



Foto: STRABAG AG

Gerhard Höfinger

Chancen für die Simulation in der Bauwirtschaft

Anwendungen in Nischen und immer bessere Datenmodelle bereiten den Weg für einen breiten Einsatz

Um Simulation der Prozesse und der Logistik in der Baubranche einsetzen zu können, sind einige Schwierigkeiten zu bewältigen. Unikatprozesse und sehr dynamische und komplexe Bauabläufe erschweren eine effiziente und zeitgerechte Erstellung entsprechender Modelle. Immer bessere Datenmodelle mit BIM / 5D-Planung und Anwendungen in Nischen könnten aber in naher Zukunft die Tür für Simulation als Standardwerkzeug bei der Planung von Bauabläufen öffnen.

Einleitung

Simulation ist ein weiter Begriff, und die Objekte der Bauindustrie vielfältig. Im weiteren Text ist die Ablaufsimulation von Bauprozessen und der zugehörigen Supply Chain gemeint.

Während thermische Prozesse schon oft für die Auslegung der technischen Gebäudeausstattung simuliert werden und auch bei einigen mechanischen Berechnungen in der Baustatik von Simulation die Rede ist, ist die Ablaufsimulation in der Bauwirtschaft noch nicht in der breiten Praxis angekommen.

Betrachtet man eine typische Baustelle, sei es beispielsweise im Hochbau oder im Verkehrswegebau, dann findet man ein sehr dynamisches System mit einer großen Anzahl an handelnden Personen und Geräten vor. Man

spricht von Unikatprozessen, da die errichteten Bauwerke üblicherweise Einzelstücke sind und das Baufeld je nach Bauort unterschiedliche Charakteristika aufweist.

Der Bau wird von vielen Arbeitern ausgeführt, die autonom handeln und verschiedenste Tätigkeiten ausführen können.

Mit der Bauleitung steht ein Expertensystem zur Steuerung zur Verfügung, das sehr flexibel und auf Basis unzähliger Parameter und seiner Erfahrung Entscheidungen trifft. Der Bauleiter handelt aufgrund eines Bauzeitplans, berücksichtigt aber auch Umwelteinflüsse und führt laufend Soll-/Ist-Vergleiche durch.

Die eingesetzten Geräte sind im Vergleich zu Maschinen in linearen Produktionsanlagen sehr beweglich und können für viele Aufgaben eingesetzt

werden. Besonders betrifft das alle selbstfahrenden Hub- und Transportfahrzeuge.

Nicht zuletzt trägt zur Komplexität des Systems Baustelle bei, dass sich die handelnden Personen und Geräte für dem errichteten Objekt selbst bewegen und daher je nach Baufortschritt völlig unterschiedliche Rahmenbedingungen vorfinden, man denke beispielsweise an die erreichbare Zone eines Baukrans oder verfügbare Lagerflächen.

Die Erstellung von Simulationsmodellen erfordert daher einerseits ein hohes Maß an Prozesswissen und andererseits eine Fülle von Eingangsdaten. Vermeintlich einfache aber für die Baustelle sehr relevante Fragen wie die nach der optimalen Auswahl von Kränen oder der Dimensionierung von Lagerflächen lassen sich kaum in der dafür zur Verfügung stehenden Zeit

unter Einsatz eines Simulationsmodells beantworten.

Gerade typische, häufig auftretende Bauprojekte werden von erfahrenerm Personal geplant und ausgeführt. Viele Erkenntnisse zu unterschiedlichen Geräte- und Personalkonfigurationen sind daher aus Realprojekten vorhanden. Fragestellungen, die mit Simulation zu beantworten wären, werden also unter Umständen von den Praktikern am Bau zuverlässiger beantwortet. Auch Experimente im laufenden Betrieb lassen sich verwirklichen, als Beispiel sei die Ermittlung der optimalen LKW-Anzahl im Erdbau genannt. Eine Woche lang einen zusätzlichen LKW mit einer Erdbaugruppe einzusetzen lässt sich zu deutlich geringen Kosten verwirklichen als eine Simulationsstudie.

Höhere Datenverfügbarkeit durch BIM als Basis für Simulationsmodelle

Mit der Einführung von BIM / 5D-Planung und der weiteren Standardisierung von Prozessen (etwa mit Lean Construction-Ansätzen) rückt die Simulation näher in der Bereich des Machbaren. Bei BIM sind die Bauteile mit den zugehörigen Prozessen und Bauzeiten verknüpft. Damit steht eine konsistente, standardisierte Datenbasis zur Verfügung, mit der alle am Projekt Beteiligten arbeiten und die daher auch immer aktuell ist. Am Beispiel eines Stückes Betonwand in einem Haus bedeutet das, dass mit der Angabe der genauen Lage in einem 3D-Modell unter anderem die Information verknüpft ist, wann sie zu erstellen ist, aus welcher Betonsorte sie besteht und welche Schalung für die Errichtung nötig ist.

Aus diesen Daten kann ein Modell erstellt werden, das über das Durchspielen der hinterlegten Prozesse den Zeitplan überprüft und für die wichtigsten Geräte Informationen über die Beanspruchung liefert.

Besonders im deutschsprachigen Raum ist BIM und 5D noch am Anfang was die Akzeptanz und den Einsatz in der Praxis betrifft. Daher sind die verschiedenen Bemühungen zur Simulation auf Basis von solchen Datenmodellen noch ohne große praktische Relevanz. Mit der zu erwartenden

starken Weiterentwicklung in den kommenden Jahren auf diesem Sektor wird es aber auch zu Fortschritten bei der Simulation kommen. Vorreiter ist dabei der Hochbau und dort wiederum der in den Prozessen und Materialien einfachere Rohbau.

Bereits im Einsatz und als großer Vorteil der 5D-Planung erkannt ist die aufgrund der Datenbasis einfach mögliche Visualisierung des Bauablaufs. Dieses Werkzeug hilft einerseits den Planern selbst und kann andererseits zur Klärung von Fragen auf Kunden-seite eingesetzt werden. Von hier ist es nur mehr ein kleiner Schritt zu einer „echten“ dynamischen Simulation. Die in den Zeitplänen erfassten Vorgänge sind ja verknüpft und ihre Abhängigkeiten von Ressourcen und untereinander hinterlegt. Die im dynamischen Modell nötige Steuerung des Geschehens – was kann wann unter welchen Voraussetzungen passieren – ist damit schon zu einem großen Teil vorgegeben.

Nischenanwendungen für Simulation

Während man also mit BIM und 5D die Entwicklung von umfassenden Datenmodellen für Standardbauvorhaben vorantreibt und damit auch zu entsprechenden Simulationsmodellen kommen wird, gibt es in Baukonzernen noch andere Anwendungsmöglichkeiten.

Solche Konzerne vereinen die ganze Supply Chain, von der Rohstoffquelle

bis zur Baustelle. Damit gibt es hier eine Reihe von Produktionsbetrieben (Steinbrüche, Mischanlagen, Zementwerke, Fertigteilproduktion, etc.), für die Simulation im Prinzip ein bereits etabliertes Werkzeug ist.

Die Hürde ist die eher traditionell ausgerichtete Baubranche an sich, mit Überzeugungsarbeit und Aufzeigen des Optimierungspotentials lassen sich aber immer wieder Anwendungsmöglichkeiten finden. Viele Produktionsstätten sind aber sehr überschaubar und wesentlich einfacher strukturiert als etwa ein Industriebetrieb in der Automobilbranche, wodurch ein optimaler Betrieb oft auch auf einfacherem Weg als über ein Simulationsmodell gefunden werden kann.

Als Mittelding aus Baustelle und stationärer Anlage gibt es auch noch Produktionsanlagen auf Baustellen. Beispielhaft sei hier der Tunnelbau genannt. Die Aufbereitung und der Abtransport von Ausbruchmaterial, die Anlieferung von Materialien und die Herstellung von Beton und Tübbingen (fertige Bauteile für die Innenwände aus Beton) spielen zusammen und sind typischerweise mehrere Jahre im Einsatz. Die Auslegung der Transportkapazitäten, Lager, Förderbänder etc. kann mit Simulation gut abgebildet und unterstützt werden.

Anwendung im großen Wasserbau

In manchen Fällen sind Bauvorhaben von einzelnen Großgeräten dominiert,

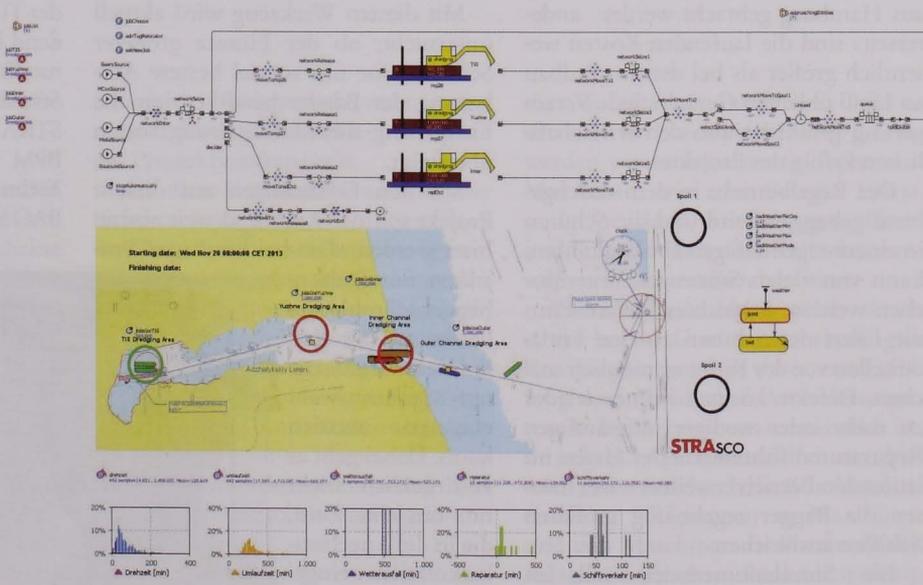


ABBILDUNG 1: IMPLEMENTIERUNG DES SIMULATIONSMODELLS FÜR DEN GROSSEN WASSERBAU IN ANYLOGIC

deren Einsatz im Vorhinein im Sinne einer treffsicheren Kalkulation sehr genau geplant werden muss. Als Beispiel hierfür wird im Folgenden ein Beispiel aus dem großen Wasserbau präsentiert. Bei diesem werden Hafeneinfahrten, Hafenbecken und Schiffahrtsrinnen hergestellt bzw. vertieft. Je nach Arbeitstiefe kommen dafür Saugbagger oder Stelzenbagger zum Einsatz.

In einem laufenden Projekt der STRABAG werden mit drei Stelzenbaggern und drei Saugbaggern die Einfahrt und der Wendekreis in einem internationalen Hafen in der Ukraine für Schiffe, die Erz transportieren, entsprechend vertieft. Die Arbeit der Stelzenbagger wird von der Zentralen Technik, einem internen Ingenieurbüro der STRABAG, mittels eines Simulationsmodells analysiert und optimiert.

Diese schwimmenden Bagger laufen rund um die Uhr. Um die nötige Stabilität zu gewährleisten, verankern sie sich mit Stelzen am Meeresboden. Das ausgehobene Material wird auf Klappschuten verladen, das sind Schiffe, die ihren Rumpf zur Entladung der Länge nach aufklappen können. Sie sind in unterschiedlichen Größen verfügbar und haben entweder einen eigenen Antrieb oder werden von Schleppern bewegt.

Den größten Kostenfaktor in diesem Projekt stellen die eingesetzten Geräte dar. Einerseits bestehen hohe Mobilisierungskosten, da sie auf dem Seeweg aus Hamburg gebracht werden, andererseits sind die laufenden Kosten wesentlich größer als bei den im Erdbau an Land üblichen Geräten. Jede Verzögerung gefährdet also den wirtschaftlichen Erfolg des Projektes.

Der Regelbetrieb, in dem durchgehend gebaggert wird und die Schuten in einem regelmäßigen Umlauf fahren, kann von vielen Störungen unterbrochen werden. Schlechtes Wetter kann die Fahrt der Schuten zu den Entlaststellen vor der Küste unmöglich machen. Defekte können immer wieder zu mehr oder weniger aufwändigen Reparaturen führen. Da der Hafen im laufenden Betrieb erweitert wird, müssen die Bagger regelmäßig größeren Schiffen ausweichen.

Ein Simulationsmodell soll im Wesentlichen erklären, warum die Kalkulation über erfahrungsgemäße

Mittelwerte für Leistungsansätze und Fahrgeschwindigkeiten im Echtbetrieb nicht erreicht wird. Ein identifiziertes Modell soll dann als Entscheidungshilfe eingesetzt werden, welches zusätzliche oder andere Gerät verwendet werden soll, wobei am einfachsten bei den Schuten reagiert werden kann. Aufgrund der hohen Mobilisierungs- und Investitionskosten und langen Zeitspannen bis Änderungen wirksam werden sind Experimente im laufenden Betrieb nicht in der Form möglich wie beispielsweise im Erdbau an Land.

Die größte Herausforderung für die STRABAG Simulationentwickler besteht in diesem Projekt in der Abbildung der Störgrößen und der Validierung des Modells. Eine genaue Zeitaufnahme über drei Monate im laufenden Betrieb durch die Baggerfahrer ist dafür eine solide Datenbasis. Dabei müssen auch saisonale Effekte wie das Winterwetter berücksichtigt werden.

Ein Simulationsmodell wurde in AnyLogic 6 erstellt. Die Simulationsergebnisse stimmen sehr gut mit den gemessenen Daten überein. Da die meisten Parameter einer Zufallsverteilung unterliegen, ist auch eine starke Streuung im Gesamtergebnis (den Baukosten) zu erwarten. Diese wird mit einem Monte-Carlo-Ansatz abgebildet. Das Resultat ist nicht nur ein Erwartungswert für das Ergebnis, sondern eine Verteilung. Damit kann das Risiko in der Kalkulation besser abgeschätzt und quantitativ bewertet werden.

Mit diesem Werkzeug wird aktuell untersucht, ob der Einsatz größerer Schuten eine um so viel bessere Auslastung der Bagger bewirkt, dass die Einsparung die Mobilisierungskosten übersteigt.

Mit den Erfahrungen aus diesem Projekt soll der Ansatz so weit abstrahiert werden, dass bei künftigen Projekten mit Stelzenbaggern Simulation bereits in der Kalkulation und ersten Geräteauswahl eingesetzt werden kann. Dabei geht es ausdrücklich nicht nur um eine Zahl, die in die Angebotskalkulation eingesetzt wird, sondern auch um eine Be-

wertung der im Projekt enthaltenen Risiken.

Resümee

Durch die Anwendung in speziellen Nischen kann der Bekanntheitsgrad von und das Vertrauen in Simulation bei den Entscheidungsträgern gesteigert werden. Für die genannten Beispiele Tunnelbaustelle und großer Wasserbau können etablierte Modellierungsansätze gewählt und damit auf vorhandenes Wissen aus anderen Branchen zurückgegriffen werden.

Wenn es gelingt, mit teilweise automatisiert erstellten Modellen die Komplexität großer Bauprojekte abzubilden, auch in Verbindung mit verbesserten Datenmodellen, kann ausreichend schnell und günstig eine Reihe von Entscheidungen mit Hilfe von Simulation getroffen werden. Viele Bauprojekte werden auch weiterhin ausreichend gut von erfahrenen Bauleitern geplant und ausgeführt werden. Aber je schwieriger ein Projekt von einem einzelnen Menschen zu überblicken ist, desto größer werden, mit Hilfe der aktuellen Entwicklungen in der umfassenden Bauplanung, die Chancen für die Simulation in der Bauwirtschaft – und damit die Chancen für die Bauwirtschaft durch die Simulation.

Autor:

Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Höfinger studierte Technische Mathematik an der TU Wien und promovierte anschließend bei Prof. Herbert Mang am Institut für Mechanik der Werkstoffe und Strukturen. Seit 2011 arbeitet er für die STRABAG, anfangs im Zentralbereich BPM und seit 2013 in der Zentralen Technik Wien in der Gruppe STRABAG Supply Chain Optimierung.



**Dipl.-Ing. Dr.techn.
Gerhard Höfinger**
Teamleiter Supply
Chain Optimierung,
Zentrale Technik Wien,
STRABAG AG