

Kapitel 1

Bauen heute und morgen

Tobias Baumgärtel, André Borrmann, Willibald A. Günthner, Rudolf Juli, Cornelia Klaubert, Erhard Lederhofer, Jürgen Mack und Uwe Willberg

Seit fast 2 Mio. Jahren baut die Menschheit und ihre Vorfahren. Von dem Zeitpunkt an, als der Mensch vor ca. 10.000 Jahren sesshaft geworden ist, strebte er stetig nach einer Verbesserung seiner Baukünste. Fortschritte wurden vor allem bei den verwendeten Baustoffen und Bauverfahren erzielt, so dass es möglich wurde, immer kompliziertere Bauwerke zu erschaffen (Partsch 1999).

Je größer die Bauwerke wurden, desto größer wurden auch die zu bewegenden Massen. Schon seit dem Mittelalter nutzt und entwickelt der Mensch Maschinen, um diese zu bewegen. Die Entwicklung der Dampfmaschine ermöglichte ein neues Antriebskonzept, so dass Mitte des 19. Jahrhunderts der erste Bagger entwickelt wurde (Deutsches Baumaschinen Museum 2010).

Als in den 1980er Jahren Computer zunehmend erschwinglich wurden, zog die Informationstechnik in die Bauindustrie ein. Computer Aided Design (CAD)-Programme ersetzen Reißbretter und initiierten damit eine große Veränderung in breiten Teilen der Industrie. Der Impuls hierzu kam maßgeblich aus der Luftfahrtindustrie, bald wurden aber auch traditionellere Industriezweige wie der Maschinenbau und das Bauwesen erfasst (CAD-IT 2010). Wesentlicher Antrieb und Grund für den Erfolg der Computereinführung ist die Steigerung der Effizienz in den verschiedensten Arbeitsabläufen. Dies beginnt bei vereinfachter Kommunikation via E-Mail, bei der umfangreiche Textdokumente, aber auch Zeichnungen und digitale Modelle in Sekundenbruchteilen an den Adressaten übermittelt werden können, reicht weiter über das präzise Erstellen von Konstruktionszeichnungen mittels CAD-Programmen und geht bis hin zur Simulation komplexer physikalischer Vorgänge, wie der Rauchausbreitung in einem Gebäude im Brandfall oder dem Crash-Verhalten eines Fahrzeugs.

So, wie die Einführung von CAD-Systemen ein Evolutionsschritt für die Planung war, war es die Verfügbarkeit von Mobiltelefon für die Bauausführung in den 1990er Jahren. Die mobile Kommunikation machte viele Wege überflüssig, da

W. A. Günthner (✉)

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München,
Boltzmannstr. 15, 85748 Garching, Deutschland

E-Mail: guenthner@fml.mw.tum.de

Informationen nun direkt und persönlich übermittelt werden konnten, und veränderte die Arbeit auf der Baustelle damit drastisch.

Doch trotz aller Innovationen kämpft die Bauindustrie immer noch mit den gleichen Problemen wie in der Vergangenheit: Verspätungen bei der Fertigstellung, Kostenüberschreitungen, mangelnde Abstimmung zwischen den Partnern und unzureichende Qualität. Hinzu kommt eine Reihe neuer Anforderungen, die auch über die reine Herstellung hinaus einen Bezug zum Bauwerk bzw. seinem Nutzen haben: Nachhaltigkeit, Energieeffizienz oder Lebenszyklusbetrachtungen.

Um die alten Probleme zu lösen bzw. neue Anforderungen erfüllen zu können, reicht es daher nicht mehr, nur die Bautechniken, die Baumaschinen oder die Baustoffe zu verbessern – der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Optimierung der Bauprozesse.

Im interdisziplinären Forschungsverbund ForBAU haben sich Experten aus dem Bau- und Maschinenbauwesen sowie der Betriebswirtschaft zusammengefunden, um gemeinsam der Frage nachzugehen, wie unter den schwierigen Randbedingungen der Bauindustrie digitale Methoden und Werkzeuge so eingesetzt werden können, dass Effizienz- und Qualitätssteigerungen sowohl in der Planung als auch in der Ausführung erreicht werden können. Exemplarisch konzentrierte sich der Forschungsverbund auf die Planung und Ausführung von Infrastrukturprojekten, also Verkehrstrassen und im Trassenverlauf integrierte Brückenbauwerke. Die Forscher folgten dabei der Vision der Digitalen Baustelle, einem virtuellen Abbild der realen Baustelle im Computer, das neben dem zu errichtenden Bauwerk vor allem auch Informationen zu den verschiedensten Prozessen der Bauausführung und der Logistik beinhaltet.

Die nachfolgenden Abschnitte geben einen Einblick in die Problemstellungen heutiger Baumaßnahmen im Bereich des Infrastrukturbaus aus Sicht der Beteiligten d. h. den öffentlichen Auftraggebern, den Planern und Bauunternehmen. Gleichzeitig entwirft es eine Vision, wie Bauen im 21. Jahrhundert weiterentwickelt werden kann, indem Technologien aus verwandten Branchen auf die besonderen Gegebenheiten der Baubranche adaptiert und Optimierungsansätze speziell für das Bauwesen weiterentwickelt werden.

1.1 Die Digitale Baustelle und ihre Herausforderungen

André Bormann, Willibald A. Günthner

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. Zu jedem dieser Aspekte wird zum Vergleich ein Blick auf den Status quo in der Maschinenbau-Industrie geworfen, in der das Prinzip der Digitalen Fabrik bereits Einzug in die Produktentwicklung und -fertigung gehalten hat.

Dreidimensionale Modellierung

Über Jahrhunderte hinweg wurden sowohl Bauwerke als auch Maschinen mit Hilfe von zweidimensionalen Plänen entworfen, die am Reißbrett entstanden. Mit der

Verfügbarkeit der ersten CAD-Programme zu Beginn der 1980er Jahre wurden zunehmend Computer eingesetzt, um diese 2D-Pläne digital zu erstellen. Zwar konnte damit Effizienz und Präzision bei der Erstellung von Konstruktionszeichnungen erhöht werden, große Teile des Potentials der Nutzung von Computern für die Planung bleiben jedoch ungenutzt (Weisberg 2008). So können beispielsweise bei einem reinen 2D-Ansatz Unstimmigkeiten zwischen Grundrissen und Schnitten weder erkannt noch verhindert werden, sondern müssen nach wie vor manuell beseitigt werden.

Schnell etablierte sich daher die Vision einer digitalen, dreidimensionalen Modellierung von Produkten und Bauwerken. Immer leistungsfähigere Hardware und Fortschritte bei der Software-Entwicklung führten schließlich zur Einführung von 3D-CAD-Programmen. Im Maschinenwesen setzten sich diese Systeme schnell durch, so dass heute der Großteil der Maschinenbau-Produkte in 3D konstruiert wird. Eine wesentliche Antriebsfeder ist dabei, dass diese Modelle zur Steuerung von Fertigungsmaschinen direkt übergeben werden können (CAD-CAM¹-Anbindung).

Moderne CAD-Systeme für den Maschinenbau-Sektor sind äußerst leistungsfähige Werkzeuge für den 3D-Entwurf. So unterstützen sie in der Regel das parametrische Modellieren, bei dem der Nutzer in die Lage versetzt wird, Abhängigkeiten zwischen Abmessungen und Geometrien zu definieren und so ein „lebendiges Modell“ zu schaffen, das bei notwendigen Änderungen schnell und komfortabel angepasst werden kann. Daneben gehört die Arbeit mit Freiformflächen im Maschinenbau zum Standard und wird von allen gängigen CAD-Systemen unterstützt.

Im Bauwesen wird heute noch hauptsächlich ebenflächig entworfen. Lediglich bei einzelnen Leuchtturmprojekten, wie beispielsweise dem Guggenheim-Museum in Bilbao (Architekt: Frank Gehry) wurden Freiformflächen in größerem Maße eingesetzt. Mittlerweile sind „organische Formen“ jedoch ein Trend und aus der modernen Architektur nicht mehr wegzudenken. Während Gehry noch ein Maschinenbau-CAD-System einsetzen musste, um mit Freiformflächen modellieren zu können, sind mittlerweile eine Reihe leistungsfähiger 3D-CAD-Systeme speziell für das Bauwesen verfügbar (Abb. 1.1). Auf Details hierzu wird in Kap. 2 dieses Buchs eingegangen.

Die endgültige Etablierung der 3D-Modellierung im Bauwesen wird u. a. dadurch behindert, dass nach wie vor 2D-Pläne zwischen den verschiedenen an Planung und Ausführung Beteiligten ausgetauscht werden müssen. Dies liegt zum einen an der nötigen Rechtsverbindlichkeit, die mit papierenen Dokumenten deutlich

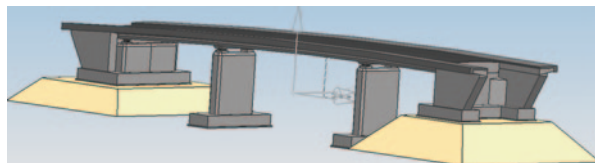


Abb. 1.1 Digitales 3D-Modell einer Brücke

¹ Computer Aided Manufacturing.

einfacher herzustellen ist als mit digitalen Modellen, und zum anderen daran, dass die Arbeitskräfte auf der Baustelle einen robusten und faltbaren Plan für die Ausführung benötigen.

Der Schlüssel zu einer praxistauglichen Lösung liegt daher in der Ableitbarkeit von normgerechten Plänen auf Basis eines vollständigen, integrierten 3D-Modells des gesamten Bauvorhabens. Auf diesen Kern der Digitalen Baustelle wird im Abschnitt 2.3 näher eingegangen.

Zentrale Datenverwaltung

Bereits heute wird die Kommunikation in der Planungsphase zu großen Teilen digital unterstützt. In aller Regel werden beispielsweise Baupläne zwischen den Beteiligten per E-Mail ausgetauscht. Ohne strikte Disziplin aller Projektpartner entsteht dabei jedoch schnell Chaos: Ein typisches Beispiel sind redundante Datensätze mit unterschiedlichen Bearbeitungsständen, die auf verschiedenen Rechnern der Arbeitsgruppe gespeichert sind. Die Weiterarbeit an einem veralteten Stand führt dann zu Fehlern, die häufig spät erkannt und nur unter beträchtlichem Aufwand zu beheben sind. Wesentliche Grundlage für die sinnvolle Nutzung der großen Menge an digitalen Informationen, die eine Digitale Baustelle umfasst, ist daher ein geeignetes Datenmanagement (Abb. 1.2). Im Maschinen- und Anlagenbau werden für diese Aufgabe sogenannte Produktdatenmanagementsysteme, kurz PDM-Systeme, eingesetzt. Diese ermöglichen eine strukturierte Verwaltung aller Informationen über ein Produkt von der frühen Planungsphase bis zum Ende des Lebenszyklus. Kap. 3 stellt hierzu verschiedene Lösungsansätze vor.

Eine große Herausforderung für die tatsächliche Umsetzung einer zentralen Datenhaltung in der Bauindustrie besteht neben dem Bereitstellen der entsprechenden Technologie vor allem auch in der Schaffung sinnvoller organisatorischer

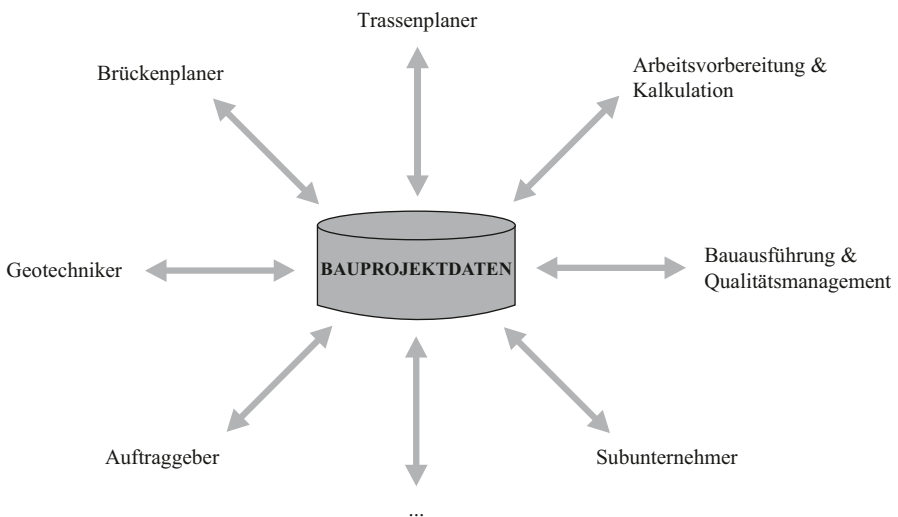


Abb. 1.2 Zentrale Datenverwaltung

Rahmenbedingungen. Eine offene Frage ist beispielsweise, wer als Besitzer bzw. Verwalter eines solchen Datenmanagement-System fungiert: Das Planungsbüro, die ausführende Firma, der Bauherr oder ein dezidierte Datenmanagement-Dienstleister? Alternativ kann auch eine ganze Reihe einzelner Datenmanagement-Systeme betrieben werden, die nur partiell untereinander kommunizieren. Eine Frage, auf die in Zukunft eine Antwort gefunden werden muss. Eng verbunden mit der Frage der Datenhaltung ist der Umstand, dass momentan eine vollständige Transparenz von keinem der an der Planung und Ausführung Beteiligten gewünscht wird. Ein Grund hierfür liegt in der derzeit geübten Praxis des Nachtragsmanagements, das wesentlich auf dem Zurückhalten von Informationen beruht. Eine zentrale Verwaltung der Bauprojektdateien erschwert derartige Praktiken und wird daher nicht bei allen Beteiligten auf Zuspruch stoßen – ganzheitlich betrachtet ebnet dieses Vorgehen jedoch einen Weg zu mehr Fairness und partnerschaftlicher Zusammenarbeit.

Prozesssimulation

Bei der Planung von Produktionsstätten im Maschinenwesen werden heute digitale Werkzeuge zur Prozesssimulation eingesetzt. Damit können unter dem Stichwort der „Virtuellen Inbetriebnahme“ Engpässe im Prozessablauf sowie gegebenenfalls bestehende Überkapazitäten bereits vorab erkannt und behoben werden. Durch die detaillierte Modellierung einzelner Prozessschritte und deren logische Verknüpfung untereinander kann zudem eine Optimierung des Gesamtsystems erreicht werden.

Auch zur Betrachtung von Abläufen auf einer Baustelle ist der Einsatz von digitalen Prozesssimulationen wünschenswert. Ein wesentlicher Unterschied ist jedoch, dass die stationäre Industrie mit einem festgelegten Produktionslayout mehrere 1.000 bis 100.000 Exemplare eines Produkts herstellt, während eine Baustelle in der Regel nur zur Produktion genau eines „Stücks“ eingerichtet wird (Unikatfertigung). Das bedeutet, dass der Aufwand zur Erstellung einer Simulation viel stärker mit einem möglichen Produktivitätsgewinn abgewogen werden muss. Abhilfe kann hier eine Bausteinbibliothek mit Modulen schaffen, die schnell und flexibel miteinander verknüpft werden können.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass Bauprozesse hinsichtlich ihrer zeitlichen Reihenfolge viel flexibler gestaltet sein müssen als Prozesse der stationären Industrie. Während beispielsweise in der Fahrzeugindustrie viele Arbeitsschritte am Fließband durchgeführt werden und damit streng getaktet sind, entscheiden Arbeiter am Bau in einem bestimmten Rahmen weitgehend spontan, welche der anstehenden Arbeitsschritte als nächstes ausgeführt werden. Um dies in einem Simulationstool abzubilden, wurde im ForBAU-Projekt ein Constraint-basiertes Verfahren eingesetzt, das die Reihenfolge von Arbeitsschritten nicht streng vorgibt, sondern dynamisch unter Verwendung stochastischer Verfahren auswählt (Abb. 1.3). Auf diesen Bereich der Digitalen Baustelle wird in Kap. 4 eingegangen.

Logistik

Die pünktliche Lieferung von Materialien und Bauteilen sowie deren sinnvolle Lagerung sind wesentliche Voraussetzungen für das reibungslose Funktionieren

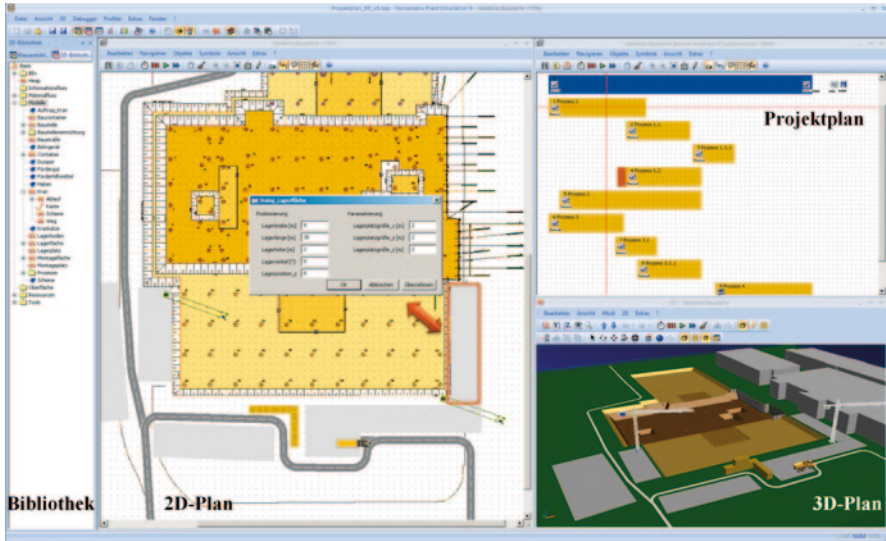


Abb. 1.3 Simulation von Baustellenprozessen

einer Baustelle. Die Einbindung logistischer Prozesse muss daher einen festen Bestandteil der Digitalen Baustelle bilden.

In den vergangenen Jahrzehnten ist der Kostendruck in der Bauindustrie durch die schwierigen konjunkturellen Bedingungen immer weiter gestiegen. Vor diesem Hintergrund ist die Baulogistik zunehmend in das Interessensfeld der Bauwirtschaft gerückt. Es wurde erkannt, dass in der Optimierung der Logistikprozesse gewaltige Einsparpotentiale liegen.

Ein Blick in die stationäre Industrie zeigt, welch wichtigen Stellenwert die Logistik einnimmt. Über die Entwicklung von Konzepten wie Just-in-Time oder Just-In-Sequence Belieferung konnten Lagerbestände drastisch reduziert und damit Kosten eingespart werden. Durch eine langfristige Lieferantenbindung ist es möglich, Logistikkonzepte auch über das eigene Unternehmen hinaus zu optimieren. Der Trend zur Verschlinkung der Logistik wird Lean-Logistics genannt. Ziel ist es, jegliche Verschwendung, z. B. überflüssige Transportbewegungen, Nachbearbeitungen, Suchzeiten, Verlust oder Ausschuss zu vermeiden. Zur Umsetzung dieser Konzepte bedarf es genauer Informationen und sicherer Prozesse.

Auf Baustellen sind jedoch sowohl Prozesse als auch das Informationsmanagement wenig standardisiert. Der Unikatscharakter von Bauprojekten und die starke Fragmentierung der Bauindustrie sind sicherlich zwei Gründe dafür, wenngleich kein Hindernis für eine Verbesserung. Durch den Einsatz von Telematiksystemen oder elektronischen Lieferscheinen können beispielsweise Effizienzsteigerungen im Fuhrparkmanagement oder in der Auftragsverwaltung erzielt werden. Diese Beispiele zeigen das Potential, welches in der Nutzung digitaler und elektronischer Hilfsmittel für die Bauausführung steckt (Abb. 1.4).

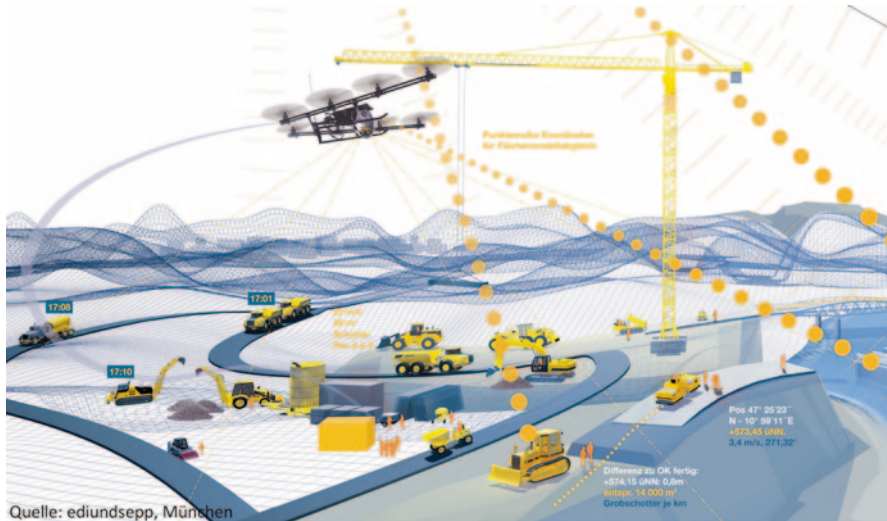


Abb. 1.4 Vision bauleistungslogistischer Prozesse auf Grundlage der Digitalen Baustelle

Ziel der Forschungsarbeiten im Bereich der Logistik war es, den Mehrwert, den die Digitale Baustelle birgt, für die reale Baustelle nutzbar zu machen. Hierfür wurden logistische Methoden der stationären Industrie auf die Rahmenbedingungen der Baustelle übertragen und angepasst. Die Ergebnisse werden in Kap. 5 vorgestellt.

Zur Steuerung und Kontrolle einer Baustelle werden Logistikdaten benötigt. Damit diese während der Bauausführung schnell und sicher erfasst werden können, kommen Identifikationstechnologien zum Einsatz – eine wesentliche Komponente der Digitalen Baustelle. 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 Wechselfelder. Mögliche Einsatzszenarien für die RFID-Technologie werden im Abschnitt 5.3.3 vorgestellt.

Ausblick

Diese vier Teilbereiche bilden die Basis der Digitalen Baustelle. Um die auf ihrer Grundlage entwickelten Methoden und Verfahren in der Praxis zu etablieren, bedarf es der Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure. Diese Kooperation setzt die Erkenntnis voraus, dass Effizienzsteigerungen notwendig sind. Die Beteiligten müssen bereit sein, die technischen Möglichkeiten zu nutzen und damit gewohnte Arbeitsweisen zu verändern sowie den Willen zeigen, partnerschaftlich zu agieren. Der wirtschaftliche Mehrwert, der sich bei der konsequenten Umsetzung der Konzepte der Digitalen Baustelle ergibt, wird von Kennern der Branche wie Johann Bögl, Gesellschafter der Max Bögl Unternehmensgruppe, auf 20 bis 30 % der Auftragssumme beziffert. Diese Zahlen belegen, welches Potential im Konzept der Digitalen Baustelle verborgen liegt.

1.2 Bauen heute – Der Bauprozess aus Sicht der Beteiligten

Die Umsetzung von Infrastrukturbaumaßnahmen, beginnend mit dem Realisierungsbeschluss über immer detaillierter werdende Planungsphasen, die Bauausführung bis hin zum Betrieb und der Instandhaltung der entstandenen Verkehrswege wird von den Beteiligten aus unterschiedlichen Perspektiven und oftmals auch mit gegensätzlichen Interessen verfolgt. In den verschiedenen Projektphasen finden vielfältige Planungsprozesse mit unterschiedlicher Planungstiefe und fachlicher Ausrichtung statt. Dabei werden die Verantwortlichkeiten zwischen den Projektbeteiligten und Disziplinen häufig übergeben oder neu verteilt. All dies bedingt eine Vielzahl von Schnittstellen im Projektverlauf, die mit den gegenwärtigen Planungsmethoden nur schwierig und häufig weder fachlich noch wirtschaftlich befriedigend zu koordinieren sind.

Die folgenden Abschnitte geben einen Einblick in den aktuellen Stand der Bauplanung und -ausführung und der damit verbundenen Probleme aus Sicht der Bauherren, der Planer und der ausführenden Unternehmen.

1.2.1 *Von der Grundlagenermittlung bis zum Betrieb – Die Sicht des Bauherrn*

Uwe Willberg, Tobias Baumgärtel, Cornelia Klaubert

Bei Infrastrukturbaumaßnahmen ist in der Regel die öffentliche Hand – Bund, Länder und Gemeinden – Bauherr und damit für die Planung, die Erhaltung und die Verwaltung von Verkehrswegen verantwortlich. Ziel des Bauherrn ist die wirtschaftliche Erstellung eines anforderungsgerechten Verkehrsweges. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Wirtschaftlichkeit und die erforderliche Gebrauchstauglichkeit nicht mit der Fertigstellung enden, sondern über den gesamten Lebenszyklus gewährleistet sein müssen.

Planungsphase

In allen Phasen der Bauabwicklung sind Planungsleistungen erforderlich. In frühen Projektphasen, von der Grundlagenermittlung bis zur Erstellung des Leistungsverzeichnisses, werden die Planungsleistungen vom Bauherrn selbst übernommen bzw. direkt beauftragt. Erst nach Vergabe der Bauleistung erfolgen die Planungsleistungen für Ingenieurbauwerke unter der Federführung des Bauunternehmens. Auf diese Weise können das fachspezifische Know-How und die technischen Fähigkeiten der ausführenden Firma in die Ausführungs- und Detailplanungen einfließen. Nicht selten kommt es bei diesem Wechsel der Verantwortlichkeiten für Planungsleistungen und dem dadurch bedingten Wechsel des Planers zu einem Bruch im Informations- und Ideenaustausch. So werden Pläne meist nicht in einem weiter verwendbaren digitalen Format, sondern nur in Papierform übergeben. Dies ist der Erfahrung geschuldet, dass digital übergebene Pläne häufig von der Baufirma ungeprüft für

die Bauausführung genutzt werden. Auf diese Weise werden Fehler, die eventuell bei der Planung gemacht wurden, nicht entdeckt und für eine daraus resultierende fehlerhafte Bauausführung wird keine Verantwortung übernommen. Werden dennoch Pläne in digitaler Form übergeben, kommt es häufig zu Kompatibilitätsproblemen, da es bislang kein standardisiertes Format für den Datenaustausch zwischen den verschiedenen CAD-Systemen gibt.

Zur Verbesserung der Situation erwägen Bauherren wie die Autobahndirektion Südbayern, den Planungsprozess bis zur Ausführungsplanung selbst zu übernehmen bzw. direkt zu beauftragen. Dieses Vorgehen ist jedoch nur möglich, wenn keine Sondervorschläge bei der Ausschreibung Berücksichtigung finden. Werden Sondervorschläge der Baufirma akzeptiert, findet die Planung des Bauherren keine weitere Verwendung. Finden Sondervorschläge hingegen keine Berücksichtigung, wird nach den Plänen des Bauherren gebaut und nur die Detailplanung für die Baubehelfe erstellt die ausführende Firma. Hierdurch wurde in den letzten Jahren schon ein erster Schritt zur Verbesserung des Informationsflusses zwischen den Projektbeteiligten erreicht und die Ideen und Vorstellungen des Bauherren wurden in der Ausführungsphase besser verwirklicht.

Insgesamt sind die durchgängige Nutzung von Informationen in der Planungsphase und insbesondere die Weiternutzung während der Bauausführung noch unbefriedigend gelöst. Gerade in der Schaffung von Durchgängigkeit zwischen allen Planungsphasen werden maßgebliche Verbesserungen durch die digitale Planung auf Basis eines digitalen Modells erwartet (vgl. Abb. 1.5). Natürlich wird die dadurch gewährleistete Transparenz auch Widerstände wecken, da Planungsfehler offensichtlich und nachvollziehbar werden. Entsprechenden Bedenken können die

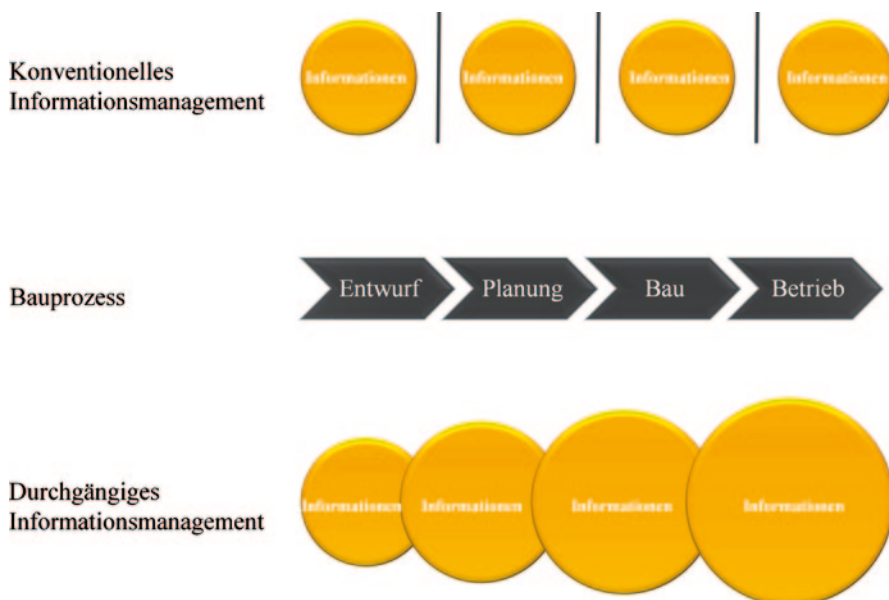


Abb. 1.5 Konventionelles und durchgängiges Informationsmanagement

Baupartner nur gemeinschaftlich durch Anerkennung gegenseitiger Verantwortung entgegentreten. Aber auch der tagtägliche Kosten- und Zeitdruck sowie die Honorarordnung werden der Umsetzbarkeit digitaler Planung entgegenstehen. Viele der Gegenargumente werden jedoch durch die entstehenden Vorteile, wie beispielsweise vereinfachte und präzisere Mengenermittlungen oder Möglichkeiten zur Abbildung und Untersuchung von Zwischenbauszuständen vor Baubeginn, entkräftet werden können.

Ausführungsphase

In der Ausführungsphase herrscht ein enormer Kostendruck. Die Vergabep Praxis von Bauleistungen in Deutschland bedingt, dass Bauunternehmer Aufträge meist nur über Nebenangebote oder zunächst nicht auskömmlich kalkulierte Angebote erhalten. Um dennoch einen wirtschaftlichen Erfolg mit der Baumaßnahme zu erzielen, werden viele der beauftragten Leistungen inklusive der notwendigen Planungen an Subunternehmer des Auftragnehmers weitervergeben. Dies führt zu einer breiten Auffächerung von Verantwortlichkeiten und einer Vielzahl zusätzlicher Schnittstellen. Dadurch kommt es nicht nur zu Informationsbrüchen, sondern auch zum Verlust von technischem Know-How bei der Baufirma. Für den Bauherrn zeigt sich dies in der häufig fehlenden technischen Unterstützung des vor Ort tätigen Bauleiters durch die Baufirma selbst. Zudem bemängelt der Bauherr, dass den Firmen häufig ein technischer Koordinator fehlt, der neben dem Bauleiter wirkt, über fachspezifisches Wissen verfügt und entscheidungsbefugt ist.

Aus Sicht des Bauherrn ist es leider üblich geworden, dass Auftragnehmer gezielt nach Schwachstellen, Missverständlichkeiten und Fehlern in den Vertragsunterlagen des Bauherrn suchen bzw. suchen müssen, um über Nachträge eine Kostendeckung des Projektes oder gewinnbringende Zusatzleistungen zu erhalten. Insbesondere dieses Vorgehen mündet häufig eher in einem „Gegeneinander An kämpfen“ als in einem „Miteinander Bauen“.

Probleme in der Ausführungsphase sind zum Teil aber auch der zunehmenden Komplexität von Bauvorhaben geschuldet. Der erforderliche Aufwand für die Vorbereitung komplexer Baumaßnahmen steigt, gleichzeitig nimmt die Zeitspanne zwischen Vergabe der Bauleistungen bis zum Baubeginn jedoch ab.

Viele der genannten Probleme haben demnach strukturelle Ursachen und lassen sich durch die Möglichkeiten und Neuerungen der digitalen Planung nicht beheben. Es wird jedoch erwartet, dass die digitale Planung neue Ansätze bietet und die Voraussetzungen zur Lösung der bestehenden Probleme verbessert. Die Schaffung größerer Transparenz zwischen den Baubeteiligten und die bei vielen Bauherren bestehende Bereitschaft, größere Verantwortung zu übernehmen, sind wesentliche Voraussetzungen, um die Digitale Baustelle zum Erfolg zu führen.

Betrieb

Im Vergleich zur Planungs- und Ausführungsdauer ist die Zeitspanne des Betriebs und der Instandhaltung – mehrere Jahrzehnte, teils auch mehr als ein Jahrhundert – überproportional lang. Leider ist das Problembewusstsein für die Wichtigkeit von Lebenszyklusinformationen noch wenig ausgeprägt. Dies zeigt sich schon bei den strukturellen Voraussetzungen zur Datenverwaltung seitens des Bauherrn.

So existiert bei der Straßenbauverwaltung z. B. noch kein einheitliches und langlebiges Datenmanagementsystem. Digital vorliegende Daten werden zwar in der Bauwerksdatenbank *SIB-BAUWERKE*² verwaltet, daneben wird aber auch eine Bauwerksakte in Papierform geführt. Die Autobahndirektion Südbayern stellt zudem die Langzeitarchivierung der Pläne über Mikrofilme sicher.

Für den Betrieb und die Instandhaltung sind prinzipiell alle Dokumente und Informationen, beginnend mit der ersten Idee, die mit dem Bauwerk in Bezug stehen, von Bedeutung. Die Bandbreite der erforderlichen und wünschenswerten Informationen ist vielfältig. Neben naheliegenden Dokumenten wie statischen Berechnungen, Prüfzeugnissen, Baustoffinformationen und Planunterlagen, können auch Angaben zu Bauabläufen und Baubehelfen, die häufig nur der ausführenden Firma bekannt sind (z. B. Traggerüste), für die spätere Bauwerksinstandhaltung von Bedeutung sein. Leider liegen diese Informationen nicht immer oder nur unzureichend aufbereitet vor. Seitens der Baufirmen besteht zur geordneten Übergabe dieser Informationen an den Bauherrn kaum Interesse. Entsprechende Tätigkeiten werden in der Baupraxis nur als lästige Pflicht angesehen. Auch die Vergütung entsprechender Leistungen steht in keinem vernünftigen Verhältnis zur Bedeutung dieser Informationen für die spätere Bauwerkserhaltung.

Große Fortschritte bei der Verbesserung der Bauwerksdatenverwaltung sind durch die mit der durchgängigen digitalen Planung einhergehende zentrale Datenverwaltung des Bauvorhabens zu erwarten. So liegen bei entsprechender Umsetzung nicht nur alle bauwerksspezifischen Informationen vor, es sind zudem Verbesserungen in der Datenqualität zu erwarten.

1.2.2 Herausforderungen und Möglichkeiten der Planung – Die Sicht des Planers

Rudolf Juli, Erhard Lederhofer, Tobias Baumgärtel

Die erfolgreiche Realisierung von Projekten im Infrastrukturbau ist maßgeblich von der fachlichen Kenntnis und den technischen Fähigkeiten des Planers abhängig. In allen Planungsphasen sind technische, wirtschaftliche und umweltbezogene Belange so aufeinander abzustimmen, dass Infrastrukturprojekte sowohl mit politischem als auch gesellschaftlichem Rückhalt realisiert werden können.

Strukturelle Rahmenbedingungen

Infrastrukturbaumaßnahmen werden wegen der Fokussierung auf den Ausbau vorhandener Verkehrswege immer häufiger im Bestand ausgeführt, tangieren somit eine Vielzahl technischer Rahmenbedingungen, Interessen und Schutzrechten Einzelner und sind im Umfeld einer zunehmend verschärften Umweltgesetzgebung und (haushalts-)politischen Diskussion zu realisieren. Generell ist die Bevölkerung gegenüber der Notwendigkeit und den Randbedingungen der bautechnischen Umsetzung von Infrastrukturbauprojekten zunehmend sensibilisiert, wie dies bei

² Das Programm ist eine Entwicklung der Straßenbauverwaltungen von Bund und Ländern.

Projekten wie dem Transrapid, der zweiten S-Bahn Stammstrecke in München oder dem Projekt Stuttgart 21 zu beobachten ist.

Die planerische Berücksichtigung aller Interessen führt zu komplexen Randbedingungen, bietet aber auch die Chance zur Verwirklichung innovativer Bauverfahren und Lösungen. So kommt vielen Infrastrukturbauprojekten Pilotcharakter zu. Das Wissen zur erfolgreichen und wirtschaftlichen Umsetzung innovativer und komplexer Infrastrukturbauprojekte zeichnet die Qualität eines Planers aus.

Infrastrukturbauprojekte bedingen bei der planerischen Umsetzung teils sehr lange Planungs- und Entwicklungszyklen, die sich auch über mehrere Jahrzehnte erstrecken können. Häufig werden geplante Maßnahmen aufgrund fehlender finanzieller Möglichkeiten der öffentlichen Hand und sich verlagernder Prioritäten nicht umgesetzt oder stufenweise realisiert.

Insbesondere während langer Planungszyklen und bei Verzögerungen des Baubeginns verursachen Veränderungen in der Mitarbeiterstruktur und in den Zuständigkeiten sowohl auf Seiten des Planers als auch beim Bauherrn und sonstigen Projektbeteiligten zusätzliche Probleme. Diese Fluktuation verursacht regelmäßig einen Informations- und Wissensverlust. Auch die zur Planung verwendeten Softwarelösungen entwickeln sich im Laufe der Jahre weiter. So können lange Planungszyklen dazu führen, dass Planungen mehrfach entsprechend geänderter Randbedingungen, Projektanforderungen, Gesetzgebungen und Regelwerke zu erbringen sind, um ein Bauvorhaben letztendlich zu realisieren.

Technische Voraussetzungen

Durch die bei öffentlichen Vergaben regelmäßig vorgesehene stufenweise Beauftragung einzelner Planungsphasen und die dadurch bedingte Bearbeitung durch unterschiedliche Planer ergeben sich zwangsläufig Schnittstellen, an denen Daten übergeben werden müssen. Der damit einhergehende Informationsverlust führt zwar in der Regel nicht zu Qualitätsproblemen, bedingt aber einen erheblichen Mehraufwand in der Aufbereitung von verfügbaren und übergebenen Informationen.

Die Übergabe von Eingangsinformationen, Planungsdaten und Planungsergebnissen ist entsprechend der unterschiedlichen Aufgabenstellung der Leistungsphasen oft rudimentär. So werden vielfach Daten als Text- oder Scan-Dateien, wie z. B. aus Baugrundgutachten, oder einfache Zeichenformate wie DXF-Dateien übergeben. Die Nutzung dieser Informationen für anschließende Planungsprozesse erfordert eine umfassende manuelle Aufbereitung. Selbst wenn kompatible Datenformate zur Verfügung stehen, sind oftmals die Datenmenge und die Datenqualität fraglich und somit umfassend zu prüfen und zu bewerten.

Diese Probleme im Datenaustausch ergeben sich auf Grund fehlender Vereinbarungen und Vorgaben zu einheitlichen und allgemein verbindlichen Datenformaten. Je nach Bundesland oder Auftraggeber ergeben sich häufig spezifische Anforderungen an CAD-System, Datenformate und Datenkonventionen.

Erfahrungen zeigen, dass Bauherrn vielfach die selbst verwendeten Formate vorschreiben, insbesondere wenn sie an der Entwurfsplanung aktiv mitwirken wollen. Hier wird von Planern maximale Flexibilität gefordert.

Neben dieser übergeordneten Schnittstellenproblematik ist aber auch die Durchgängigkeit in den Modellen innerhalb des Planungsprozesses noch nicht gegeben. So sind momentan die Modelle für Tragwerks- und Objektplanung im Regelfall voneinander separiert, ohne dass es eine einheitliche und funktionierende Schnittstelle zum Datenaustausch gibt. Im Hinblick auf die digitale Planung existiert darüber hinaus auch keine Softwarelösung, mit der alle Modelle durchgängig erstellt und verwaltet werden können. Vor allem die Einbindung weiterer Informationen, z. B. aus Geographischen Informationssystemen (GIS) der Umweltbehörden, erfolgt in der Regel manuell. So ist die Zusammenführung der Modelle, die zudem von einer Vielzahl separater Objektplanern erstellt werden, selbst bei Übergabe digitaler Daten noch nicht ohne manuelle Nachbearbeitung möglich. Insbesondere bei Planungsänderungen oder Änderungen der Planungsgrundlagen führt dies zu einem hohen Aufwand.

Modellbasierte Planung: Anforderungen und Strategien zur Weiterentwicklung

Die Schaffung einer durchgängigen digitalen und modellbasierten Planung ist aus Sicht innovativer Planer wie *OBERMEYER Planen + Beraten* die richtungsweisende Entwicklung für die zukünftige Planung und Umsetzung von Infrastrukturbauprojekten. Es wird erwartet, dass damit nicht nur die Planungsprozesse verbessert werden, sondern auch die Organisation und Abwicklung der Planungs- und Ausführungsphase von Infrastrukturprojekten effektiver gestaltet werden können. Die erstellten Modelle bilden darüber hinaus die Grundlage für eine umfassende Bauwerksverwaltung während der Nutzungsdauer.

Damit sich die modellbasierte Planung zukünftig durchsetzen kann, ist es erforderlich, dass sich auf allen Ebenen der Projektabwicklung ein Bewusstsein für die Notwendigkeit der modellbasierten Bauplanung und Bauausführung entwickelt. Erst wenn auf allen Seiten die Vorteile der Verwendung von digitalen Modellen und Methoden erkannt wurden und folglich deren Einsatz auch gewünscht bzw. gefordert wird, werden sich die notwendigen technischen Entwicklungen einstellen und auf dem Markt etablieren.

Aktuell wird die modellbasierte Planung nur von Visionären eingesetzt, die in Erwartung künftiger Wettbewerbsvorteile diese zukunftsweisenden Planungsmethoden in Zusammenarbeit mit ähnlich ambitionierten Baufirmen verfolgen. Für die nur langsame Durchsetzung der modellbasierten Planung gibt es verschiedene Gründe: So müssen vertraute Konzepte aufgegeben und neue Techniken gelernt werden. Hierfür muss seitens der Unternehmen investiert und die Bereitschaft und das Verständnis bei den Mitarbeitern hergestellt werden. Zudem können die entstandenen Modelle oftmals noch nicht durchgängig genutzt werden, da Schnittstelle fehlen, so dass die Informationen wieder auf 2D-Zeichnungen reduziert werden müssen.

Auch die softwaretechnischen Möglichkeiten sind heute noch nicht soweit ausgereift, dass eine durchgängige modellbasierte 3D-Planung möglich ist. So bestehen zwar schon sehr gute Einzellösungen, mit denen auch dreidimensional und objektorientiert geplant werden kann. Eine Software-Lösung, die alle Planungsprozesse abbilden kann, existiert derzeit ebenso wenig wie die Möglichkeit der durchgängigen Weitergabe der Informationen in unterschiedliche CAD-Systeme.

In der Praxis wird es auch in Zukunft nicht möglich sein, sich auf eine einzige Softwareanwendung zu beschränken. Ebenso wenig werden öffentliche Auftraggeber die Verwendung eines proprietären Datenformats fordern können und wollen. Daher ist für die zukünftige modellbasierte Planungen eine standardisierte Schnittstelle zum Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Programmen zwingend erforderlich. Es muss jedoch vermieden werden, dass sich mehrere Lösungen parallel entwickeln. Erforderlich ist eine zertifizierte und allgemein gültige Schnittstellendefinition. Erste Schritte hierzu werden bereits unternommen. So wird aktuell von der *buildingSMART Initiative* zusammen mit dem Deutschen Institut für Normung (DIN) und verschiedenen Verbänden an der Standardisierung und Zertifizierung einer Schnittstelle im Bereich des Hochbaus gearbeitet, die auf dem IFC-Datenformat (Industry Foundation Classes) beruht.

Perspektiven der modellbasierten Planung

Die angestrebte modellbasierte Planung wird zu einem durchgängigen Arbeiten in allen Projektphasen an einem Modell führen, das für alle Projektbeteiligten maßgebend wird. Die Projektinformationen werden objektbezogen verwaltet und können jederzeit aktualisiert werden. So kann phasenweise geplant und ausgeführt werden. Erforderliche Änderungen werden jederzeit auf deren Konsistenz geprüft, 3D-Visualisierungen werden möglich und durch die Integration von Zeitinformationen wird ein zusätzlicher Mehrwert erreicht. Zudem können Daten aus der Bauausführung hinterlegt und so ein umfassendes Bestandsmodell für die spätere Nutzung bereitgestellt werden.

Die Verwaltung entsprechender Modelle muss zentral erfolgen. Die Zuständigkeiten sind zu klären und wie im Ausland bereits üblich, werden speziell ausgebildete Modellmanager erforderlich sein, die das gesamte Projekt und das Modell des Bauvorhabens koordinieren.

Noch zu klären ist die Vergütung entsprechender Modelle. In den frühen Phasen der Planung sind höhere Investitionen und Aufwände als in heutigen Planungsprozessen erforderlich. Mit der aktuellen Honorarordnung lassen sich Modelle noch nicht in allen Planungsphasen wirtschaftlich verwirklichen. Hierfür sind neue vertragliche Regelungen und Vereinbarungen zwischen Bauherren, Planern und ausführenden Firmen erforderlich. Das Bewusstsein für den Mehrwert der modellbasierten Planung muss sich in den nächsten Jahren entwickeln.

1.2.3 Kostendruck versus Innovation – Die Sicht der Bauausführung

Jürgen Mack, Tobias Baumgärtel

Die Bauindustrie hat eine zentrale Stellung in der deutschen Volkswirtschaft und so entscheidenden Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Durch die seit Jahren andauernde strukturelle Krise der Bauwirtschaft hinkt die Entwicklung der Bauindustrie aber zunehmend hinter der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung her. Leidtragende sind vor allem die in der Bauausführung tätigen

Baugewerbe

Unternehmen mit 20 und mehr Beschäftigten

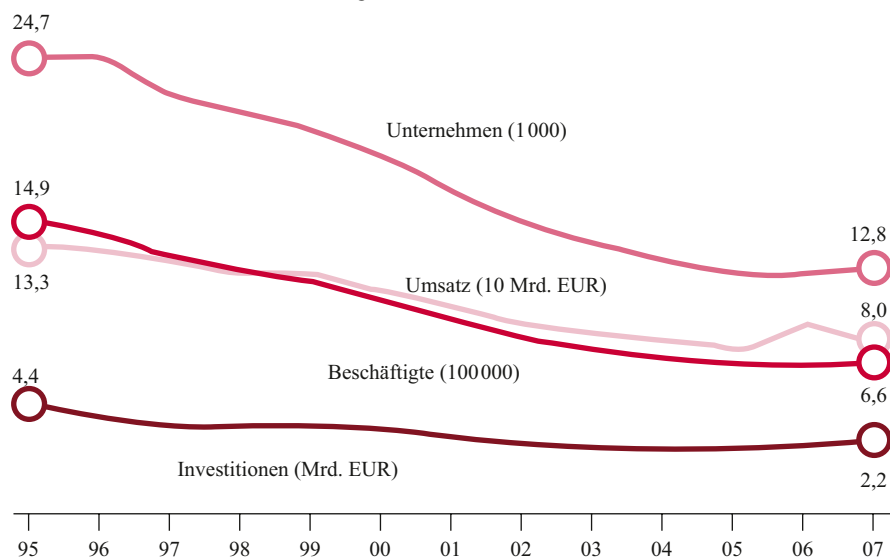


Abb. 1.6 Strukturdaten des Baugewerbes in Deutschland in den Jahren 1995 bis 2007. (Quelle: Statistisches Bundesamt 2010)

Unternehmen. Insbesondere Infrastrukturprojekte sind vom staatlichem Engagement und den finanziellen Möglichkeiten des Staates abhängig. So gestalten sich die strukturellen Voraussetzungen, auf die die im Infrastrukturbau tätigen Bauunternehmen angewiesen sind, doppelt schwierig. Die rückläufige Entwicklung im Baugewerbe der letzten Jahre zeigt sich deutlich in der Erhebung von Strukturdaten für das Baugewerbe des Statistischen Bundesamtes in den Jahren 1995 bis 2007 (s. Abb. 1.6).

Rahmenbedingungen

Bei heutigen Bauprojekten werden die einzelnen Ausführungs- und Planungsprozesse separat und fast immer an den Anbieter mit dem niedrigsten Preis vergeben. Der Bauablauf wird dadurch zerstückelt. Überlegungen und Lösungen, die die Wirtschaftlichkeit des gesamten Projekts im Blick haben stehen nicht immer im Vordergrund. Neben dem Kostendruck steigen aber auch der Zeitdruck und die mit der Bauabwicklung verbundenen Risiken. Diese Umstände führen häufig zu Konflikten zwischen den Projektbeteiligten. Misstrauen und rechtliche Auseinandersetzungen, die teils bis weit nach Fertigstellung eines Bauwerks ausgetragen werden, sind die Folge. Von einer partnerschaftlichen und vertrauensvollen Zusammenarbeit ist man leider bei vielen Projekten weit entfernt.

Eine Verbesserung der Situation unter Beibehaltung der bestehenden Rahmenbedingungen ist nach Ansicht vieler Bauunternehmen kaum zu erreichen. Der Druck des niedrigsten Preises besteht nach wie vor, das Einsparpotential ist jedoch

weitgehend ausgeschöpft. Die operativen Arbeitsabläufe und -prozesse wurden in den letzten Jahren weitgehend optimiert, technische Innovationen sind unter wirtschaftlichen Aspekten kaum mehr zu erreichen und weitere mögliche Kostenreduzierungen durch Einsparungen von Qualität kommen nicht in Betracht. So stehen die bauausführenden Unternehmen vor der Frage, wie sie mit der für sie unbefriedigenden Situation zukünftig umgehen sollen.

Entwicklungen

Viele deutsche Baufirmen gehen daher den Weg ihren ehemaligen Kernbereich, die eigene operative Bauausführung vor allem in Inland zu reduzieren, teils sogar ganz aufzugeben. Unternehmen treten dann häufig nur noch als Generalunternehmer oder Generalübernehmer auf. Die Kernkompetenzen beschränken sich auf die Leitung, Planung, Organisation und Überwachung der Arbeits- und Betriebsprozesse, die operativen Arbeits- und Planungsleistungen werden an Nachunternehmer aus dem In- und Ausland vergeben. Diese Vorgehensweise führt allerdings an verschiedenen Stellen zu Kompetenzverlusten. Zum einen verliert der Generalunternehmer an bautechnischem Wissen, da er selbst nicht mehr ausführt, zum anderen fehlt auch dem Nachunternehmer Kompetenz, weil er wegen des enormen Kostendrucks häufig unqualifiziertes Personal mit günstigen Löhnen einsetzt und meist keine Mittel für die Weiterbildung und Qualifikation seiner Mitarbeiter zur Verfügung hat.

Viele Baubeteiligte, wie Planer, Nachunternehmer, Koordinatoren und Überwacher, ergeben auch zahlreiche Schnittstellen zur Informationsübergabe. Die Bau- und Planungsprozesse müssen dahingehend angepasst werden, dass unter anderem die Abstimmung und Verteilung der zur Ausführung erforderlichen Planunterlagen funktioniert und die aktuell gültigen Pläne die richtigen Stellen rechtzeitig erreichen. Steigt die Anzahl der Beteiligten, steigt auch die Komplexität der Vorgänge und Prozesse. Oftmals kommt es dadurch zur Überforderung des Baustellenpersonals. Schlechte Koordination und ungenügende Abstimmungen behindern dann den Bauablauf. Letztendlich sind diese Entwicklungen häufig für mangelnde Qualität und Verzögerungen in der Fertigstellung von Bauvorhaben verantwortlich.

Einige Bauunternehmen, wie die Firmengruppe Max Bögl, haben einen alternativen Weg eingeschlagen. Sie sehen ihre Zukunft mehr denn je im operativen Baugewerbe – auch in Deutschland. Ihr Modell für eine erfolgreiche Zukunft ist die Weiterentwicklung der traditionellen handwerklichen Arbeitstechniken hin zu modernen Herstellungsprozessen bei einer gleichzeitigen Vergrößerung der Fertigungstiefe.

Als große Herausforderung für die Gestaltung einer erfolgreichen Zukunft werden notwendige Veränderungen und Innovationen in der Organisation des Bausehens als erforderlich erachtet. Hierzu ist der Gesamtbauprozess von der Planung über die Ausführung bis hin zur Unterhaltung und den Betrieb des erstellten Bauwerks zu betrachten. Schlagworte für entsprechende Projekte sind „Design and Build“ und „Design, Build and Maintain“³. Derartige Projektformen besitzen insbesondere im internationalen Wettbewerb einen höheren Stellenwert als auf dem

³ Neben der Planung und Herstellung eines Bauwerks wird auch dessen Unterhalt für eine vertraglich festgelegte Zeit von der Baufirma übernommen.

innerdeutschen Markt. Als Methode, mit der entsprechende Bauprojekte innovativ umgesetzt werden können, bietet sich eine modellbasierte Projektbearbeitung an, wie sie auch hinter der Vision des ForBAU-Projektes steht.

In der Bauindustrie wird der Trend zur Umsetzung modellbasierter Projektabwicklung eng mit dem Schlagwort *Building Information Modelling* (BIM) verknüpft. BIM umfasst neben der Projektplanung und Umsetzung auch das Lebenszyklus-Management. Der BIM-Ansatz beschreibt eine Verwaltung von 3D-Modellen des Bauprojektes und hinterlegt Informationen zu Kosten und Ausführungszeiten über den gesamten Lebenszyklus.

Die Verknüpfung von 3D-Modellen mit Parametern zu Kosten und Ausführungszeiten wird in der Baupraxis auch als 5D-Modellierung bezeichnet. Hierzu haben sich auf europäischer Ebene die Baukonzerne *Max Bögl* (Deutschland), *Züblin/Strabag* (Deutschland), *Consolidated Contractors Company* (Griechenland), *Ballast Nedam* (Holland) und *Royal BAM Group* (Holland) zur *5D-Initiative* zusammengeschlossen. Ziel dieses Zusammenschlusses ist die Definition einheitlicher und praxistauglicher Anforderungen an Prozesse zur ganzheitlichen modellbasierten Projektabwicklung.

Die Entwicklungen zur modellbasierten Projektabwicklung sind aber perspektivisch nicht nur für Unternehmen vorteilhaft, die modellbasiert planen und ausführen. Verbesserungspotentiale bieten entsprechende Prozesse auch bei der Ausführung von Bauprojekten, etwa zur Reduktion und Koordination der Schnittstellen bei Subunternehmerbeauftragung oder für das Lebenszyklus-Management des Auftraggebers.

Voraussetzungen für eine innovative Projektabwicklung

Organisatorische Verbesserungen sind schon bei der Vergabe von Bauleistungen zwingend erforderlich. Bereits in der Phase der Entwurfsplanung werden die Weichen für die Herstellung eines Bauprojektes hinsichtlich Termin, Wirtschaftlichkeit und Qualität gestellt. Zur Erarbeitung der optimalen Lösung sind schon in dieser Phase die am Bau Beteiligten besonders gefordert. Gerade bei Infrastrukturprojekten gehört neben dem Bauherrn und dem Planer auch das ausführende Bauunternehmen dazu. Dieses steht jedoch aufgrund von Regelungen zur Vergabe von Bauleistungen zur Zeit der Entwurfsplanung noch nicht zur Verfügung. Dadurch entsteht ein Schnittstellenproblem zwischen Planung und Ausführung. Dieses ist auch noch gegeben, wenn der Bauherr die Bauleistung inklusive Ausführungsplanung auf Grundlage seiner Entwurfsplanung vergibt.

Deswegen spielt die Zeit zwischen Beauftragung, dem Beginn der Ausführungsplanung und der darauf folgenden Arbeitsvorbereitung eine ganz wesentliche Rolle. In diesem Zusammenhang entscheidend ist, in welcher Tiefe das Projekt in der Kalkulationsphase bearbeitet werden konnte. Bei gleichzeitiger Zunahme der Komplexität von Bauvorhaben muss die weitere Planung somit in der Regel unter großem Zeitdruck durchgeführt werden. So entstehen häufig Ausführungs- und Detailplanungen, die nicht die wirtschaftlich und technisch optimale Lösung widerspiegeln.

Die Abkehr von traditionellen Arbeitsprozessen zur Verbesserung der Ausführungsplanung und der Bauausführung beginnt daher schon an der Schnittstelle zwischen Entwurfsplanung durch den Bauherrn und Ausführungsplanung im Auftrag

der Baufirma. Ein erster Schritt wäre die Übergabe weiter nutzbarer digitaler Daten. Hierzu sind zunächst Vereinbarungen zwischen Bauherrn, Planern und Bauunternehmen zum Prozess des Datenaustauschs, zum verwendeten Datenaustauschformat und zu den auszutauschenden Inhalten zu treffen.

Im Hinblick auf die Ansätze der modellbasierten Projektabwicklung ist die Erstellung digitaler Modelle aber grundsätzlich nötig. Für eine durchgängige Nutzung erfordert dies zunächst die Bereitschaft des Bauherrn, 3D-Modelle, beginnend mit den ersten Phasen der Projektplanung, selbst zu erstellen und diese dann für weitere Planungsphasen zu übergeben. Alternativ hätte er aber auch die Möglichkeit, die Erstellung von entsprechenden Modellen als Bestandteil des Angebotes einzufordern, würde damit allerdings auf die Vorteile der modellbasierten Abwicklung im Vorfeld verzichten.

Mit dem Vorhandensein von Modellen stünde an der Schnittstelle zwischen Vergabe der Bauleistung und Beginn der Bauausführung ein allgemein gültiges, den Wissensstand dokumentierendes Modell des Bauvorhabens zur Verfügung. Es ist zu erwarten, dass eine entsprechend objektive modellbasierte Planungsgrundlage Prozesse nicht nur effizienter macht, sondern auch hilft, Konflikte während der Bauausführung, wie beispielsweise unklare Spartensituationen, Lücken in der Baugrundbeschreibung oder Ungenauigkeiten bei der Massenermittlung, zu reduzieren.

Derzeit sehen einige Auftragnehmer bereits genügend Vorteile in der modellbasierten Projektabwicklung zur Optimierung der unternehmensinternen Prozesse, so dass sie Modelle für den eigenen Gebrauch aufbauen. Dieses Vorgehen soll letztendlich in einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Konkurrenten im In- und Ausland münden. So wird beispielsweise von der Firmengruppe Max Bögl erwartet, dass durch eine entsprechende Neuausrichtung der Prozesse und dem durchgängigen Einsatz dieser digitalen Technologie ein Kosteneinsparpotential von 20 bis 30 % zu realisieren ist.

1.3 Bauen morgen – Die Vision der Digitalen Baustelle

Cornelia Klaubert, Willibald A. Günthner

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

Entsprechender Handlungsbedarf wurde erkannt. Im Januar 2008 startete deshalb der Forschungsverbund „Virtuelle Baustelle – Digitale Werkzeuge für die Bauplanung und -abwicklung“ (ForBAU) mit dem Ziel, ein komplexes Bauvorhaben ganzheitlich in einem digitalen Baustellenmodell abzubilden. Diese Digitale Baustelle wird in allen Projektphasen als zentrales Planungsinstrument verwendet. An der Umsetzung der Vision arbeiteten insgesamt sieben Lehrstühle der Technischen Universität München, der Universität Erlangen-Nürnberg, der Hochschule Regens-

burg 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 Verbund für insgesamt drei Jahre von der Bayerischen Forschungsförderung.

ForBAU – Werkzeuge und Methoden für die Digitale Baustelle

Ziel des Forschungsverbundes ForBAU war es, Methoden und Werkzeuge für die Umsetzung der Digitalen Baustelle zu schaffen. Im Fokus stand dabei nicht die Neuentwicklung von Technologien, sondern die Weiterentwicklung und Anpassung vorhandener Methoden und Systemen an die speziellen Bedingungen der Bauindustrie. Die Entwicklung wurde dabei in enger Zusammenarbeit mit den Industriepartnern durchgeführt.

Um ein Bauvorhaben ganzheitlich in einem digitalen Baustellenmodell abbilden zu können, ist eine Integration der Daten aus den verschiedenen Bereichen wie der Planung, Vermessung, Arbeitsvorbereitung, Buchhaltung und der Baustelle selbst durch eine zentrale Datenplattform mit standardisierten Schnittstellen zu der bestehenden, meist sehr heterogenen EDV-Systemlandschaft notwendig. Durch eine Kopplung zwischen Baugrund-, Baustelleneinrichtungs-, Bauwerks- und Simulationsmodell in einem Baustelleninformationsmodell können weitreichende Optimierungspotenziale im gesamten Ablauf nutzbar gemacht werden. Das Modell wird über das Bauvorhaben hinweg dynamisch aktualisiert und liefert den verschiedenen Nutzern die relevanten technischen Informationen. Kritische Prozesse oder Abläufe werden vorab im Modell der Digitalen Baustelle getestet, um später auf der realen Baustelle ohne Verzögerungen und unnötige Stillstandzeiten durchgeführt werden zu können.

Zur Umsetzung dieser Vision wurden vier Schwerpunkte gebildet, die jeweils in einem Teilprojekt bearbeitet wurden (Abb. 1.7). Um anwendungsnahe Ergebnisse

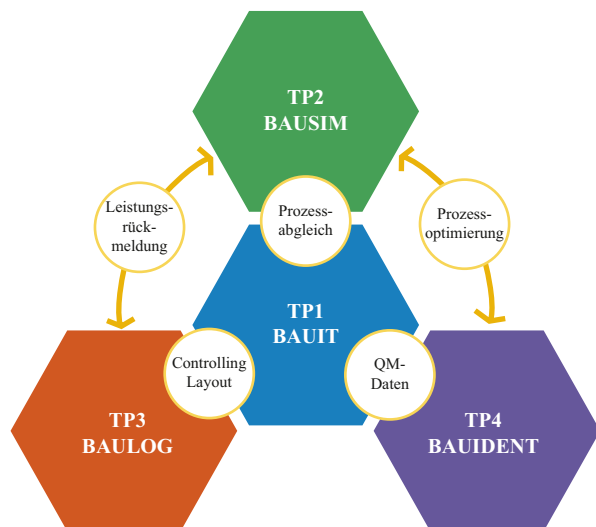


Abb. 1.7 Struktur des Forschungsverbundes ForBAU

zu erzielen, war die Unterstützung der Industrie besonders wichtig. Sie formulierte Anforderungen und ermöglichte es, die Ergebnisse an Pilotbaustellen zu validieren und zu testen.

Teilprojekt BAUIT: Modellierung

Einen wesentlichen Schwerpunkt des ForBAU-Projekts bildete das Teilprojekt BAUIT, in dem insbesondere Methoden zur modellgestützten Planung untersucht wurden. Durch die dreidimensionale Modellierung werden Fehler, wie z. B. Abweichungen zwischen Trassenverlauf und Brückengeometrie oder Kollisionen verschiedener Gewerke schon am Arbeitsplatz des Planers identifiziert. Kosten- und zeitintensive Korrekturen auf der Baustelle werden dadurch erheblich reduziert. Moderne CAD-Programme ermöglichen neben der dreidimensionalen auch die vollparametrische Modellierung. Dadurch können Änderungen, wie beispielsweise die Modifikation von Stützenabständen bei Brückenbauwerken, sehr schnell durch Änderung von Parametern umgesetzt werden. Ziel von ForBAU war es aber nicht nur, Methoden zur modellbasierten Planung von Bauwerken zu entwickeln, sondern auch die dreidimensionale Modellierung des Geländes, des Baugrunds und der Baustelleneinrichtung zu ermöglichen. Ein wesentlicher Fokus der Forschungsarbeiten lag dabei auf der Integration der Teilmodelle in einem gesamtheitlichen Baustelleninformationsmodell – der Digitalen Baustelle.

Die hohe Arbeitsteiligkeit machte zudem eine einheitliche Informationsplattform erforderlich, die alle Baubeteiligten stets mit aktuellen und gültigen Daten versorgt. Dafür wurde im Rahmen des ForBAU-Projekts ein Produktdatenmanagement (PDM)-System eingesetzt. Von der Planungs- über die Ausführungs- bis zur Nutzungsphase konnten so alle relevanten Projektdaten strukturiert verwaltet und über ein entsprechendes Rechtekonzept allen Beteiligten zur Verfügung gestellt werden.

Teilprojekt BAUSIM: Virtuelle Planung/Baufortschrittskontrolle/Controlling

Das Teilprojekt BAUSIM beschäftigte sich mit der Simulation von Baustellenabläufen. Diese ermöglichte es, kritische Prozesse frühzeitig im virtuellen Modell zu testen. Dadurch lassen sich bei der späteren Durchführung Verzögerungen oder unnötige Stillstandzeiten vermeiden. Treten in der Abwicklungsphase dennoch Verzögerungen z. B. durch ungünstige Witterungsbedingungen auf, kann auf diese flexibel reagiert werden, indem beispielsweise der mengenmäßige Ressourceneinsatz mit Hilfe der Simulation an die veränderte Situation angepasst wird.

Zur Überwachung der Bauqualität und des Baufortschritts kamen innovative Vermessungsmethoden wie das 3D-Laserscanning zum Einsatz. Für die schnelle geometrische Kontrolle der Maßhaltigkeit von Bauwerken wurde die Technologie der Augmented Reality (AR)⁴ verwendet.

Teilprojekt BAULOG: Baulogistik

Das Teilprojekt BAULOG befasste sich mit der prozessübergreifenden Vernetzung der an der Baumaßnahme beteiligten Akteure auf den Ebenen des Material- und Güterflusses. Dabei wurden in anderen Industrien entwickelte Best-Practices aus

⁴ AR bezeichnet dabei die Einblendung virtueller Modelle in die reale Welt.

dem Bereich Supply Chain Management auf die Bauindustrie übertragen. Zentral dabei war die Anpassung dieser Methoden auf branchenspezifische Besonderheiten der Bauwirtschaft. Dieser Ansatz half, die Transparenz und Flexibilität der bauindustriellen Wertschöpfungsketten zu erhöhen. Im Rahmen der Baustelleneinrichtungsplanung und des Stoffstrommanagements wurden Liefer- und Logistikstrategien für die Materialfluss- und Layoutgestaltung entwickelt.

Teilprojekt BAUIDENT: Identifikation/Lokalisierung/Steuerung

Im Teilprojekt BAUIDENT wurden Methoden entwickelt, um die realen Leistungen auf der Baustelle durch moderne Ident- und Kommunikationstechniken zeitnah zu dokumentieren. Damit kann eine effektive Steuerung der Bauprozesse und der zugehörigen Material- und Informationsflüsse erfolgen. Mit Hilfe von automatischen Identifikations-Technologien wurde die informationstechnische Lücke zwischen der physischen Welt und der digitalen Planung geschlossen. Daten, die zum Management von logistischen Prozessen notwendig sind, können durch die erarbeiteten Lösungen schneller und präziser erhoben werden und sind durch die automatisierte Erhebung weniger fehlerbehaftet. Die Herausforderung hierbei war, diese Aufgaben kontinuierlich, zuverlässig und auch unter widrigen Umgebungsbedingungen zu lösen.

Zum Inhalt des Buches

Das vorliegende Buch gibt einen Überblick über die Methoden und technischen Lösungen für die Umsetzung der Digitalen Baustelle und zeigt auf, welche Veränderungen organisatorischer und struktureller Art notwendig sind, um das Konzept der Digitalen Baustelle erfolgreich in der Bauindustrie zu etablieren. Die vorgestellten Ergebnisse sind das Resultat der dreijährigen Laufzeit des Forschungsverbundes ForBAU, in der Wissenschaft und Industrie Hand in Hand gearbeitet haben, um die Vision der Digitalen Baustelle Realität werden zu lassen.

Literatur

- CAD-IT (2010) CAD Geschichte. <http://www.cad.affari.to/i/170/CAD-Geschichte>. Zugriffen: 16. Aug. 2010
- Deutsches Baumaschinen Museum (2010) Die Geschichte der Baumaschinen. <http://www.erstes-deutsches-baumaschinenmuseum.de/html/geschichte.html>. Zugriffen: 28. Juli 2010
- Partsch S (1999) Wie die Häuser in den Himmel wuchsen. Die Geschichte des Bauens. Hanser, München
- Statistisches Bundesamt (2010) Strukturdaten Baugewerbe in Deutschland. 2000 und 2007 im Vergleich, Wiesbaden. <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Navigation/Statistiken/Baugewerbe/Strukturdaten/Strukturdaten.psml>. Zugriffen: 18. Aug. 2010
- Weisberg, DE (2008) The Engineering Design Revolution. The People, Companies and Computer Systems that changed forever the Practice of Engineering. Englewood, CO. <http://www.cadhistory.net/>. Zugriffen: 20. Aug. 2010

Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter
Ausführen

Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21.
Jahrhundert

Günthner, W.A.; Borrmann, A. (Hrsg.)

2011, XXVI, 351 S. 200 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-642-16485-9