So bezieht sich beispielsweise fotografisches Bildmaterial auf bestimmte Gebäudestrukturen oder Einzelbauteile. Schwer formalisierbare Zusatzinformationen im Projekt lassen sich zumindest räumlich einordnen.

Eine der ersten Aufgaben des Gesamtplaners ist es daher, eine grobe Strukturierung des Bauvorhabens vorzunehmen und mit den ersten Beteiligten des Projekts abzusprechen [1]. Für die projektinterne Kommunikation wird eine gemeinsame Sprache der Orientierung gesucht. Überdurchschnittlich häufig wird dabei auf den Ortskontext Bezug genommen. Anhand von Orts- und Lagebeschreibungen wird anderen Planungsbeteiligten eine Referenz auf die Objekte gegeben, die im Moment von Interesse sind. Dabei einigt man sich zwangsläufig auf eine gewerkeübergreifende Nomenklatur, meist auf raumorientierter Ebene. So entsteht eine Unterteilung nach Liegenschaften, Gebäudekomplexen, Einzelgebäuden, Gebäudeteilen und -trakten, Geschossen, Räumen, Verkehrswegen etc., soweit diese bereits existieren (Bauen im Bestand) oder neu festgelegt werden können.

Die Initialbedingungen der Planung sind dadurch gekennzeichnet, dass die Menge an Planungsunterlagen und deren Strukturierung und Nomenklatur parallel zueinander aufgebaut werden und im Laufe des Projektes anwachsen. Es ist nicht allgemeingültig festlegbar, dass

vor der Existenz erster Planungsunterlagen eine Nomenklatur für das Projekt zu bestehen hat. Gleichwohl besteht der Leidensdruck unter den Planenden, möglichst frühzeitig eine für alle Projektbeteiligten verbindliche Strukturierung zu erreichen.

Bislang wird (siehe Einführung) die Strukturierung von Planungsunterlagen in Dateien vorgenommen. Dabei wird die Zugehörigkeit einer bestimmten Information zu einer Datei von der Technologie der jeweiligen Fachapplikation bestimmt, die der Fachplaner verwendet. Die Herauslösung von Informationen, die für einen anderen Planer bestimmt sind, sowie technische Konvertierungsdienste für Dateiformate zu diesem Zweck nehmen einen entsprechend hohen Anteil an der Projektarbeit ein. Verfahren zum Datenaustausch auf Basis von XML bieten derzeit keine zufrieden stellende Lösung. Der Umgang mit bestimmten, in XML-Dateien und –streams enthaltenen Informationen, die von einer konkreten Fachapplikation nicht interpretiert oder bearbeitet werden können, ist momentan nicht festgelegt. In den meisten Fällen werden solche Informationen beim Import bzw. Export verworfen, Informationsverlust ist die Folge.

## **2.1 Notwendigkeit einer Kennzeichnung**

Die Verwendung von Objektmodellen soll hier Abhilfe schaffen. Fachapplikationen greifen dem Ansatz nach auf zentral organisierte (der Performance und Stabilität wegen jedoch dezentral untergebrachte) Objektmodelle zu, welche das gesamte Planungsmaterial beinhalten [2]. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, den Datenaustausch nicht länger als Herauslösung und physischen Transport von Teilmodellen zu gestalten. Unter der Voraussetzung, dass die Fachapplikationen der Zukunft unmittelbar auf die Objektmodelle zugreifen, reicht es, eine Teilmengenselektion im Planungsmaterial vorzunehmen und in Form einer geeigneten Beschreibung von Planer zu Planer weiterzureichen. Damit wird ein völlig neuer Ansatz geschaffen.

Im Folgenden wird erläutert, wie mit einem speziellen Verfahren zur Kennzeichnung eine Strukturierung des Planungsmaterials vorgenommen wird, sowie mit einer einfachen Beschreibungssprache auf Prozessebene Teilmengen aus dem Planungsmaterial zusammengefasst, benannt und unter den Planern kommuniziert werden können.

## **3 AUFBAU EINER KENNZEICHNUNG**

Ähnlich der mündlichen Kommunikation zwischen den Planungsbeteiligten („Haus B, 2. OG, Durchgang Westflügel, Wandanschluss Geländer“) wird eine Beschreibung eingeführt, die in einer IT-gestützten Umgebung die Zusammenfassung der relevanten Information zu Teilmengen ermöglicht.

### **3.1 Normative Verweise**

Das beschriebene Verfahren orientiert sich an den Normenvorschlägen der DIN 6779 (und entsprechenden Folgenormen), insbesondere an den Teilen 6779-1 (Grundlagen), 6779-2 (Kennbuchstaben, Haupt- und Unterklassen) und 6779-15 (Bautechnik und Gebäudetechnik). Die DIN reguliert den generischen Aufbau von Kennzeichen und die konkrete Verwendung bestimmter Kennbuchstaben in einzelnen Gliederungsstufen. Vorschläge oder Regularien für die Verwendung derart aufgebauter Kennzeichen stellt die DIN nicht zur Verfügung. Branchentypische Erweiterungen sind zulässig und vorgesehen [6].

### 3.2 Baumstruktur

Die Kennzeichnung stellt nach dem hier beschriebenen Ansatz eine Klassifikation in Form einer hierarchischen Gliederung dar. Mathematisches Mittel zur Darstellung ist eine Baumstruktur. Jede Instanz einer Gliederungsstufe entspricht einem Knoten in einem Baum. Eine Gliederungsstufe  $i$  enthält alle Knoten  $a_i$  des zusammenhängenden Baums, welche die gleiche Beschreibungsebene (hier: Projekt/Liegenschaft, Komplex, Gebäude,...) charakterisieren.

Zur Bildung eines konkreten Kennzeichnungsblocks für ein Objekt  $j$  wird jeder Gliederungsstufe eine konkrete Knoteninstanz  $a_{ij}$  aus dem Baum zugeordnet. Die Knoten im Kennzeichnungsbaum sind benannt. Der Knotenname ( $a_{ij}$ ) wird anschließend als Repräsentant der Gliederungsstufe (Gliederungsstelle) verwendet. Im Verfahren der Kennzeichnung stellt nun ein Kennzeichnungsblock den linearisierten Repräsentanten eines Pfades in einem gegebenen Kennzeichnungsbaum dar. Der Pfad wird beschrieben durch die Folge der gewählten Baumknoten ( $a_{1j} a_{2j} a_{3j} \dots a_{nj}$ ) mit der Baumtiefe  $n$ . Zwischen den Gliederungsstellen wird das Gliederungstrennzeichen eingeführt. Unter Voranstellen des Vorzeichens (Prefix) der zugehörigen Baumstruktur erhält man so einen gültigen Kennzeichnungsblock der DIN-Norm (Abb. 2 unten). Ein solcher Kennzeichnungsblock oder die Konkatination mehrerer Kennzeichnungsböcke für ein konkretes Objekt ergibt das Kennzeichen dieses Objekts.

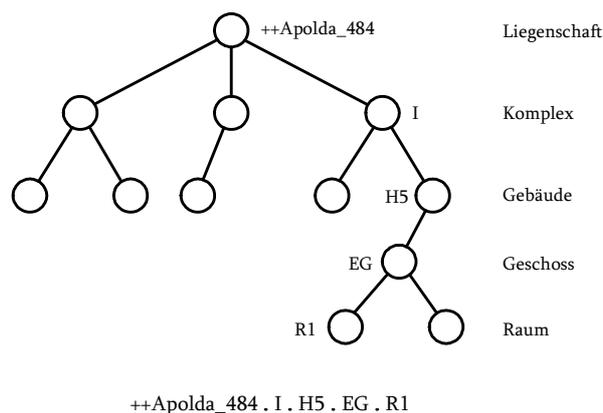


Abb. 2: Bildung eines konkreten Kennzeichenblocks anhand der besuchten Baumknoten

Durch die Verwendung von Vorzeichen verfügt jede Baumstruktur über eine speziell ausgezeichnete Wurzel. Im Unterschied zu einfachen Bäumen liegt mit dieser Struktur ein gerichteter, azyklischer Graph vor. Die Knoten beinhalten die Bezeichnung der Gliederungsstellen. Aufgrund dessen handelt es sich um einen benannten Baum.

### 3.3 Kontexte – Verwendung mehrerer Baumstrukturen

Das Verfahren der Kennzeichnung gliedert eine Sache (z.B. die Menge aller Planungsobjekte in einem Projekt) entsprechend eines Merkmalsraums, etwa bezüglich einer funktionalen Unterscheidung oder einer räumlichen Einordnung. Auch die Unterscheidung nach eingesetzten Materialien, (bau)physikalischen Eigenschaften und weiteren Merkmalen ist zur Strukturierung der Projektinformationen für die verschiedenen Sichtweisen sinnvoll und wird vorgenommen. Bis hin zu betriebswirtschaftlichen Faktoren oder eingehaltenen

Normen sind unterschiedliche Gliederungsaspekte im Bauwesen denkbar und daher in diesem Verfahren verwendbar.

In der Praxis hat sich für die Koordination von Planungsleistungen erfahrungsgemäß ein bestimmter Kontext hervorgerufen – die räumliche Gliederung, auch Lage- oder Ortskontext genannt. Abgesehen von Teilgebieten wie der Baustellenplanung werden Raum- und Bauteilobjekte vorwiegend bezüglich ihres Einbauortes beschrieben. Zwischen den Beteiligten des Vorhabens wird Bezug nehmend auf diesen Ortskontext miteinander kommuniziert: Weil ein Plan den geplanten Zustand eines Bauobjekts beschreibt, wird anhand des avisierten oder späteren Einbauortes von einzelnen Objekten oder Gruppen von Objekten referenziert und argumentiert. Die Verwendung einer Lagekennzeichnung führt inhärent zu Erweiterungsprinzipien. Dies wird schon in der sprachlichen Umschreibung von räumlichen Beziehungen deutlich: "umschließt", "erweitert", "beinhaltet",...

Bei der Verwendung mehrerer Baumstrukturen werden unterschiedliche Merkmalsräume aufgespannt. Die Aufstellung möglichst linear unabhängiger (orthogonaler) Baumstrukturen ist generell anzustreben. So ist neben einer Lagekennzeichnung der Aufbau einer Funktionskennzeichnung gerade dann sinnvoll, wenn Funktion und Lage eines einzelnen Objekts nicht oder in nur geringem Maße miteinander korrelieren. Naturgemäß ist dies im Hochbau gegeben. Beispiel: Nicht alle tragenden Stützen eines mehrgeschossigen Bauwerks befinden sich ausschließlich auf dem gleichen Geschoss.

Die Kombinierbarkeit der verschiedenen Merkmale findet auf der fachsprachlichen Ebene ebenfalls tagtäglich wieder. Beispiel: Ein Architekt erläutert seine Vorstellung von einem bestimmten Sichtputz und bezieht sich gegenüber den anderen Planungsbeteiligten auf "die tragenden Stützen auf Ebene Zwo im Atrium des Hauses A." Dabei handelt es sich um eine Kombination von Funktionsaspekt (tragende Stützen) und Ortsaspekt (einer näheren Angabe, wo sich die Stützen befinden). Das Verfahren zur Kombination mehrerer Baumstrukturen für die Zugriffe auf Planungsunterlagen stützt sich auf einfache boole'sche Operatoren und wird im Folgenden näher beschrieben.

### **3.4 Vom Kennzeichnungsblock zum Kennzeichen**

Ein Kennzeichnungsblock ist der zusammengehörige Aufbau aus mehreren Gliederungsstufen nach Abschnitt 3.2 (siehe dortiges Beispiel). Er dient der systematischen Einordnung eines Objekts in den Kontext der verwendeten Strukturierung. In einem Kennzeichnungsblock werden die Gliederungsstufen durch ein Trennzeichen voneinander getrennt. Im Falle der DIN 6779 kommt dafür in der Regel der Punkt „.“ zum Einsatz.

Ein (Referenz-)Kennzeichen ist die Zusammenfassung eines oder mehrerer Kennzeichenblöcke, passend zu jeweils ein- und demselben Objekt. Dies geschieht durch Konkatenation der einzelnen Blöcke, durch ihre genormten Vorzeichen sind sie weiterhin wohlunterscheidbar. Ein solches Kennzeichen wird somit jeweils einem Objekt fest zugeordnet.

### **3.5 Terminale, Nichtterminale und Unvollständige Kennzeichen**

In Anlehnung an die Begriffe des Fachgebiets Compilerbau wurden die Begriffe der Terminalen und Nichtterminalen Kennzeichen eingeführt.

Ein *terminaler Kennzeichnungsblock* hat in der detailliertesten/letzten Gliederungsstufe identifizierenden Charakter. Der Kennzeichnungsblock beinhaltet in diesem Falle in der letzten Gliederungsstufe einen für das Objekt eindeutigen Bezeichner. Beispiel ist hier ein

Kennzeichnungsblock, der auf „OG2.R16“ endet. Er beschreibt einen Raum im zweiten Obergeschoss mit der identifizierenden Raumnummer 16. Bei mehreren gleichartigen Objekten im Projekt (wie Räumen) empfiehlt sich die Verwendung eines alphanumerischen Abschnitts mit der klassifizierenden Bezeichnung (wie „R“ für Raum), ergänzt um einen identifizierenden Teil in numerischer Form (zum Beispiel die Raumnummer).

Ein *nichtterminaler Kennzeichnungsblock* hat keinen identifizierenden Charakter. Er kennzeichnet möglicherweise mehr als genau ein Objekt. Zur Darstellung des nichtterminalen Charakters wird der identifizierende Abschnitt (im Beispiel die Raumnummer) durch ein festgelegtes Zeichen ersetzt. Beispiel: Objekte innerhalb der Raumstruktur, die keinem speziellen Raum zuzuordnen sind, sich jedoch auf dem zweiten Obergeschoss befinden, sind entsprechend mit „OG2.R\_“ zu kennzeichnen.

Ein *unvollständiger Kennzeichnungsblock* kennzeichnet terminal oder nichtterminal das übergeordnete Objekt eines Objekts *O*. Die Gliederungsstufe, die das Objekt *O* terminal oder nichtterminal kennzeichnen könnte, fehlt jedoch. Dieser Fall tritt bei einer Vielzahl von Objekten auf, für die bewusst auf eine Detaillierung der Baumstruktur verzichtet wird. Die Anwendungsgrenze für diesen Fall wird durch die Planungspraxis bestimmt. Beispielsweise kann es überflüssig sein, für jede Schraube eines Stahlverbinders eigene terminale oder nichtterminale Kennzeichen aufzustellen. Die Schrauben werden vielleicht schlicht dem Stahlverbinder zugeordnet, der wiederum ein terminales Kennzeichen besitzt.

Ein *terminales Kennzeichen* enthält mindestens einen terminalen Kennzeichnungsblock. Das Objekt ist also zumindest bezüglich einer seiner gekennzeichneten Eigenschaften eindeutig identifizierbar.

Ein *nichtterminales Kennzeichen* beinhaltet ausschließlich nichtterminale Kennzeichnungsblöcke. Das Objekt ist bezüglich keiner seiner Eigenschaften eindeutig identifizierbar.

## **4 UMSETZUNG EINES KENNZEICHNUNGSVERFAHRENS**

### **4.1 Grundlegendes Verfahren**

Produktmodelle unterliegen eigenen Strukturierungsprinzipien, die sich an der Fachsicht der beteiligten Planer und dem Einsatzort der von diesen Planern verwendeten Softwarewerkzeuge orientieren. So wird in die Fachsichten des Architekten, des Statikers, des TGA-Planers, des Landschaftsarchitekten, des AVA-Verantwortlichen und weitere unterteilt. Je nach Anforderung des Zugriffs auf diese Daten werden diese im Falle eines verteilten Produktmodells im Wirkungs- und Zuständigkeitsbereich des jeweiligen Planers untergebracht (Einsatzort). Im Falle des Architekten werden alle mit den unmittelbaren Entwurfsphasen verbundenen Daten beim Architekten zu finden sein, die anderen Planungsbeteiligten greifen dort darauf zu. Dies entspricht einer Informationsholepflicht, wie sie im Miteinander heutiger Planungsbüros vorzufinden ist.

Gerade aufgrund dieser fachlichen Sicht einer Unterscheidung in Teilmodelle ist es nötig, für die Beschreibung des organisatorischen Gesamtzusammenhangs in der Planung eine zusätzliche Möglichkeit bereitzustellen, die eine von der gewerkebezogenen Sicht losgelöste

Strukturierung des Planungsmaterials erlaubt (siehe Einleitung). Der Aufbau einer (im vorigen Abschnitt beschriebenen) Kennzeichnung ist der vorbereitende Schritt dazu. Im folgenden wird diese Kennzeichnungssystematik genutzt, um die im Prozessmodell benannten Teilmengen des Planungsmaterials formal strukturiert beschreiben zu können. Mathematisch handelt es sich um das Erstellen von Regeln für die Bildung von Teilmengen über der Gesamtmenge von Objekten an Planungsmaterial. Zur Bearbeitung können diese Teilmengen aus dem Objektbestand selektiert und bearbeitet werden.

Für die Umsetzung einer Kennzeichnung mit Mitteln der Informationstechnik werden zwei Komponenten gebraucht. Die aufgestellte Kennzeichnungssystematik wird für alle Gliederungsaspekte (Lage, Funktion,...) in dezidierten Baumstrukturen aufgestellt und persistent abgespeichert. Es handelt sich hierbei um die strukturelle Komponente des Systems. Bei der zweiten Komponente handelt es sich um eine funktionale Komponente, die den Zugriff auf die Baumstrukturen steuert und die Erstellung von Kennzeichen, die Erstellung von Anfragetermen, die Auswertung von Anfragetermen zu passenden Kennzeichen und die Auswertung von Kennzeichen (inverse Auswertung) ermöglicht. Sie stellt die Zugriffe auf das Kennzeichnungssystem in algorithmischer Form zur Verfügung.

#### 4.2 Unterbringung von Kennzeichen im Produktmodell

Die gespeicherten Baumstrukturen stellen das Schema der Kennzeichnungssystematik (zunächst ohne Instanzen) dar. Dieses Schema wird im Weiteren um Bestandteile ergänzt, welche die Anbindung eines konkreten Objektmodells erlauben:

Nach der Ermittlung der Kennzeichen für eine bestimmte Planungsunterlage ist es wünschenswert, unter Verwendung der konkreten Kennzeicheninstanzen eine Anfrage an das angeschlossene Produktmodell (den angeschlossenen Objektmodellserver) zu richten. Aufgabe des Modellserver ist es somit, die angefragten Objekte in adäquater Zeit für den Zugriff bereitzustellen. Aus diesem Grund werden die Kennzeicheninstanzen an den gekennzeichneten Objekten im Modellserver untergebracht. Der korrespondierende Kennzeichnungsblock des Objekts wird als Instanz im Strukturbaum gespeichert. Im Falle nichtterminaler Kennzeichen werden so mehrere Objekte pro Knoten referenziert. Es wird folglich angestrebt, dass ein Objektmodell das Kennzeichen unmittelbar mit dem Objekt speichert (Abb. 3).

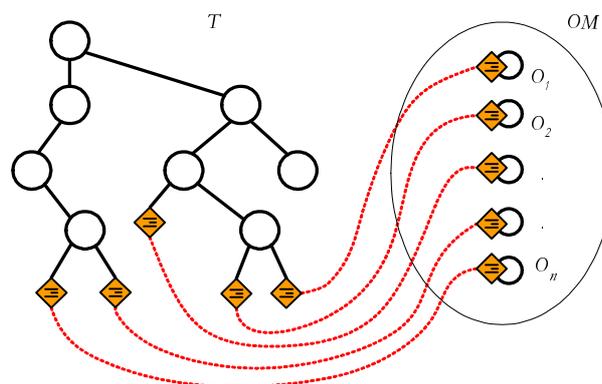


Abb. 3: Objekte im Objektmodell als unmittelbarer Träger des Kennzeichens

Falls ein Objektmodell die erforderliche Funktionalität nicht bereitstellt, Objekte jedoch auf Anfrage mittels eines eindeutigen Identifikators bereitstellt, kann dieser Identifikator stellvertretend auch in der Kennzeichnungsstruktur untergebracht werden. Die Erweiterung

besteht in diesem Fall darin, zusammen mit dem Kennzeichnungsbaum jeweils ein Schattenobjekt abzuspeichern. Das Schattenobjekt ist Träger des Kennzeichnungsblocks und enthält gleichzeitig den Identifikator des Objekts im Objektmodell, also in Form eines global eindeutigen Identifikatoren (Abb. 4). Diese Möglichkeit des Zugriffs ist bei einem Objektmodell generell vorauszusetzen.

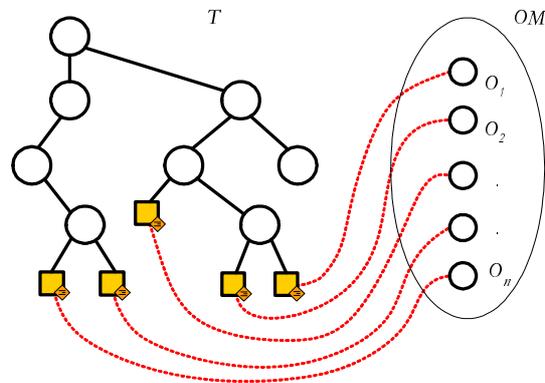


Abb. 4: Die Kennzeichnungsstruktur enthält Schattenobjekte für die Objekte des Objektmodells

Der später in Abschnitt 4.6 charakterisierte Algorithmus ist somit in der Lage, in der Ergebnismenge auch diese Identifikatoren bereitzustellen, die an einen Modellserver zur Abfrage der Objekte weitergereicht werden.

Bei der zweiten Komponente handelt es sich um eine funktionale Komponente, die den Zugriff auf die Baumstrukturen steuert und die Erstellung von Kennzeichen, die Erstellung von Anfragetermen, die Auswertung von Anfragetermen zu passenden Kennzeichen und die Auswertung von Kennzeichen (inverse Auswertung) ermöglicht. Sie stellt die Zugriffe auf das Kennzeichnungssystem in algorithmischer Form zur Verfügung.

### 4.3 Die Zugriffssprache

Die Planungsunterlagen des Prozesses werden im Prozessmodell als spezielle Prozesselemente  $D$  spezifiziert [3]. Zusammen mit einem solchen Prozesselement wird attributiv ein Term in Zeichenkettenform im Prozessmodell gespeichert. Dieser Term, im Folgenden *Anfrageterm* genannt, dient der Zuordnung der gewünschten Objekte aus dem Objektmodell der Planung. Als Beschreibungsmittel steht eine gemäß Abschnitt 4.2 um Kennzeichen bzw. Schattenobjekte ergänzte Kennzeichnungsstruktur zur Verfügung. Da die Objekte über ihre Kennzeichenblöcke beschrieben werden, wird als grundsätzliche Form des Terms ein Kennzeichenblock angenommen. Die zu erstellenden Terme bilden – ebenso wie die Kennzeichnungsblöcke in den Kennzeicheninstanzen – Pfade auf einer Baumstruktur ab (Abb. 5). Wenn man nun die vollständige Kennzeichnungsstruktur entlang des beschriebenen Pfades verfolgt, gelangt man zu den Referenzen auf die passenden Objekte aus dem Objektmodell. Diese vorgefundenen Objekte des Zielknotens werden zur Menge  $S$  der selektierten Objekte hinzugefügt.

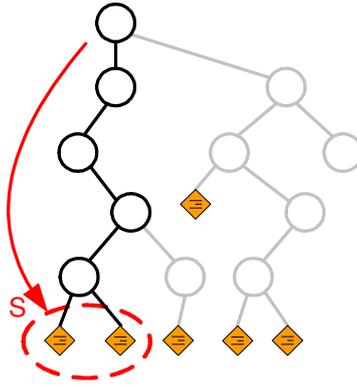


Abb. 5: Anfrageterme bilden ebenfalls Pfade auf Kennzeichnungsbaumen ab

Aufgrund dieser Eigenschaft kann die gewünschte Teilmengenbildung durch unmittelbares Verfolgen dieses Pfades erfolgen. Um nun im Sinne einer Teilmengenbildung geeignete Objekte aus dem Objektmodellbestand herauslösen zu können, muss ein Term in der Lage sein, Objekte an mehreren Knoten gemeinsam zu beschreiben. Ein solcher Mechanismus ist elementar für das Funktionieren der Kennzeichnung. Wie im einleitenden Kapitel beschrieben, wird nach einer geeigneten Abstraktion zur Beschreibung von Objektmengen gesucht, die in der Lage ist, große Anzahlen von Einzelobjekten in geeigneter Weise in wenigen Planungsunterlagen zu strukturieren. Zu diesem Zweck wird die Syntax im Sinne einer einfachen Zugriffssprache um Platzhalter erweitert.

#### 4.4 Ausbildung der Anfrageterme – Einführung von Platzhaltern

Platzhalter werden als Strukturierungsmittel bei der Formulierung der Anfrageterme genutzt. Mit ihrer Hilfe ist es möglich,

- mehrere Kennzeichen ein- und derselben Gliederungsstufe zu beschreiben,
- eine Gliederungsstufe auszulassen und in der folgenden Gliederungsstufe Spezialisierungen vorzunehmen.

Aufgrund der zweiten Eigenschaft erlauben es Platzhalter, bei der Definition von Planungsunterlagen die Gliederungsstruktur des vorgegebenen Kennzeichnungsbaumes zu durchbrechen. So können in der Teilmengenbildung mit einem Platzhalter auf Geschossebene alle Elemente erfasst werden, welche die Geschossorientierung einer entsprechenden Lagekennzeichnung durchbrechen, z.B. Elemente eines Fahrstuhls oder Fahrstuhlschachtes im Hochbau. Ein anderes Beispiel ist eine Tiefgarage, die sich unter mehrere Gebäudeteile erstreckt. Die Funktion eines Platzhalters veranschaulicht sinngemäß Abb. 6.

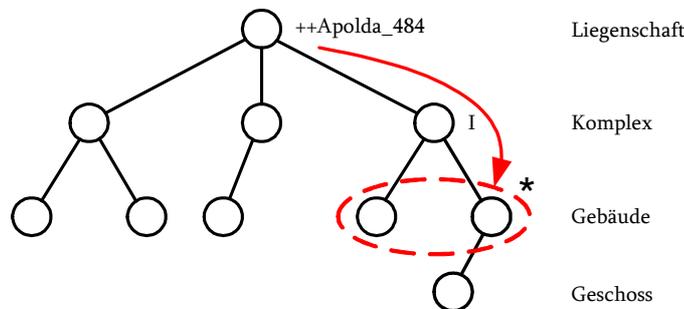


Abb. 6: Platzhalter wirken auf einer Gliederungsstufe

*Metaplatzhalter* werden als zusätzliches Strukturierungsmittel bei der Formulierung der Anfrageterme genutzt. Man kann damit alle Kennzeichen der entsprechenden Stufe *einschließlich* aller folgenden Gliederungsstufen beschreiben.

Ein Metaplatzhalter ist sinnvoll einzusetzen, sofern bei der Teilmengenbildung die Gliederungsstufen nicht vollständig spezifiziert werden können, oder wenn bezüglich eines gesuchten Objekts nicht bekannt ist, ob dessen Kennzeichen zwischenzeitlich einer Verfeinerung unterzogen wurde. Die Funktion eines Metaplatzhalters veranschaulicht sinngemäß Abb. 7.

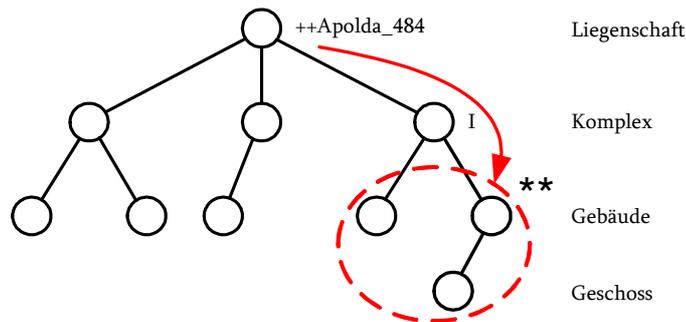


Abb. 7: Metaplatzhalter beschreiben auch alle untergeordneten Ebenen.

#### 4.5 Ausbildung der Anfrageterme – Operatoren zur Verknüpfung

Ein entscheidender Punkt im Aufbau von Anfragetermen ist die normgerechte Unterbringung der logischen Operatoren zur Verknüpfung mehrerer Kennzeichnungsblöcke. Sie sind integraler Bestandteil der Teilmengenbildung in der Prozesssicht. Im Folgenden wird die Behandlung der Operatoren  $\langle AND \rangle$  und  $\langle OR \rangle$  aufgezeigt.

Der Operator  $\langle AND \rangle$  dient der Verknüpfung mehrerer Kennzeichnungsblöcke innerhalb eines Anfrageterms. Beispiel für eine solche Ausprägung eines Terms ist "++APOLDA484.I.H2.\*\*  $\langle AND \rangle$  =FU". Im Rahmen der Teilmengenselektion bedeutet dies die Traversierung über den beteiligten Strukturbäumen *Lage* und *Funktion*. Im Ergebnis stehen zwei Teilmengen, deren Mengenschnitt zu ermitteln ist. Es sind nur genau diejenigen Objekte von Interesse, die sich im Haus 2 befinden und denen die Funktion Fundament („FU“) zugeschrieben wurde. Innerhalb von Gliederungsstufen ist dieser Operator nicht sinnvoll anwendbar. Bei der Klassifizierung eines Objekts ist bekanntlich auf jeder Gliederungsstufe zu entscheiden, welchem Knoten das Objekt zugeordnet wird (Spezifikation der Gliederungsstelle). Ist eine genaue Spezifikation nicht möglich, fällt das Objekt dem übergeordneten Knoten zu, es entsteht ein nichtterminales Kennzeichen. Die gleichzeitige Zuordnung mehrerer Gliederungsstellen einer Gliederungsstufe zu einem Objekt ist nicht sinnvoll.

Der Operator  $\langle OR \rangle$  dient der Spezifikation mehrerer Optionen innerhalb einer Gliederungsstufe in einem Anfrageterm. Beispiel für eine solche Ausprägung eines Terms ist "++APOLDA484.I.H1  $\langle OR \rangle$  H2.KG". Im Rahmen der Teilmengenselektion werden alle Objekte zur Teilmenge hinzugefügt, die in der betreffenden Gliederungsstufe Übereinstimmung mit einem der Operanden aufweisen. So beschreibt der obige Term die jeweils mit "KG" gekennzeichneten Kellergeschosse in den Häusern 1 und 2 einer spezifischen Liegenschaft, nicht jedoch Kellergeschosse eventuell weiterer Häuser in dieser Liegenschaft.

#### **4.6 Funktionale Komponente – Suche und Strukturvergleich**

Die Unterbringung von Referenzkennzeichen in einer Baumstruktur hat für jedes gekennzeichnete Objekte eine Stellvertreterfunktion. Der Platzbedarf und Kodierungsaufwand ist mit dem eines komplexen Modellservers nicht vergleichbar. Diese Struktur bietet daher den enormen Vorteil, strukturelle Vergleiche und das Auffinden von Einzelobjekten effizient zu unterstützen. Im Kern steht ein Algorithmus, der den Strukturvergleich zwischen zwei Kennzeichen bzw. Anfragetermen erlaubt. Das Verfahren weist folgende Merkmale auf:

- Der Algorithmus vergleicht zwei gegebene Kennzeichnungsblöcke von Einzelobjekten oder einen gegebenen Kennzeichnungsblock gegen einen gegebenen Anfrageterm.
- Der Anfrageterm darf Platzhalter und Metazeichen aufweisen, um das Enthaltensein eines Objekts in der Zielmenge (Planungsunterlage) zu überprüfen.
- Der Algorithmus durchschreitet die Hierarchie ausschließlich bis zu der Stufe, an der eine Übereinstimmung endgültig entschieden werden kann (Entscheidbarkeit, Laufzeiteffizienz).
- Der Algorithmus erfordert keinen Zugriff auf die Objektbasis eines Modellservers für das grundlegende Produktmodell (Laufzeiteffizienz).

Ein entscheidender Vorteil des hier vorgestellten Ansatzes ist es, solche Vorgänge wie Strukturvergleiche, Teilmengenbildungen oder die Suche über den Planungsdaten des Prozesses durchweg auf der Kennzeichnungsstruktur durchzuführen. Diese Operationen verlaufen losgelöst vom tatsächlichen Objektbestand des Produktmodells und stellen deshalb keine Anforderungen an eine Laufzeitqualität im Sinne eines schnellen, sequentiellen Zugriffs auf die gespeicherten Objekte in einem Objektmodellserver. Kommerzielle Datenbanklösungen sind mit einem solchen Vollzugriff unter Annahme einer zeitnahen Reaktion überfordert. Stattdessen wird das Produktmodell erst mit der ermittelten Ergebnismenge an Kennzeichen angefragt. Die Zugriffsmechanismen eines Modellservers haben wiederum genau die Aufgabe, eine geforderte Teilmenge an Instanzen auf diese Anfrage hin schnellstmöglich zur Bearbeitung bereitzustellen.

### **5 ZUSAMMENFASSUNG**

Die Arbeiten im Kontext von Prozessmodellen und deren Verbindung zu rechnergestützt verwalteten Bauwerksmodellen ist Bestandteil der Arbeit des Teilprojekts D1 im SFB 524. Die Betrachtung der Schnittstelle zwischen den Prozessen und dem Produkt dient dazu, die tatsächlichen Informationen und Sichtweisen auf die Modelldaten über die Grenzen einzelner Gewerke hinweg zwischen den Planungsbeteiligten kommunizieren zu können. Im Sinne der Forschung wurden damit Grundlagen geschaffen, die Welten von Gesamtplanern und einzelnen Fachdisziplinen gleichsam sprachlich und informationstechnisch verbinden zu können.

Unter Anwendung der im SFB entwickelten Modellverwaltungsmechanismen wurde der vorgestellte Ansatz im Zugriff auf einzelne Beispielmodelle verifiziert. Unter Anwendung eines Prototypen zur Prozessmodellierung wurde dieser Zugriff erfolgreich demonstriert.

## REFERENCES

- [1] T. Heinrich, Schnittstelle zwischen Produkt und Prozess. *Revitalisierung von Bauwerken. Schriften der Bauhaus-Universität Weimar, Band 117*. Bauhaus-Universität Weimar, 2005.
- [2] D. Beer, Process Models as a Base for Communication in Revitalization Projects. Z. Turk, R. Scherer eds. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> European Conference on Product and Process Modelling in the Building and related Industries: eWork and eBusiness in AEC.*, Balkema, 2002
- [3] Th. Hauschild, R. Hübler, H. Willenbacher, Distributed Cooperative Building Models for Revivification of Buildings. *International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) Symposium 2002*, Melbourne 2002.
- [4] J. Vad, Werkzeuge zur Planung der Planung. Bilek, Jochen ed. *Forum Bauinformatik, Bochum 2002*, VDI-Verlag Reihe 4, Bd.181, Düsseldorf 2002
- [5] D. Strong, S. Miller, Exceptions and Exception Handling in Computerized Information Processes. *ACM Transactions on Information Systems, Vol. 13, April 1995, p. 206-233*
- [6] DIN 6779, Teil 15: „Kennzeichnungssystematik für technische Produkte und Produktdokumentationen, Teil 15: Gebäude und Gebäudetechnik“