



Innovative Technologien, Prozesse und Produkte in der Bauwirtschaft

TAB-Fokus Nr. 36 zum Arbeitsbericht Nr. 199

April 2022

In Kürze

- › Die Innovationstätigkeit und -bereitschaft in der deutschen Bauwirtschaft müssen deutlich steigen, um die technologischen und gesellschaftspolitischen Ziele und Anforderungen im Wohnungsbau sowie bei Ressourcen- und Klimaschutz erfüllen zu können.
- › Naheliegende Möglichkeiten zur Steigerung von Effizienz und Produktivität ergeben sich in den Bereichen digitales Planen und Bauen (BIM), serielles und modulares Bauen sowie datenbasierte Vernetzung der Bauprozesse entlang der Wertschöpfungskette (Bauen 4.0).
- › Längerfristig bieten auch die Neu- und die Weiterentwicklung von innovativen Bautechnologien (z. B. 3-D-Druck, automatisierte Maschinen und Baurobotik) teils vielversprechende Perspektiven.
- › Angesichts der mittelständisch geprägten Baubranche werden digitale Anwendungen nur dann erfolgreich sein, wenn die Bedürfnisse der kleineren und mittleren Unternehmen (KMU) konsequent in die Innovations- und Standardisierungsprozesse einbezogen werden.

Worum es geht

Der große Bedarf an bezahlbarem Wohnraum und der vielfach als nicht ausreichend eingeschätzte Wohnungsbestand stellen eine enorme nationale Herausforderung dar, zu deren Lösung eine leistungsfähige Bauwirtschaft unabdingbar ist. Allerdings ist die Art und Weise, wie Bauwerke errichtet werden, in den letzten Jahrzehnten im Wesentlichen gleichgeblieben. Mauerwerk und Beton bilden nach wie vor die hauptsächlichen Baustoffe. Die Planung findet zwar inzwischen am Computer statt, die elektronischen Planunterlagen werden jedoch meist weiterhin wie Papierdokumente behandelt und zwischen den verschiedenen Projektbeteiligten separat ausgetauscht. Auch an der auf den Baustellen eingesetzten Maschinenteknik hat sich in den letzten 10 bis 15 Jahren kaum Grundlegendes geändert.

Gründe dafür sind u. a. die besonderen systemischen Rahmenbedingungen der Branche. Der Bausektor unterscheidet

sich insofern maßgeblich von anderen Industriebereichen, als dieser außerordentlich langlebige Produkte schafft, die Nutzungsdauern von 50 bis 100 Jahren oder mehr haben. Hinzu kommen eine fast schon beispiellose Normung und Regulierung, die primär den hohen und umfangreichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Bauwerke geschuldet sind. Alleine für die Normierung inkrementeller Innovationen (etwa bei Baustoffen) ist mit einem Zeithorizont von 10 bis 15 Jahren zu rechnen.

Konsens besteht in der Einschätzung, dass die Baubranche innovativer werden muss, um etwa angesichts des Fachkräftemangels die politischen Ziele insbesondere im Bereich Wohnungsbau erfüllen zu können. Etliche (digital)technische Neuerungen werden entwickelt, teilweise auch getestet und eingesetzt. Die Bandbreite reicht vom Einsatz hochspezialisierter Baumaschinen und unterstützender Robotik bei der Bauausführung über innovative Fertigungsverfahren für Bauteile (u. a. mit 3-D-Druck sowie modularen und seriellen Verfahren) bis hin zur Generierung virtueller Bauwerkmodelle (BIM).

Digitales Planen und Bauen mittels BIM

Bei BIM handelt es sich um eine softwarebasierte Arbeits- und Planungsmethode. Dabei werden auf Grundlage digitaler Gebäudemodelle idealerweise alle wesentlichen Informationen, die für Planung, Bau und die nachträgliche Nutzung eines Bauwerks erforderlich sind, gemeinsam und in Echtzeit verarbeitet. Einer der hauptsächlichen Unterschiede des BIM-Ansatzes zur herkömmlichen Vorgehensweise besteht darin, dass alle relevanten Projektdaten und Planunterlagen nicht mehr auf Papier separat vorgehalten und erst bei Bedarf ausgetauscht werden – mit der Gefahr von Informations- und Reibungsverlusten –, sondern alle Informationen kontinuierlich in eine zentrale Datenbank einfließen. Auf diese Weise

Auftraggeber

Ausschuss für Bildung, Forschung und
Technikfolgenabschätzung
+49 30 227-32861
bildungundforschung@bundestag.de

lassen sich Planungsfehler frühzeitig erkennen und insbesondere kosten- und zeitintensive rückwirkende Planungsänderungen vermeiden. Das heißt, ein Bauwerk wird erst komplett digital geplant und anschließend fortlaufend modellbasiert optimiert.

In den letzten Jahren hat das Thema BIM auch in Deutschland deutlich an Aufmerksamkeit gewonnen und die BIM-Implementierung wird auf verschiedenen Ebenen vorangetrieben. Dennoch hinkt Deutschland diesbezüglich anderen Ländern hinterher. Besondere Herausforderungen bei der Einführung von BIM in der deutschen Bauwirtschaft und speziell im privaten Wohnungsbau ergeben sich durch die starke Fragmentierung und die hohe Anzahl an KMU sowie durch die strikte, auch vergaberechtlich verankerte Trennung von Planungs- und Ausführungsleistungen.

Letztlich ist die Umstellung auf BIM weniger als ein technischer, sondern vielmehr als ein organisatorischer und kultureller Anpassungsprozess zu sehen, der Zeit benötigt und angesichts der begrenzten Ressourcen vieler Unternehmen der Baubranche möglichst stufenweise erfolgen sollte. Wichtig ist deshalb, heute schon das Hauptaugenmerk der Unterstützungsaktivitäten auf die KMU zu legen, da diese letztlich der Schlüssel dafür sind, um BIM in Deutschland in die breite Anwendung zu bringen. Wichtige Handlungsfelder hierbei sind die Entwicklung standardisierter Verfahren für die BIM-Praxis, der Aufbau ausreichender Kapazitäten für Wissensvermittlung und Beratung sowie die Forcierung von Pilotprojekten.

Additive Fertigung

Als additive Fertigung wird die Herstellung dreidimensionaler Bauteile mithilfe eines automatisierten Schichtaufbaus bezeichnet (3-D-Druck). Das gewünschte Bauteil wird auf Grundlage eines digitalen 3-D-Modells durch gezieltes Auftragen des Ausgangsmaterials sukzessive und maßgeschneidert aufgebaut. Da der Baubereich sich durch seine Unikatfertigung auszeichnet, ist er für additive Fertigungsverfahren im Prinzip prädestiniert. Obwohl auch vermehrt Stahl im Fokus von Forschung und Entwicklung steht, konzentrieren sich die 3-D-Druckaktivitäten im Baubereich vornehmlich auf Beton

Gedrucktes Haus der chinesischen Firma Greenprint



als Werkstoff. So ist international eine rapide Zunahme an Demonstrationsprojekten zum 3-D-Betondruck von meist kleinen Gebäuden festzustellen und auch in Deutschland werden erste Pilotprojekte umgesetzt.

Verbreitet sind in der Praxis vor allem Extrusionsverfahren, bei denen Frischbeton durch eine Düse bzw. einen Druckkopf schichtweise und kontinuierlich abgelegt wird. Hierdurch werden prinzipiell große architektonische Gestaltungsmöglichkeiten und eine schnelle Bauwerkerrichtung möglich. Es sind jedoch noch einige technologische Herausforderungen zu bewältigen: Als schwierig erfüllbar erweisen sich z. B. die gegensätzlichen Anforderungen an das zu druckende Material hinsichtlich guter Pumpbarkeit, einer kontinuierlichen und zügigen Materialablage sowie der sofortigen Verformungsstabilität auch unter Last. Ein weite-

rer wesentlicher Punkt ist das Fehlen von praxisgerechten Lösungen zur direkten Integration der Bewehrung in die additive Fertigung. Auch Decken müssen derzeit noch konventionell eingebaut werden.

Insgesamt bedarf es noch intensiver Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, damit additive Betondruckverfahren im Bauwesen praxistauglich werden. Eine wesentliche Anwendungshürde ist auch darin zu sehen, dass weder die eingesetzten Baustoffe (3-D-Betone) noch die additiven Verfahren selbst den bestehenden Baunormen entsprechen, sodass derzeit nur Zulassungen im Einzelfall infrage kommen, was jedoch zeitaufwendig und teuer ist. Hier bedarf es einer Weiterentwicklung der

Normung, die die Besonderheiten der neuen Bauweise berücksichtigt.

Serielles und modulares Bauen

Beim seriellen und modularen Bauen werden Gebäude nicht als Unikate geplant und errichtet, sondern entweder in industriellen Fertigungsprozessen seriell gefertigt oder aus industriell vorgefertigten Bauteilen (Modulen) nach dem Baukastenprinzip zusammengesetzt. Serielle und modulare Bauweisen werden in der Diskussion um die Zukunft des Bauens mittlerweile verstärkt ins Spiel gebracht, u. a. auch deshalb, weil digitale und weitgehend vollautomatisierte Vorfertigungsmethoden eine nie dagewesene Komplexität, Variabilität und Präzision der Fertigteile und Module ermöglichen.

Durch eine konsequente Einhaltung des Prinzips der Serie über den gesamten Prozess hinweg können Kosten eingespart und Bauprojekte bei hoher Präzision deutlich schneller abgewickelt werden. Vorteilhaft an einem hohen Vorfertigungsgrad ist zudem, dass witterungsbedingte Produktionsunterbrechungen vermieden werden können. Möglich ist im Prinzip eine 24-Stunden-Produktion im Schichtbetrieb. Aufgrund dieser Faktoren verfügen auf Modulbau spezialisierte Unternehmen über mehr Planungs- und Termintransparenz. Anders als etwa in Großbritannien oder den Niederlanden konnte sich der moderne Modul- und Fertigteilbau im deutschen Wohnungsbau allerdings noch nicht breit etablieren und beschränkt sich bislang überwiegend auf Einfamilienhäuser in Holzkonstruktion.

Module und Fertigteile sind in der Regel aus Stahlbeton, Holz oder Stahl bzw. einer Kombination dieser Werkstoffe gefertigt, wobei jedes Material seine spezifischen Eigenschaften und damit Vor- und Nachteile hat. Eine entscheidende Frage ist, wie der – vor allem aus ökologischer Sicht besonders vorteilhafte – mehrgeschossige Holzbau an Bedeutung gewinnen kann. Durch das Bauen mit Holz können große Mengen CO₂ langfristig gebunden und energieintensive Baumaterialien wie Ziegel, Zement und Stahl substituiert werden. Als hinderlich erweisen sich jedoch u. a. die fehlenden herstellerübergreifenden Standards, die wichtig wären, um Kompatibilität, Erweiterung sowie Wiederverwendung der Module sicherzustellen. Um die Errichtung seriell gefertigter Typenhäuser zu beschleunigen und zu vereinfachen, bedarf es neben breit gefächerten Forschungsaktivitäten in den Bereichen Baukonstruktion, Statik und Materialtechnologie in erster Linie der Entwicklung standardisierter Lösungen sowie einer möglichst bundeseinheitlich geregelten Typengenehmigung.

Bauen 4.0 – übergreifende Aspekte

Das Bauen 4.0 hat zum Ziel, die digitalen Einzellösungen entlang der Wertschöpfungskette Planen und Bauen nahtlos miteinander zu vernetzen, um eine flexiblere, datenbasierte Steuerung der Bauprozesse zu ermöglichen und so Effizienzpotenziale zu nutzen. Alles in allem ist der digitale Vernetzungsgrad der Baubranche noch gering und gerade

Perspektiven im Bereich der Automatisierung von Baumaschinen

Aufgrund ihrer Schlüsselrolle in Bauprozessen haben Baumaschinen maßgeblichen Einfluss auf Effektivität und Effizienz der Bauausführung. Automatisierte Baumaschinen bieten demzufolge erhebliches Potenzial, die Produktivität auf der Baustelle zu steigern. Automatisierung ist vor allem dann sinnvoll, wenn gut planbare Arbeitsschritte sich nach klaren Mustern stets wiederholen oder diese über einen längeren Zeitraum kontinuierlich fortlaufen wie beim Straßenbau. Demgegenüber herrschen auf Baustellen im

Hochbau meist deutlich unübersichtlichere Rahmenbedingungen vor. Hier lässt die reale Umsetzung von Automatisierungsfunktionen trotz zahlreicher Ideen und Ansätze noch vielfach auf sich warten.

Auf absehbare Zeit werden innovative Maschinenkonzepte, wie autonome Baumaschinen oder Bauroboter, sehr wahrscheinlich auf solche Spezialaufgaben beschränkt bleiben, bei denen auf die Anwesenheit von Menschen im Arbeitsbe-

reich der Maschine weitgehend verzichtet werden kann (wie z. B. 3-D-Betondruckmaschinen oder Abbruchroboter). Der allgemeine Trend geht eher in Richtung einer zunehmenden Teilautomatisierung einzelner Arbeitsschritte. Zum aktuellen Stand der Technik zählen bereits zahlreiche herstellereigenspezifische sowie auch herstellerübergreifende Assistenzsysteme (angeboten teilweise von Drittanbietern), die – meist im Zusammenspiel mit geeigneter Sensorik (etwa zur relativen Positionsbestimmung der Arbeitsgeräte) – dem Personen-

schutz, der Bedienerentlastung, der Prozessgenauigkeit sowie dem Maschinen- und Flottenmanagement dienen. Aktuelle Schwerpunkte von Forschung und Entwicklung sind dementsprechend die Evaluierung von Sensoren, die für den Bauprozess geeignet sind (Umfeldererkennung, Zustandserfassung von Erd- und Baustoffen etc.), und die Entwicklung von Algorithmen zur zuverlässigen Objekt- und Prozessklassifizierung sowie zur Maschinensteuerung.

die Schnittstellen zwischen den bereits vorhandenen Werkzeugen der digitalen Bauplanung (BIM etc.) und den Werkzeugen der digitalen, automatisierten Produktion (additive Fertigung, modulare/serielle Verfahren, Baumaschinen etc.) sind noch unterentwickelt. Über allem steht die Frage, welchen Beitrag die Digitalisierung zur nachhaltigeren Ausrichtung des außerordentlichen energie- und ressourcenintensiven Bausektors leisten kann. Hierfür ist neben der Implementierung von Digitalisierungs- und Automatisierungstechnologien auch die Entwicklung von zukunftsfähigen, CO₂-armen Bau- und Baustofftechnologien voranzutreiben, die einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft genügen. Insbesondere hinsichtlich CO₂-armer oder -neutraler Zemente steht die Baubranche vor großen Herausforderungen.

Angesichts des enormen, breit gefächerten Forschungsbedarfs erscheint neben einer Erhöhung der Fördermittel die Entwicklung einer ressortübergreifenden Forschungsstrategie sinnvoll, um die Ressourcen möglichst zielgerichtet einsetzen und Synergien nutzen zu können. Benötigt werden insbesondere langfristig orientierte Programme, die Folgeprojekte ermöglichen. Häufig erweist sich als ein Problem, dass die Förderung in der Regel deutlich vor der Marktreife eines Produkts endet und die erarbeiteten Lösungsansätze nach Abschluss eines Projekts nicht weiterverfolgt werden. Ein besonderes Augenmerk sollte darauf gelegt werden, dass sich neben größeren Konzernen auch KMU an den öffentlich geförderten Forschungs- und Entwicklungsprojekten beteiligen.

Die digitale Vernetzung der Bauwirtschaft entlang der Wertschöpfungskette scheitert derzeit auch daran, dass die infrastrukturellen Voraussetzungen nur unzureichend gegeben sind. So besteht z. B. ein Mangel an herstellerunabhängigen Datenportalen, über welche die auf der Baustelle anfallenden Maschinen- und Prozessdaten zwischen den Beteiligten ausgetauscht werden können. Viele Maschinenhersteller verfolgen hier proprietäre Lösungen, was den heterogenen Maschinenparks vieler Bauunternehmen nicht angemessen ist. Zudem sind die heute standardmäßig nutzbaren Kommunikationsnetze kaum geeignet, die anspruchsvollen Kommunikationsanforderungen ferngesteuerter Baumaschinen oder einer cloudgestützten Prozessführung zu erfüllen. Von Bedeutung für die Beschleunigung des Wohnungsbaus ist schließlich die Digitalisierung planungsrecht-

TAB-Arbeitsbericht Nr. 199

Innovative Technologien, Prozesse und Produkte in der Bauwirtschaft

Christoph Kehl, Matthias Achternbosch,
Christoph Revermann



Projektinformationen

www.tab-beim-bundestag.de/hightech-bau

Projektleitung und Kontakt

Dr. Christoph Kehl
+49 30 28491-106
kehl@tab-beim-bundestag.de

licher und bauaufsichtlicher Verfahren. Bei den laufenden Digitalisierungsbestrebungen der Baubehörden wäre von Beginn an möglichst darauf zu achten, dass die Verfahren konsequent BIM-kompatibel ausgerichtet werden, da dies eine zentrale Voraussetzung für die Schaffung einer durchgängigen digitalen Prozesskette ist.

Ohne Zweifel wird der digitale Wandel Zeit benötigen und die Forcierung der Technikentwicklung alleine nicht ausreichend sein, damit Innovationen letztlich auch in der Praxis ankommen. Hinsichtlich der Umsetzungsfähigkeit von Innovationen in der Bauwirtschaft ist stattdessen ein wesentlich erweiterter Blickwinkel notwendig, der auch Umweltgesichtspunkte, systemische Rahmenbedingungen und weiche kulturelle Aspekte einbezieht (Betriebsführung, Risikobereitschaft, Kommunikationskultur etc.). Angesichts der Kleinteiligkeit der Baubranche werden digitale Anwendungen letztlich nur dann erfolgreich sein, wenn sie den Anforderungen und Bedürfnissen der KMU gerecht werden. Diese sollten deshalb Gelegenheit haben, die Innovations- und Standardisierungsprozesse mitzugestalten. Dafür müssen entsprechende Strukturen geschaffen bzw. ausgebaut werden (z. B. regionale Kompetenz- und Demonstrationszentren, Informations- und Beratungsangebote, niederschwellige Fördermaßnahmen). Bei der Überführung von zielführenden und nachhaltigen Innovationen in die Praxis kommt vor allem dem Staat als großem Bauherren eine wichtige Vorbildfunktion zu.

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse seit 1990 in Fragen des wissenschaftlich-technischen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) im Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Zur Erfüllung seiner Aufgaben kooperiert es seit September 2013 mit dem IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH sowie der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH. Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung entscheidet über das Arbeitsprogramm des TAB, das sich auch aus Themeninitiativen anderer Fachausschüsse ergibt. Die ständige »Berichterstattergruppe für TA« besteht aus dem Ausschussvorsitzenden Kai Gehring (Bündnis 90/Die Grünen) sowie je einem Mitglied der Fraktionen: Dr. Holger Becker (SPD), Lars Rohwer (CDU/CSU), Laura Kraft (Bündnis 90/Die Grünen), Prof. Dr. Stephan Seiter (FDP), Prof. Dr. Michael Kaufmann (AFD), Ralph Lenkert (Die Linke).