

Konzeption eines Werkzeuges für schnell zu erstellende Simulationen von Baustellenabläufen

Tool Concept for Quick Development of Simulation Models for Construction Processes

Ulf Wagner, Raimar Scherer,
Institut für Bauinformatik, TU Dresden, Dresden (Germany)

Abstract: The authors aim to develop a platform with a graphical user interface for construction project management. This platform will be based on a management system, which enabled to conduct simulation runs based on up-to-date functional information. The platform is further intended to offer dynamical risk management, provide high transparency, visualize the background of previous decisions, and establish a common level of understanding among project partners to avoid misunderstandings and supports synergy and knowledge compilation. Various information sources, databases and software tools shall dock on it for model building, analysis, simulation and evaluation. It will make abstract processes and interactions visible. Processes and related resources are visible at each abstraction level, either as a symbol or as virtual reality. The system is based on a simulation model which consists of hierarchically arranged simulation process objects. With this simulation process object it is possible to split the simulation in arbitrary small sub processes.

1 Einleitung

Simulation im Bauwesen wird heutzutage nur in sehr wenigen Fällen und bei sehr großen Baustellen verwendet, auf denen es viele Einzelprozesse gibt, die jeweils simuliert werden müssen. Durch eine Verbesserung der Logistik ergeben sich erhebliche Einsparpotentiale, da z. B. Handwerker ca. 35 bis 40 % ihrer Tätigkeit mit logistischen Aufgaben beschäftigt sind und dabei nicht ihrer Hauptaufgabe nachgehen können (Henning 2007). Eine Wiederverwendung auch nur von Teilen einer Simulation findet jedoch kaum statt.

Daher soll ein Verfahren für die Baustellensimulation erforscht werden, das es erlaubt, Ablaufplanung und Bauvorbereitung durch Simulationsstudien effektiv zu unterstützen und das es ermöglicht, auf Ablaufänderungen mit schnellen zielführenden Entscheidungen zu reagieren. Hierzu werden Anforderungen definiert und ein erster Entwurf einer Plattform mit einer grafisch-interaktiven Oberfläche zur Repräsentation der aktuellen Situation und zur Simulation von Konsequenzen vorgestellt.

Die Plattform sollte einerseits in die Geschäftsprozessmodellierung des Unternehmens eingebettet sein und andererseits die formale Prozessmodellinformation für Workflowsysteme liefern.

2 Aktuelle Forschungsarbeiten und Stand der Technik

Zurzeit werden einzelne Komponenten des Konzeptes von den verschiedenen Baubeteiligten für ihren speziellen Bedarf eingesetzt. Die Modellbildung ist jeweils auf ihre ganz spezielle Sicht auf den Bauablauf ausgerichtet und erfolgt normalerweise nur auf einer Modellabstraktionsebene. (Zülch und Börkircher 2006) Die Modelle sind strukturell nicht ineinander überführbar und zudem semantisch und formal nicht interoperabel. Es sind Insellösungen. Als Konsequenz ist jedes Modell, d. h. jeder Prozess, jeder Teilprozess immer wieder von neuem zu erstellen, die Modellpflege jedes Modells einzeln zu erbringen. Dies führt zu einem extrem hohen Zeit- und Kostenaufwand, der dazu führt, dass heutzutage nur sehr wenige Prozesse bzw. Teilprozesse in weniger großen oder hochspezialisierten Firmen wirtschaftlich durch Managementführungssysteme unterstützt werden können (Mikulakova 2007). So können z. B. Simulationen für die Entscheidungsfindung bei den täglichen Störungen des Bauablaufs kaum eingesetzt werden, da die Wartezeit, die sich durch den Zeitbedarf für die Aufstellung eines Simulationsmodells ergibt, den akzeptablen Rahmen sprengt. Zudem sind die Kosten durch die Insellösung meist höher als der erwartete Nutzen einer objektiven Variantenuntersuchung. Auch aufgrund der Datenfülle, des Erhebungsaufwands während der Bauerstellung und der Inter- und Intrakomplexität der Prozesse gibt es weder integrierte, noch hochwertige, noch intelligente Managementführungssysteme. Es gibt eine Vielzahl einzelner Werkzeuge und die auf alphanumerische Darstellung, ergänzt um einfache Geschäftsgraphik, reduzierten Unternehmensinformationssysteme auf Basis von Data-Warehouse-Methoden, beides mit proprietären Datenstrukturen.

Die Modellierung der komplex verzahnten Prozesse erfolgt separat und auf abstrakter Ebene, so dass einerseits die Verzahnung nicht oder nur sehr vage erfasst wird und andererseits die Elemente der Prozesse vereinfacht und durch Hinterlegung mit Kennzahlen beschrieben werden, was Standardfälle treffend wiedergibt. Für kritische Fälle, in denen sowohl die Standardbeschreibung als auch die Standardverzahnung zu hinterfragen sind und Erfahrungswerte fehlen, wäre eine detaillierte Behandlung wie eine realistische Simulation wünschenswert. Eine entsprechende realitätsnahe Simulation kritischer Fälle ist heute im operativen Geschäft kaum möglich, da sie zu zeit- und kostenintensiv ist. Es muss das komplette Simulations- und Informationsmodell für jeden Fall, wie bei einem Sonderfall, neu erstellt werden. Damit fehlt einerseits der kumulative Aspekt zur kontinuierlichen Verbesserung des Firmenwissens, das heute nur in Kennzahlen niedergelegt ist und viel besser in expliziter Form in den Prozessmodulen niedergelegt werden könnte. Andererseits fehlt das wichtige Wissen des Baustellenpersonals, des Poliers und des Maschinisten, das durch die Diskussion und Vorführung der Simulation im Baustellencontainer erfasst werden könnte und die wichtige Bruchstelle zwischen Theoretiker und Praktiker schließen würde. Auch eine stufenweise verfeinerte Betrachtung in der abstrakten Ebene ist wegen fehlender Daten, fehlender Prozessverzahnung und fehlender kontinuierlich gepflegter Modelle unmöglich. Jede Disziplin, wie Planung, Überwa-

chung, Simulation, Steuerung, Risikomanagement, bleibt eine Einzeldisziplin, für die sich jeder Projektbeteiligte die Dateninformation und -modelle selbst erstellen muss.

Es besteht der Bedarf einer Integration und graphischen Repräsentation von Überwachung, Simulation, Steuerung, Controlling und Risikomanagement mit einem stetigen Übergang sowohl zwischen den horizontalen Anwendungsdimensionen als auch zwischen den vertikalen Granularitätsebenen und vor allem mit dem ausführenden Personal.

Die Granularitätsebenen sind nicht nur für die individuellen Sichten der Beteiligten wichtig, sondern ein Schlüsselkriterium für die Wirtschaftlichkeit und somit die Akzeptanz. Die effiziente kontinuierliche Kontrolle durch den Ingenieur erfolgt auf möglichst hoher Ebene, z. B. bei der Controlling-Abteilung auf Geschäftsprozess- und Leistungsebene oder beim Bauleiter auf Prozessmodul- und Workflowebene. Bei der Identifikation von kritischen Abweichungen sind im fokussierten Bereich die Prozesse schrittweise in beliebige untere Ebenen aufzubrechen und die komplexen Interaktionen immer realitätsnäher zu erfassen und zu visualisieren, was bis zur 4D-Simulation einzelner Arbeitsabläufe und Interaktionen mit Nachbararbeiten gehen kann. Dieses sollte in Echtzeit erfolgen können.

Heute erfolgen dieses Aufbrechen und die Simulation ausschließlich in der Vorstellungswelt des Ingenieurs, des Bauleiters, des Poliers mit den bekannten Fehlerquellen der zu idealisierten Modellierung, des Übersehens von kritischen Punkten, den nicht bewusst gewordenen Konflikten zwischen den Teilmodellen. Ein Großteil der Kommunikation erfolgt verbal, unterstützt durch Ad-hoc-Skizzen, so dass ein hochwertiges und vor allem nachhaltiges Teamergebnis nicht möglich ist. Es bleibt auf der Stufe widersprüchlicher Individuallösungen, deren Umsetzung durch die Bauausführenden aber in vollkommener Form erwartet wird.

Ein weiteres Akzeptanzkriterium ist die Qualität der Integration des Baustellenpersonals und somit das Schließen der Lücke zwischen den Theoretikern im Büro, die das Projektmanagement und die Simulation im Büro durchführen, und den Praktikern auf der Baustelle, die die vorgeplanten Abläufe auf der Baustelle umzusetzen haben. Heutzutage erfolgt diese Kommunikation verbal und mit Hilfe von Papierzeichnungen. Hier ist es notwendig, neue Kommunikationstechniken zu nutzen und vor allem Modifikationen der Simulation in Echtzeit zur Diskussion des optimalen bzw. möglichen Arbeitsablaufs gemeinsam herausfinden zu können.

3 Zielstellung

Ziel ist die Entwicklung einer visuell orientierten Plattform für das Management von Bauprojekten in Form eines Managementführungssystems, die visuell aussagekräftige Simulationen auf Basis aktueller operativer Daten auf allen Abstraktionsebenen ermöglicht, komplexe Zusammenhänge visuell verständlich macht, ein dynamisches Risikomanagement ermöglicht, hohe Transparenz schafft, zurückliegende Entscheidungsgrundlagen sichtbar macht und eine Verständnisebene zwischen den Projektpartnern aufbaut, die Missverständnisse vermeiden hilft sowie Synergien und Wissensakkumulation fördert. Die Plattform soll nicht auf eine bestimmte Art der Simulation beschränkt sein, sondern als Prozessdatenmodell dienen, auf dessen Basis ver-

schiedene Arten von Simulationen durchgeführt werden können. Die Ergebnisse der Simulation sollen dann wieder in die Prozessdaten einfließen. Die existierenden Prozessmodelle beschränken sich meist auf eine Domäne, für die sie entwickelt wurden (z. B. ARIS auf die Geschäftsprozessmodellierung). Die Plattform soll speziell für die Simulation wichtige Informationen aus diesen Prozessmodellen entnehmen und weiterverarbeiten. Es soll logische Strukturen für Simulationen (wie in Martin 2006 beschrieben) speichern können und sie für die Wiederverwendung bereitstellen. Um aus den Prozessmodellen Simulationsmodelle zu erhalten, müssen die Prozessmodelle um die Informationen ergänzt werden, die für Simulation erforderlich sind. Dazu gehören unter anderem Informationen über den genauen Ort des Prozesses (Koordinaten), die Größe der simulierten Objekte, etc.

Die Plattform (Abb. 1) besteht aus einem Informations- und Modelllogistikern, an dem beliebige Informationsquellen, Datenbanken und Softwarewerkzeuge zur Modellbildung, Analyse, Simulation und Evaluation angedockt werden können. Es ist ein Planungs-, Steuerungs- und Entscheidungssystem, das abstrakte Prozesse und ihre Interaktionen transparent macht. Prozesse und ihre Ressourcen sind auf jeder Abstraktionsebene visuell darzustellen, sei es als Symbol oder als Virtual Reality. Sie sind darzustellen mit ihren Verknüpfungen und Interaktionen sowohl im Bauablauf als auch in den abstrakten Kontroll- und Steuerungsprozessen (Produktion, Kosten, Logistik, Vertrag, ...), z. B. mit Visualisierungsmethoden aus der Biochemie. Sie beruhen auf einem neuartigen intelligenten Prozessmodulsystem. Modellbildung, Submodellbildung und graphische Modellabbildung sind Kernaufgaben für die Entwicklung.

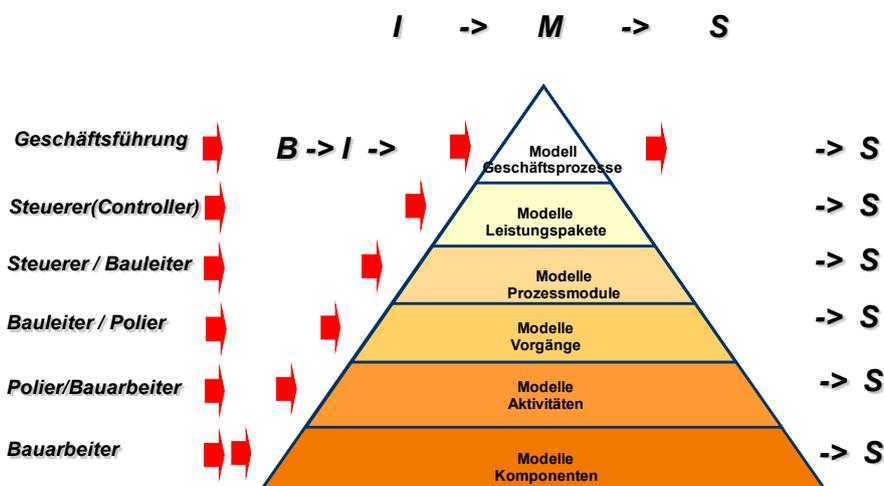


Abbildung 1: Arbeitsfluss für die Simulationserstellung Beobachten(B) → Informieren(I) → Modell(M) → Simulation(S)

4 Prozessmodule für Simulationsabläufe

Eine weitere wichtige Komponente der Plattform ist ein neuartiges hochwertiges Wissensmanagement, das auf Prozessmodulen beruht. Prozessmodule bilden standardisiertes und formalisiertes und damit nachhaltiges Firmenwissen ab, sowohl bezüglich Bauabläufen, Bauverfahren, Kosten- und Kalkulationsansätzen als auch von Qualitätssicherungsmaßnahmen und Risikoeinschätzungen. Prozessmodule können komplexe Prozessabläufe mit einem Netzwerk von Vorgängen beinhalten. Die Prozessmodule werden durch eine Beschreibungslogik strukturiert, so dass sie leicht an die aktuelle Situation, d. h. den Makro- und Mikrokontext angepasst und semiautomatisch zu Prozessketten konfiguriert werden können. Wie in Meyer (2005) beschrieben, ist der Simulationsaufwand selbst für relativ einfache Abläufe wie eine Bagger-LKW-Interaktion sehr hoch und je nach Detaillierungsgrad weiter steigerungsfähig (Martin 2006). Die Tatsache, dass jede Baustelle ein Unikat ist, erfordert für jede Baustelle eine individuelle Simulation. Das führt bei jeder Simulation zu sehr hohem Aufwand. Um diesen Aufwand zu verringern soll auf bereits vorhandene Simulationsdaten zurückgegriffen werden. Trotz des Unikatcharakters einer Baustelle gibt es sich immer wieder wiederholende Teilprozesse, die ähnlich oder genauso ablaufen. Diese sollen in den Prozessmodulen zur Verfügung stehen.

Die Prozessmodule werden als intelligente Objekte in einer Aggregationsstruktur beschrieben, so dass sowohl die horizontale als auch die vertikale Strukturierung des Managementführungssystems unterstützt wird (Abb. 2). Die Prozessmodule haben daher unterschiedliche Ausprägungen, sind Supermodulen zugeordnet, sind mit Methoden ausgestattet, die externe Werkzeuge, z. B. zur Kosten- oder Ablaufsimulation aufrufen, und sind mit Kennzahlen und Kennwerten ausgestattet, die situationsabhängig aktualisiert und durch Simulationsstudien modifiziert werden können. Sie sind weiterhin mit Verweisen auf Submodule der unterschiedlichen Detailebenen und den notwendigen komplexen Transformationen ausgestattet (Abb. 3). Prozessmodule sind Teilmodelle, die die Abstraktion einer bestimmten Modellebene wiedergeben. Wissensmanagement ist Management von (Teil-) Modellen und die Konfiguration dieser Teilmodelle zu einem individuellen Managementführungssystem des aktuellen Bauprojekts. Wissensmanagement ist Modelllogistik, die die Informationslogistik komplementiert und so zu einem neuartigen Managementführungssystem führt.

Wichtig ist, dass alle Beteiligten in den Entscheidungs- und Umsetzungsprozess mit eingeschlossen werden. Das Managementführungssystem ist zu ergänzen um Methoden zum kooperativen Arbeiten zwischen Büro- und Baustellenpersonal. Es sind Formen des Informationstransfers der simulierten Bauabläufe vom Büro zur Baustelle und des gemeinsamen Erarbeitens optimaler Bauabläufe durch interaktive Nutzung der Visualisierungsmöglichkeiten des Managementführungssystems, z. B. durch Präsentation auf berührungsempfindlichen Leinwänden im Firmenbüro oder im Baucontainerbüro, zu erforschen und so auch wieder Wissen des Baustellenpersonals abzuschöpfen und in den Prozessmodulen zu akkumulieren.

Zum schnellen Aufstellen von Simulationsmodellen aus dem aktuellen Datenbestand eines Projekts heraus und zur Übergabe an Simulationsprogramme sind neue Methoden zu entwickeln. Das Prozessmodell enthält neben dem Ablauf und den notwendigen Ressourcen auch Informationen speziell für die Simulation. Diese Informationen sollen dann über passende Schnittstellen an Simulationsprogramme

wie z. B. "Plant Simulation" weitergegeben und dort verarbeitet werden. Simulationen sollen auf jeder Modellierungsebene möglich sein. Die Strukturen der Simulationsmodelle für die verschiedenen Modellierungsebenen sind zu erforschen und zu definieren. Sie sind in geeignete, am praktischen Einsatz ausgerichtete Module zu strukturieren, um einerseits die flexible modulare Konfiguration zu unterstützen und andererseits kumulative Wissensbausteine zu bilden, die überschaubar bleiben. Es sind die Abbildungsvorschriften für die Extraktion der Ressourceteilmodelle aus den Ressourcenmodellen zu erforschen und zu formalisieren. Handhabung von Maschinen, Einbauabfolge, Vorgangsabfolge etc. sind durch modulare Algorithmen mit expliziten Strategien zu beschreiben, um so neues Wissen zu formalisieren und in den Wissensmodulen abzulegen. Die Erstellung der Strategien soll dem intuitiven Verständnis des Bauingenieurs entsprechen.

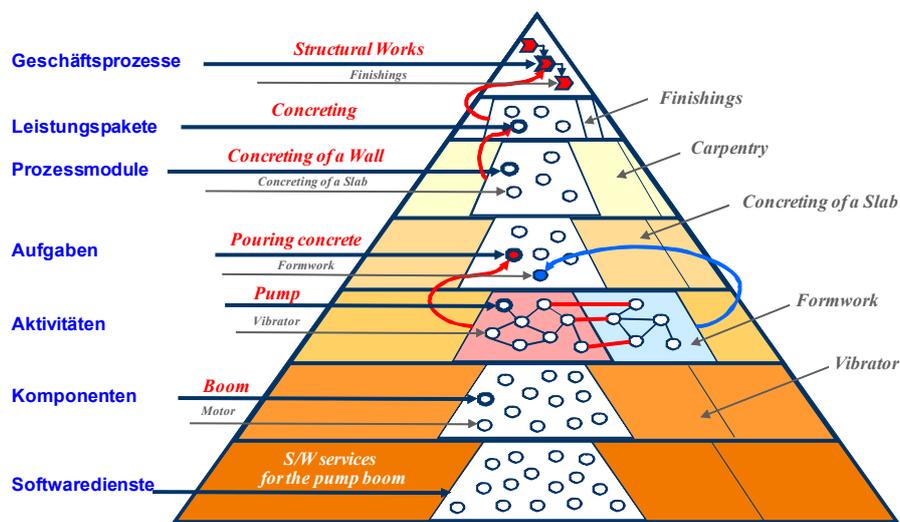


Abbildung 2: Prozessmodellierung

Transformationsfunktionen $f(\dots)$

- Empirische Regeln
 - Algorithmen
 - Musterelemente
- beschreiben die Abbildung zw. den zwei Modellebenen; diese können
- 1:1
 - n:1
 - n:m
 - geschachtelt sein.

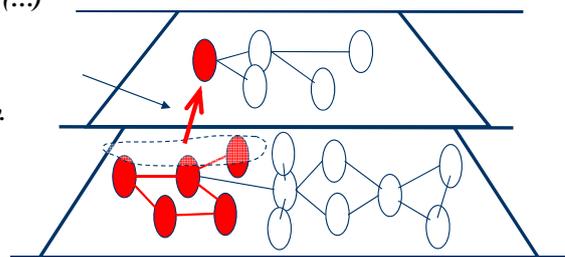


Abbildung 3: Ein Netzwerk wird in ein Objekt mit Kennzahlen verdichtet

Grundlage für die Speicherung der Informationen des Simulationsmodells soll ein Prozessobjekt (Abb. 4) sein, welches die Möglichkeit bietet, Simulationsprozesse beliebig granular aufzuspalten. Das Simulationsprozessobjekt hat $0 \dots N$ Vorgänger und Nachfolger, es verwendet Ressourcen wie z. B. Arbeitsmittel und –geräte und es ist in mehrere Teilprozesse aufspaltbar.

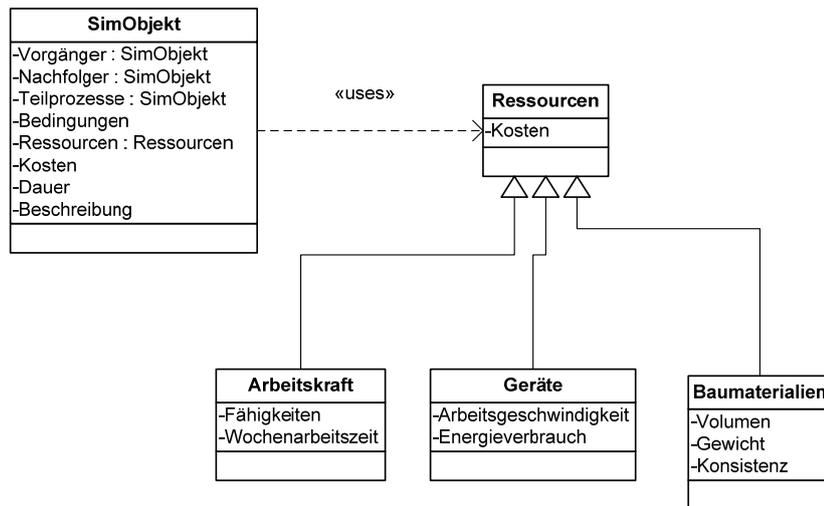


Abbildung 4: Simulationsprozessobjekt

Zu klären ist, wie die Kennzahlen aus den einzelnen Teilprozessen sich bei der Zusammenfassung zu einem übergeordneten Teilprozess zusammenfassen lassen. Die einfachste Möglichkeit ist sicherlich die Aufsummierung der Einzelposten, was aber insbesondere bei der Dauer zu Verfälschungen führt, da Teilprozesse auch parallel laufen können. (Bargstädt und Blickling 2005). Daher ist eine Gesamtsimulation des übergeordneten Teilprozesses mindestens einmalig notwendig, um darauf aufbauend für weitere bzw. ähnliche Teilprozesse stochastische und statistische Methoden für die Kenngrößenermittlung zu verwenden (Blickling 2006).

5 Zusammenfassung und Ausblick

Es sollen neue Arbeitsweisen entstehen. Zum Beispiel wird die Planung des Bauablaufs durch Anklicken der Bauelemente am virtuellen Bauwerk entsprechend der Bauabfolge erfolgen, aus der sich automatisch Balkendiagramme und Ressourcentabellen ergeben. Standardfälle können als parametrisierte Prozessmodule geladen werden, die mit wenigen Eingaben an die aktuelle Situation angepasst werden können. Ihr weiterer Vorteil ist, dass sie optimiert sind durch akkumuliertes Firmenwissen. Erstellungsprozesse sind mit weiteren Prozessen, wie Logistik, Finanzierung, Kostenlegung und Qualitätsüberwachung zu koordinieren, was über die durchgängige objektorientierte Modellierung, erweitert um ein hierarchisches Bauntologiemodell, technisch realisiert wird. Die Visualisierung ist in Netzstrukturdiagrammen, er-

gänzt um Farben, Tensoren und Strichstärken zu realisieren, so dass nicht nur eine hohe Transparenz erreicht wird, sondern auch schon frühzeitig, d. h. in der Baustellenplanungsphase (bzw. Angebotsphase) ein Risikomanagement auf qualitativ hoher Ebene einsetzen kann.

In der Bauausführung soll die Plattform durch graphische Inspektions- und Navigationswerkzeuge visuell transparente Ein- und Überblicke über den Soll-Ist-Zustand vermitteln und so die Identifikation von Schwachstellen und Risiken erheblich verbessern. Zahlenkolonnen und Reports sollen nur noch als ergänzende quantitative Detailinformationen dienen. Der heute noch statische Vorgang des Risikomanagements ist zu dynamisieren, d. h. Risiken werden durch die laufende Analyse der Historie kontinuierlich neu bewertet und damit zeitaktuell. Simulationen helfen, Risiken objektiver und genauer zu bewerten. Reaktionen auf tagesaktuelle Störungen des Bauablaufs sollen durch Simulationen auf ihre Varianten in Echtzeit überprüft werden können, so dass Entscheidungen aufgrund objektiver Kriterien und nicht nur intuitiv auf Basis des Erfahrungswissens des Verantwortlichen getroffen werden können. Prognosen werden belastbarer, da sie nicht allein auf der Extrapolation der Historie mit vorgegebenen Kennzahlen und Algorithmen beruhen, sondern durch Simulation, bei Bedarf bis in Details die aktuellen Gegebenheiten erfasst und bewertet werden können und das hohe Fachwissen des Unternehmens aus früheren Projekten eingebracht werden kann.

Literatur

- Bargstädt, H.-J.; Blickling, A. (2005) Determination of process durations on virtual constructions sites. In: Kuhl, M.E.; Steiger, N.M.; Armstrong, F.B.; Joines, J.A. (Hrsg.): Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, Orlando, Florida, USA, S. 1549 - 1558
- Blickling A. (2006) Spezifikation des Bau-Solls durch interaktive Modellierung auf virtuellen Baustellen. Dissertation, Bauhaus Universität Weimar
- Martin, K. (2006) Analyse der baubetrieblichen Logik und Grundlagen zur 3-D Simulation eines U-Bahnhofs. Masterarbeit, Bauhaus Universität Weimar
- Meyer, M. (2005) Erfassung der Zeitparameter eines in einer VR-Umgebung simulierten Arbeitsprozesses aus dem Bauwesen. Diplomarbeit, Bauhaus Universität Weimar
- Mikulakova, E. (2007) Bewertung von Ausführungsalternativen zur Entscheidungsfindung. Tagungsband Forum Bauinformatik 2007, TU Graz, S. 135-143
- Henning, M. (2007) Simulation bauleistungsprozesse. Diplomarbeit, Bauhaus Universität Weimar
- Zülch, G., Börkircher, M. (2006) Modellierung und Simulation von Bauprozessen: Planungsunterstützung im Baubetrieb unter Berücksichtigung von Bauablaufstörungen. In: Wenzel, S. (Hrsg.): Simulation in Produktion und Logistik 2006. SCS Publishing House, Erlangen, S. 561-570