

# Bauen 4.0 und die Folgen für die Arbeit in Bauunternehmen

In der Bauwirtschaft ist der Zusatz „4.0“ zur Kennzeichnung einer neuen, durch Digitalisierung, Sensorik und Robotik geprägten Stufe industrieller Entwicklung in spezifischer Weise übernommen worden, nämlich unter dem Titel „Planen, Bauen und Betreiben 4.0“. Mit den neuen Technologien sollen die Phasen im Lebenszyklus eines Bauwerks: Planung, Herstellung und Betrieb sowie der Rückbau künftig auf ein und derselben Informationsgrundlage bearbeitet werden: dem digitalen Gebäudemodell. Der Prozess, in dem ein digitales Gebäudemodell entsteht und Grundlage der Herstellung und Behandlung des physischen Gebäudes ist, wird in der Branche als Building Information Modeling (BIM) bezeichnet. Welche empirisch feststellbaren Folgen hat BIM für die Arbeit in Bauunternehmen? <sup>1</sup>

GERHARD SYBEN

## 1 BIM oder Bauen, wie es sein soll

In der deutschen Bauwirtschaft gilt Building Information Modeling (BIM) als Methode der Zukunft für Planung und Abwicklung von Bauvorhaben. BIM steht daher im Zentrum der Digitalisierungsdebatte der Branche. Zwar gibt es am Bau keineswegs nur diese Anwendung neuer Technologien. In Gebrauch sind etwa GPS zur Positionierung und Steuerung von Maschinen im Straßen- und Tiefbau (kombiniert mit Sensoren zur Erfassung von Leistungsdaten) oder Radio Frequency Identification (RFID) zur Personaldatenerfassung und Baustellensicherung. Mobile Endgeräte digitaler Informations- und Kommunikationstechnologie werden in Büros und auf Baustellen genutzt wie überall sonst auch. Die Bauplanung verwendet Computer Aided Design (CAD), seit es diese Technologie gibt. Wenn jedoch von Bauen 4.0 die Rede ist, dann sind die Möglichkeiten gemeint, die sich durch das Building Information Modeling für Planung und Herstellung von Bauwerken ergeben.

Das mag an der Erwartung liegen, dass mit BIM jetzt (endlich) so gebaut werden kann, wie immer schon hätte gebaut werden sollen: mit Qualität, mit transparenten Angeboten, ohne Planungsfehler und ohne Kollisionen im Bauablauf, mit verlässlich ermittelten und eingehaltenen Kosten und Terminen, unter Beherrschung von Baurisiken, und das alles mit hoher Produktivität und mit einer Integration von Planung und Erstellung eines Bauwerks in

eine Lebenszyklusbetrachtung. Außerdem werden durch BIM Möglichkeiten einer weiteren Automatisierung der Vorfertigung und der Verbindung mit 3D-Druckverfahren gesehen (vgl. Przybylo 2015; Hausknecht/Liebich 2016; Schreyer 2016).

In der Literatur zu BIM werden allerdings bislang allein Ziele und hypothetische Effekte dargestellt, die Bauunternehmen zur Nutzung von BIM motivieren oder anleiten sollen. Die tatsächlichen Abläufe bei der Einführung und Anwendung von BIM und die Folgen für die Arbeit in den Unternehmen werden dagegen bisher ausgespart. Zwar enthält der Bericht über das Forschungsvorhaben, das der Erstellung des BIM-Leitfadens des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur vorausging (BBSR 2013), allgemeine Hinweise darauf, dass die Einführung von BIM Folgen für die Arbeit in den Unternehmen haben werde. Erwartet werden neue Arbeitsrollen, Veränderungen der Koordination der Gewerke und eine Intensivierung von Kommunikation und Kooperation. Auch neue Anforderungen an die berufliche Kompetenz, ein erheblicher Weiterqualifizierungsbedarf sowie Konsequenzen für die Ausbildung werden angenommen. Konkrete Informationen dazu finden sich jedoch weder dort noch bisher an anderen Stellen in der Literatur. <sup>2</sup> Empirisch fundierte Beschreibungen und Analysen der Veränderungen der

<sup>1</sup> Ich danke den unbekanntenen Gutachtern für Anmerkungen zu einer ersten Fassung, die mir sehr geholfen haben, diesen Beitrag zu verbessern.

Arbeit durch die Anwendung von BIM fehlen. Während zu Bauen 4.0 inzwischen eine recht umfangreiche Literatur vorliegt, ist Arbeit 4.0 in der Bauwirtschaft bisher ein blinder Fleck (vgl. auch Ittermann/Niehaus 2015, S. 38).

Diese Lücke soll in zwei Schritten geschlossen werden. Zunächst wurden auf der Basis von Experteninterviews erste Erkenntnisse über Folgen von BIM für Arbeit und Beschäftigung, personalwirtschaftliche Strategien bei der Einführung von BIM und Bedarf an neuen Kompetenzen ermittelt. Diese explorative Studie liegt vor (Syben 2016), über ihre Ergebnisse wird hier berichtet.<sup>3</sup> In einem zweiten Schritt sollen die betroffenen Beschäftigten der operativen Ebene in Bauunternehmen, also vor allem in Angebotsbearbeitung, Arbeitsvorbereitung und Bauleitung, einbezogen werden. Ermittelt werden sollen Arbeitstätigkeiten und Kompetenzanforderungen, Arbeitsabläufe und Organisationsformen, Arbeitsteilung und Kooperation sowie Auswirkungen auf Arbeitszeit und Belastung. Dieser Schritt befindet sich in Vorbereitung. Die Arbeit mit BIM in Architektur- und Planungsbüros und die Konsequenzen von BIM sowohl für die Büros als auch für die Kooperation zwischen Architekturbüros und Bauunternehmen müssen einstweilen ausgeklammert bleiben, ihre Untersuchung soll später folgen.

## 2 BIM – Technologie und Methode

Die Folgen technologischer Veränderungen für die Arbeit in der Bauwirtschaft sind bisher weder umfassend noch kontinuierlich untersucht worden. Ältere Arbeiten konzentrierten sich auf die Bauproduktion und den Einsatz mechanischer Technologien des Materialtransports sowie neuer Organisationsformen (Richter 1981; Syben 1987, 1992; Syben 1999 m. w. N.). Neuere Arbeiten waren thematisch anders ausgerichtet und bezogen sich nur indirekt auf den Arbeitsprozess (Syben et al. 2005; Syben 2010; Syben et al. 2013). Die Tätigkeit kaufmännischer und technischer Fach- und Führungskräfte, die früher und tiefer von der Digitalisierung erfasst wurde als die Arbeit in der Produktion, wurde nur in wenigen Untersuchungen betrachtet (Ekardt et al. 1992; Reus 1992; Syben/Stroink 1995; Syben 2014). Der Einsatz digitaler Technologien in der Bauplanung war bisher nicht ausdrücklich Gegenstand der arbeitssoziologischen Forschung.

In der Planungsphase eines Bauwerks wurden traditionell geometrische und alphanumerische Informationen getrennt voneinander gespeichert: die geometrischen Informationen in Plänen, die Informationen über die Qualitäten eines Bauteils (Mengen, Materialeigenschaften) in Texten oder Listen. Die Verknüpfung beider war eine Leistung des menschlichen Arbeitsvermögens. Aus einem Plan produktionsrelevante Informationen über

den Ablauf eines Bauprozesses, über Fertigungsvorgänge und Fertigungstechnologien, über Arbeitskräfteinsatz und Materialanlieferungen sowie über Dauer und Kosten der Herstellung ableiten zu können, setzt baufachliche Kompetenz und Erfahrung voraus. Die Bauzeichnung gilt daher als „Geheimsprache der Bauleute“ (Hausknecht/Liebich 2016, S. 27). Einen Plan lesen zu können, ist die zentrale Kompetenz von qualifizierten Beschäftigten am Bau (vgl. Syben 2014, S. 58).

Digitale Informationen über ein Bauwerk wurden mit CAD in der Bauwirtschaft in Deutschland bereits seit den 1980er Jahren genutzt (vgl. Hausknecht/Liebich 2016, S. 35), meistens allerdings zur Anfertigung zweidimensionaler Pläne auf Papier. Genauso lange sind virtuelle dreidimensionale Darstellungen in Gebrauch (vgl. Westphal/Herrmann 2015, S. 112). Genutzt wurde jedoch nur die dadurch erreichbare Anschaulichkeit, um Aufträge zu akquirieren oder die Etats für geplante Bauwerke zu legitimieren (vgl. Ginzel/Ringel 2010, S. 211ff.). Auch auf neuer technologischer Grundlage blieb also der Umgang mit Information gleich.

BIM hingegen beruht auf einem anderen Umgang mit Information. BIM-fähige Software kann geometrische und alphanumerische Informationen über ein Bauwerk bauteilbezogen verknüpfen (vgl. Hausknecht/Liebich 2016, S. 51; Pilling 2016, S. 43). Dadurch „kennt“ jedes Bauteil seine Dimensionen, seine physikalischen und funktionalen Eigenschaften sowie den zeitlichen und finanziellen Aufwand seiner Herstellung. Diese Informationen werden in einer elektronisch basierten Datenbank für alle Projektbeteiligten verfügbar gehalten. Auch solche gemeinsamen Datenräume für ein Projekt sind nicht neu (vgl. Syben 2014). Sie haben jedoch keine Änderung der Arbeit bewirkt, solange die darin enthaltenen Informationen wie analoge Information behandelt wurden.

BIM gilt also nicht als neue Technologie, sondern als neue Methode der Optimierung von Arbeitsprozessen und der interdisziplinären Abwicklung von Bauvorhaben (vgl. Hardin/McCool 2015, S. 7; Westphal/Herrmann 2015, S. 5, 118; Hausknecht/Liebich 2016, S. 48, 79; Pilling 2016, S. 10; Pittard/Sell 2016, S. 4f.). Die durch BIM erreichbare höhere Genauigkeit und Sicherheit der Planung wird daher auch als wichtiges Instrument angesehen, um die Effizienzziele zu erreichen, die mit der an der Lean Production orientierten Methode des Lean Construction verbunden sind (vgl. Liebsch 2015, S. 86).

Das digitale Gebäudemodell entsteht in dem klassischen Arbeitsablauf zwischen den beteiligten Fachdisziplinen. Das Architekturbüro fertigt einen digitalen Entwurf,

2 Eine VDI-Richtlinie VDI/BS 2552 „Building Information Modeling – Basiskennnisse“ ist in Vorbereitung.

3 Die Studie wurde vom Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen gefördert.

den es als Architekturmodell an die Büros für Fachplanung (vor allem für Tragwerk und Technische Gebäudeausrüstung) weitergibt. Diese entwickeln auf der Basis des Architekturmodells mithilfe jeweils spezifischer Software ihre Fachmodelle. Damit die Modelle integriert werden können, muss die Software schnittstellenfähig sein, und es müssen bestimmte Modellierungsregeln eingehalten werden (zum Beispiel die Verwendung eines einheitlichen Koordinatenursprungs). Im Normalfall ist es das Architekturmodell, das auf diese Weise zum Gesamtmodell oder Koordinationsmodell weiterentwickelt wird (vgl. Eichler 2016, S. 20). Das Architekturbüro bereitet dann die Ausschreibung vor. Dazu erstellt es vor allem das Leistungsverzeichnis, das die einzelnen auszuführenden Arbeiten beschreibt und den Bauunternehmen als Grundlage für ihre Angebote dient. Die Parameter des erfolgreichen Angebots werden in das Gebäudemodell integriert, das auf diese Weise im Laufe der Planung und Vorbereitung des Baus schrittweise verfeinert und ergänzt wird. Alle relevanten Informationen über das Bauwerk liegen dann an einer Stelle (und nur dort). Nach Fertigstellung des Bauwerks kann das Gebäudemodell im weiteren Lebenszyklus für Betrieb, Wartung, Facility Management, Umbau und Rückbau verwendet werden. Bei Einschaltung von Generalunternehmen verschieben sich einzelne Prozesse, die Logik bleibt jedoch unverändert.

Das BIM-Modell ist also eine „Datenbank mit allen bauwerksrelevanten Informationen als Eigenschaften von Modellelementen“ (Hausknecht/Liebich 2016, S. 33). Building Information Modeling ist der Vorgang der Erarbeitung dieses Modells als digitales Gebäudemodell und seiner Nutzung und Weiterentwicklung im Lebenszyklus eines Bauwerks (vgl. Hausknecht/Liebich 2016, S. 47ff.). Die Verknüpfung des 3D-Gebäudemodells mit der zeitlichen und der finanziellen Planung wird 4D- bzw. 5D-Modell genannt.

Zieht man die Definitionsmerkmale für Industrie 4.0 von Ittermann und Niehaus (2015, S. 35) heran, kann die Anwendung von BIM als „Bauen 4.0“ aufgefasst und (*mutatis mutandis*) als Entwicklung analog zu Industrie 4.0 verstanden werden: Orientierung an individuellen Kundenwünschen (die galt freilich beim Bauen immer schon, da sie konstitutiv für die Entstehung des Produkts ist), Erreichen einer neuen Stufe der Organisation und Steuerung, Einbeziehung des gesamten Lebenszyklus des Produkts (Bauwerks) oder anders: der gesamten Wertschöpfungskette Bau von der Planung bis zum Recycling (Rückbau) sowie Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen auf ein und derselben informationstechnischen Grundlage, die prinzipiell alle relevanten Informationen für alle Prozessbeteiligten zur Verfügung hält.

Allerdings gibt es eine branchentypische Ausnahme. Da die Produktionsstätten variabel am jeweiligen Ort der späteren Nutzung des Bauwerks liegen müssen, stößt eine Steuerung der Fertigungstechnologie aus den Planungsdaten heraus nach wie vor an ökonomische und techni-

sche Grenzen (vgl. Syben 1987, 1999). Die Automatisierung der Baustellenproduktion braucht außer Digitalisierung und Datenfernübertragung auch eine den Dimensionen von Bauwerken entsprechend ausgelegte und an die Einsatzbedingungen auf Baustellen angepasste Fertigungstechnologie. Der Tiefbau könnte eine Vorreiterrolle spielen. Im Hochbau wird automatisierte, auf der Basis von Daten aus der Planung beruhende Steuerung der Produktionstechnologie bisher nur in der Vorfertigung von Bauteilen und Komponenten praktiziert (vgl. Hardin/McCool 2015, S. 29; Schreyer 2016, S. 53ff.), die allerdings nur für einen Teil der Bauproduktion von Bedeutung ist. Eine grundlegende Veränderung könnte durch die Technologie des 3D-Drucks eintreten. Diese befindet sich jedoch erst am Beginn ihrer Entwicklung (vgl. Hardin/McCool 2015, S. 30). Offen ist bisher ein Einsatz von BIM in der Bausanierung, die etwa 40 % des Bauvolumens ausmacht.

Fasst man die in der Literatur postulierten Folgen von BIM für den Prozess der Planung der Erstellung von Bauwerken zusammen, so betreffen diese vor allem die Bauvorbereitung. Demzufolge können mit einem digitalen Gebäudemodell einzelne Arbeiten von Planung und Organisation der Herstellung eines Bauwerks vereinfacht oder durch automatische Funktionen ersetzt werden. Grundrisse, Ansichten und Schnitte sowie Stücklisten oder Mengenauszüge können direkt aus dem Modell generiert werden (vgl. Pilling 2016, S. 67). Das Gleiche gilt für das Leistungsverzeichnis (vgl. ebd., S. 66). Materialbestellungen können automatisch ausgelöst werden (vgl. Hausknecht/Liebich 2016, S. 33). Erfassungsfehler können, wenn Barcodes genutzt werden, nicht mehr vorkommen. Ebenso entfallen Doppelerfassungen, Übertragungsfehler oder Datenverluste. Nacharbeiten aufgrund von Planänderungen oder der Beseitigung von Planungsfehlern werden nicht mehr benötigt, weil das BIM-Modell die Nachführung von Änderungen automatisch vornimmt (vgl. Schindler 2015, S. 51; Hausknecht/Liebich 2016, S. 61; Pilling 2016, S. 65).

Weiterhin wird erwartet, dass die Verknüpfung von virtueller Darstellung der Bauwerksgeometrie mit Daten der physikalischen Eigenschaften des Bauwerks sowie mit zeitlichen und finanziellen Parametern eine Reihe von Möglichkeiten eröffnet, die der Bauplanung bisher nicht zur Verfügung standen. Sie beruhen im Kern darauf, dass mit BIM das Gebäude virtuell „gebaut“ werden kann, bevor es real gebaut wird (Hardin/McCool 2015, S. 2, 97). Da der gesamte Bauablauf simuliert werden kann (vgl. Braun 2015, S. 65; Pilling 2016, S. 65), lassen sich in der Entwurfsphase Varianten mit allen Folgen für Bauwerk und Bauprozess leichter und transparenter darstellen, kommunizieren und prüfen. Das gleiche gilt für die Folgen von gewünschten oder realen Planänderungen im weiteren Verlauf. Die Übereinstimmung des Baufortschritts mit Terminplan und Kostenplan kann jederzeit kontrolliert werden. Dadurch wird eine Überschreitung von Ansätzen unmittelbar identifiziert, eine Kumulation von Verzögerungen oder Kostenüberschreitungen wird weniger wahrscheinlich.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Kollisionsprüfung, deren Möglichkeit entscheidender Einfluss für die Verbreitung von BIM zugeschrieben wird (vgl. Hardin/McCool 2015, S. 25, 192f.; Pilling 2016, S. 65, 107). Dabei werden Informationen aus verschiedenen Fachmodellen etwa über den Verlauf von Leitungen oder die Lage von Installationen mit den im Architekturmodell abgebildeten geometrischen Informationen über die Bauteile abgeglichen. Dadurch können Planungsfehler erkannt und beseitigt werden, bevor die entsprechenden Bauteile realisiert worden sind; das im Branchenjargon als „Presslufttradierer“ bezeichnete Verfahren, etwas schon Gefertigtes wieder zu zerstören und dann abzuändern, kann unterbleiben. Auch die Einhaltung von Bau- und Sicherheitsvorschriften kann auf diese Weise bereits während der Planung festgestellt werden.

Weiterhin ermöglicht und erfordert ein digitales Gebäudemodell frühzeitige Entscheidungen über Details, die bereits in der Entwurfsphase festgelegt werden und nicht erst in der Ausführungsplanung oder sogar noch später (vgl. Hardin/McCool 2015, S. 51; Jacob 2015, S. 97; Hausknecht/Liebich 2016, S. 113; Pilling 2016, S. 117ff.). Das stellt gegenüber dem traditionellen Planungs- und Bauablauf eine zentrale Änderung dar. Durch die Verknüpfung von Informationen über die Gebäudegeometrie mit Informationen über die physikalischen und funktionalen Eigenschaften der Bauteile und mit Informationen über Kosten und Termine wird schon in der Angebotserstellung eine sehr viel höhere Genauigkeit und Planungstiefe erreicht (vgl. Pilling 2016, S. 127). Auch der Bauherr muss Entscheidungen über die von ihm gewünschte Ausführung möglichst früh treffen. Für Architekturbüros verschieben sich Planungsarbeiten aus späteren in frühere Leistungsphasen mit Auswirkungen auf die Anwendung der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) (vgl. Elixmann 2015).

Schließlich entsteht durch die geschlossene Datenkette über den Lebenszyklus eines Bauwerks die Notwendigkeit, es ergeben sich aber auch erweiterte Möglichkeiten der Kooperation über die Fachgrenzen hinaus (vgl. Hausknecht/Liebich 2016, S. 32). Darin wird ein kultureller Wandel mit erheblichen Auswirkungen gesehen (vgl. Borowietz 2015, S. 66; Pilling 2016, S. 107). „BIM is [...] a cultural shift in the mind-set in the way construction management teams collaborate.“ (Hardin/McCool 2015, S. 7)

### 3 Folgen für die Arbeit in Bauunternehmen

Um das erst in Umrissen bekannte Feld der Anwendung von BIM und der Folgen für die Arbeit in Bauunternehmen überhaupt zu erschließen und mit dem durch den Projektrahmen vorgegebenen, stark begrenzten Aufwand

einen ersten Überblick zu bekommen, wurde die Form einer explorativen Studie gewählt, die sich auf eine kleine Zahl von Experteninterviews stützte. Die Experten<sup>4</sup> sollten zwei Kenntnis- und Erfahrungsbereiche abdecken: die Anwendung von BIM in Bauunternehmen und die branchenweite, vom Staat unterstützte Diskussion über Strategien, Maßnahmen, Formen und Resultate der Einführung von BIM. Dieses Ziel wurde mit den ausgewählten fünf Experten erreicht. Die Einbeziehung weiterer Personen hätte diese Erfahrungsbereiche nicht grundsätzlich ausgeweitet oder besser ausgeschöpft.

Drei dieser Experten repräsentierten (in leitender Funktion) Bauunternehmen unterschiedlicher Unternehmensgrößen, Zeitspannen der Erfahrung mit BIM und Herangehensweisen an dessen Einführung. Die beiden anderen Experten hatten ihren Erfahrungshintergrund in der konzeptionellen Erarbeitung von BIM, verfügten aber ebenfalls über Kenntnisse seiner betrieblichen Anwendung. Die einbezogenen Unternehmen sind sämtlich im Hochbau tätig, das entsprach zum Zeitpunkt der Erhebung dem Stand der Einführung von BIM. Sie repräsentieren den Typ mittelgroßer bis großer inhabergeführter Unternehmen, der für die deutsche Bauwirtschaft charakteristisch ist. Zwei dieser Unternehmen waren dabei, die BIM-Methode für sich konzeptionell zu prüfen und praktisch an Beispielen zu erproben, das dritte Unternehmen hatte bereits erste Erfahrungen mit der Durchführung von Bauvorhaben mit BIM.

Die Interviews wurden anhand eines Gesprächsleitfadens im September 2016 jeweils am Arbeitsort der befragten Experten durchgeführt; sie dauerten zwischen 80 und 120 Minuten. Die Gespräche wurden mitgeschnitten und anschließend verschriftlicht. Die Abschrift wurde den Interviewpartnern mit der Bitte zugestellt, sie auf Verständnisfehler zu überprüfen; diese Bitte wurde von allen erfüllt.

Die empirische Untersuchung erbrachte qualitative Befunde zu den Auswirkungen der Arbeit mit dem digitalen Gebäudemodell auf Beschäftigung und Anforderungen an die Kompetenz von Beschäftigten sowie auf Arbeitsprozesse und Arbeitsorganisation. Der virtuellen Realität wurden neue Möglichkeiten der Kommunikation über das Bauwerk zugeschrieben; in den Antworten der befragten Experten spielte sie aber eine geringe Rolle. Zu beachten ist, dass die Befragten ihre Kenntnisse im Wesentlichen aus der „Draufsicht“ auf den Prozess der Einführung und Anwendung gewonnen hatten, nicht jedoch aus eigener Arbeitserfahrung mit BIM.

Die Aussagen der befragten Experten stimmen weitgehend mit den Darstellungen der vorliegenden Literatur überein. Dieser Befund überrascht nicht, sondern mahnt eher zur Vorsicht. Er könnte auch auf einem Zirkel beru-

4 Alle Befragten waren männlich.

hen: Die Literatur orientiert sich an den Experten, die sich wiederum an der Literatur orientieren. Sowohl deswegen als auch wegen der geringen Zahl der Interviews sollten die Ergebnisse also weniger als belastbare Befunde angesehen werden, sondern, dem methodologischen Stellenwert einer explorativen Studie entsprechend, eher als – wenn gleich gut begründete – Hypothesen. Ihre Überprüfung durch eine arbeitssoziologische Untersuchung, die vor allem die operative Ebene einbezieht, ist in Vorbereitung.

### 3.1 Beschäftigung und Kompetenz

In einem Bauunternehmen werden die Ideen zur möglichen Ausführung eines Bauwerks zuerst in der Angebotsbearbeitung (auch Kalkulation genannt) entwickelt. Hier liegt deshalb auch der Schwerpunkt der Anforderungen einer Arbeit mit BIM. Kalkulation ist Ingenieurarbeit. Sie ist im Kern die Ermittlung der für die Ausführung erforderlichen Verfahren (einschließlich der zu verwendenden Stoffe, Hilfsmittel und Geräte sowie der einzusetzenden Arbeitskräfte), der Mengen und der Bauzeiten und damit des Angebotspreises. Grundlage sind vor allem unternehmensinterne Datenbanken mit Erfahrungswerten aus abgewickelten Bauvorhaben. Ist die geforderte Bauleistung nur funktional beschrieben, ist zusätzlich Planungsarbeit erforderlich.

Den umfangreichsten Teil der Angebotsbearbeitung stellt in der Regel die Mengenermittlung dar, die eine eher routinemäßige Rechentätigkeit ist. Dieser Arbeitsschritt entfällt, wenn der Bauherr ein digitales Gebäudemodell liefert, denn daraus können die Mengen direkt abgeleitet werden. Die Kalkulation kann sich auf gleichsam übergeordnete Tätigkeiten konzentrieren: auf Plausibilitätsprüfungen, Überlegungen zur Bauausführung, Auswahl von Nachunternehmern und Lieferanten und Ermittlung von Preisen sowie auf die Frage, ob vorhandene Erfahrungswerte verwendet werden können oder ob die Annahmen den Bedingungen des konkreten Bauvorhabens angepasst werden müssen. Es wird also damit gerechnet, dass die Kalkulation mit BIM von Routinearbeit entlastet wird und sich auf ingenieurmäßige Tätigkeiten konzentrieren kann.

Dem entsprach die einhellige Auffassung der befragten Experten, dass ein Projekt bei der Arbeit mit BIM bereits in diesem frühen Stadium der Bearbeitung intensiver durchdacht werden muss, sodass ein tieferes Verständnis des Projekts erreicht wird. Das ging bis zu der fast revolutionären Vorstellung, dass auf der Grundlage eines Angebots bereits gebaut werden könne. Den Experten zufolge wird BIM also keinesfalls qualifizierte Ingenieurarbeit ersetzen. Es wird im Gegenteil erwartet, dass auch und gerade bei Anwendung der BIM-Methode eine gründliche bauspezifische Fachkompetenz die Grundlage der Arbeit bleibt. BIM gilt als ein Instrument, das qualifizierten Ingenieuren und Ingenieurinnen Freiräume für die eigentlichen Ingenieurleistungen eröffnen soll, statt sie mit dem Erledigen routinemäßiger Rechenaufgaben zu beschäftigen.

Eine Veränderung wird auch für die in der Bauwirtschaft verbreitete Übung erwartet, an einem fertigen Angebot noch einmal einen pauschalen Abschlag vorzunehmen, um die eigene Stellung im Wettbewerb zu verbessern, oder aber für unbekannte Risiken Zuschläge in pauschal aufgeführten Positionen zu „verstecken“. Diese Aufgabe, die ebenfalls hohe Kompetenz, Erfahrung und Beurteilungsvermögen voraussetzt und deswegen auf der Leitungsebene der operativen Einheiten der Unternehmen angesiedelt ist, verliert ihre Grundlage, weil ein BIM-basiertes Angebot Ungenauigkeiten nicht enthalten kann. Die wesentlich höhere Transparenz des Angebots macht es im Gegenzug möglich, verbliebene Risiken besser abzuschätzen. Die Notwendigkeit fachkompetenten Beurteilungsvermögens bleibt also unberührt. Seine Anwendung wird sich allerdings mit BIM auf eine sehr viel genauere Informationsgrundlage stützen können.

In dieser Expertenbefragung zum Einsatz von BIM bei der Erstellung von Bauwerken hat sich folglich keine Bestätigung jener Hypothese ergeben, wonach als Folge der Digitalisierung mit dramatischen Beschäftigungsverlusten oder Dequalifizierung zu rechnen sei (vgl. Frey/Osborne 2013; Dengler/Matthes 2015). Digitale Gebäudemodelle stellen sich nicht selbst her, und die von ihnen verwerteten Daten müssen ausgewählt und beurteilt werden. Und auch wenn die Herstellung einer modellbasierten Simulation wirklich keine als außergewöhnlich zu bezeichnende Qualifikation erfordern sollte: Man braucht doch Hochqualifizierte, die die Logik des so dargestellten Bauablaufs und eines Zeitplans verstehen (Hardin/McCool 2015, S. 72), denn: „BIM is only as good as the hands that are using it.“ (ebd., S. 258) Inwieweit allerdings diese Koinzidenz von technischem Fortschritt und Interesse an qualifizierter Arbeit ein prinzipielles Merkmal von BIM ist oder ein Begleitumstand seiner Einführungsphase oder aber Resultat des Umstands, dass hier involvierte Experten befragt wurden – das müssen weiterführende Untersuchungen zeigen.

### 3.2 Arbeitsorganisation und neue Arbeitsrollen

War das Angebot eines Bauunternehmens erfolgreich und wurde ein Auftrag erteilt, ist es die Arbeitsvorbereitung, die die Arbeitsausführung im Detail plant. Traditionell sind (außer in sehr kleinen Unternehmen) Angebotsbearbeitung und Arbeitsvorbereitung in getrennten Abteilungen organisiert. Zwar äußerten sich die befragten Experten angesichts der geringen Breite und der Vorläufigkeit auch ihrer eigenen Erfahrungen mit BIM eher vorsichtig. Sie räumten aber ein, dass diese organisatorische Trennung obsolet werden könnte, weil – wie sie selbst angeführt hatten – mit BIM schon in der Angebotsphase eine deutlich größere Planungstiefe gefordert wird. Eine Integration der Arbeitsvorbereitung in die Angebotsbearbeitung, wo ja mit BIM mehr Aufgaben anfallen, ist also nicht unwahrscheinlich. Eine empirische Bestätigung steht allerdings noch aus.

Einfluss auf die Arbeitsorganisation könnten aus Expertenansicht auch die neuen Koordinations- und Steuerungsanforderungen nehmen, die mit der Anwendung der BIM-Methode auftreten werden. Auf der Ebene eines Gesamtprojekts (und bei entsprechender Projektgröße) wird ein BIM-Manager bzw. eine BIM-Managerin für erforderlich gehalten, um die Projektabwicklung technisch, organisatorisch und rechtlich im Kontakt mit Bauherren, Planungsbüros und ausführenden Bauunternehmen zu regeln und für die Einhaltung der BIM-Standards zu sorgen (vgl. Hausknecht/Liebich 2016, S. 174; Pilling 2016, S. 173ff.). Innerhalb der Arbeitsorganisation eines am Projekt beteiligten Unternehmens soll ein BIM-Koordinator bzw. eine BIM-Koordinatorin die Verfügbarkeit und den Austausch der Planungsdaten organisieren, sodass sich das Unternehmen reibungslos in den BIM-basierten Kooperationszusammenhang einordnet (vgl. ebd.; Eichler 2016, S. 17).

Die für die Studie befragten Experten bestätigten diese neuen Koordinationsanforderungen, waren aber zurückhaltend darin, neue Arbeitsrollen auch als zusätzliche Beschäftigung zu verstehen. Es herrschte die Auffassung vor, dass es sich eher um Aufgabenerweiterung oder Aufgabenverschiebung im Rahmen bestehender Arbeitsrollen handeln werde. Mit einem gesteigerten Arbeitskräftebedarf durch BIM wurde nicht gerechnet.

### 3.3 Nahtstelle Planung – Bauleitung

Ein Bauprojekt ist bis zum Beginn der Arbeit auf der Baustelle ein Informationsprojekt. Der Übergang von der Planung zur Bauleitung ist zugleich die Nahtstelle zwischen Information und Realität. Probleme der Baustelle wie Baumängel oder Termin- und Kostenüberschreitungen sind zu erheblichen Teilen Folge von Planungsfehlern oder nicht ausreichender Planungstiefe (vgl. Jacob 2015, S. 97), die bei Anwendung der BIM-Methode als vermeidbar gelten (vgl. Hausknecht/Liebich 2016, S. 154). Die Arbeit der Bauleitung wandelt sich dann mit BIM nach Auffassung der befragten Experten von der traditionellen Rolle als Flexibilitätsreserve für den Ausgleich mangelnder Planungstiefe (vgl. dazu Syben 2014) zu einem Controlling der Prozesse, das die Bauproduktion steuert und ihre Übereinstimmung mit den Planungsvorgaben sowie ihre Fehlerfreiheit sicherstellt. Darin eingeschlossen ist die Erwartung, dass in das BIM-Modell die Fertigungskompetenz der Bauleitung einfließen wird. Denn die Qualität eines digitalen Gebäudemodells hängt auch von der Realitätsnähe der darin enthaltenen Annahmen ab.

Eine weitere wesentliche Veränderung der Arbeit der Bauleitung wird in der deutlichen Reduzierung und Erleichterung der Administrationsarbeit auf der Baustelle durch die Arbeit mit einem digitalen Gebäudemodell gesehen. Alle Daten, die auf der Baustelle erzeugt werden, müssen nur einmal erfasst werden; dies kann auch die Ebene der Facharbeiter betreffen. Bestellungen, Aufforde-

rungen an Nachunternehmer zur Mängelbeseitigung sowie Rechnungen oder monatliche Auswertungen können direkt im Modell erzeugt werden und erfordern keinen zusätzlichen Arbeitsgang. Bei Vernetzung können Aufgaben auch durch den Innendienst übernommen werden (vgl. Schreyer 2016, S. 43ff.).

Insgesamt erwarten die befragten Experten, dass die Bauleitung durch BIM erheblich entlastet wird und Zeit gewinnt, sich um ihre Baustellen zu kümmern. Bauleiter und Bauleiterinnen haben allerdings heute schon in der Regel mehrere Baustellen gleichzeitig zu betreuen. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass die Bauunternehmen den durch BIM erzielten Produktivitätsgewinn nutzen, um ihnen künftig die Leitung einer noch größeren Zahl von Bauvorhaben zu übertragen.

## 4 Verbreitung und Perspektiven

Daten über die Verbreitung von BIM in Deutschland existieren nicht. Ein Vorsprung anderer Länder wird üblicherweise aus dem Vorhandensein von Einführungszielen und Verfahrensregeln für die Auftragsvergabe abgeleitet (vgl. als Beispiel Oltmanns 2014, Folie 5).

Die befragten Experten aus den Bauunternehmen berichteten, dass sie bisher nur ausnahmsweise von Bauherren wegen der Verwendung von BIM angefragt worden seien (vgl. dazu auch Braun 2015, S. 65; Jacob 2015, S. 96). Ein Grund für die schleppende Einführung in der Bundesrepublik wird in der kleinteiligen Betriebsstruktur der Architekturbüros gesehen, die als Schlüsselakteure der Bauplanung eigentlich Treiber der BIM-Anwendung sein müssten (vgl. Borowietz 2015, S. 67). Pilling (2016, S. 9f.) zeigt allerdings am eigenen Beispiel, dass BIM auch in einem Architekturbüro mit zehn und weniger Beschäftigten eingeführt werden kann.

### 4.1 Einführungsstrategien der Bauunternehmen

In den Bauunternehmen gilt die Einführung von BIM über kurz oder lang als alternativlos. Die hier einbezogenen Unternehmen hatten auf die Tatsache, bisher keine Ausschreibungsunterlagen auf der Basis von BIM bekommen zu haben, mit der Einführung in eigener Initiative reagiert. Dazu haben sie sich (neben der Beschaffung der erforderlichen Software) entweder durch zusätzliches oder durch im Betrieb bereits vorhandenes Personal spezifische Kompetenz für die Verwendung von BIM verschafft. Diese Kerngruppe galt im Folgenden als Motor der Aneignung von BIM im Unternehmen (vgl. dazu auch Pilling 2016, S. 98, 115, 120, 128). Bei Neueinstellungen hatten Hochschulabsolventen, die sich bereits im Studium mit BIM befasst hatten, die besten Chancen. IT-Affinität ist gefordert,

ersetzt aber in keinem Fall baufachliche Kompetenz. BIM einzuführen erforderte in jedem Falle eine umfangreiche Weiterqualifizierung der Beschäftigten (vgl. dazu auch Pilling 2016, S. 96ff.).

Während der Erprobung von BIM wurden die konventionellen Verfahren der Angebots- und Projektbearbeitung zunächst beibehalten, bis ausreichend Erfahrungen mit der Anwendung von BIM gesammelt worden sind. Für eine Übergangszeit lässt sich daher von Parallelstrukturen in den Unternehmen sprechen, mit denen gleichzeitig Innovation und Verfahrenssicherheit angestrebt wird (vgl. dazu auch Jacob 2015, S. 96). Sobald eine BIM-Anwendung im Unternehmen als ausgereift gilt, werden die herkömmlichen Verfahren allerdings nicht mehr genutzt.

#### 4.2 Offene Fragen einer weiteren Verbreitung

Genau in dieser Einführungsstrategie der Bauunternehmen ist eine der offenen Fragen begründet. Bauunternehmen, die BIM anwenden wollen, auch wenn sie keine Ausschreibungsunterlagen auf der Basis von BIM bekommen haben, müssen die analogen Unterlagen zunächst selbst in ein digitales Modell umwandeln. Das hat aus der Sicht der befragten Experten zwar auf der einen Seite den Vorteil, dass die Unterlagen anschließend fehlerfrei sind – es kommt nicht selten vor, dass Ausschreibungsunterlagen inkonsistent oder unvollständig sind und vom Bauunternehmen vor der Entwicklung eines Angebots zunächst korrigiert werden müssen (vgl. auch Pilling 2016, S. 127). Es stellt sich dann allerdings die Frage, wofür ein Bauunternehmen noch eine vorausgehende Planung braucht, wenn es dann die Planung des Gebäudes in BIM sowieso selbst durchführen muss. Diese Frage ist deswegen brisant, weil mit der Verbreitung des Generalunternehmerwesens in den letzten Jahrzehnten ohnehin ein latenter Konflikt mit der Architektenschaft besteht, die befürchtet, auf den reinen Entwurf reduziert und aus der gesamten Planung und Überwachung der Bauausführung hinausgedrängt zu werden. Die Verbreitung von BIM könnte daher neue Rahmenbedingungen für die Austragung dieses Konflikts schaffen.

Eine weitere offene Frage ergibt sich daraus, dass Bauunternehmen konkrete Kenntnisse über die Bauausführung benötigen, um ausführungsfähige BIM-Modelle erzeugen zu können. Das ist weit weniger trivial, als es klingt. Viele Bauunternehmen – und gerade die großen – sind nämlich seit langem nur noch als Generalunternehmen tätig. Sie übernehmen zwar Bauaufträge, geben aber die Ausführung an Nachunternehmer weiter. Während also die Digitalisierungsstrategie höhere Qualität der Planung und höhere Steuerungsfähigkeit im Hinblick auf den Prozess verspricht, führt die Auslagerungsstrategie dazu, dass dieses Versprechen in der Bauausführung tendenziell immer weniger eingelöst werden kann. Denn zum einen reduzieren die Bauunternehmen durch die Auslagerung systematisch ihre eigene Baukompetenz. Ihre Angebote beruhen nur noch auf den Preisen der Nachunternehmer, nicht (mehr) auf eigener Erfahrung mit der Ausführung der entsprechenden Arbeiten. Damit aber lassen sich BIM-Modelle auf Dauer nur begrenzt herstellen. Zum anderen steht das Versprechen, durch BIM bereits in einem früheren Stadium eine größere Tiefe und Genauigkeit der Planung zu erreichen, im Widerspruch zu dem Verlust an Kontrolle über eine Bauausführung, die an Nachunternehmer ausgelagert worden ist und die von dem für Gesamtprozess und Produkt verantwortlichen Generalunternehmen schon aus rechtlichen Gründen nicht mehr direkt beeinflusst werden kann (Nachunternehmer schulden ein Werk, nicht eine bestimmte Ausführung). Nicht ohne Grund hatten Bauunternehmen, auch wenn sie ihre Bauproduktion an Nach-

unternehmen ausgelagert hatten, immer einen Restbestand an eigenen Kolonnen behalten, um da, wo es nötig war, Qualität und Termin wirklich garantieren zu können (vgl. Syben 1999, S. 139ff., bes. S. 147).

Es könnte also sein, dass Schlüsselakteure der Bauwirtschaft im Zuge der Verbreitung von BIM ihre bisherigen Strategien überdenken müssen. ■

#### LITERATUR

- BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung)** (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland, Information und Ratgeber. Endbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur erarbeitet von M. Egger, K. Hausknecht, T. Liebich und J. Przybylo, Berlin
- Borowitz, M.** (2015): Grundlegende Herausforderungen datenmodellierter Planung. Interviewt von R. Uhde, in: Westphal/Hermann 2015, S. 66–69
- Braun, M.** (2015): Märchen, Realität und Perspektiven bei der Planung mit BIM. Interviewt von C. Ryll, in: Westphal/Hermann 2015, S. 62–65
- Dengler, K. / Matthes, B.** (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland, IAB-Forschungsbericht 11/2015, Nürnberg
- Eichler, C. C.** (2016): BIM-Leitfaden. Struktur und Funktion, Zwickau
- Ekardt, H.-P. / Hengstenberg, H. / Löffler, R.** (1992): Arbeitssituationen von Firmenbauleitern, Frankfurt a. M.
- Elixmann, R.** (2015): BIM in der HOAI, in: Westphal/Hermann 2015, S. 92–93
- Frey, C. B. / Osborne, M. A.** (2013): The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?, Working Paper, Oxford University
- Ginzler, B. / Ringel, J.** (2010): Ausbildung und Fortbildung für die Bewältigung von Schnittstellen im Prozess des Planens und Bauens, in: Syben 2010, S. 211–222
- Hardin, B. / McCool, D.** (2015): BIM and construction management, Indianapolis
- Hausknecht, K. / Liebich, T.** (2016): BIM-Kompodium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode, Stuttgart
- Ittermann, P. / Niehaus, J.** (2015): Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit. Überblick über Forschungsstand und Trendbestimmungen, in: Hirsch-Kreinsen, H. / Ittermann, P. / Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihr sozialen Herausforderungen, Baden-Baden, S. 33–51
- Jacob, M.** (2015): „Wir erwarten eine Effektivitätssteigerung von mindestens zehn Prozent“. Interviewt von C. Ryll, in: Westphal/Hermann 2015, S. 96–97
- Liesch, P.** (2015): Transparente Wege. Interviewt von M. Seifert, in: Westphal/Hermann 2015, S. 84–87
- Oltmanns, H.-G.** (2014): Building Information Modeling – Vortrag im BIM-Beirat des BMVBS und in der Reformkommission Großprojekte am 10. 2. 2014 in Oldenburg
- Pilling, A.** (2016): BIM – Das digitale Miteinander. Planen, Bauen und Betreiben in neuen Dimensionen, Berlin/Wien/Zürich
- Pittard, S. / Sell, P.** (Hrsg.) (2016): BIM and quantity surveying, London/New York
- Przybylo, J.** (2015): BIM – Einstieg kompakt, Berlin/Wien/Zürich
- Reus, J.** (1992): Die Informatisierung der Bauwirtschaft und die Auswirkungen auf die Arbeit und die Beschäftigten, in: Syben, G. (Hrsg.): Marmor, Stein und Computer, Berlin, S. 123–138
- Richter, W.** (Hrsg.) (1981): Bauarbeit in der Bundesrepublik, Köln
- Schindler, A.** (2015): Die DNA eines Gebäudes. Interviewt von Melanie Seifert, in: Westphal/Hermann 2015, S. 50–53
- Schreyer, M.** (2016): BIM. Einstieg Kompakt für Bauunternehmer, Berlin/Wien/Zürich
- Syben, G.** (1987): Alte Probleme und neue Rationalisierungsstrategien in der Bauproduktion, in: WSI-Mitteilungen 40 (11), S. 672–680
- Syben, G.** (1992): Die Bauwirtschaft als Gegenstand industriesoziologischer Forschung, in: ders. (Hrsg.): Marmor, Stein und Computer, Berlin, S. 7–21
- Syben, G.** (1999): Die Baustelle der Bauwirtschaft, Berlin
- Syben, G.** (Hrsg.) (2010): Die Vision einer lernenden Branche im Leitbild Bauwirtschaft, Berlin
- Syben, G.** (2014): Bauleitung im Wandel. Arbeit als Bewältigung von Kontingenz, Berlin
- Syben, G.** (2016): Zu den Folgen des Building Information Modeling für die Arbeit in Bauunternehmen. Eine explorative Studie, Bremen
- Syben, G. / Stroink, K.** (1995): Veränderungen im Anforderungsprofil von kaufmännischen und technischen Angestellten im Baugewerbe, Eschborn

**Syben, G. / Gross, E. / Kuhlmeier, W. / Meyser, J. / Uhe, E.** (2005): Weiterbildung als Innovationsfaktor, Berlin

**Syben, G. / Gross, E. / Kuhlmeier, W. / Meyser, J.** (2013): Kompetenz im mittleren Baumanagement, Berlin

**Westphal, T. / Herrmann, E.-M.** (2015): BIM. Building Information Modeling/ Management. Methoden und Strategien für den Planungsprozess. Beispiele aus der Praxis, München

#### AUTOR

**GERHARD SYBEN**, Dr. phil., ehem. Professor für Arbeits- und Industriesoziologie an der Hochschule Bremen, Leiter des BAQ Forschungsinstituts Bremen. Forschungsschwerpunkte: Arbeit, Beschäftigung und Qualifikation insbesondere in der Bauwirtschaft.

 institut@baq-bremen.de

---