

# **Dynamisch-adaptive Kostenkalkulation für die Bauprojektentwicklung in vernetzten Systemen**

Uwe Rüppel  
Mirko Theiß

Technische Universität Darmstadt  
Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen

Oliver Kornadt  
Philipp Holzmann AG

## **1 Einleitung**

Die Bauprojektentwicklung wird heute nicht nur beim Neubau von Objekten im Hoch- und Industriebau eingesetzt, sondern beinhaltet in der Regel auch Umbau und Umnutzungsmaßnahmen bestehender Objekte. Das Spektrum der Bauprojektentwicklung umfaßt dabei alle Planungen, unternehmerischen Entscheidungen und alle Untersuchungen im Rahmen bauvorbereitender Maßnahmen, wobei verschiedene Sichten auf die innerhalb der Bauprojektentwicklung erhobenen Daten definiert werden können.

Aus wirtschaftlicher Sicht betrachtet ist das Hauptziel der Bauprojektentwicklung das Erreichen einer maximalen Wertsteigerung. Diese Wertsteigerung tritt zum Beispiel ein, wenn infolge der Bauprojektentwicklung für Flächen ohne Baurecht ein verwertbares Baurecht geschaffen und in der Folge die Realisation des Bauobjektes durchgeführt wird [1].

Aus ingenieurtechnische Sicht umfaßt die dynamisch-adaptive Bauprojektentwicklung eine Verstärkung der Kooperation und der Koordination zwischen den einzelnen Unternehmen, Abteilungen und Personen, die an der Entwicklung eines Objektes beteiligt sind. Die umfassenden Normen und Vorschriften, welche durch Ämter und Behörden kontrolliert werden, sind dabei ebenfalls zu berücksichtigen. Durch dieses Konglomerat der an der Entwicklung eines Objektes beteiligten Interessengruppen ist es oft der Fall, daß gegenwärtig unwissentlich mit veralteten Plänen und Informationen gearbeitet und geplant wird. Erhebliche Mehrkosten und Qualitätsmängel an den Objekten sind die Folge und führen nicht selten zum Scheitern eines Bauvorhabens.

## **2 Das Kalkulation-Informationssystem für die Bauprojektentwicklung**

Für die in diesem Beitrag vorgestellten Methoden steht die Planung von Bauobjekten in Bezug auf ihre Kostenkalkulation im Vordergrund. Diese Kalkulationen werden innerhalb der Bauprojektentwicklung regelmäßig durchgeführt. Sie dienen zum einen zur Überprüfung der Rentabilität von geplanten Projekten, zum anderen werden sie als Informationsmaterial für Investoren und als Basis für den Soll-Ist-Vergleich der Kostenschätzungen und -bewertungen herangezogen.

Gerade bei größeren Bauprojekten sind häufig mehrere Projektpartner in einer Planungsgemeinschaft vereinigt. Jeder dieser Projektpartner plant und kalkuliert selbständig in seinem Zuständigkeitsbereich. Hieraus resultiert, daß jeder Projektpartner i.d.R. seine eigene Datenbasis unterhält, in der häufig sensible Daten, z.B. firmeninterne Erfahrungswerte, vorhanden sind. Aus Gründen des Schutzes dieser sensiblen Daten ist es nicht möglich, daß alle Projekt-

beteiligten in den frühen Planungs- und Kalkulationsphasen mit einer einzigen gemeinsamen Datenbasis arbeiten. Für die einzelnen Projektpartner sind die Planungsergebnisse anderer Beteiligter jedoch von großem Interesse. Ziel ist es daher, ein Kalkulations-Informationssystem zur Bauprojektentwicklung in vernetzten Systemen zu entwickeln. Die für das Kalkulations-Informationssystem notwendigen Daten und Informationen müssen zunächst innerhalb des Systems strukturiert werden. Hierzu wurden die auftretenden Kalkulationsdaten in Kostengruppen und –stellen aufgeteilt. Damit wurde eine **Kostenorientierte Informationsstruktur (KOIN)** geschaffen, die in Anlehnung an die Sammelgewerkeleiste der DIN 276 und DIN 277 [2] die folgenden 10 Hauptgruppen enthält:

- 0 Allgemeine Geschäftskosten
- 1 Baugrundstück
- 2 Erschließen (Herrichten, Öffentl. Erschließung, Nichtöffentl. Erschließung, ...)
- 3 Bauwerk (Baugrube, Gründungen, Rohbau, Fassaden, Ausbau, Baureinigung, ...)
- 4 Technische Ausrüstung (Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, Heizung, Strom, ...)
- 5 Außenanlagen (Gelände, Befestigte Flächen, Externe Konstruktionen, ...)
- 6 Ausstattung und Kunstwerke
- 7 Baunebenkosten (Bauherrenaufgaben, Technische Planung, Gutachten, ...)
- 8 Finanzierung (Zinsaufwendungen, Steuern, ...)
- 9 Vermarktung (Studien, Konzepte, Werbung, Public Relations, ...)

Jeder Beteiligte erzeugt und erhebt während der Bauprojektentwicklung Informationen, die durch das Kalkulations-Informationssystem einer der oben aufgeführten Hauptgruppen zugeordnet werden. Die im KOIN erhobenen und geschätzten Kostendaten werden bei der Erfassung mit den technischen und architektonischen Informationen der Projektbeteiligten verknüpft. Damit werden Veränderungen in der Planung konsistent im KOIN abgebildet und die Möglichkeit geschaffen, getroffene Schätzungen und Annahmen mit den später erzeugten realen Werten zu vergleichen.

Dieser Soll-Ist-Vergleich geschieht heute hauptsächlich manuell, in dem die Daten in externe Kalkulationssysteme übertragen werden. Um dieses Verfahren zu automatisieren und die Fehleranfälligkeit zu reduzieren, wird das projektweite „Sammeln“ der Informationen im vorgestellten Kalkulations-Informationssystem durch Internet-Agenten unterstützt. Damit liegen die projektspezifischen Kosteninformationen der Fachplanungen transparent vor.

### **3 Informationsbeschaffung unter Nutzung von Internet-Agenten**

Mobile Agenten können sich selbständig in lokalen und globalen Computernetzwerken bewegen. Sie übertragen sich automatisch auf einen neuen Rechner, nachdem sie ihre Aufgaben durchgeführt haben. Dabei sind sie in der Lage, auf jedem Rechner, auf den sie zugreifen können, Operationen autark auszuführen. Je nach programmierten Fähigkeiten kann dies z. B. die Informationsbeschaffung und das Reagieren auf vorgefundene Informationen oder Ereignisse sein. Die Anpassungsfähigkeit der Agenten ermöglicht es, daß der selbe Agent auf verschiedenen Rechnern auch unterschiedliche Aufgaben durchführt und nach Erledigung dieser Aufgaben oder nach einer definierten Zeit mit den Ergebnissen einer Recherche zu seinem Versender zurückkehrt [4].

Es ist möglich, daß ein mobiler Agent die Ausführung seiner Aufgaben bei einem bestimmten Ereignis unterbricht und auf einem anderen System wieder aufgreift. Hierzu besitzt der Agent die Fähigkeit, seinen *Status*, d.h. eine Momentaufnahmen des Zustandes der Objekte und des Speichers, zu sichern.

Ein Agent kann zu einem beliebigen Zeitpunkt über seinen *Schlüssel* angesprochen werden. Der Schlüssel ist ein eindeutiges Erkennungsmerkmal, mit dessen Hilfe der Agent im Netzwerk lokalisiert werden kann. Der *Besitzer* des Agenten ist ebenfalls als Information innerhalb des Agenten gespeichert. Der Besitzer ist immer derjenige, der den Agenten erzeugt hat. Er übernimmt damit auch die Verantwortung für das Handeln des Agenten.

Die *Implementation* ist der Programmcode, der auf entfernten Rechnern in einer den jeweiligen Rechner schützenden Umgebung ausgeführt werden kann. Intelligente Agenten besitzen nicht nur einen Programmcode, der auf jedem System gleich ausgeführt wird, sondern können je nach vorgefundener Datenbasis verschiedene Programmcodes ausführen.

Als weitere Eigenschaft stellt ein Agent *Schnittstellen* für die Kommunikation mit anderen Agenten oder Agenten-Systemen zur Verfügung. Dabei kann es sich um Methoden oder um eine Agentensprache wie KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) handeln.

Zur Ausführung von Agenten wird eine eigenständige Laufzeitumgebung benötigt. Diese Laufzeitumgebung läuft auf dem Netzwerkeserver und stellt sicher, daß die Kommunikation z.B. mit Datenbanken nur über diese Laufzeitumgebung und dem Server stattfinden kann (Bild 1).

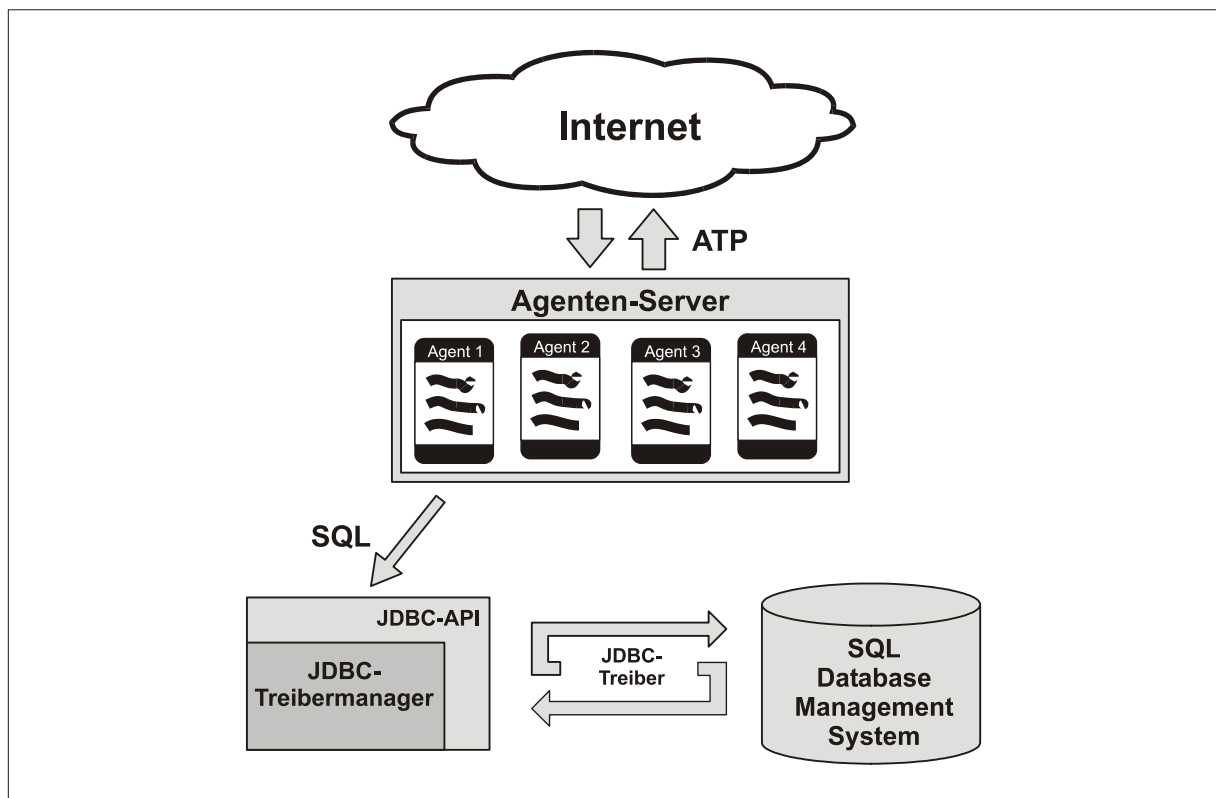


Bild 1 - Datenbankrecherche mit Internet-Agenten

Durch die beschriebenen Eigenschaften bieten Internet-Agenten die Möglichkeit, selbständig einfache Aufgaben auf entfernten Rechnern durchzuführen. Der notwendige Schutz lokaler Netzwerke vor unberechtigten Zugriffen ist durch die Administration der Agentenumgebung auf jedem Zielsystem gegeben. Im vorgestellten Projekt werden mobile Internet-Agenten für die Erfassung kostenrelevanter Informationen auf den entfernten Rechnern der Projektbeteiligten genutzt. Die Internet-Agenten können hierbei zwei wichtige Aufgaben erfüllen: Erstens können sie gezielt von den Projektbearbeitern aktiviert werden, um die zur Verfügung gestellten Datenbestände nach vorgegebenen Informationen zu durchsuchen. Zweitens überwachen sie den Planungsfortschritt bei den Projektbeteiligten und benachrichtigen bei Erreichen von

definierten Planungszielen selbständig im Planungsablauf folgende Projektpartner. Dieses dynamisch-adaptive Verhalten der Internet-Agenten stellt sicher, daß fortlaufend aktuelle Informationen über alle Planungen und Kalkulationen innerhalb des Kalkulations-Informationssystems für die Bauprojektentwicklung ermittelt werden können.

#### **4 Projektszenario**

Im Beispielszenario, wie in Bild 2 dargestellt, benötigt ein Projektteam alle relevanten Daten und Informationen für die Kalkulation eines Hochbauprojekts. Hierbei sind nicht nur die direkten Kosten, wie Baumaterial oder Ausführungskosten, von Interesse, sondern es spielen z.B. auch Kosten eine Rolle, die in der Hochbauplanung aufgetreten sind. Die Kostenursache liegt also nicht nur bei einem Projektpartner, so daß die Informationen aus einer Vielzahl lokaler Datenbanken bei den Projektpartnern ermittelt werden müssen.

Die mobilen Internet-Agenten erhalten vom anfragenden Partner (Sender) die Aufgabe, alle relevanten Daten für diese Kalkulation bei den übrigen Projektpartnern zu sammeln. Dabei spezifiziert der Sender die Suche des Agenten durch Angabe bestimmter Schlüsselwörter. Schlüsselwörter können dabei alle im KOIN festgelegten Kostengruppen sein. Beispielsweise würde das Schlüsselwort „Bauwerk“ alle Kosten zur Baukonstruktion und auch alle untergeordneten Kosteninformationen z.B. bezüglich der Baugrube, des Aushubs oder der Baustelleneinrichtung umfassen. Durch die Eingabe weiterer Schlüsselwörter, z.B. „AktENZEICHEN eines Teilprojektes“, die Projektweit definiert sind, wird die Suche weiter detailliert.

Auf diese Weise können zum Beispiel in der lokalen Datenbank des Statikers direkt die notwendigen Informationen bezogen werden: unwichtige Informationen und Informationen zu anderen Teilprojekten bleiben vom Agenten unberücksichtigt. Durch die Strukturierung der Informationen im KOIN kann der Agent die Daten selbständig erkennen und interpretieren.

Durch die Sammlung der Daten unter Nutzung mobiler Internet-Agenten ist es nicht erforderlich, daß alle Projektbeteiligte ständig an das Computernetzwerk angeschlossen sind. Ist ein

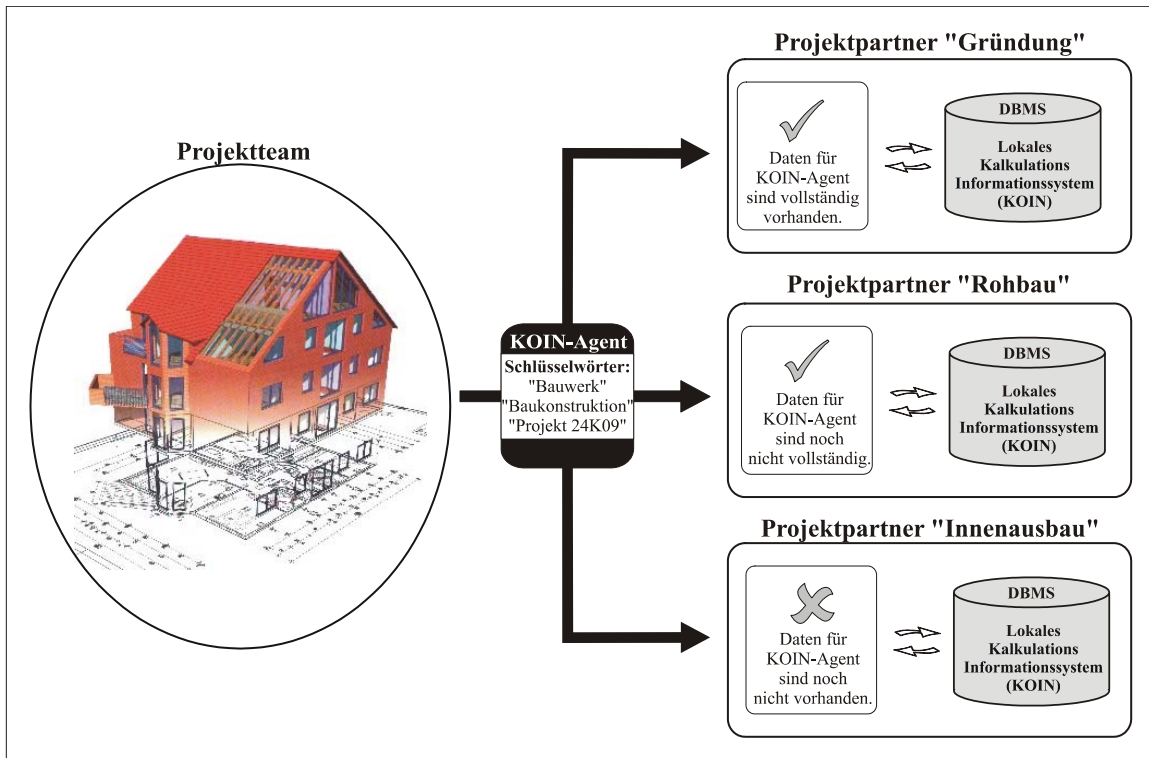


Bild 2 - Informationsbeschaffung unter Nutzung von mobilen Internet-Agenten

Beteiligter offline, wartet der Agent solange bis der Gesuchte wieder online ist und ermittelt dann die erforderlichen Daten. Durch den Agenten ist es auch möglich, die aufgefundenen Daten sofort auf Vollständigkeit und Fehler hin zu überprüfen. Stellt der Agent z.B. fest, daß die vorgefundenen Daten nicht vollständig sind, kann er beim betreffenden Projektbeteiligten die fehlenden Daten selbständig anfordern. Des weiteren kann der Agent schon bei der Sammlung der Daten diese auf ihre Plausibilität überprüfen. Die Auswertung bzw. Weiterverarbeitung der vom Internet-Agenten übermittelten Daten geschieht in der Benutzungsoberfläche des Senders (Bild 3).

Microsoft Excel - 99-05-27\_Budget Aufwand.xls

KALKULATION						
Bauwerk - Baukonstruktionen						
Mittlung (netto)						
Nr.	Gewerk	SOLL kalkuliert in DM (netto)	IST vergeben für DM (netto)	PROGNOSE noch erwartet in DM (netto)	IST + PROGNOSE vergeben + n. erwartet in DM (netto)	(IST + PROGNOSE) / SOLL Unterschied (verg. + n. erwartet) / kalk.
300	Bauwerk - Baukonstruktionen**)	5.100.000,00	2.550.000,00	2.040.000,00	4.590.000,00	-10,00%
31	Baugrube	500.000,00	250.000,00	200.000,00	450.000,00	-10,00%
32	Gründungen	600.000,00	300.000,00	240.000,00	540.000,00	-10,00%
33	Rohbau	900.000,00	450.000,00	360.000,00	810.000,00	-10,00%
34	Fassaden	900.000,00	450.000,00	360.000,00	810.000,00	-10,00%
35	Allgemeiner Ausbau	900.000,00	450.000,00	360.000,00	810.000,00	-10,00%
36	Sonderbauteile	400.000,00	200.000,00	160.000,00	360.000,00	-10,00%
37	Baukonstruktive Einbauten	300.000,00	150.000,00	120.000,00	270.000,00	-10,00%
38	Baureinigung	200.000,00	100.000,00	80.000,00	180.000,00	-10,00%
39	Einrichtung	400.000,00	200.000,00	160.000,00	360.000,00	-10,00%

Bild 3 - Weiterverarbeitung der gesammelten Daten in Excel

## 5 Zusammenfassung

Zur Unterstützung der Entscheidungsprozesse für Planung und Kalkulation in der Bauprojektentwicklung wurde ein neues agenten-basiertes Kooperationsmodell aufgezeigt. Dieses Kooperationsmodell bildet die Kostenstrukturen als zentrales Informationssystem im Kalkulations-Informationssystem (KOIN) ab. Jeder Projektbeteiligte besitzt sein eigenes, lokales KOIN, in dem alle für die Projektgemeinschaft relevanten Daten und Informationen strukturiert vorgehalten werden. Im Verlauf des Planungsprozesses können mobile Internet-Agenten auf diese verteilten Daten zugreifen und ein transparentes Abbild aller kostenrelevanten Daten erstellen. Dieser Informationsverbund führt zu einer Qualitätssteigerung der Kooperation bei der Projektentwicklung.

## 6 Literatur

- [1] May, A., Eschenbaum, F., Breitenstein, O.: *Projektentwicklung im CRE-Management*, Springer Verlag, 1998
- [2] Winkler, W.: *Hochbaukosten, Flaechen, Rauminhalte*. Vieweg Verlag 1994
- [4] Danny, B.L., Mitsuru, O.: *Programming And Deploying JAVA Mobile Agents With Agents*, Addison Wesley, 1998