

Individuelles Bauen mit industrieller Fertigung

Horst Wildemann
(UNIV.-PROF. DR. DR. H. C. MULT.)
Leiter des Forschungsinstituts für Unternehmensführung,
Logistik und Produktion der TU München und
Geschäftsführer der Unternehmensberatung TCW GmbH & Co. KG.
München, Deutschland



Individuelles Bauen mit industrieller Fertigung

1. Industriell und trotzdem individuell?

Die Nachfrage nach günstigem individuellem Wohnraum steigt. Eine Industrialisierung hat in der Baubranche bisher weitestgehend nicht stattgefunden. Die Herausforderung lautet, qualitativ hochwertigen, individuellen und gleichzeitig preiswerten Wohnraum in kurzer Zeit zu schaffen. Mit Hilfe industriellen Fließfertigung kann die Bauwirtschaft die Nachfrage termin- und budgetgerecht abdecken.

zwischen 185.000 bis 400.000 neue Wohneinheiten pro Jahr. So unterschiedlich die Bedarfsprognosen für Deutschland auch sein mögen, eines ist klar: Die öffentliche Hand ist nicht nur wegen des Zuzugs von Flüchtlingen derzeit ganz besonders darin gefordert, schnell Wohnraum zu schaffen, der günstig und menschenfreundlich ist. Bisher ist Bauen jedoch eher langsam und zumeist auch aufgrund von Qualitätsmängeln und Abstimmungsproblemen im Bauprozess teuer. Das ist schlecht für alle Bürger mit weniger üppigem Einkommen aber auch für den Staat. Dass Bauen teuer ist, liegt nicht nur an den hohen Grundstückspreisen in begehrten Ballungsräumen und an hohen Löhnen oder Materialkosten. Es liegt auch daran, dass in der Bauwirtschaft noch nach Prinzipien gearbeitet wird, die sich infolge des hohen Wettbewerbsdruckes keine andere Industriesparte mehr leisten könnte.

Das ginge längst anders. Der industrialisierte Hausbau nach dem Baukasten-Prinzip, bei dem in der Fabrik fertige Module zu Unikaten zusammengesetzt und direkt zur Baustelle transportiert werden, ist längst möglich. Es würde ähnlich funktionieren wie die Plattform-Strategie in der Autoindustrie, wo schon lange individuelle Fahrzeuge vom Band rollen, die zuvor am Computer konfiguriert worden sind.

2. Das Konzept

Was kann die Bauindustrie von der Automobilindustrie lernen? Das Erfolgsgeheimnis liegt in der Modulidee, mit der sich eine bestimmten Anzahl an Bauteilen entlang vordefinierter Verbindungsstellen miteinander kombinieren lassen. Das Verständnis der Modularisierung ist es, Schnittstellen so zu definieren, dass sich komplexe Produkte sinnvoll zerlegen und zu immer neuen Varianten zusammensetzen lassen. Die permanente Evolution durch Variation und Selektion strukturiert auch die Entwicklung und Produktion. Für die gleiche Funktion wird die beste erprobte Lösung eingesetzt. Grundsätzlich geht es um die Suche nach dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen. Diese Erkenntnisse und Erfahrungen können auf den Hausbau übertragen werden. Analog zur Automobilindustrie ist ein festgelegter Produktionsprozess notwendig, der unter industriellen Bedingungen und der Einhaltung höchster Qualitätsstandards stattfinden muss.



Abbildung 1: Produktionsprozess im modularen Hausbau

3. Der Konfigurator

Zu Beginn des Bauvorhabens steht die Gestaltung des Hauses mit Unterstützung eines Produktkonfigurators. Im Produktkonfigurator sind alle relevanten Modul- sowie Servicevarianten digital hinterlegt und können vom Kunden flexibel zu seinem individuellen Haus zusammengestellt werden. Der Einsatz eines Produktkonfigurators für den modularen Hausbau ermöglicht unterschiedliche Vorteile für den Kunden sowie für alle Beteiligten am Bauprojekt. Die visuelle Darstellung des Hauses beugt Missverständnissen zwischen dem Konstruierten und den Vorstellungen des Kunden vor. Somit können diese frühzeitig erkannt und beseitigt werden. Durch die transparente Preiskalkulation des Hauses kann der Kunde die voraussichtlichen Kosten mit dem ihm zur Verfügung stehenden Budget abgleichen. Bei Abweichungen können im Konfigurator schnell und übersichtlich Anpassungen vorgenommen werden.

Zur detaillierten Kostenkalkulation sind in Datenbanken Stücklisten und Konstruktionspläne im Produktkonfigurator hinterlegt. Die zur Verfügung stehenden Informationen sind nicht nur für den Kunden, sondern auch für den Modulproduzenten von Bedeutung, da dies die Basis für die Planung des Auftragsabwicklungsprozesses ist. Die direkte Anbindung an das Gebäudedatenmodellierungssystem (BIM) ermöglicht es, auf Daten aus unterschiedlichen Bereichen der Wertschöpfungskette, wie etwa der Haustechnik, in Echtzeit zuzugreifen. Das Gebäudedatenmodellierungssystem stellt somit ein Konzept dar, das als Daten- und Wissensplattform fungiert. Durch die direkte Anbindung an den Produktkonfigurator können Missverständnisse bereits in der Planungsphase erkannt und beseitigt werden. Nach Abschluss der Planungsphase können die produktionsrelevanten Daten direkt von der Produktion abgerufen werden. Das integrierte Datenmodell erlaubt nach der Finalisierung des Bauprojektes, dass entlang des gesamten Produktlebenszyklus weitere Parteien wie Servicedienstleister z.B. die bestehende Datenbasis nutzen.

4. Die industrielle Fertigung

Die Fertigung der Häuser erfolgt nach den Prinzipien der getakteten Fließfertigung in der Fabrik. Die industrielle Produktion wird unterteilt in die Fertigung der Wand-, Boden- und Deckenelemente sowie die Montage der Module. Die Wandelemente bestehen aus Stahlleichtbauprofilen, die gemeinsam mit den Gipsfaserplatten ein tragendes Wand-, Decken- oder Bodenelement ergeben. Je nach Anforderung des Elements ist dies entsprechend isoliert, beplankt und verputzt. In der industriellen Fließfertigung werden die Stahl-Leichtbau-Profile zu Rahmen geclincht und zunächst auf einer Seite mit vorkonfektionierten

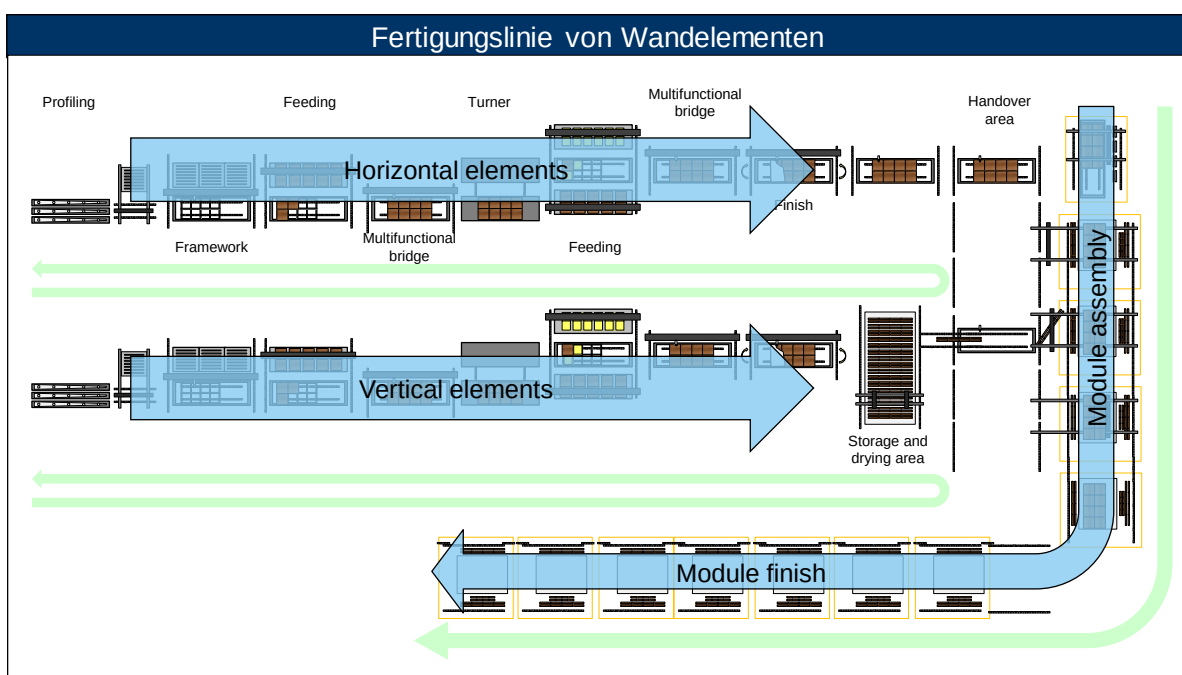


Abbildung 2: Fließfertigungslayout für Wandelemente

Gipsfaserplatten geschlossen. Anschließend wird das Isoliermaterial als Innenleben vollautomatisch eingeblasen und Leerrohre für Kabel und Zu- und Abwasser eingebracht. Danach wird das Element mit einer zweiten Schicht an Gipskartonplatten geschlossen. Je nach Typ des Elements werden etwa bei Fassadenelementen bereits Fenster eingebaut und Putz sowie der erste Anstrich aufgetragen. Alle Fertigungsschritte erfolgen dabei in einem kontinuierlichen Fluss. Die Hauptlinie ist getaktet, sodass Prozesse, die eine längere Bearbeitungszeit in Anspruch nehmen, in Vorarbeitsplätze parallelisiert werden. Auf diese Weise ist es möglich, die Elemente unter Berücksichtigung eines hohen Automatisierungsgrades sowie des Einsatzes von Just-in-Time zu fertigen. Durch die detaillierte Planung der einzelnen Prozessschritte wird die Qualität mit Hilfe von kontinuierlich mitlaufenden Quality-Gates überwacht und verbessert.

Die kostenoptimale Elementfertigung hat im Dreischichtbetrieb ein jährliches Produktionsvolumen von 225.000 m² Wohnfläche, was etwa 1.500 Einfamilienhäusern entspricht. In der Elementfertigung arbeiten pro Schicht 30 Mitarbeiter in der Produktion. Diese Kapazität erfordert ein Investitionsvolumen für Anlagen und Struktur von 13 Mio. EUR.

5. Die Modulmontage

In der Modulmontage werden die einzelnen Elemente zu Raummodulen montiert. Auf der Bodenplatte werden die Wandelemente in einem fließenden Prozess aufgestellt und die technischen Verbindungen für die Strom-, Gas- und Wasserkreisläufe geschlossen. Bei Küchen- oder Badezimmermodulen werden vorgefertigte Bausätze, die parallel gefertigt werden oder von einem Zulieferer Just-in-Sequence angeliefert werden, in den Modulen installiert. Anschließend wird das Modul mit dem Deckenelement geschlossen und die Finalisierung des Innenraums vorgenommen. Dabei werden die Bodenbeläge und die Innenwände eingesetzt und finalisiert. Just-in-Time und Just-in-Sequence Zulieferer haben in der Modulmontage separate Lagerflächen als Pufferzone, um die Bestellungen eines definierten Zeitraums vorzuhalten und zum richtigen Zeitpunkt an die Linie liefern zu können. In der Modulmontage kann so ein Vorfertigungsgrad von über 90 % realisiert werden. Danach wird in der Modulmontage eine 100 % Prüfung des Moduls vorgenommen. Auf Basis einer detaillierten Checkliste prüft der Mitarbeiter die vorgegebenen Punkte ab und gibt das Modul nach Abschluss eventueller Nacharbeiten für den Transport frei. Für den Transport auf die Baustelle und zum Schutz vor externen Witterungseinflüssen bei der Zwischenlagerung wird das Modul mit einer Schrumpffolie verpackt.

Für die Modulmontage mit einer Kapazität von 12.500 Modulen und 225.000 m² Wohnfläche pro Jahr im Dreischichtbetrieb ist eine Investition von insgesamt 7 Mio. EUR erforderlich, die sich in Anlagen- und Strukturinvestitionen aufteilen. Für den Betrieb der Modulmontage werden 20 Mitarbeiter in Montage und Intralogistik benötigt. Die Kapazität der Modulmontage ist flexibel an die Anforderungen der Region anzupassen. Märkte mit einer Entfernung über 400 km lassen sich über Satelliten-Montagen bedienen, die näher am Bauplatz liegen. Bei größeren Entwicklungsprojekten kann eine temporäre Modulmontage erstellt werden, die nach Fertigstellung des Projektes ab- und an anderer Stelle wieder aufgebaut wird.

6. Ablauf der Baustelle

Die vorgefertigten Module werden auf der Baustelle zusammengesetzt. Mit speziellen vor-kommissionierten Bau-stellencontainern lassen sich Bereitstell- und Handlingzeiten der benötigten Hilfsmaterialien reduzieren. Neben den Materialcontainern werden noch weitere Container für die Strom- und Druckluftherzeugung sowie den Leitstand für den Projektkoordinator aufgestellt, um eine effiziente Arbeit auf der Baustelle zu gewährleisten. Durch den hohen Standardisierungsgrad der Module können hausspezifische Arbeitsanweisungen mit detaillierten Prozessbeschreibungen und geplanten Montagezeiten auf der Baustelle ausgegeben werden. Die Steuerung auf der Baustelle erfolgt über den Projektkoordinator, der Aufgaben an die jeweiligen Gewerke wie etwa Klempner, Elektriker, Bodenleger und Sanitärtechniker, soweit noch erforderlich, verteilt. Neben dem Projektkoordinator sind zu jedem Zeitpunkt vier Mitarbeiter der unterschiedlichen Gewerke auf der Baustelle. Die Gewerke müssen so koordiniert werden, dass ein reibungsloser Ablauf

ohne Leerzeiten ermöglicht wird. Bevor der Bau des Hauses erfolgt, werden die entsprechenden Vorarbeiten wie das Fundament sowie die Grundstücksvorbereitungen finalisiert. Um den störungsfreien Ablauf aller Arbeitsschritte zu gewährleisten, ist eine sequenzgenaue Anlieferung des Baustellenmaterials wichtig, sodass die Zwischenlagerung der Module auf der Baustelle entfällt. Für die Hebevorrichtung der Module auf der Baustelle kommt ein Greifarm zum Einsatz, der die Prozesszeit wesentlich verkürzt. Die Erfassung und Zuteilung der Module auf der Baustelle erfolgt über RFID-Systeme, wodurch sich die Montagearbeiten der Module bei einem Einfamilienhaus auf einen Tag reduzieren lassen und das 24 Stunden Haus zur Realität wird. Bei einer Core-&-Shell-Bauweise (ohne Innenausbau, aber inklusive Rohmontage von Zu- und Abwasser, Elektrizität, Heizung und Lüftung) werden die restlichen Arbeitsschritte innerhalb von drei bis vier Tagen abgeschlossen. Dazu zählen die Maler- und Verputzarbeiten der Außenfassade, die finalen Bodenbeläge und Anstriche der Wände sowie die Finalisierung der Inneneinrichtung.

7. Wirtschaftliche Effekte

Die Anwendung der Modularisierungsprinzipien und industrieller Prozessabläufen ermöglicht eine Herstellkostensenkung von bis zu 70 % gegenüber der konventionellen Bauweise. Eine hohe Standardisierung und abgestimmte Prozesse unter kontrollierten Produktionsbedingungen in der Fabrik und der Planung, führen zu einem stabilen, hohen Qualitätsniveau. Es gilt das Prinzip: Die richtigen Dinge korrekt tun und dies bereits beim ersten Mal. Bauprojekte werden so um 74 % schneller abgewickelt. Langwierige Abstimmungsprozesse mit unterschiedlichen Gewerken sowie aufwändige Nachbesserungsarbeiten gehören beim industriellen Bauen der Vergangenheit an (zurzeit werden etwa 70 % der Zeit auf der Baustelle nicht wertschöpfend genutzt). Hieraus ergeben sich auch volkswirtschaftliche Effekte: Im Durchschnitt werden in Deutschland rund 26 % des monatlichen Einkommens für das Abbezahlen der Wohnung oder Mietaufwendungen inklusive der Nebenkosten wie Wasser, Strom und Heizung aufgewendet. Die Wohnkosten gelten als die größte monatliche Belastung eines Durchschnittshaushalts. Für den Kunden bietet der modulare Hausbau die Möglichkeit, die monatlichen Wohnkosten um bis zu 50 % zu reduzieren. Diese Einsparung setzt beim Hausbauer Einkommensanteile von rund 13 % für eine alternative Verwendung frei. Das deutsche Sprichwort, „Wer bauen will, muss zwei Cent für einen rechnen“, ist damit endgültig überholt.

Autoren



Horst Wildemann
(UNIV.-PROF. DR. DR. H. C. MULT.)

ist Leiter des Forschungsinstituts für Unternehmensführung, Logistik und Produktion der TU München und Geschäftsführer der Unternehmensberatung TCW GmbH.

Manfred Grundke

ist Geschäftsführender Gesellschafter der Unternehmensgruppe Knauf.