

ForBAU – Effizienter Bauen mit digitalen Werkzeugen

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner, Akad.-Dir. Stephan Kessler, Dipl.-Ing. Cornelia Klaubert, Dipl.-Ing. Johannes Wimmer

Technische Universität München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Ausgangssituation

Das Bauwesen unterliegt heute enormen Anforderungen. Immer komplexere Bauvorhaben müssen in immer kürzerer Zeit realisiert werden. Gleichzeitig erzeugt der starke Wettbewerb in der Branche einen deutlichen Kostendruck. Diesen Anforderungen wird die deutsche Bauindustrie nur durch eine Steigerung der Effizienz bei der Planung und Abwicklung von Bauvorhaben begegnen können. Im Augenblick muss jedoch konstatiert werden, dass die im Bauwesen erreichte Prozessqualität, vor allem hinsichtlich Termintreue und Kostensicherheit, stark hinter der anderer Branchen zurückbleibt.

Die Gründe hierfür sind vielfältig und liegen zum einen in den schwierigen Rahmenbedingungen, denen die Bauindustrie unterliegt, darunter die Fertigung von Unikaten, die Abhängigkeit von Witterungseinflüssen, die starke Fragmentierung der Branche und die ausgeprägte Segmentierung entlang der Prozesskette. Zum anderen lässt sich aber eine im Vergleich mit anderen Industriezweigen nur sehr eingeschränkte Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien beobachten. Zwar werden für spezifische Teilaufgaben bereits ausgereifte Softwareprodukte eingesetzt, vor allem in der Verbesserung des Datenflusses und damit in der Weiterverwendung bestehender digitaler Daten besteht jedoch erhebliches Potential für eine Effizienz- und Qualitätssteigerung im Bauwesen.

Der durchgängige Einsatz digitaler Technologien kann Prozessabläufe transparenter gestalten, indem Schnittstellen reduziert und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Projektbeteiligten optimiert wird. In vielen Branchen wie beispielsweise dem Fahrzeug-, Schiffs- oder Anlagenbau werden diese Möglichkeiten genutzt. In der Baubranche hingegen finden diese Konzepte bisher nur wenig Anwendung.

Ein entsprechender Handlungsbedarf wurde erkannt, so dass im Januar 2008 der Forschungsverbund „Virtuelle Baustelle – Digitale Werkzeuge für die Bauplanung und -abwicklung“ (ForBAU) mit dem Ziel startete, ein komplexes Bauvorhaben ganzheitlich in einem digitalen Baustelleninformationsmodell abzubilden. Diese Digitale Baustelle wird in allen Projektphasen als zentrales Planungsinstrument verwendet. An der Umsetzung dieser Vision arbeitete ein interdisziplinäres Team von insgesamt sieben Lehrstühlen der Technischen Universität München, der Universität Erlangen-Nürnberg, der Hochschule Regensburg und des Deutschen Luft- und Raumfahrtzentrums (DLR) zusammen mit mehr als 30 Praxispartnern, darunter

Baufirmen, Planungs- und Ingenieurbüros, Baumaschinenhersteller und IT-Partner für digitale Werkzeuge. Gefördert wurde der interdisziplinäre Verbund von Januar 2008 bis Dezember 2010 von der Bayerischen Forschungsstiftung.

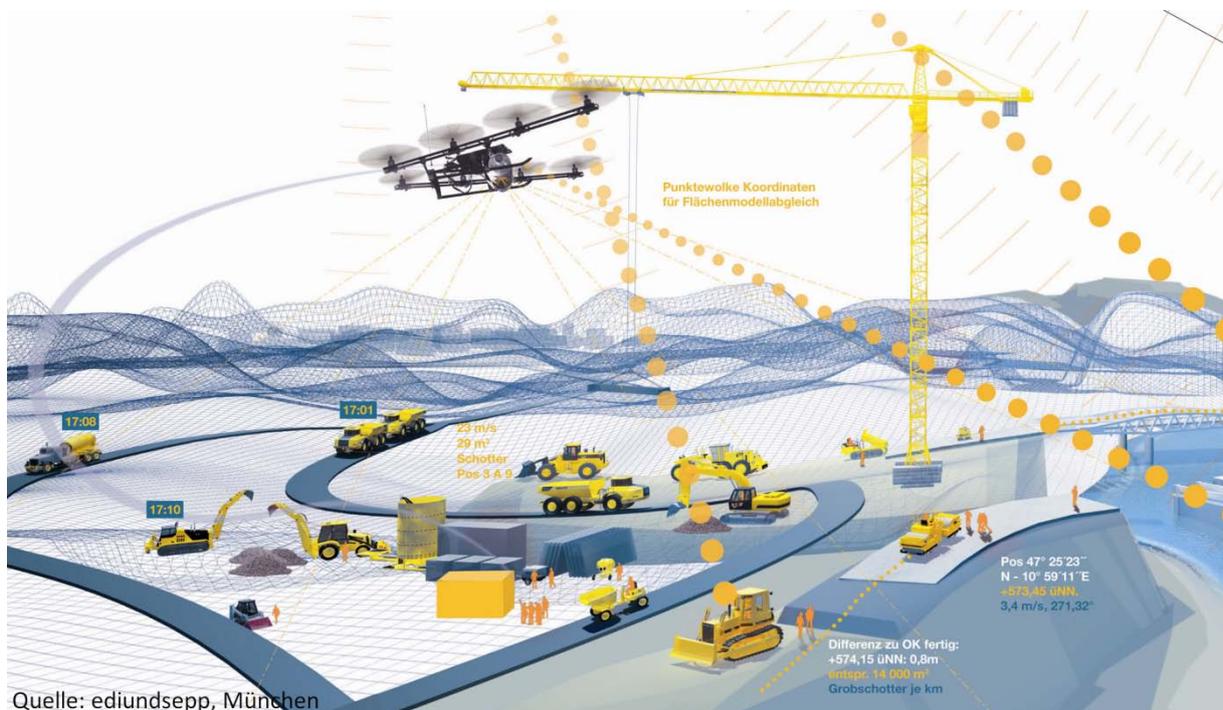


Abbildung 1: Die Vision der Digitalen Baustelle

Neue Technologien für die Bauplanung

Die Digitale Baustelle ist ein virtuelles Abbild der realen Baustelle. Sie beinhaltet hochwertige 3D-Planungsdaten und ermöglicht, den Bauablauf zunächst detailliert zu planen, virtuell zu testen und später das tatsächliche Baugeschehen zu überwachen. Zur Digitalen Baustelle gehören verschiedene Teilaspekte, die im Folgenden näher betrachtet werden.

3D-Modellierung

Der Forschungsverbund ForBAU begann mit der Betrachtung der Planungsprozesse. Durch die dreidimensionale Modellierung werden Fehler, wie z.B. Kollisionen zwischen Bauelementen, schon am Arbeitsplatz des Konstrukteurs gefunden. Kostenintensive Korrekturen auf der Baustelle werden reduziert. Moderne CAD-Programme ermöglichen neben der dreidimensionalen auch die vollparametrische Modellierung. Dadurch können Änderungen, wie beispielsweise die Modifikation von Stützenabständen, sehr schnell durch Änderung eines Parameters umgesetzt werden. Ziel von ForBAU ist aber nicht nur die Modellierung des Bauwerks, sondern auch die des Baugrunds, des Geländes und der Baustelleneinrichtung sowie die Verschneidung aller Modelle zu einem Baustelleninformationsmodell – der Digitalen Baustelle.

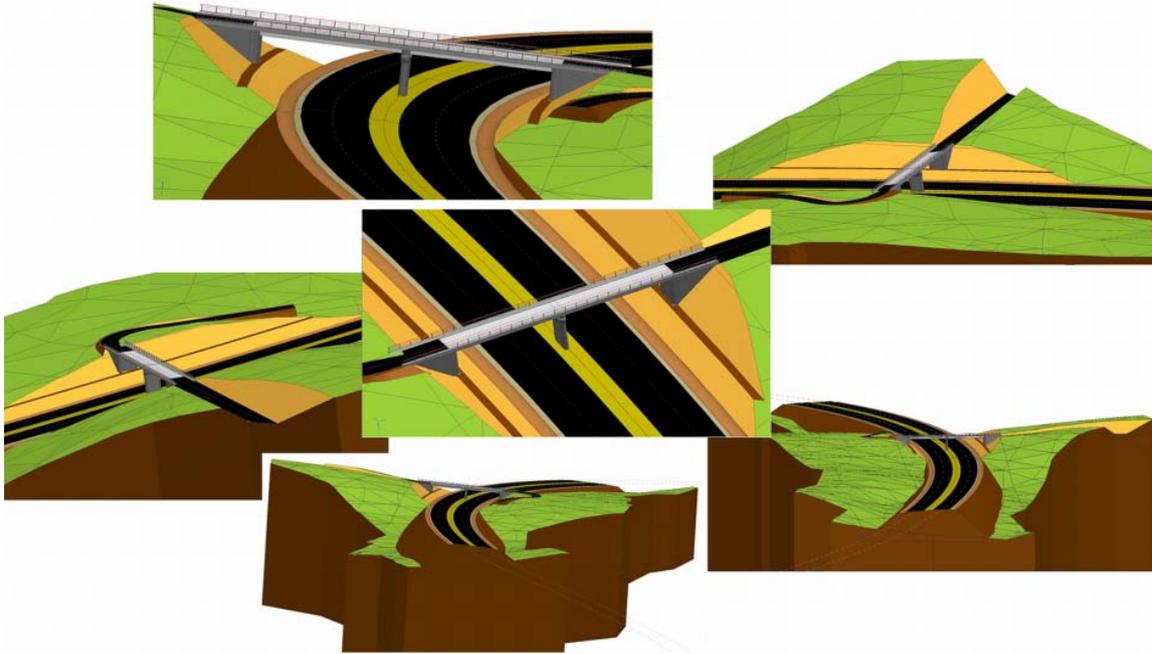


Abbildung 2: Parametrisches 3D-Modell einer Baustelle (Quelle: [GÜN-11])

Integration der Teilmodelle der Digitalen Baustelle

Um die Planung an einem Gesamtmodell zu ermöglichen, müssen die in Abbildung 3 dargestellten Teilmodelle zusammengeführt werden. Die Herausforderung besteht dabei darin, dass die einzelnen Modelle, wie häufig im Bauwesen, mit unterschiedlichen, hochspezialisierten Anwendungen erzeugt werden. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des ForBAU-Projekts eine *Integrator* genannte Software entwickelt.

Eine wesentliche Aufgabe des *Integrators* ist die Kopplung des Trassenentwurfs, der mit Hilfe etablierter 2D-Entwurfswerkzeuge realisiert wird, mit Brückenmodellen, die mittels parametrischer 3D-Modellierung generiert werden. Eine solche Kopplung ermöglicht es, dass Änderungen am Verlauf der Trasse, die häufig auch in späten Planungsphasen noch auftreten, in die Brückenmodelle übertragen werden können und dort eine automatische Anpassung der Brückengeometrie an den neuen Trassenverlauf durchgeführt wird.

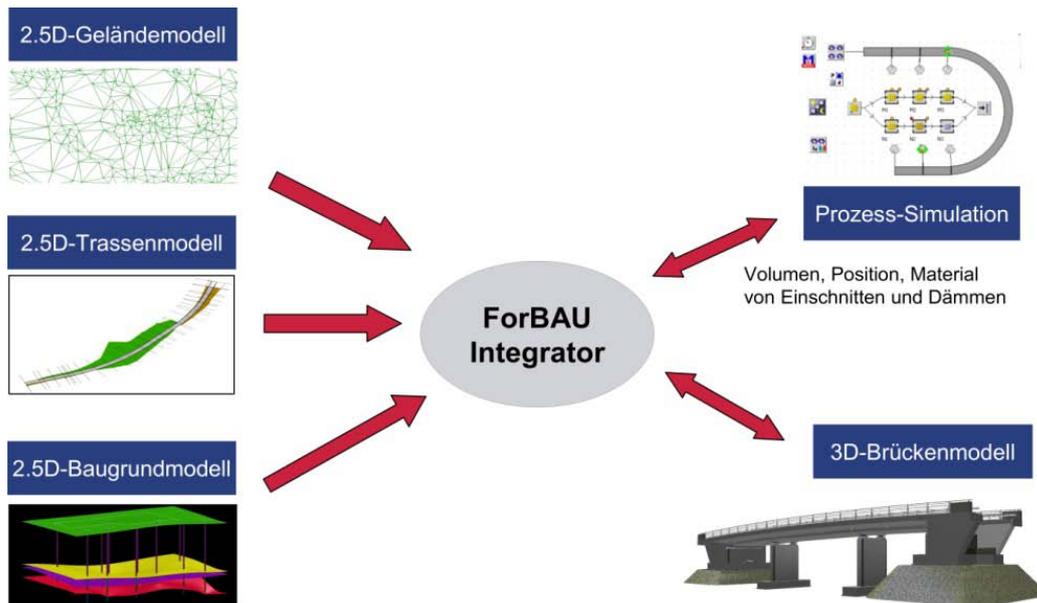


Abbildung 3: Der ForBAU-Integrator als Bindeglied verschiedener Teilmodelle der digitalen Baustelle (Quelle: [GÜN-11])

Die Umsetzung dieser Kopplung erfolgt durch Einlesen der Haupttrassenparameter (Achsenverlauf, Gradiente, Querprofile) mit Hilfe des standardisierten Formats LandXML. Aus diesen Informationen wird vom ForBAU-Integrator ein 3D-Modell des Trassenverlaufs erzeugt. Ebenfalls aus dem LandXML-Format entnommen wird das Digitale Geländemodell (DGM), also die Beschreibung der Geländeoberfläche. Zudem ist der Integrator in der Lage, Baugrund-Modelle zu importieren.

Diese Gesamtinformationen zum Trassenverlauf und seiner Umgebung können anschließend an das CAD-System *Siemens NX* übergeben werden, das im ForBAU-Projekt exemplarisch als Werkzeug zur parametrischen Modellierung von Brückenbauwerken ausgewählt wurde. Hierbei werden zunächst drei 3D-Referenzlinien erzeugt, die den Verlauf der geplanten Trasse beschreiben. Sie dienen als geometrische Bezugselemente, an die die Geometrie der Elemente des Brückenmodells mittels parametrischer Abhängigkeiten gebunden wird (Abbildung 4).

Wird zu einem späteren Zeitpunkt der Verlauf der Trasse im Trassenentwurfs-Tool geändert, ist der *Integrator* in der Lage, die entsprechenden Modifikationen zu erkennen und ein Update der Referenzlinie durchzuführen.

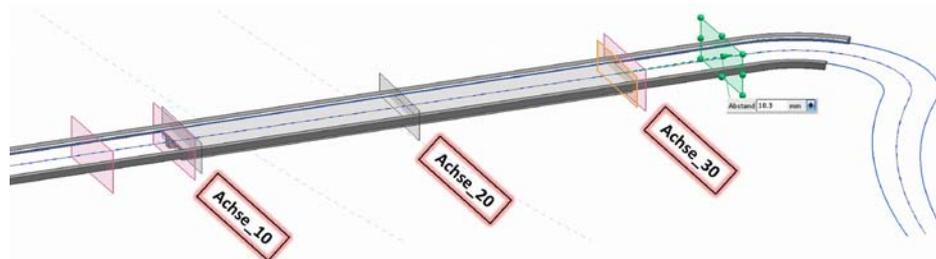


Abbildung 4: Referenzlinien des Trassenverlaufs und die daran gebundene Brückengeometrie (Quelle: [GÜN-11])

Eine weitere wesentliche Aufgabe des ForBAU-Integrators ist die Berechnung der ein- bzw. auszubauenden Erdmassen. Zum Erzeugen dieser Informationen führt der Integrator eine Verschneidung des 3D-Trassenmodells mit dem 3D-Baugrund- und dem 3D-Geländemodell durch.

Ablaufsimulation der Bauprozesse

Die Ablaufplanung im Erdbau stellt eine große Herausforderung dar. Vorhandene Methoden zur Leistungsermittlung im Erdbau sind derzeit auf einzelne Geräte ausgelegt, die gegenseitige Einflussnahme mehrerer Tätigkeiten wird jedoch lediglich über Erfahrungswerte bzw. geschätzte Faktoren berücksichtigt. ForBAU erarbeitete einen Lösungsansatz, mit dem die Planung von Erdbaustellen durch Anwendung der Simulationstechnik verbessert werden kann. In der Simulationsphase erfolgt durch eine genügend große Anzahl an Experimenten und der entsprechenden Auswertung eine Optimierung des Ressourceneinsatzes. Als Variationsparameter werden hier unterschiedliche Maschinenkombinationen, sowie Baustelleneinrichtungsvarianten verwendet. Dadurch wird es möglich mehrere Varianten von Transportwegführungen bei unterschiedlichem Ressourceneinsatz zu vergleichen.

Ein Problem bei großen Erdbaustellen stellt zudem die Frage dar, von wo nach wohin wie viel Erdmaterial transportiert werden soll, damit möglichst geringe Kosten entstehen. Bisher wurde versucht diese über die Verringerung der mittleren Transportentfernung zu senken. Die Transportkosten sind jedoch nicht nur von der Entfernung, sondern auch von der Ausprägung der Wege, den verwendeten Fahrzeugen und weiteren Baustellenrandbedingungen abhängig.

Daher wurde in ForBAU die Möglichkeit geschaffen, die Kosten für unterschiedliche Transportkombinationen über die Ablaufsimulation zu gewinnen. Mithilfe deren Ergebnisse kann anschließend eine mathematische Optimierung durchgeführt werden, in welcher ermittelt wird, wie viel Masse von welchem Einschnitt zu welchem Damm transportiert werden soll, damit die insgesamt benötigten Transportkosten pro Kubikmeter minimal sind. Dadurch werden in der Ausführung weniger Transportfahrzeuge benötigt und Kosteneinsparungen können somit realisiert werden. Weiterhin kann beispielsweise untersucht werden, ob die Errichtung einer Baustraße wirtschaftlich ist, und welche Transportgeräte für das Szenario mit oder ohne Baustraße geeignet sind.

Zusätzlich steht durch den Import des 3D-Modells der Baustelle in die Simulationsumgebung eine 4D-Visualisierung zur Verfügung, die räumliche und prozessbedingte Kollisionen aufzeigt. Vorteil des Simulationseinsatzes ist, dass die detaillierten Planungen durch die große Anzahl an Experimenten abgesichert und über die Visualisierung anschaulich mit allen Beteiligten diskutiert werden kann.

Zudem kann das Simulationsmodell während der Bauzeit permanent aktualisiert werden, was einen Soll-Ist-Abgleich der Bauleistung ermöglicht. Treten in der Ausführungsphase dennoch Verzögerungen auf, z.B. durch ungünstige Witterungsbedingungen, kann mit dem ForBAU-Ansatz auf diese flexibel reagiert

werden, indem die Ressourcen in der Simulation an die veränderte Situation angepasst werden.

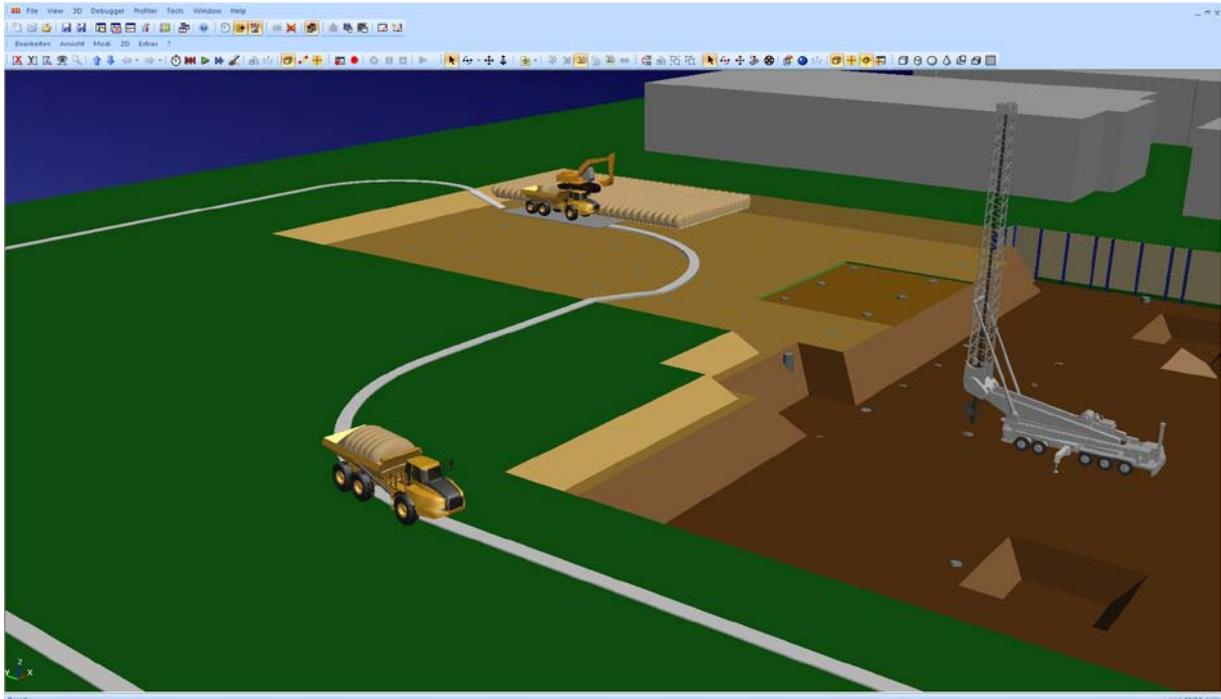


Abbildung 5: Simulation von Erdbauprozessen

Steuerung und Kontrolle der Bauausführung

Der Mehrwert einer hochwertigen Planung ergibt sich erst in der Ausführungsphase, da diese für den größten Anteil der Baukosten verantwortlich ist. Der Nutzen hochwertiger Planungsinformationen wird aktuell jedoch deutlich reduziert, da diese in der Ausführungsphase auf Grund des mangelhaften Abgleichs mit dem realen Geschehen auf der Baustelle innerhalb kurzer Zeit veralten.

Auftretende Planänderungen werden schlecht oder gar nicht dokumentiert. Informationen über den Stand oder Zeitverzug einer Bauabwicklung kommen erst verspätet bei den Verantwortlichen an, schnelles Reagieren wird damit unmöglich. Um das Potenzial der Digitalen Baustelle ausschöpfen zu können, muss deshalb eine Kopplung zwischen virtueller Planung und realer Ausführung hergestellt werden. Informationen über den Bauprozess müssen in Echtzeit an das digitale Baustelleninformationsmodell zurückgespielt werden, damit Änderungen und Zustände zu jeder Zeit dokumentierbar sind.

Unter Prozessdaten werden alle Informationen verstanden, die den Baufortschritt dokumentieren oder die Waren- und Informationsflüsse beschreiben. Diese werden heutzutage auf der Baustelle typischerweise in Form von schriftlichen oder digitalen Dokumenten (Lieferscheine, Tagesberichte) gewonnen. Oftmals liegen diese Prozessdaten dezentral z.B. auf dem Laptop des Poliers oder Bauleiters vor und werden nur teilweise und zeitverzögert an das zentrale IT-System weitergeleitet. Eine effiziente, proaktive Steuerung des Bauablaufs ist jedoch nur mit aktuellen Informationen möglich. Ein Ziel muss es daher sein, die Dokumentation und

Weitergabe von Prozessdaten an ein zentrales IT-System mit geeigneten Technologien und standardisierten Schnittstellen zu vereinfachen und zu beschleunigen.

Ist-Datengewinnung mit Hilfe der Radio-Frequenz-Technologie (RFID)

Zur Steuerung und Kontrolle einer Baustelle werden Prozessdaten - möglichst in Echtzeit - benötigt. Damit diese während der Bauausführung schnell und sicher erfasst werden können, kommen Identifikationstechnologien zum Einsatz. Eine Identifikationstechnologie mit großem Potential ist die RFID-Technologie. RFID steht für Radio-Frequency Identification und bezeichnet eine Technologie zum sichtkontaktfreien Lesen und Schreiben von Informationen mit Hilfe elektromagnetischer Übertragung.

2008 wurde an der TU München eine Studie zum Thema Baulogistik unter ausführenden und planenden Unternehmen durchgeführt [GÜN-08]. In dieser Studie wurden u.a. die Nutzenpotenziale von RFID für die Bauindustrie untersucht. Das größte Nutzenpotenzial versprechen sich die Firmen durch die Verbesserung der Aktualität von Bestandslisten durch eine zeitnahe Buchung, schnelle Warenein- und Warenausgangskontrollen und einen geringeren Verwaltungsaufwand durch die Reduzierung manueller Tätigkeiten. Ein Beispiel wäre das Ausfüllen von Begleitscheinen und eine damit einhergehende fehlerhafte Dokumentation. Weitere positive Aspekte werden in der zeitnahen Projektbewertung und Nutzung einer detaillierteren Datenbasis für spätere Projekte sowie der Reduzierung des Teileschwunds gesehen.

Dabei werden fast 14% Zeitersparnis bei administrativen Tätigkeiten und etwa 8% der gesamten Arbeitszeit durch automatische Datenerfassung angenommen. Durch die Organisation, Koordination und zeitnahe Abstimmung von Gewerken können schätzungsweise bis zu 11%, durch zeitgerechte Belieferung ca. 7% und bei der Lagerhaltung auf der Baustelle und dem Bauhof je ca. 5% der jeweiligen Kosten eingespart werden. Auf Grundlage der Ergebnisse der Studie wurden unterschiedliche für die Industrie interessante Szenarien abgeleitet und für diese Kennzeichnungslösungen entwickelt und getestet.

Transparente Material- und Prozessverfolgung auf Baustellen

Bisher sind die Prozesse und Materialflüsse auf der Baustelle meist nur über manuelle Aufzeichnungen beispielsweise durch Tagesberichte und Lieferscheine nachvollziehbar. Durch die neuen Identifikationsmöglichkeiten über RFID ergeben sich viele Anwendungen, welche mehr Transparenz in die Abläufe der Baustelle bringen können.

Kennzeichnung von Bohrröhren im Spezialtiefbau

In Zusammenarbeit mit der Bauer AG wurde ein Konzept zur Kennzeichnung von Röhren des Spezialtiefbaus entwickelt. Ziel ist die Dokumentation der Betriebsstunden der einzelnen Bohrröhrelemente. Die Anzahl der auf die Baustelle gelieferten Bohrröhrelemente beinhaltet grundsätzlich einen Sicherheitsbestand. So

kann es vorkommen, dass einige Bohrelemente nie zum Einsatz kommen und andere bei allen Bohrungen, so dass die Elemente verschieden stark verschlissen werden. Mit der Dokumentation der Einsatzstunden ergeben sich neue Möglichkeiten in der Erstellung von Wartungsplänen. Aus den Langzeitinformationen der Datenbank können diese abhängig von Nutzung, Belastung aber auch den Bodenverhältnissen erstellt werden. Da jede Seite eines Rohrelementes eine stark beanspruchte Funktionsfläche darstellt, können diese nicht einfach mit einem RFID-Transponder gekennzeichnet werden, so dass eine Dokumentation von Betriebsstunden nicht möglich ist. Um dieses Ziel zu erreichen wurde das Konzept der RFID-Bohrrohrschraube entwickelt.



Abbildung 6: RFID-Bohrrohrschraube

Bohrrohre haben Durchmesser bis zu vier Metern und werden mit Hilfe von Verbindern zusammengefügt und gesichert. Die Verbindungselemente sind aus Sicherheitsgründen in der Regel überdimensioniert, so dass es sich anbietet eine Bohrerbohrrohrschraube durch eine Kunststoffschraube mit integriertem RFID-Transponder formschlüssig zu ersetzen. Dieser wird von der Antenne am Mast nach dem Einbau im Betrieb gelesen und registriert.

Kennzeichnung von Schalungsteilen

Die Kennzeichnung von Schalungsteilen birgt das Potenzial, diese sowohl auf dem Bauhof als auch auf der Baustelle genau verfolgen zu können. So kann die Mietdauer jedes einzelnen Teils individuell dokumentiert und abgerechnet werden. Verwechslungen können ausgeschlossen, Beschädigungen dem Verursacher zugeordnet und Einsatzzeiten der Einzelteile bestimmt werden, so dass auch Wartungsintervalle angepasst und Verschleißgrenzen bestimmt werden können. Systemschalungselemente können aus einem Metallrahmen mit einer hölzernen Schalhaut oder komplett aus Holz bestehen. Da Metall einen entscheidenden Einfluss auf ein RFID-System besitzt, muss zwischen den beiden Systemen unterschieden werden.

Um eine Systemschalung mit Metallrahmen zu kennzeichnen, bietet sich als integrative Kennzeichnungslösung ein Kunststoff-Stopfen an, in den ein Transponder integriert wird. Dieser kann in dieser Form in eine Bohrung im Rahmen eines Schalelements bündig eingebracht werden. Ein wesentlicher Punkt für die Umsetzung der Lösung ist die Zusammenarbeit mit einem Hersteller, da dieser die Bohrung und die Hülse bereits während der Fertigung einbringen muss.



Abbildung 7: Gekennzeichnete Systemschalungen (links Hardtag, rechts Smart Label)

Heute werden Holzschalungselemente für den Einbau auf der Baustelle gemäß dem Schalungsplan mit Typenschildern in Form kleiner Holzplatten gekennzeichnet. Unter diese können Label-Transponder sicher angebracht werden. Alternativ ist es möglich, Hardtags (in Kunststoff eingegossene Transponder) direkt auf dem Holzträger zu verschrauben. In den Versuchsreihen wurden beide Alternativen getestet.

Zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Kennzeichnung wurden sowohl gekennzeichnete Hardtags direkt als auch Labels unter dem Typenschild auf dem Holzträger angebracht. Anschließend wurden die gekennzeichneten Elemente auf die Baustelle transportiert und eingebaut. Nach der Rückkehr auf den Bauhof wurde überprüft, ob die Transponder noch vorhanden und funktionsfähig waren. Die Ergebnisse waren durchweg positiv. Sowohl die auf den Holzträger geschraubten Hardtags als auch die Label unter den Typenschildern waren unbeschädigt und konnten zuverlässig ausgelesen werden.

Kennzeichnung von Betonelementen

Betonfertigteile finden bei Bauvorhaben immer stärkere Verwendung. Diese werden mit hohen Genauigkeiten für eine oftmals genau festgelegte Position gefertigt. Bis das Fertigteil jedoch an seinem Einbauort ankommt, durchläuft es diverse Prozessschritte von der Fertigung über die Lagerung bis zum Transport zur Baustelle. Durch die Verknüpfung eines Bauteils mit Informationen, wie z.B. einer eindeutigen Nummer, der Charge oder Hebe- und Lagerungsvorschriften, können viele dieser Prozessschritte vereinfacht werden. Auch birgt die Nutzung dieser eingegossenen Transponder im weiteren Lifecycle eines Bauwerks, z.B. bei Wartungsarbeiten oder beim Abriss, großes Potenzial.

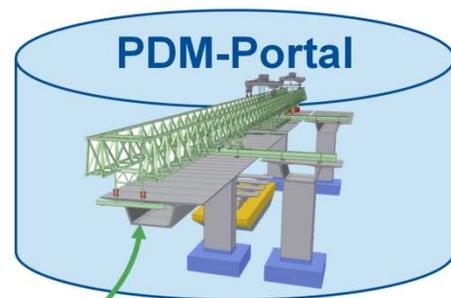
Mobile Datenübertragung

Um den durchgängigen Informationsfluss von der Baustelle in ein zentrales System zu ermöglichen, wurde das Konzept der mobilen Baudatenerfassung, kurz mBDE entwickelt. Ziel dieser Lösung ist es Informationen zum Baufortschritt in Echtzeit an das Digitale Baustelleninformationsmodell weiterzuleiten und den Baufortschritt somit zentral zu dokumentieren. Damit können digitale Plandaten mit den Ist-Daten der Baustelle verknüpft werden, so dass ein Soll/Ist-Vergleich der Bauleistung ermöglicht wird. Die Lösung kann dabei folgendes Einsatzszenario unterstützen: Zur Baufortschrittskontrolle scannt der Polier auf der Baustelle mit einem RFID-fähigen Handheld ein Bauteil ab. Wird der darin enthaltene Transponder erkannt, erscheint die auf dem Transponder gespeicherte Bauteilnummer auf dem Display. Der Mitarbeiter entscheidet, ob er weitere Informationen über das Bauteil eingeben möchte. Ist das der Fall, kann er den Status des Bauteils (z.B. *geliefert* oder *eingebaut*) wählen und einen Kommentar hinzufügen. Im nächsten Schritt können mögliche Mängel dokumentiert werden, indem sie durch einen Kommentar beschrieben, mit einem Foto belegt und/oder mit einer Sprachmemo aufgezeichnet werden.

Reales Bauwerk



Digitales Bauwerk



Status
Mängel
Zeitstempel
Prüfer
Unterschrift
etc.

Abbildung 8: Funktionsweise der mobilen Baudatenerfassung

Die aufgenommenen Bauteilinformationen (Status, Kommentar, Bild, Ton) werden von der Applikation in einer XML-Datei gebündelt, über einen Web-Server an das zentrale System geschickt und dort dem digitalen Bauteil angehängt. Hierbei wird ein Produktdatenmanagement-System, kurz PDM-System verwendet, um die Informationen objektorientiert abzulegen. In der PDM-Umgebung wurde zudem ein Workflow integriert, der den Status des gescannten Bauteils ändert (z.B. von „in Bau“ auf „fertig gebaut“) und das Bauteil im CAD statusabhängig einfärbt. Damit ist der Baufortschritt zu jedem Zeitpunkt auch in der Digitalen Baustelle dokumentiert.

Punktgenaue Anlieferung mit der Last Meter Baulogistik

Zur Verbesserung der Materialversorgung in der Ausführungsphase wurden verschiedene logistische Konzepte adaptiert und weiterentwickelt. Ziel ist es Materialien an den Ort anzuliefern an dem sie auch verbaut werden. Dadurch können Transporte, Such- und Lagerzeiten auf der Baustelle reduziert werden. Hierfür wurde der Last Meter Baulogistik Demonstrator entwickelt. In diesem wurde die RFID-Technologie mit Satellitennavigation kombiniert, um so Materialien eindeutig identifizieren und orten zu können.

Die zu bestellenden Materialien werden an ein mobiles Endgerät bzw. Handheld übermittelt, so dass diese über die grafische Benutzeroberfläche bedarfsgerecht vom Polier oder Bauleiter ausgewählt werden können. Der genaue Anlieferpunkt wird per GPS festgelegt. Gerade auf weitläufigen Infrastrukturbauustellen wird so eine ortsgenaue Anlieferung am späteren Verbauort gewährleistet. Dieses Informationspaket wird an den Lieferanten übermittelt. Der Lieferant kommissioniert die bestellten Waren nach Anlieferort und versieht diese mit einer eindeutigen ID, z.B. mithilfe von RFID-Transpondern. Für die Auslieferung wird dem Fahrer ebenfalls ein mobiles Endgerät zur Verfügung gestellt, das ähnlich wie ein Navigationsgerät für Fahrzeuge funktioniert. Das mobile Endgerät navigiert den Fahrer sicher zum vorher definierten Anlieferort. Dort angekommen, wird das Material entladen und der RFID-Transponder gescannt. Sofern diese am richtigen Ort entladen wurden, erhält der Polier automatisiert eine Meldung, dass das bestellte Material am richtigen Ort abgeladen wurde. Nach Eingang der Meldung prüft der Polier die Ware und bestätigt seinerseits den korrekten Erhalt, womit die Bestelldaten automatisch zur kaufmännischen Rechnungsabteilung weitergegeben wird und dort die Bezahlung angestoßen werden kann.



Abbildung 9: Graphische Benutzeroberfläche des Last Meter Baulogistik Demonstrators (Quelle: [FOR-09])

Nutzung von Maschinendaten zur Dokumentation von Bauprozessen

Moderne Baumaschinen schreiben eine Vielfalt von Produktionsdaten mit, die häufig aber keine weitere Verwendung finden. Gelingt es diese Daten aufzubereiten und für

die Digitale Baustelle nutzbar zu machen, können Bauprozesse wesentlich detaillierter dokumentiert und geplant werden. Haupthindernisgrund für die flächendeckende Nutzung dieser Daten ist bisher das Fehlen einer standardisierten Schnittstelle zum Auslesen der Maschinendaten.

Vor allem im Hinblick auf eine rasche Reaktion bei Engpässen oder Überkapazitäten wären aktuelle Daten über den Standort und die Auslastung der Maschinen erforderlich. Hierfür gibt es bereits ausgereifte Systeme einzelner Hersteller, welche jedoch für eine operative Steuerung der Baumaschinenflotte nicht geeignet sind, da meist gemischte Flotten im Einsatz sind.

Im Transportsektor ermöglichen moderne Telematiksysteme bereits ein effektives Management von Nutzfahrzeugflotten. Von der Fahrtenbuchführung über die Betriebsdatenerfassung bis hin zur Fahrstilanalyse der Fahrzeugführer können Daten erfasst und in nachgelagerten Systemen ausgewertet werden. So können z.B. Wartungs- und Serviceintervalle dynamisch geplant und damit verringert werden. Eine Flottenmanagement-Schnittstelle (FMS) ermöglicht es, dem Disponenten alle Informationen des Nutzfahrzeugparks herstellerunabhängig bereitzustellen und auszuwerten. Auch in Baumaschinen werden Betriebsdaten erfasst, die dem Baumaschinendisponenten zur Verfügung gestellt werden können. Entgegen den Bestrebungen der Nutzfahrzeugbranche erfolgte hier jedoch bis dato noch keine Einigung auf eine einheitliche Schnittstelle.

Erste Bestrebungen gibt es bereits im angloamerikanischen Raum, in dem große Baumaschinenhersteller eine webbasierte Schnittstelle zu ihren Baumaschinendaten liefern [ASS-10]. Diese Daten sind aber für eine effektive Steuerung der Baustellenabläufe nicht ausreichend, da bisher nur wenige Werte mit einbezogen sind. Zudem werden die Daten nicht direkt über eine Schnittstelle an der Baumaschine ausgegeben, sondern erst als Webservice, nachdem die Daten vom herstellereigenen Telematiksystem auf den herstellereigenen Datenserver ins Web übertragen wurden. Dieser Ansatz der Datenbereitstellung ist sicherlich sinnvoll und hilfreich für Baumaschinenbetreiber aus dem kmU-Bereich. Der Betreiber greift über Internet auf die bereitgestellten Daten seiner einzelnen Baumaschinen zu und nutzt den Telematik- und Webservice der Hersteller.

Bei großen Baufirmen besteht natürlich der Wunsch eine herstellerübergreifende Standard-Schnittstelle zur Übertragung der Maschinen- und Produktionsdaten direkt an der Baumaschine verfügbar zu haben. Der Betreiber kann sich damit auf ein Telematiksystem für die ganze Flotte konzentrieren. So wird es möglich, herstellerunabhängig Geräte und Baumaschinen in die Digitale Baustelle und die Verwaltung zu integrieren. Durch die Dokumentation und Analyse von Betriebsdaten lassen sich Vorschläge zur Einsparung von Emissionen und Treibstoffverbräuchen ableiten. Der Baumaschinen-Einsatz könnte papierlos verrechnet werden. Auch die automatisierte Lohnabrechnung in Verbindung mit einer Fahreridentifikation wäre möglich.

Diese Entwicklung wird in Zusammenarbeit mit Industriepartnern, Maschinenherstellern und Bauunternehmen, sowie den wichtigsten Verbänden vorangetrieben. In einem Workshop beim Berufsverband der Baumaschinen-Ingenieure und Meister e.V. (VDBUM) wurden die Wünsche und Vorstellungen der Betreiber herausgearbeitet. Mit Vorträgen beim Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA und dem Zentralverband des deutschen Baugewerbes (ZDB) wurde um Unterstützung geworben. In allen drei Gremien wurden die Idee und der daraus resultierende Nutzen positiv aufgenommen und Unterstützung bei der Entwicklung zugesagt. Daher werden diese Bestrebungen auch über die Laufzeit von ForBAU hinaus durch uns wissenschaftlich weiter betreut werden.

Fazit

Das Ziel von ForBAU, die Schaffung einer „Digitalen Baustelle“, wurden in den letzten drei Jahren durch die Weiterentwicklung und Verknüpfung unterschiedlicher Technologien vorangetrieben. Die Methoden der parametrischen dreidimensionalen Modellierung und der Ablaufsimulation wurden auf den Infrastrukturbau übertragen. Durch intelligente Schnittstellenprogramme, wie z. B. dem *Integrator* ist es möglich verschiedene Teilmodelle zum Gesamtmodell der Digitalen Baustelle zu verknüpfen. Zudem wurden Möglichkeiten geschaffen, diese sehr detaillierten Planungsdaten in die Ausführung zu übertragen, z. B. durch den *Last Meter Baulogistik Demonstrator*. Auch können Ist-Daten von dieser wieder in das digitale Baustellenmodell integriert werden (mobile Baudatenerfassung). Jedoch fehlt bisher eine standardisierte Schnittstelle, um auch Maschinendaten zu erfassen und auszuwerten.

Danksagung

Wir danken der Bayerische Forschungsstiftung recht herzlich für die Förderung des Projektes und den teilnehmenden Projektpartnern für das große Engagement.

Literatur

- [ASS-10] Association of Equipment Management Professionals: AEMP Telematics Data Standard; http://www.telematicstandard.org/The_AEMP_Telematics_Data_Standard_Support_Site/Welcome_files/AEMPtelematicsdatastandardV1_1.pdf; Aufruf am 21.12.2010
- [FOR-09] ForBAU: Zwischenbericht des Forschungsverbundes "Virtuelle Baustelle", 2009
- [GÜN-11] Günthner, W. A.; Borrmann, A.: Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter Ausführen, Berlin, 2011
- [GÜN-08] Günthner, W. A.; Zimmermann, J.: Logistik in der Bauwirtschaft - Status quo, Handlungsfelder, Trends und Strategien, ISBN: 978-3-9811819-8-2, München, 2008