

Tautschnig, Fröch, Gächter, Mösl (Hrsg.)

# Simulation von Planungs- und Bauprozessen THAT'S BIM!

Beiträge aus Theorie und Praxis

IPDC 2015  
Tagungsband  
International Planning  
Design and Construction 2015

freeBIM - Tirol

Nr. 29

13b

Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement  
Fakultät für Technische Wissenschaften  
Leopold-Franzens-Universität Innsbruck

## 2. Aktuelle Fragestellungen aus Sicht des Baubetriebs

von Hans Georg Jodl

### Abstract

Der Baubetrieb wird im Allgemeinen als Sammelbegriff für die zur Errichtung eines Bauwerkes erforderlichen Bauprozesse verstanden. Im Rahmen des Baubetriebes werden unterschiedlichste Bauverfahren zur Herstellung des Bauwerkes benötigt. Entsprechend vielfältig und anspruchsvoll gestaltet sich die gesamtheitliche Führung von Personal, Gerät und Material zum Zwecke der Projektrealisierung unter definierten Rahmenbedingungen. Sowohl die auftraggeberseitige Entwicklung und ausschreibungsreife Planung eines Bauprojektes als auch die auftragnehmerseitige Kalkulation und Abwicklung der Herstellungsprozesse stehen unter engen zeitlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Dieser seit jeher bestehende Druck erzwingt die laufende Weiter- und Neuentwicklung des Baubetriebs und der Bauverfahren unter den Gesichtspunkten der ständig zu verbessernden Effizienz der Prozesse um Zeit und Kosten zu minimieren. In Phasen angespannter Märkte im Allgemeinen wird der Baumarkt zunehmend international und damit der Wettbewerb zunehmend kompetitiv.

Die Ausgangslage für neue Entwicklungen ist damit definiert, jedoch steht dem eine traditionell konservative Grundeinstellung der Bauwirtschaft gegenüber. Die öffentlichen Auftraggeber sind nicht nur in ein enges juristisches Korsett gezwungen, dass weder Raum für Innovationen lässt noch die Übernahme von Risiken begünstigt, sondern haben mit konjunkturbedingt geringen Investitionsbudgets zu kämpfen. Die Planer sehen sich einem ruinösen und der Planungsqualität abträglichen Preiswettbewerb ausgesetzt. Die Auftragnehmer versuchen den engen Markt bei öffentlichen Großaufträgen mit teilweise ruinösen Preisen zu begegnen, die vielfach durch aggressives Claim Management abgemildert werden.

Insgesamt zeigt sich die Ausgangssituation nicht besonders einladend für Innovationen. Dennoch werden immer wieder herausragende Neuerungen entwickelt, die eine Verbesserung der Marktsituation durch Steigerung der Effizienz der Bauprozesse ergeben. Insbesondere die digitale Revolution, die eine unaufhaltsame mittel- und langfristig vollständige Digitalisierung aller Bauprozesse und Bauverfahren bringen wird, ist im vollen Gange. Da hierbei große Investitionen erforderlich sind, bleibt dieser Schritt vorerst im Wesentlichen auf große Unternehmen der Planungs- und Bauindustrie beschränkt. Dennoch ist Optimismus angesagt: die Zukunft der digitalen Bauprozesse hat erst begonnen.

## 2.1. Einleitung

Der Baubetrieb oder besser der Baustellenbetrieb, das Baubetriebswesen, die Baubetriebslehre, die Baubetriebswissenschaft sind synonyme Begriffe für den Bauprozess in der Ausführungsphase eines Bauwerks (siehe Abb. I.2.1.). Häufig wird für dieses Themenfeld die Abkürzung BBB verwendet, unter dem nicht genormte Fachbereiche wie Baubetrieb, Bauverfahren und Bauwirtschaft, Baubetrieb, Bauwirtschaft und Baumanagement oder Baubetrieb, Baumaschinen und Bauwirtschaft regional unterschiedlich verstanden werden. Der Baubetrieb insgesamt deckt die Nahtstelle zwischen den theoretischen Grundlagenfächern, den Ingenieurfächern des konstruktiven Ingenieurbaus und dem Herstellungsprozess des entstehenden Bauwerkes vor Ort ab. Der Bauprozess befasst sich mit allen Aspekten der Herstellung, vor allem der Vorbereitung, Ausführung und Begleitung der Bauarbeiten aus technischer, betriebswirtschaftlicher und arbeitswissenschaftlicher Sicht. Viele Aspekte der Architektur, des Rechtswesens und vor allem der Planung sind untrennbar mit dem Baubetrieb verbunden. Das Baubetriebswesen ist eine Querschnittsmaterie über fast alle Disziplinen des Bauwesens und hat als anwendungsbezogene Wissenschaft eine enge Bindung an die Baupraxis. Ohne die ständige Rückkopplung mit der Praxis, ohne die Umsetzung in die Realität, wäre Forschung im Bereich Baubetrieb nur in sehr engem Rahmen möglich.

Mit dem Begriff **Baubetrieb** wird einerseits das Unternehmen bezeichnet, welches die Bauleistung erbringt sowie dessen Aufbau und Ablauforganisation beschrieben. Andererseits wird unter Baubetrieb das Betreiben von Baustellen als Produktionsstätte verstanden, unter Einschluss der Planung, Vorbereitung und Gestaltung der Teilprozesse der Errichtung. Wesentliche Arbeitsinhalte sind die laufende Kontrolle, die Abrechnung, die Koordination der Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten sowie die laufende Prognose der technischen, terminlichen, wirtschaftlichen und personellen Entwicklung der Baumaßnahmen in Bezug auf deren ordnungsgemäßen Abschluss.

Mit dem Begriff **Bauverfahren** werden die Methoden und Verfahren bei der Herstellung von Bauwerken beschrieben. Die Auswahl der angewendeten Bauverfahren folgt in der Regel auf die projektspezifische Optimierung von Technik, Arbeitsmittel, Wirtschaftlichkeit, Qualität und Terminen. Die Bauverfahrenstechnik steht in enger Wechselwirkung mit den zum Einsatz kommenden Baustoffen und den spezifischen Anforderungen der Baukonstruktion. Prof. Bargstädt von der Bauhaus-Universität Weimar schlägt den Begriff „Bauproduktionstechnik“ vor, um nicht in Konflikt zur traditionellen Definition der Verfahrenstechnik zu stehen, unter der eine Stoffwandlungstechnik in stationären Anlagen verstanden wird. (Bargstädt, 2008)

## 2.2. Rahmenbedingungen

Der Baubetrieb unterliegt einem permanenten Wandel. Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sind angespannt, der realisierte Baubedarf ist überschaubar, der Markt wird von herein-

drängenden Mitbewerbern erweitert und die totale Digitalisierung stellt hohe Anforderungen an das Personal. Gleichzeitig wird das Personal in dieser schwierigen Situation zunehmend ausgedünnt und gleichzeitig mit immer mehr Aufgaben betraut. Die Bedeutung und Größe der Aufgaben hat jedoch nicht ab-, sondern zugenommen. Auch der Aufwand für die ordnungsgemäße Bewältigung der Aufgaben steigt mit zunehmender Tendenz. Da die Komplexität der Aufgaben und die damit verbundene Anzahl an Entscheidungsfällen ebenfalls steigen, nimmt der Anspruch an die Qualität der Sachbearbeitung zu. Dennoch sollen die verantwortungsvollen Führungsaufgaben in immer kürzerer Zeit erledigt werden.

Die Folge ist eine scheinbar unaufhaltsame Tendenz, dass für die Baudurchführung auf der Baustelle immer weniger Personal zur Verfügung steht, das immer mehr effizientere Handlungen setzen muss. Aufgrund der gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und der engen finanziellen Situation der Bauunternehmen, ist eine zunehmende Personalausdünnung im Führungsbereich bei den Baustellengemeinkosten die Folge. Sogar bei besonders anspruchsvollen Großbaustellen ist die Politik der Personalausdünnung zu sehen.

Im traditionellen Baubetrieb wurden noch vor wenigen Jahren die einzelnen Aufgabenbereiche auf eine sinnvolle Anzahl von Ingenieuren aufgeteilt. Die Tendenz läuft dem entgegen, da auf vielen Baustellen heute nur mehr der Bauleiter, gegebenenfalls ein Techniker und eine kaufmännische Betreuung vorhanden ist. Die Reduktion von sachkundigem Personal bei gleichzeitigem Anstieg der Aufgaben muss zu Überlastung und damit zu Qualitätsproblemen führen. Das Diktat der Kosten ist eine von oben verfügte Maßnahme, die von unten nicht aufgefangen werden kann und früher oder später in die Falle führen muss.

Eine fatale Folge dieser Entwicklung ist eine Verlagerung der Verantwortung für die Baudurchführung nach unten, das heißt eine zunehmende Auslagerung der Verantwortung vom eigenen Personal auf zugekaufte Dienstleistungen. Das dies auch eine Auslagerung der Verantwortung für die Qualität der Bauausführung bedingt, ist evident und nicht ohne negative Folgen. Spürbarer Abbau der eigenen Ressourcen zugunsten outsourceter Subleistungen ist im Allgemeinen mit einer kaum vermeidbaren Schwächung des eigenen Unternehmens verbunden. Diese problematische Tendenz war auch schon über einen längeren Zeitraum bei den großen öffentlichen Auftraggebern festzustellen, die im Rahmen der Einschränkung der öffentlichen Haushalte eigenes Personal im großen Stil wegrationalisierten.

Die Bauwirtschaft ist als relativ konservativer Bereich der Gesamtwirtschaft bekannt, obwohl der Anteil der Branche am BIP und an der Beschäftigtenzahl erheblich ist. Statistik Austria weist für das Jahr 2014 in der Konjunkturstatistik für den produzierenden Bereich, den nach ÖNACE 2008 sogenannten Sekundären Sektor - Bergbau, Sachgüterproduktion, Energie- und Wasserversorgung, Bauwesen - eine Größenordnung von 234.593,4 Mio. € aus, wovon auf das Bauwesen 30.601,1 Mio. € entfallen. Der Beitrag dieses Wirtschaftssektors stellt somit in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung gemessen am Bruttoinlandsprodukt nach Wirtschaftssektoren BIP 2014 mit 329.296 Mio. € einen wertschöpfenden Anteil in der Größenordnung

von etwa 9,3 % dar. Diese Zahlen harmonieren gut mit der Beschäftigungsstatistik. Im Jahresdurchschnitt 2014 gab es lt. Mikrozensus in Österreich gesamt 4.357.700 Erwerbstätige, davon in den Branchen Bau und Bergbau 358.600 Erwerbstätige, das entspricht einem Anteil von etwa 8,85 % der gesamten erwerbstätigen Bevölkerung. (Statistik Austria, 2014)

### 2.3. Ausgewählte Entwicklungen im Baubetrieb

Die vergangenen zwei Jahrzehnte können als stille Revolution im Baubetrieb angesehen werden. Lautstarke revolutionäre Veränderungen entsprechen nicht dem Stil dieser Branche. Im Baubetrieb hat die zunehmende Digitalisierung Einzug gehalten. Die Möglichkeiten, das Controlling auf den Baustellen und in den Unternehmen zu vereinheitlichen und zu beschleunigen, brachte zweifellos eine höhere Transparenz in die Ergebnisse. Viefen Führungskräften ist es heute möglich, mit einem vertretbaren Aufwand ausgewählte Ergebnisse und vor allem auch die Prognosen der technischen und wirtschaftlichen Entwicklung rasch und tagesaktuell aufzubereiten. Allerdings ist dies nur bei entsprechender Baustellenbesetzung möglich, die neben den laufenden Verpflichtungen auch Zeit für strategische Überlegungen erlaubt.

Auftraggeber und Auftragnehmer der Bauwirtschaft sind nicht für ihren übertriebenen Lerneifer bekannt. Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die zielorientierte erfolgreiche Abwicklung von Baustellen hat die viel zu kurze Anlernzeit von jungen Nachwuchskräften, die frisch von den Ausbildungsstätten kommen. Ich selbst hatte noch das Glück, zu meinem und zum Vorteil der Firma, innerhalb des Unternehmens im Rahmen von gezielter Jobrotation und dem Durchlaufen mehrerer Baustellen in untergeordneten Funktionen ohne wesentliche Verantwortung ausreichend lernen zu können. Diese sogenannte Lernzeit ermöglicht die Konfrontation mit gemachten eigenen und fremden Fehlern und gehört meiner Meinung nach zu den wesentlichen Verpflichtungen im Rahmen der unternehmensinternen Aus- und Weiterbildungsprogramme. Diese noch nicht produktiven Anfangskosten sind keinesfalls als verlorene Kosten zu sehen, sie sind im Gegenteil eine Investition in die Zukunft. Ich erkläre meinen Studierenden den Begriff Erfahrung mit den Worten: *Erfahrung ist das Privileg Fehler machen zu dürfen, aber auch Fehler machen zu müssen.* Diese Erfahrung sollte nicht unter dem Druck großer Verantwortung und einsamer Entscheidungen erworben werden. Erfahrungen und Fehler können nur am eigenen Leib praktisch erlebt werden, theoretische Bücherweisheit und auch die beste Hochschulbildung helfen da nicht weiter. Vor der Übernahme von wirtschaftlicher Verantwortung sollten junge Ingenieurführungskräfte je nach Ausbildung innerhalb eines Zeitraumes von etwa 3 bis 5 Jahren zu echter Bauleitungsverantwortung herangeführt werden.

Das Prinzip Erfahrung hatte in vielen alten Kulturen einen hohen Stellenwert. Junge Häuptlinge, die vor Kraft strotzten und sich mit einer Liane am Fuß mutig von einem Turm stürzten, hörten vor wichtigen Entscheidungen den Rat der alten, pensionierten also erfahrenen Häuptlinge an. Die Entscheidung vieler Firmen am jungen Personal durch rasche Übernahme von Verantwortung zu sparen, ist und bleibt einfach falsch. Das Kostenargument zieht in diesem



Falle nicht, es geht von kurzfristiger Einsparung in langfristige Mehrkosten über. Auf moderne Kostenrechnung übertragen, entspricht eine kurzsichtige Personalpolitik sicher nicht der nachhaltigen Lebenskostenzyklusrechnung. Die besondere Bedeutung des Erwerbs einer ausreichenden Erfahrung für Ingenieurführungskräfte muss auch vor dem Hintergrund gesehen werden, dass der technologische Wandel in Zukunft immer schneller und damit die Anforderungen an die Ingenieure höher werden (Girmscheid, 2007).

Die Baubranche, insbesondere im öffentlichen Bereich hat in den letzten Jahren bedingt durch die Konzentration auf rechtliche und wirtschaftliche Aspekte eine zunehmende Erstarrung und Entfremdung der menschlichen Beziehungen zwischen den Projektpartnern erfahren. Alle Beteiligten vereint der Wunsch, die für den Projekterfolg so wichtigen technischen Aspekte wieder in den Vordergrund zu rücken und die trennenden Schranken zu überwinden, hin zu einem im Sinne des Wortes partnerschaftlichen gegenseitigen Umgang, der das Miteinander zum Wohle des Projekterfolges vor das Trennende stellt. Um wieder den Menschen in den Mittelpunkt der Projektverwirklichung zu stellen, wurde das Konzept der **Kooperativen Projektabwicklung** als von allen getragene gemeinsame Initiative ins Leben gerufen. Unter dem organisatorischen Dach der Österreichischen Bautechnik Vereinigung wurde ein Merkblatt mit dem Ziel erarbeitet, gegenseitiges Verständnis und Respekt der Projektbeteiligten zu fördern. Mensch, Technik und Wirtschaft sollen im Rahmen einer verbesserten Zusammenarbeit einen optimalen Projekterfolg zum Wohle der Allgemeinheit erzielen. Diese Initiative wird mit wachsendem Erfolg in der Praxis umgesetzt. (öbv, 2013, [www.bautechnik.pro](http://www.bautechnik.pro))

Großen Einfluss auf die Weiterentwicklung des Baustellenbetriebes haben moderne Projektmanagement-Methoden. Zum Beispiel wird die wachsende Orientierung am Lebenszyklus eines Bauwerks die Anforderungen an die Errichtungsqualität und den Umgang mit hochwertigen Baustoffen erhöhen. In Planung und Ausführung werden stärker die Kompetenzen nach der prognostischen Modellierung von Bauprozessen und der Projektabwicklung den Handlungsspielraum der Baustellenverantwortlichen auf allen Seiten einengen. Die Entscheidungsfindung muss von der gebräuchlichen Methode „Versuch und Irrtum“ auf präzise Grundlagen gestellt werden und eine lückenlose Prozessdokumentation erstellt werden. Der vertraute Begriff „Projektmanagement“ wird um den noch wenig bekannten Begriff **SmartPM** ergänzt werden. Das SmartPM stellt eine Erweiterung des klassischen PM durch eine vollständige digitale Vernetzung aller relevanten Informationen aus den Projektphasen Entwicklung, Errichtung und Betrieb dar. Damit wird die Nachvollziehbarkeit aller Entscheidungen sichergestellt. (Goger, 2015, S. 6-7)

Wesentliche Fragestellungen werden in der Zukunft die Bauprozesse beeinflussen und damit den Baubetrieb insgesamt verändern. Zum einen wird dies jedenfalls die vollständige und irreversible Durchdringung der Digitalisierung sein. Die Informations- und Kommunikationstechnologie wird nicht nur die Menschen, sondern vor allem die Bauprozesse radikal verändern, indem sie neue aktive und passive Beeinflussung der Handlungen, deren Vorbereitung und Abwicklung erzwingen. Eine aus heutiger Sicht noch radikalere Veränderung des Baubetriebs

wird durch die Digitalisierung in den gewohnten Biotopen der tradierten und staatlich beeinflussten Bereiche der Bauwirtschaft im Leistungszyklus von Ausschreibung-Vergabe-Abrechnung eindringen. Die klassischen Vertragsverhältnisse werden sich im Zuge der Ausbreitung des Building Information Modeling BIM in Planung, Ausführung und Betrieb möglicherweise radikal verändern.

Das schon seit einiger Zeit auch in Österreich langsam an Bedeutung gewinnende **Building Information Modeling (BIM)** wird meist mit Gebäudedatenmodellierung übersetzt und beschreibt einen Prozess, der die (revolutionäre?) Optimierung der Bauplanung vorsieht. Der Planungsprozess wird in den Herstellungsprozess des Bauwerks übergeführt und danach in den Bewirtschaftungsprozess des Gebäudes übergeben. Dabei werden alle relevanten Gebäudedaten digital erfasst, kombiniert und vernetzt. Das Gebäude kann als virtuelles Gebäudemodell entsprechend der Datenlage und Datendichte auch geometrisch visualisiert werden. Die Bandbreite der Anwendung erscheint aus heutiger Sicht nahezu unbegrenzt und eröffnet bei sachkundiger Anwendung eine neuartige durchgehende Planungs-, Errichtungs- und Betriebskultur in Architektur, Bauwesen, Technische Gebäudeausrüstung, Facilitymanagement. Insbesondere die der Errichtung nachfolgende Nutzungsphase profitiert von der Einbindung der Aspekte Nachhaltigkeit und Lebenszykluskosten.

Die Umsetzung von BIM in die reale Baustellenpraxis wird erwartungsgemäß schwieriger werden. Welche Auswirkungen bzw. Anwendungen hat BIM konkret in der Bauausführung, also in der täglichen Baustellenpraxis des fortlaufenden Baubetriebs? Die Anwendung von BIM in größeren Planungsbüros für die Phasen der Projektentwicklung und der Projektplanung hat sich schon einigermaßen durchgesetzt, da hier die Investitionen für die erforderliche Hard- und Software sowie Schulung die Vorteile der Planungseffizienz hereinspielen. Für die Baustellenanwendung muss das virtuelle Modell der Praxis der Bauausführung entsprechen, das bedeutet eine genaue Modellierung der einzelnen Herstellungsabschnitte einschließlich geometrischer Problemstellen und Anschlussdetails. Da das Modell im Baubetrieb vor allem in der Polierebene wirksam sein muss, ist naturgemäß hier die Skepsis gegenüber einem „virtuellen“ Baustellenmanagement groß. Es muss daher einfach zu handhaben sein und stabile Funktionen garantieren. Die Hauptvorteile für den praktischen Baubetrieb liegen im eindeutigen und vollständigen Informationsangebot, in der vorlaufenden digitalen Abbildung der zu bauenden Realität, der planerischen Konsistenz und der widerspruchsfreien Baudokumentation. Voraussetzung ist eine laufende Aktualisierung der Planungsstände zu den Bauzuständen, die durch einen sogenannten BIM-Manager zu gewährleisten ist. (Gasteiger, 2015, S. 46-52)

Vorteil für Auftraggeber und Auftragnehmer gleichermaßen ist die tagesaktuelle Baudokumentation. Massen-, Kosten- und Terminverfolgung werden vereinfacht und damit auch eventuelle Schadensfälle leichter nachvollziehbar. Somit steht einer wachsenden Implementierung des BIM im praktischen Baubetrieb nur mehr die auf beiden Seiten der Baupartner vorhandene Grundskepsis gegenüber revolutionären Neuerungen im Wege. Erstmals wird der digitalisierte Planungsprozess standardisiert und in einer ÖNORMEN-Reihe für künftige BIM-gestützte Ar-

beitsprozesse festgelegt (Oberwinter, 2015, S.10). Die ÖNORM A 6241-1:2015-07-01 „Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 1: CAD-Datenstrukturen und Building Information Modeling (BIM) - Level 2“ regelt die technische Umsetzung des Datenaustausches und der Datenhaltung von Gebäudeinformationen, die im Zuge des lebenszyklischen Managements von Immobilien erforderlich sind. Die ÖNORM A 6241-2:2015-07-01 „Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) - Level 3-iBIM“ regelt die technische Umsetzung eines einheitlichen, strukturierten 3plus dimensional Datenmodells, basierend auf Building Information Modeling (BIM). Beide ÖNORMEN sind für die Anwendung im Hochbau und verwandte, raumbildende Konstruktionen des Tiefbaues vorgesehen.

Besonders interessante Anwendungen ergeben sich mit dieser Entwicklung auf den am **Lebenszyklus** orientierten Planungsprozess. Im Rahmen einer lebenszyklusorientierten Bauwerksplanung spielt die spätere Nutzungsphase von Anfang an eine wesentliche Rolle in der Planung des Bauherrn (Abb. I.2.1.). Der Ressourcenverbrauch in der Nutzung wird bereits in der Errichtungsphase gezielt optimiert bzw. minimiert. Eine sorgfältige prognostische Berechnung der Daten für die Nutzungsphase ist nur in Verbindung mit den Daten aus der Planungs- und Errichtungsphase möglich. Diese Koordination der Bauwerksdaten ermöglicht eine Berechnung der Lebenszykluskosten über die gesamte Nutzungsdauer auf der Basis stabiler Daten. (IG-Lebenszyklus Hochbau, 2013, S. 7-12)

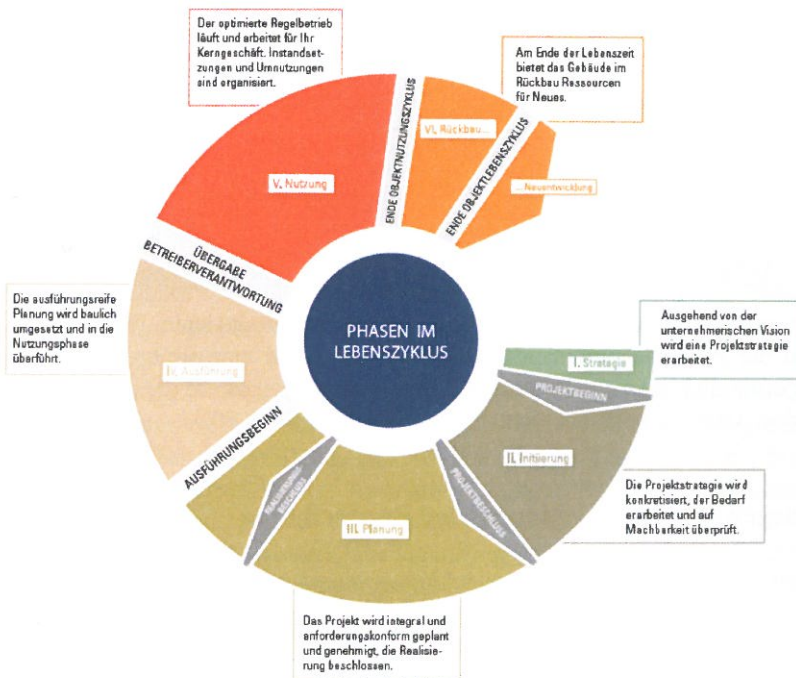


Abb. I.2.1.: Phasen des Lebenszyklus (Quelle: IG Lebenszyklus Hochbau, S. 10)



Der auf der Hannover Messe 2011 erstmals bekanntgewordene und von der deutschen Bundesregierung geförderte Trend **Industrie 4.0** gewinnt auch in der österreichischen Produktionsgüterindustrie an Bedeutung. Die erste industrielle Revolution entwickelte sich Ende des 18. Jahrhunderts mit der Mechanisierung der Güterproduktion mit Wasser- und Dampfkraft. Die zweite industrielle Revolution ermöglichte Anfang des 20. Jahrhunderts die Massenfertigung mit Hilfe von Fließbändern und elektrischer Energie. Der legendäre Visionär und Autofabrikant Henry Ford mit seinem Ford Modell T gilt hierfür als Synonym. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts entstand die dritte industrielle Revolution, die mit dem Einsatz von Elektronik und Informationstechnologie zur Digitalisierung und Automatisierung der Produktion führte.

## Industrie 4.0

### Die vierte industrielle Revolution

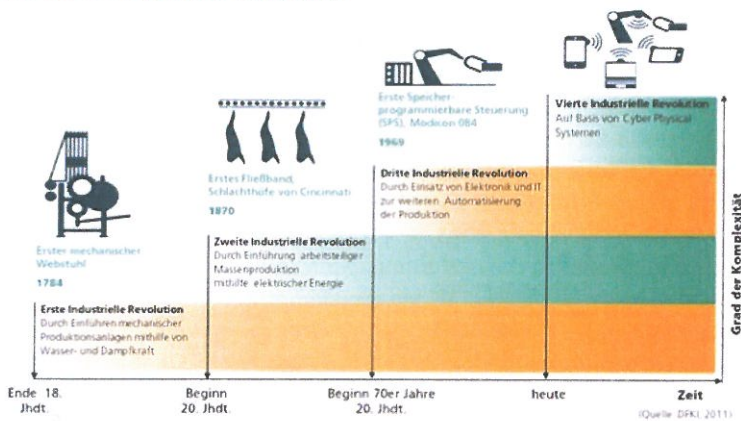


Abb. I.2.2.: Die Entwicklung industrieller Revolutionen (Fraunhofer)

Die bereits vielfach in Umsetzung befindliche vierte industrielle Revolution soll das 21. Jahrhundert prägen und mit Hilfe intelligenter Fabriken intelligente Produkte mit dem Ziel der Individualisierung der Endprodukte bis hin zu Losgröße 1 produzieren. Dazu müssen die Maschinen und die Produkte miteinander kommunizieren und eine weitgehend automatisierte Herstellung ermöglichen (Abb. 2). Dies soll als Antwort Europas auf die extrem schnell wachsenden Märkte Asiens verstanden werden. (Herbst, 2014, S. 28-30)

## 2.4. Ausgewählte Entwicklungen bei Bauverfahren

Bauverfahren werden nicht so rasant entwickelt wie Neuerungen in der schnelllebigen IT Branche. Vollkommen neue Bauverfahren kommen im Abstand von Jahrzehnten auf den Markt. Tunnelvortriebssysteme, Methoden der Baugrunderkundung, Spezialtiefbauverfahren, Grabenloser Leitungsbau, Schalungssysteme und andere Bereiche werden in der Regel im Zuge vermehrter Anwendung, wirtschaftlicher Kostenrechnung sowie steigender Umwelt- und Si-

cherheitsanforderungen in Verbindung mit Meß- und Steuerungstechnik kontinuierlich weiterentwickelt. Auch hier spielt die zunehmende Digitalisierung und Datenvernetzung eine tragende Rolle.

Die bis dato kaum gegebene Industrialisierung der Bauprozesse wird von einer wesentlich stärkeren Digitalisierung und Automatisierung der Bauverfahren beeinflusst werden. Der Einsatz von Robotern erscheint heute noch als Science Fiction, dennoch wird dies in naher Zukunft zunehmen. Die Automatisierung hat schon in vielen Bereichen Einzug gehalten und wird besonders im maschinellen Tunnelbau und im großvolumigen Erdbau mit Erfolg eingesetzt. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf eine verbesserte Logistik, wodurch auch kleinere Baustellen mittelfristig profitieren werden.

Ein gutes Beispiel dafür ist Überbegriff des sogenannten **Mobile Mapping**. Darunter wird ein Baustellen-Management-System verstanden, das unabhängig vom Standort der Datenquelle zwischen Vermesser, Polieren, Bauleiter, Baubüro, Maschinen und Geräten, eine digitale Verbindung in Echtzeit auf beliebige Hardware bereitstellt. Die enorme Datenmenge die in Echtzeit generiert und abgerufen werden kann, wird von einem Cloud-Server bereitgestellt. Durch entsprechende Zugangshierarchien und Sicherheitssysteme können die Daten nur durch befugte Benutzer verwendet werden. Die Hardware kann mit allen aktuellen Geräten - Handy, Tablet, Notebook, PC, Server, Theodolit, etc. – mobil und standortunabhängig genutzt werden.



Abb. I.2.3.: Systemskizze Mobile Mapping (Quelle: Frantzen, C. 2015, S. 80)

Im praktischen Einsatz z.B. im großvolumigen Erdbau wird in Verbindung mit GPS-Ortung und 3D Maschinensteuerung jede Aktivität hinsichtlich Position, Menge, Topografie als Ist-Zustand erfasst und abrufbar zur Verfügung gestellt (Abb. I.2.3.). Damit kann der Stand der Aktivitäten jederzeit erfasst, überprüft und Anordnungen gegeben werden. Die Kommunikation der handelnden Personen in Echtzeit wird mit hochwertiger IT sichergestellt. Eine weitere Verbesserung des Cloud-basierten Baustellenmanagements lässt sich durch die gleichwertige und vollständige Einbindung aller Subunternehmer und Lieferanten erzielen, was jedoch aus heutiger Sicht noch einiger Anstrengungen bedarf. (Frantzen, 2015, S. 80-83)

Generell wird die Qualitätssicherung bei allen Bauverfahren intensiv weiterentwickelt. Von besonderem Interesse ist hierbei naturgemäß die Qualitätssicherung von Spezialtiefbauverfahren

ren wie der Schlitzwand. Die nicht sichtbare Herstellung von allen Arten von abschnittsweise hergestellten Wandelementen erfordert eine besonders sorgfältige Errichtung und Überprüfung durchgehender Dichtheit gegen Grundwasser. Das Bauverfahren Schlitzwand wurde erstmals 1948 von Christian Veder eingesetzt und seither kontinuierlich weiterentwickelt. Bei der Schlitzwandherstellung im Greiferverfahren gilt das besondere Augenmerk der Qualitätskontrolle der Schlitzwandfuge, deren einwandfreie Herstellung mit zunehmender Tiefe schwieriger wird. Bei einem neuen Prüfverfahren wird der sogenannte **Schlitzwandinspektor** als mechanische Abtasteinrichtung am Greifer montiert, der in einer Arbeitspause die Ebenheit der Fuge mit mehreren Fühlern beim Hochziehen abtastet und derart ein Ebenheitsprofil aufnimmt. (Schneider, 2015, S. 30-36)

Im Tunnelbau geht die Entwicklung zu einer automatisierten Ortsbrustaufnahme beim kontinuierlichen maschinellen Vortrieb. Das Problem der nur schwer zugänglichen Ortsbrust durch enge Öffnungen im Bohrkopf wird durch die an der Montanuniversität Leoben, Institut für Subsurface Engineering entwickelte Methode des **Imagistichings** gelöst. Während der Rotation des Bohrkopfes in der Wartungsschicht, werden Videoaufnahmen durch Mannlöcher oder Räumeroöffnungen erstellt, die aneinandergereiht eine geschlossene ringförmige Darstellung der Ortsbrust ergeben. Ungenauigkeiten werden durch Anwendung photogrammetrischer Methoden verringert. Eine weitere vielversprechende Entwicklung ist die Schneidkraftermittlung an Disken. Mit diesem sogenannten **Disc-Cutter-Load-Monitoring (DCLM)** System soll eine relativ genaue Prognose des Werkzeugverschleißes und der Penetration der Tunnelbohrmaschine im Festgestein ermöglicht werden. Umfangreiche Versuche mit spezieller Berücksichtigung der praktischen Funktionstüchtigkeit unter extrem rauen Umgebungsbedingungen sollen das Diskenkraft-Monitoring System zur Grundlage für ein neues praxisgerechtes Leistungsprognosemodell für TBM heranführen. (Schuller, 2015, S. 200-210)

Das Bestreben nach möglichst universellen Einsatzbedingungen führt die Hersteller von Tunnelbohrmaschinen zur Weiterentwicklung und Flexibilisierung der TBM. Die Firma Herrenknecht hat ihre bereits bewährte Dual-Mode-TBM, die einen Umbau von erddruckgestützten Modus auf flüssigkeitsgestützten Modus in speziellen geologischen Situationen ermöglicht, mit der neuen Technologie der **Variable-Density-TBM** weiterentwickelt. Die Vorteile beider bewährten Verfahren werden in einer Maschine kombiniert. Die TBM kann im Tunnel zwischen 4 verschiedenen Vortriebsmodi umgestellt werden. Dadurch wird eine flexible Anpassung auf geologische und hydrogeologische Veränderungen im Verlauf der Trasse möglich. (Herrenknecht, 2015, [www.herrenknecht.com](http://www.herrenknecht.com))

Eine interessante Entwicklung wird auf dem Gebiet der Bewirtschaftung des Tunnelausbruchmaterials vorangetrieben. Der zugrunde liegende Gedanke ist die Nutzung der bei den Bauprozessen des Vortriebs unter Tage anfallenden Daten, die mit Hilfe einer geeigneten webbasierten Software auf ein interaktives Internetportal namens **MineralBay** gestellt und für interessierte Nutzer zugänglich gemacht wird. Dadurch soll eine Plattform für eine nachfrageorientierte Materialbewirtschaftung entstehen, deren Aktualität durch Echtzeit-Materialanalysen

online direkt auf der Tunnelbohrmaschine sichergestellt wird. Mit Hilfe der durchgehenden digitalen Dokumentation kann der jeweilige Eigentümer des Ausbruchsmaterials eine optimale Vermarktung anstreben. (Erben, 2015, S. 321-332)

## **2.5. Schlussfolgerung, Zusammenfassung**

Die Entwicklungen in Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik gehen relativ langsam, aber kontinuierlich voran. Wesentlicher Aspekt jeder Neuerung ist die Tauglichkeit in der Praxis. Jedes neue Verfahren und jede neue Methode wird am realen Einsatz vor Ort auf der Baustelle gemessen. Erst wenn die gewerbliche Mannschaft vor Ort unter Führung ihrer erfahrenen Poliere eine Neuentwicklung auf Robustheit, einfache Bedienbarkeit und Stabilität in der Anwendung getestet hat, wird ein neues Verfahren Erfolg haben. Dieser Elchtest auf der Baustelle ist nahezu unabhängig von wirtschaftlichen Erwartungen, da diese sich jedenfalls erst nach entsprechender Tauglichkeit einstellen können. Neue Entwicklungen im Baubetrieb und in den Bauverfahren sind selten das Produkt einer geistig schöpferischen Einzelleistung. Im Regelfalle sind praktikable Neuerungen mit wirtschaftlichem Potenzial das Ergebnis gemeinsamer Suche nach Vereinfachung und rascher Abwicklung der oft unter widrigen Bedingungen ablaufenden Bauprozesse. Die Umstellung vieler Prozesse von papierdominierten Plandarstellungen auf papierreduzierte digitale Darstellungen auf unterschiedlicher Hardware mit projektfassenden Echtzeitdaten ist auf den meisten Baustellen noch nicht angekommen. Es stellt sich die Frage, welche langfristigen Auswirkungen die digitale Revolution mit ihren modernen Entwicklungen auf das Bauwesen insgesamt, die Bauproduktion und damit auf den Baubetrieb im weitesten Sinne haben werden. Kann die Bauindustrie automatisierte Produktionsprozesse im großen Stil anwenden? Wird auch das meist kleinteilige Baugewerbe in Österreich mit unzähligen KMU's diese Entwicklungen mittelfristig mitmachen können? Aus heutiger Sicht werden diese Fragen vorsichtig eingeschränkt mit ja zu beantworten sein.



## Literatur

- Austrian Standards. (2015) Produkte & Leistungen. <https://shop.austrian-standards.at/search/>.
- Bargstädt, H.-J. & Steinmetzger, R. (2008) Grundlagen des Baubetriebswesens, Skriptum zur Vorlesung. In: Schriftenreihe der Professur Baubetrieb und Bauverfahren Nr. 18 (2008), S. 9-10.
- Erben, H. & Galler, R. & Grechenig, T. (2015) MineralBay – das Portal für mineralische Rohstoffe und Projekte aus dem Untertagebau. In: Geomechanics and Tunnelling 8 (2015), No. 4, S. 321-332.
- Frantzen, C. (2015) Cloud-basiertes Baustellen-Management. In: THIS 1/2015, S. 80-83.
- Fraunhofer Austria. (2015) [http://www.fraunhofer.at/de/pl/leistungsspektrum/industrie\\_4\\_0.html](http://www.fraunhofer.at/de/pl/leistungsspektrum/industrie_4_0.html).
- Gasteiger, A. & Tautschnig, A. (2015) BIM in der Bauausführung. In: bauaktuell, 6. Jahrgang, März 2015, Nr. 2, S. 46-52.
- Girmscheid, G. (2007) Der Ingenieur im 21. Jahrhundert – Problemlöser zur Sicherung unserer Zukunft. Sonderdruck aus Bauingenieur, Ausgabe 11/2007.
- Goger, G. (2015) Arbeitskreis „Die Zukunft der Bauprozesse“ der Fachgruppe Bauwesen im ÖIAV. In: ÖIAN 2/2015, S. 6-7.
- Herbst, P. (2014) Von klugen Fabriken und schlaun Produkten. In: die Wirtschaft, Nr. 7-8| Juli-August 2014, S. 28-30.
- Herrenknecht. (2015) <https://www.herrenknecht.com/de/innovation/forschung-entwicklung/maschinentechnik-und-komponenten/multi-mode-tbm.html>.
- IG Lebenszyklus Hochbau. (2013) Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau – Leitfaden für öffentliche und private Bauherrn. Broschüre im Eigenverlag [www.ig-lebenszyklus.at](http://www.ig-lebenszyklus.at), Wien, S. 6-16.
- Oberwinter, L. (2015) Die neue BIM-Norm. In: Kammer/intern, derPlan Nr.34, Juli 2015, S. 10.
- öbv. (2013) Merkblatt Kooperative Projektabwicklung – Empfehlungen zur erfolgreichen Umsetzung komplexer Bauvorhaben. Eigenverlag, Mai 2013, 21 Seiten.
- Schneider, N. (2015) Qualitätssicherung von Schlitzwänden und Schlitzwandfugen. In: Bau-Portal 5/2015, S. 30-36.



Schuller, E. & Galler, R. & Barwart, S. & Wenighofer, R. (2015) Die gläserne Ortsbrust - Entwicklungsarbeiten zur Lösung von Fragestellungen rund um maschinelle Vortrieb im Festgestein. In: Geomechanics and Tunneling 8 (2015), No. 3, S. 200-210.

Statistik Austria. (2015) Bruttoinlandsprodukt nach Wirtschaftssektoren, laufende Preise, 2014.

Statistik Austria. (2015) Hauptergebnisse der Konjunkturstatistik im Produzierenden Bereich 2012 - 2014 (Primärerhebung).

Statistik Austria. (2015) [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/volkswirtschaftliche\\_gesamtrechnungen/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/volkswirtschaftliche_gesamtrechnungen/index.html) (Bruttoinlandsprodukt und Hauptaggregate (ESVG 2010)) für 2014.

Statistik Austria. (2015) Mikrozensus-Arbeitskräfteerhebung 2014, [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/menschen\\_und\\_gesellschaft/arbeitsmarkt/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/arbeitsmarkt/index.html).

Autor:

*Technische Universität Wien  
Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement  
O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl  
Karlsplatz 13/234-1  
1040 Wien  
E-Mail: [hans.jodl@tuwien.ac.at](mailto:hans.jodl@tuwien.ac.at)*