

Computersimulation im Baubetrieb

– Wege zur Innovation -

Dipl.-Ing. Racha Chahrour chahrour@uni-kassel.de
Dipl.-Ing. Dipl.-Oec. Jens H. Utsch utsch@uni-kassel.de
Prof. Dr.-Ing. Volkhard Franz vfranz@uni-kassel.de

Universität Kassel – FB 14 / Institut für Bauwirtschaft IBW /
Fachgebiet Bauorganisation und Bauverfahren
Mönchebergstr. 7 / 34109 Kassel

Kurzfassung

Der Beitrag stellt einen neuen Ansatz dar, mit dem das Potenzial der Simulation in der baubetrieblichen Praxis nicht nur aus technischer, sondern auch aus organisatorischer Sicht beleuchtet wird. Die hier entwickelte Innovationsplanungsmatrix unterstützt die Identifizierung von Innovationsfaktoren in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern. Am Beispiel ‚Nachtragswesen im Erdbau‘ wird der Nutzen dieser Matrix demonstriert.

Summary

This paper describes a new approach, which depicts the potential of simulation to be used in construction management. It takes not only technical, but also organizational aspects into consideration. The developed innovation-matrix helps identifying innovation-factors in different application fields. The use case ‘claim management in earthwork’ demonstrates the advantage of this matrix.

1 Einleitung

Obwohl mehrere Forschungsarbeiten in den letzten zwei Jahrzehnten nachgewiesen haben, dass die Simulation erfolgreich für die Planung und Analyse von Bauprozessen eingesetzt werden kann, erfolgte kein nennenswerter Transfer in die Baupraxis /1/.

Der mit der Implementierung der Simulationstechnik verbundene hohe Aufwand in Form von Datenerfassung, Erlernen von Simulationstools und Modellaufbau, könnte Entscheidungsträger der Bau- und Unternehmenspraxis davon abhalten, Simulationstools als Planungsinstrument in Erwägung zu ziehen, insbesondere für kurzlebige Projekte.

Die Forschung sucht die Lösung in den technischen Möglichkeiten durch Weiterentwicklung der Simulation und hat bereits zahlreiche Ansätze in Form von speziellen Simulatoren für die Baubranche, wie z.B. CYCLONE /2/, CIPROS /3/, STROPOSOCPE /4/, entwickelt. Weitere Arbeiten verfolgen den gleichen Aspekt und konzentrieren sich auf die Vereinfachung der Modellerstellung, in dem sie die Entwicklung spezifischer Simulatoren (Special Purpose Simulation SPS) vorschlagen /5/. Andere Arbeiten wenden allgemeine Modellierungskonzepte auf baubetriebliche Fragestellungen an (Petri-Netze /6/, Bausteinorientierte Tools /7/). Diese Modellierungskonzepte werden in anderen

Industriebranchen erfolgreich eingesetzt, können jedoch, wie diese Arbeiten belegen, zur Lösung von baubetrieblichen Fragestellungen herangezogen werden.

Der Beitrag verfolgt einen ganz neuen Aspekt, der neben technischen Gesichtspunkten auch organisatorische Perspektiven und innovationsrelevante Fragestellungen in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt und dabei einen ganzheitlichen Entwicklungsansatz darstellt. Ziel ist es, das Potenzial der Simulation in der Baupraxis über die Abbildung und Analyse von Bauprozessen hinaus aufzuzeigen.

2 Das Innovationspotenzial der ‚Computersimulation im Baubetrieb‘

Die Tatsache, dass die Simulation im Baubetrieb bislang lediglich eine technische Entwicklung darstellt und nicht die Anwendung in der baubetrieblichen Praxis nach sich gezogen hat, muss als unbefriedigend bezeichnet werden. Folglich gilt es, diese Technologie zu einer ‚Innovation‘ zu entwickeln, d.h. zu einem anwendungsorientierten und marktfähigen Produkt. Damit stellt sich die Aufgabe der Innovationsplanung.

Zum ‚Produkt‘ wird die Computersimulation nur, wenn die Anwender in der baubetrieblichen Planung und Steuerung der Fertigungsprozesse einen Nutzensgewinn durch den Einsatz der Simulationstechnik erwarten und aus dieser Motivation heraus die Einführung der Simulation in ihren Organisationen vorantreiben. Um diese Innovation zu begünstigen, sind die damit verbundenen Nutzeneffekte zu erörtern und herauszustellen.

Der maßgebende Nutzeneffekt dieser Technologie liegt in der Querschnittsfunktion begründet, die der Simulationstechnik als entsprechend eingesetztes Instrument zukommen kann. Diese Querschnittsfunktion zeigt sich durch ihren Beitrag zur Zielerreichung verschiedener betrieblicher Managementsysteme (Bild 1). So dient die Simulation durch die Funktion der Abbildung dynamischer Phänomene zur ‚Strukturierung‘ dynamischer Prozesse und unterstützt die Regelkreisfunktion, die das Controlling anstrebt. Die Funktion der Prognose künftiger Systementwicklungen trägt dazu bei, Risiken besser abschätzen zu können. Die genannten Funktionen der Simulationstechnik unterstützen schließlich die fundierte Entscheidungsfindung und damit die quantitative Zielorientierung in den Planungs- und Entscheidungsprozessen. In diesem Sinne könnte die Simulation über die Bedeutung eines Tools zur Unterstützung einzelner Planungsprozesse hinaus an Bedeutung gewinnen und zwar als gängige Methode zur Abbildung von Bauprozessen, sowohl bei der Planung als auch bei der Steuerung, und würde schließlich zur Kommunikation der beteiligten Instanzen dienen können. Die vorstehend skizzierten Nutzeneffekte tangieren verschiedene Managementsysteme wie Organisationssystem, Planungssystem, Controlling und Risikomanagementsystem; die Querschnittsfunktion wird damit nachdrücklich deutlich. Die damit gebotene Abstimmung der Systeme aufeinander erfordert deren Festlegung auf die Nutzung der Simulation und die Definition der damit verbundenen Anforderungen an die Simulation als Voraussetzung für den effektiven Einsatz.

Analog den dargestellten Nutzeneffekten durch die Unterstützung der Zielerreichung verschiedener Managementsysteme können die Innovatoren unter jenen Mitarbeitern des Unternehmens identifiziert werden, die schon die bestehenden Managementsysteme nicht nur als existent wahrnehmen, sondern sie konsequent zur Unterstützung bei der Aufgabenbewältigung einsetzen. Ein gewisser Wandel in den baubetrieblichen Managementsystemen dürfte eine Folge dieses Innovationsprozesses sein. Und zwar inso-

fern, als dass Forderungen hinsichtlich Systematik und Struktur in den Arbeitsprozessen hinzutreten, die den effektiven Einsatz der Simulation erst möglich machen.

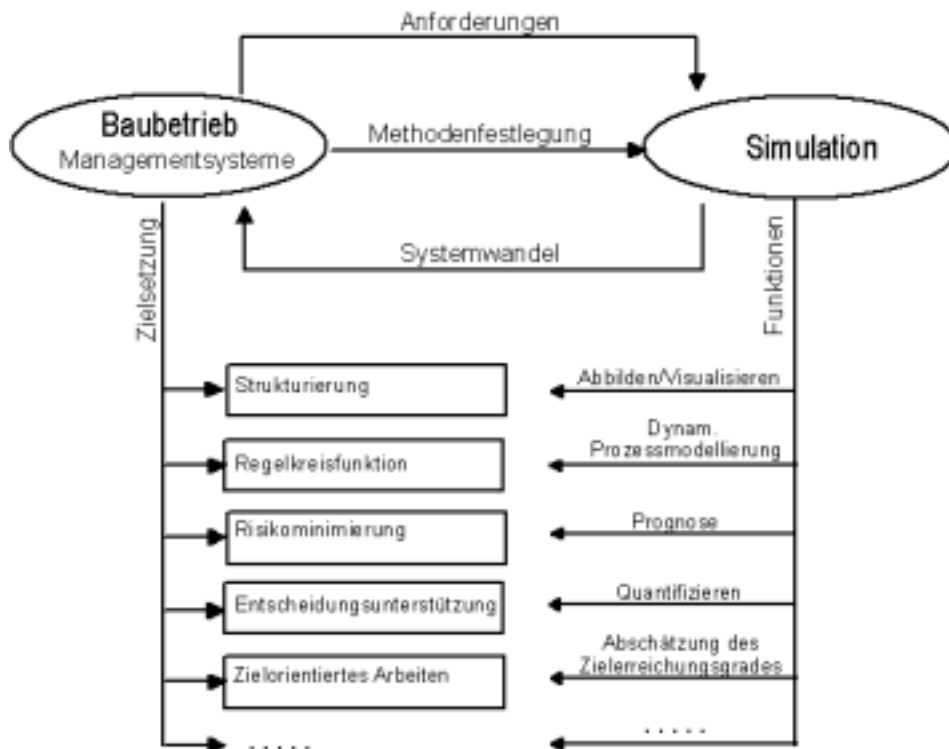


Bild 1: Beitrag der Simulation zur Zielerreichung der Managementsysteme

3 Innovationsplanungsmatrix als Instrument zur Innovationsplanung

Im Zuge der Innovationsplanung stellt die Innovationsplanungsmatrix ein hilfreiches Planungsinstrument dar. Die Matrix dient dazu, die Innovationsfaktoren anhand der verschiedenen sich ergänzenden Innovationsfaktorenkategorien für denkbare Anwendungsfelder der Innovation (in unserem Fall die ‚Simulation‘) zu identifizieren.

Die Überzeugung, dass die potenziellen Anwender in der Bauwirtschaft und deren Antrieb, Neuerungen durchzusetzen, erfolgsrelevant sind, lässt die ‚Simulations-Anwender‘ als erste Innovationsfaktorenkategorie erscheinen (‚Wer-Frage‘). Die weiteren dieser Kategorien erschließen sich in plausibler Weise. Die ‚Wann-Frage‘ führt zur zweiten Innovationsfaktorenkategorie: ‚Simulationsrelevante Prozesse‘; d.h. es sind die Prozesse oder auch Projektphasen zu erörtern, in denen die Simulationstechnik eingesetzt werden kann. Als daraus folgernde Kategorien ergeben sich der ‚Simulationszweck‘ (‚Wozu-Frage‘), also ‚wozu soll die Simulation eingesetzt werden?‘ und schließlich der ‚Simulationsnutzen‘ (‚Welche Nutzeneffekte verbinden sich für den Anwender mit dem Einsatz der Simulation?‘).

Führt man sich die dynamischen Veränderungen in den baubetrieblichen Organisationsstrukturen vor Augen (z.B. Verlagerung baubetrieblicher Aufgaben und Funktionen auf Spezialanbieter; Neue Vertragsmodelle, Strukturveränderungen der Aufgabenverteilung durch Arbeitsteilung und Spezialisierung, usw.), mit denen sich die Interessen und damit die Motivationsstrukturen der Beteiligten wandeln, so wird die Unterstützungsfunktion der Matrix bei der Erörterung der Innovationsfaktoren deutlich..

		Anwendungsfelder		
		Nachtragswesen im Erdbau	Logistikmanagement	Controlling im Mauerwerksbau
Innovationsfaktorenkategorien	Simulations-anwender	Bauleiter; Auftraggeber Externe Berater	Bauleiter; Logistikkordinator; Externer Logistikkordinator; Zulieferer; Baustoffhändler	Bauleiter Arbeitsvorbereiter Systemlieferant des Mauerwerkssystems
	Simulations-relevante Prozesse	Darstellung des Bauablaufs; Erörterung alternativer Szenarien; Abbildung der nachtragsbegründenden Prozesse	Zulieferlogistik; Versorgungslogistik; Fertigungslogistik; Entsorgungslogistik	Planung der Ausführung; Steuerung der Ausführung
	Simulationszweck	Veranschaulichung der für Dritte schwer nachvollziehbaren Bauprozesse und ggf. Ablaufstörungen – Dritte tragen oft die Entscheidungskompetenz hinsichtlich der Vergütungsregelung	Planung der Zulieferprozesse; Disposition des Flächenbedarfs für den Zulieferverkehr (außerhalb des Bauwerks); Disposition der Transportressourcen am/im Bauwerk (z.B. Aufzüge, Lagerflächen); Planung der Entsorgungsprozesse und Disposition der Ressourcen (z.B. Aufzüge, Flächenbedarf im und außerhalb des Bauwerks)	Festlegung des Fertigungsablaufes (Terminplanung) Steuerung des Fertigungsablaufes (Soll-Ist-Vergleich)
	Simulationsnutzen	Vermeidung von Verhandlungskonflikten, die oft auf der Schwierigkeit der Kommunikation komplexer Sachverhalte beruhen	Kosten- und Zeiteinsparung durch Verbesserung der Ressourcenausnutzung; Vermeidung von Verkehrsengepässen	Optimierung der Fertigung; Prognosen bei der Steuerung

4 Anwendungsbeispiel

Wie der Einsatz der Matrix die Innovationsplanung unterstützen kann, wird in der folgenden Darstellung am Anwendungsbeispiel ‚Nachtragswesen im Erdbau‘ verdeutlicht. Durch Erörterung der verschiedenen Innovationsfaktorenkategorien gelangt man zu den potenziellen Innovationsfaktoren, die die Grundlage für die Überlegungen darstellen,

welchen Anforderungen ein Simulationstool gerecht werden muss, um den jeweiligen Innovationsfaktor zu ‚begünstigen‘ und damit das Potenzial zur Innovation zu realisieren.

Die Komplexität der Bauprojekte besteht in schwer überschaubaren Randbedingungen, unvorhersehbar Ereignissen und Änderungswünschen des Auftraggebers. Dadurch kommt es zu Zusatzaufträgen, auch als ‚Nachträge‘ bezeichnet, weil der Auftragnehmer über zusätzlich zum ursprünglichen Vertragssoll zu erbringende Leistungen ein ‚Nachtragsangebot‘ vorlegt. Über den Zusatzauftrag und die Vergütung wird erst dann verhandelt, wenn die damit verbundene Bauleistung längst erbracht wurde. Unterschiedliche Ursachen machen es häufig erforderlich, die Bauarbeiten fortzusetzen, bevor die Beauftragung der zusätzlichen Leistung vorliegt; auch weil oft der zusätzliche Leistungsanteil technisch vom ursprünglichen Leistungssoll nicht zu trennen ist.

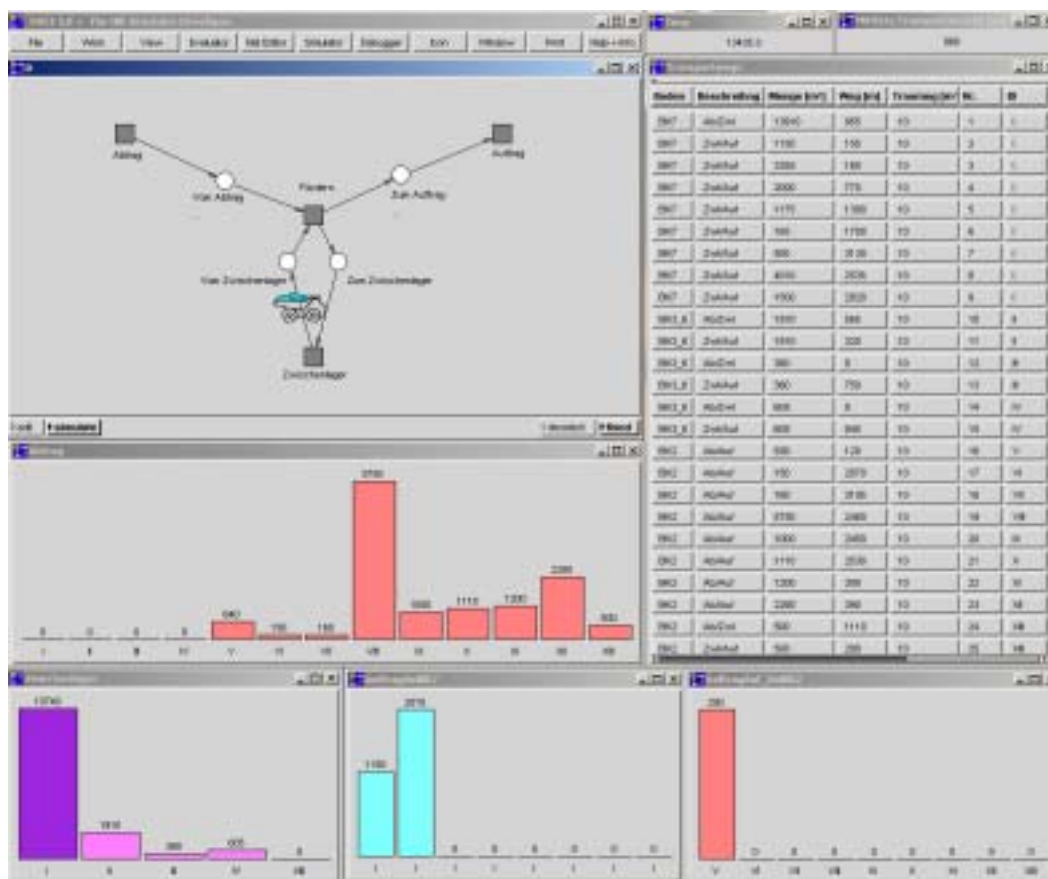


Bild 2: Petri-Netz Tool zum Nachtragswesen im Erdbau

Die Tatsache, dass das durchschnittliche jährliche Nachtragsvolumen der Bauunternehmen bei etwa 11% der gesamten jährlichen Bauleistung liegt /8/, lässt die Bedeutung des Nachtragswesens erkennen. Zur Bewältigung der komplexen Prozesse der Nachtragsbearbeitung, wie Sicherung der Ausführungsgrundlagen, Dokumentation von Bauzeitverzögerungen, Erstellung und Verhandlung der Nachtragsangebote bis hin zur

Abrechnung, finden verschiedene Instrumente Verwendung: Datenbanken, Tabellenkalkulationsprogramme oder einzelne projekt- und firmenspezifische Programme.

Im Erdbau entstehen Nachtragsforderungen seitens des Auftragnehmers z.B. bei verzögerten Bauabläufen, die der Auftraggeber zu vertreten hat, weil beispielsweise ein anderer Baugrund vorgefunden wurde, als vom Auftraggeber ausgeschrieben und das Baugrundrisiko vertragsgemäß der Auftraggeber zu tragen hat. Um zu erwartende Konflikte über das meist schwer zu beurteilende Ausmaß der auf den anderen Baugrund zurückzuführenden Verzögerung zu vermeiden, oder zumindest leichter lösen zu können, würde die Simulation eine sinnvolle Hilfe darstellen. Dabei sollte das Instrument schon in wesentlich früheren Projektphasen eingesetzt werden, als erst zu dem Zeitpunkt, wo es zu Nachtragsstreitigkeiten kommt. Die Vertragspartner könnten schon in der Vertragsphase das Simulationstool nutzen, um den geplanten Ablauf mit den vertraglich vorgegebenen Randbedingungen modellhaft abzubilden. Treten während der Ausführungsphase dann Änderungen auf, aus denen sich Vergütungsansprüche für den Auftragnehmer herleiten, so können die Änderungen erfasst, und die Auswirkungen abgeschätzt werden.

Die anwenderorientierte Umsetzbarkeit der Idee wird an einem fiktiven Anwendungsbeispiel demonstriert. So wurde ein Petri-Netz Tool entwickelt (Bild 2), das mit wenig Aufwand erlaubt, die Ausführungsmengen in der Planungsphase abzuschätzen und bauspezifisch eintretende Veränderungen einarbeiten, so wie das Ausführungskonzept mit dem Ziel der Optimierung ständig anpassen zu können. Das Tool ermöglicht, die interdependenten Einflüsse von Mengenänderung der unterschiedlichen Bodenklassen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die logistischen Kapazitäten (Zwischenlager) und Prozesse (Transport) erfassen und quantitativ abschätzen zu können.

5 Literatur

- [1] *AbouRizk S., Halpin D., Lutz J. (1992)* "State of the art in construction simulation." Proceedings of the 1992 winter simulation conference, Arlington, VA, USA, pp 1271-77.
- [2] *Halpin, D. W. (1977)* "CYCLONE- method for modeling job site processes." Journal of the construction division, September, pp. 489-99.
- [3] *Odeh A.M., Tommelein I.D., Carr R.I. (1992)* " Knowledge based simulation of construction plans.", Proceedings of the eighth conference on computing in civil engineering, ASCE, Texas 1042-49.
- [4] *Martinez J.C. (1996)* " STROBOSCOPE- State- and resource- based simulation of con. processes.", Proceedings of the 1995 construction congress, ASCE, 22-26.
- [5] *Hajjar D., AbouRizk S.M. (1998)* "A framework for applying simulation in construction." Canadian journal of civil engineering, Ottawa, 25 (3): 604-17.
- [6] *Franz, V. (1989)* „Planung und Steuerung komplexer Bauprozesse durch Simulation mit modifizierten höheren Petri- Netzen“. Dissertation, Kassel.
- [7] *Franz V., Chahrour R. (2002)* „Computersimulation - Warum nicht auch im Bauwesen?“ tis Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau, Bauverlag, Heft 10/2002, pp. 21-26
- [8] *Kattenbusch M., Kuhne V.(2002)* „Nachtragsbearbeitung in Bauunternehmen“ Baumarkt+Bauwirtschaft, Heft 4/2002. pp. 42-43. Gütersloh. Bauverlag.