

**Bezahlbarer Wohnraum  
durch  
modulares und serielles Bauen**

Manfred Grundke  
(Herausgeber)

Manfred Grundke (Hrsg.)

**Bezahlbarer Wohnraum durch modulares und serielles Bauen**

Copyright by TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, 2017

1. Auflage 2017

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie:

Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

**Grundke, Manfred (Hrsg.):**

**Bezahlbarer Wohnraum durch modulares und serielles Bauen**

1. Auflage

München: TCW Transfer-Centrum, 2017

ISBN: 978-3-941967-94-6

Verlag:

TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, München

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung in fremde Sprachen, sind dem Verlag vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form, auch nicht zum Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden.

## VORWORT

Der Wohnungsmangel und die damit zusammenhängenden Mietpreise machen es für Menschen in Städten immer schwerer, an bezahlbaren Wohnraum zu gelangen. Die konventionelle Bauweise kann mit einer stagnierenden Produktivitätsrate dieses Wohnungsdefizit nicht beheben. Die geringe Integration der Wertschöpfungskette, der fehlende gewerkeübergreifende Informationsaustausch sowie die instabile Qualitätssicherung bei Bauvorhaben verstärken diesen Effekt. Der modulare und serielle Hausbau bieten einen Ansatz, um diese Herausforderungen in der Bauindustrie zu beheben, aber dennoch eine hohe Individualität bei der Hausplanung zu gewährleisten. Die Planung des Hauses an einem Produktkonfigurator, die industrielle Produktion sowie der standardisierte Aufbau der Raummodule ermöglichen somit, die Faktoren Kosten und Zeit signifikant zu senken sowie die Qualität der Bauprojekte zu erhöhen. In diesem Buch werden verschiedene Themenbereiche von der Energieeffizienz über die organisationalen Herausforderungen und dem Controlling in Bezug auf den modularen und seriellen Hausbau diskutiert.

Zur Erstellung des Buches geht mein herzlicher Dank an die Autoren Dr. Tobias Engelmeier, Univ.-Prof. Dr. Gunther Friedl, Univ.-Prof. Dr. Isabell Welpé sowie Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Horst Wildemann.

München, im März 2017

Manfred Grundke



**Manfred Grundke,  
Geschäftsführender  
Gesellschafter der  
Unternehmensgruppe  
Knauf**

## **INHALTSVERZEICHNIS**

**Problemstellung.....6**

*Manfred Grundke; Horst Wildemann*

**Der Wohnungsnot mit industriell gefertigten Raummodulen  
begegnen.....14**

*Manfred Grundke, Horst Wildemann*

**Häuser aus dem Baukasten.....21**

*Manfred Grundke, Horst Wildemann*

**Individuelles Bauen mit industrieller Fertigung .....28**

*Manfred Grundke, Horst Wildemann*

**Das 24-Stunden-Haus – Baustellenorganisation für den  
modularen Hausbau.....37**

*Manfred Grundke, Horst Wildemann*

**Digitalisierung, Hybridbauweise und Nachverdichtung .....42**

*Manfred Grundke, Horst Wildemann*

**Klimafreundliche Häuser vom Fließband.....51**

*Tobias Engelmeier, Manfred Grundke*

**Energieeffizienz durch modulares Bauen.....57**

*Tobias Engelmeier, Manfred Grundke*

**Herausforderungen des Controllings im modularen  
Hausbau .....86**

*Gunther Friedl, Manfred Grundke*

---

<b>Organisationale Herausforderungen im modularen Hausbau .....</b>	<b>100</b>
<i>Manfred Grundke, Isabell Welp</i>	
<b>Stahl-Leichtbau mit modernen Baustoffen .....</b>	<b>141</b>
<i>Manfred Grundke, Horst Wildemann</i>	
<b>Markthemmnisse der modularen Stahlleichtbauweise.....</b>	<b>161</b>
<i>Manfred Grundke, Horst Wildemann</i>	
<b>Die Autoren.....</b>	<b>165</b>
<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>170</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>173</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>176</b>

## Problemstellung

*Manfred Grundke; Horst Wildemann*

Die kontinuierlich steigende Bevölkerung und die zunehmende Urbanisierung, vor allem in den aufstrebenden Nationen wie Indien, China, Russland und Brasilien sowie Südostasien, führen zu einem weltweit steigenden Bedarf an günstigem Wohnraum in Ballungszentren. Seit 2010 wohnt mehr als die Hälfte und bis 2050 mehr als 70 % der gesamten Bevölkerung in Städten. Dabei ist neben der Verstädterung auch der Bevölkerungsanstieg zu berücksichtigen. Die städtische Bevölkerung wird bis 2050 um 3 Mrd. auf über 6,4 Mrd. steigen. Dies entspricht einem Zuwachs von mehr als 70 Mio. Einwohnern pro Jahr in Städten. In hochindustrialisierten Ländern wie Deutschland ist dabei mit einem leichten Anstieg der städtischen Bevölkerung zu rechnen, so dass dieser Bevölkerungsanstieg vor allem die Ballungszentren in den aufstrebenden Nationen in Asien, Südamerika und Russland trifft (vgl. WHO 2014; Grundke/ Wildemann 2016a). Die zunehmende Urbanisierung und der Bevölkerungsanstieg sind zentrale Einflussfaktoren auf die Nachfrage nach Wohnraum. Insbesondere in urbanen Regionen in Deutschland steigt die Nachfrage nach bezahlbarem Wohnraum stetig (vgl. Tichelmann/ Groß 2015). Neben der Nachfrage an Wohnraum erhöhte sich in den letzten Jahren auch die benötigte Wohnfläche pro Kopf, obwohl die Bevölkerungszahl in Industrienationen nicht signifikant gestiegen ist (vgl. Broitman/ Koomen 2015). Der Flächenbedarf kann nur bedingt dadurch befriedigt werden, dass die Stadtfläche in horizontale Richtung vergrößert wird, da entsprechende Flächen nicht zur Verfügung stehen oder eine exzessive Ausweitung von bebauten Flächen nicht gewünscht ist. Der Staat versucht durch Regulierungsmaßnahmen die

Erschließung neuer Bebauungsflächen abzuschwächen, wodurch der Druck für Lösungen zur Nachverdichtung von bereits erschlossenen Flächen ansteigt. Dies hat zur Folge, dass die Nachverdichtung in Städten zunehmend an Bedeutung gewinnt (vgl. Grundke/ Wildemann 2016f). Neben den demografischen und gesellschaftlichen Einflussfaktoren sind auch ökonomische Einflussfaktoren wie die Einkommensentwicklung und die Einkommensverteilung zentrale Faktoren. In den aufstrebenden Nationen besteht vor allem Bedarf an günstigem Wohnraum. Aktuelle Projekte im Siedlungsbau zeigen jedoch, dass der konventionelle Hausbau in diesen Regionen an seine Grenzen stößt. Durch entsprechende Nachverdichtungskonzepte ist es möglich, diese Situation zu beherrschen (vgl. Broitman/ Koomen 2015). Die Analyse von Großprojekten, bei denen mehr als 1.000 Wohneinheiten pro Jahr aufgebaut werden, zeigt, dass die Herausforderungen des konventionellen Bauens neue Methoden und Konzepte erfordern. In der Praxis bestehen insbesondere bei Großprojekten die Herausforderungen in Bezug auf die Leistung der Vertragspartner und der Lieferanten (vgl. Abbildung 1). Bei der Auswahl der Lieferanten fehlt es oft an einer umfassenden Leistungsanalyse, ob diese in der Lage sind, alle Anforderungen zu erfüllen. Gerade bei Großprojekten ist die Auswahl des günstigsten Vertragspartners nicht immer die langfristig beste Lösung. Auch fehlt es in vielen Regionen an qualifiziertem Fachpersonal, sodass die Vertragspartner oftmals schlecht ausgebildetes Personal und mangelnde Erfahrung mit Großprojekten aufweisen. Ein unzureichendes Projektmanagement unter den Vertragspartnern und die fehlende Abstimmung mit den anderen beteiligten Gewerken führen zu Verzögerungen im Projektablauf. Die Verspätungen werden oftmals noch ausgeweitet, da der Bauträger die Fortschrittszahlungen nicht pünktlich auszahlt und Subunternehmer Liquiditätsprobleme bekommen. Es fehlt also bei dieser Art an Groß-

projekten oftmals an einem übergreifenden Management und an Fachkräften (vgl. Albogamy 2012). Neben den Herausforderungen im Projektmanagement und in der Zusammenarbeit mit den Subunternehmern, die in über 70 % der Projekte Auslöser für kostenintensive Verzögerungen im Projekt sind, sind insbesondere auch die Witterungsbedingungen und die damit eng verknüpften Qualitätsprobleme Gründe für die Verzögerung von Bauvorhaben (vgl. Grundke/Wildemann 2015b).

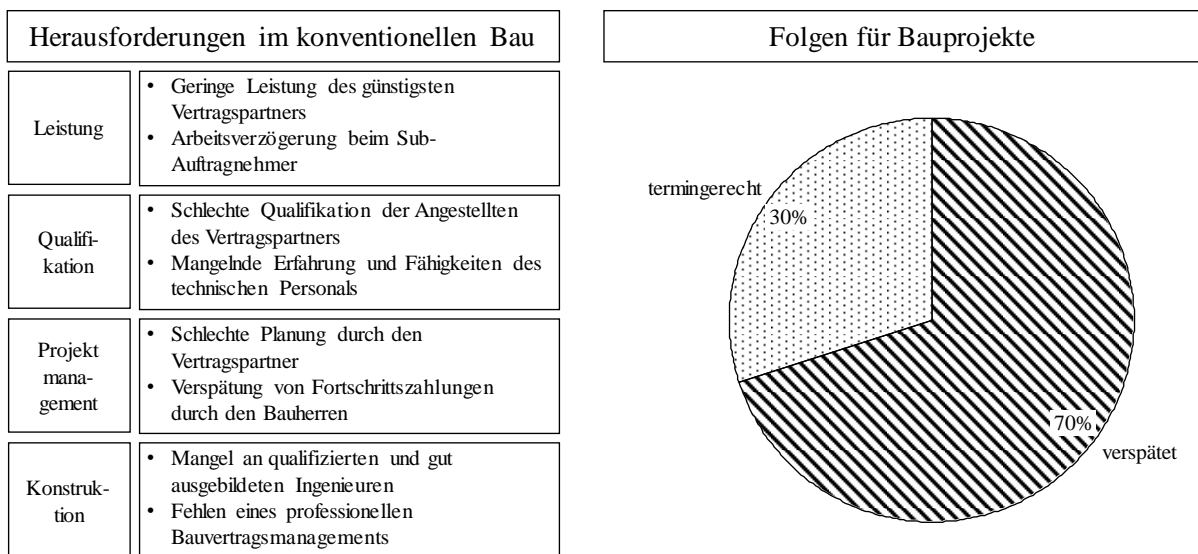


Abbildung 1: Hindernisse im Wohngebäudebau

Extreme Witterungsbedingungen verhindern, dass Projektpläne eingehalten werden können. So können zum Beispiel zu hohe Umgebungstemperaturen dazu führen, dass der Beton zu schnell trocknet und brüchig wird. Diese Qualitätsmängel sind im Nachhinein schwer zu beheben und verlängern in der Regel die Projektlaufzeit. Darüber hinaus besteht in vielen Regionen eine Knappheit wichtiger Ressourcen wie Wasser und Sand, die für den Bau benötigt werden. Gerade in heißen Regionen muss der Beton mit viel Wasser gemischt und gekühlt werden. Ebenso ist der Bausand in diesen Regionen aufgrund der hohen Nachfrage eine knappe Ressource, die die Kosten für den Beton beeinflusst. Diese beispielhaft genannten Umstände können



dazu führen, dass mit der konventionellen Bauweise oftmals die prognostizierten Kosten- und Zeitziele nicht erreicht werden und die Qualität beim Hausbau mangelhaft ist. Neben diesen praktischen Herausforderungen bei Großprojekten spielen steigende Kundenerwartungen, zunehmende Individualisierungsansprüche in der Architektur und vielfältigere Ausstattungen von Wohnraum im Hausbau eine immer wichtiger werdende Rolle. Weitere Herausforderungen für den Wohnungsbau, insbesondere in der Nachverdichtung, sind die veränderten Wohnformen, das stärkere Bewusstsein für Energieeffizienz sowie Nachhaltigkeitsstandards – von der Baustoffauswahl bis zum Energiekonzept (vgl. Streck 2011). Ähnliche Trends im Kunden-, Markt-, Wettbewerbs- und Technologieumfeld haben auch in anderen Branchen wie in der Automobilindustrie und im Maschinen- und Anlagenbau zu wachsender Komplexität in der globalisierten Welt geführt. Das Konzept der Modularisierung stellt auch beim Hausbau eine Antwort auf diese Komplexität dar, die in anderen Branchen vielfach durch systematische Modularisierung bewältigt wird und damit zu einem Wettbewerbsvorteil geworden ist, da Skaleneffekte fast unabhängig von den Stückzahlen ermöglicht werden (vgl. Wildemann 2014a). Die modulare Gestaltung von Produkten und Produktprogrammen ist zum Erfolgsfaktor für viele Unternehmen geworden, um den widersprüchlichen Zieldimensionen zwischen Standardisierung und Individualisierung sowie Stabilität und Flexibilität gerecht zu werden. So kann ein Optimum im klassischen Dreieck zwischen Zeiteffizienz, Kosteneffizienz und Qualitätssteigerung bei gleichzeitiger Flexibilität erzielt werden (vgl. Wildemann 2014b). Die Modularisierung stellt dabei eine Aufteilung einer bestehenden Produktarchitektur dar, die nach bestimmten Kriterien gebildet wird sowie physisch trennbare Einheiten aufweist und eindeutig spezifizierte Schnittstellen aufzeigt. Dabei geht es um die Suche nach dem

kleinsten gemeinsamen Vielfachen. Module müssen drei Gestaltungsprinzipien folgen (vgl. Abbildung 2). Sie müssen so ausgebildet sein, dass sie weitgehend eigenständig bestimmte Funktionen erfüllen (1. Modularisierungsprinzip: Unabhängigkeit). Module müssen im Gesamtprodukt als System mit anderen, unabhängigen Modulen optimal zusammenwirken (2. Modularisierungsprinzip: Integrität).

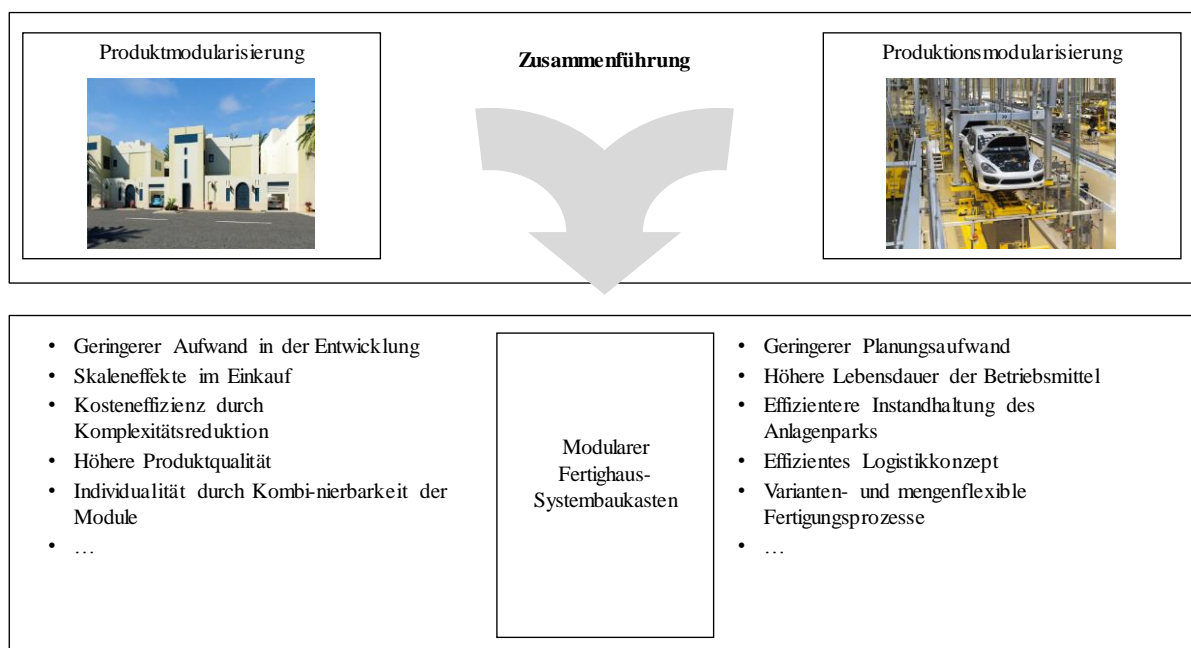


Abbildung 2: Zusammenführung von Produkt- und Produktionsmodularisierung

Das Gesamtsystem muss weiter zerlegbar sein. Durch einheitliche Schnittstellen wie bei Lego-Bausteinen werden Module austauschbar und bestimmte Komponenten können beliebig zu neuen Produkten kombiniert werden (3. Modularisierungsprinzip: Dekomposition; vgl. Wildemann 2014b). Ein Lösungsansatz zur Modularisierung in der Bauindustrie stellt der System- und Fertighausbau mit industrieller Vorfertigung dar. Eine Fragestellung befasst sich mit der Anwendbarkeit der Modularisierungsprinzipien im Hausbau und der Adaptierbarkeit der Konzepte aus anderen Branchen. Um eine effiziente Serienproduktion im Wohnungs- und Siedlungsbau gewährleisten zu

können, gilt es, Hausbaumodule so umfangreich wie möglich bereits vorinstalliert auszustatten, inklusive sämtlicher statischer Tragwerksfunktionen, integrierter Schall- und Wärmedämmung, Fenstern, Fasadenelementen und weitgehend auch vorinstallierter Innenausstattung wie Sanitär- und Küchenelementen sowie schließlich der Montage zu einem transportfähigen Raummodul (vgl. Wimmer 2009). Module im Hausbau stellen also eine Weiterentwicklung der bereits verbreiteten Raumzellen hin zu komplett funktionsfähigen Einheiten dar, die auf den Baustellen keine statischen Rahmenwerke benötigen (vgl. Lessing 2006). Solche selbsttragenden Module ermöglichen Vorfertigungsgrade von über 80 % und bieten somit effiziente Möglichkeiten im Siedlungsbau (vgl. Staib et al. 2008a). Die industrielle Vorfertigung ermöglicht es, die schwer kontrollierbaren Prozesse auf der Baustelle in einer Fabrik zu zentralisieren und zu überwachen. Um nachhaltige Quantensprünge in der Industrialisierung realisieren zu können, ist es allerdings erforderlich, weit über die bisher verbreiteten Konzepte des System- und Fertighausbaus hinauszugehen. Der Industrialisierungsgrad ist von der Verwendung und Errichtung von Rahmenwerken und Paneelen auf den Baustellen sowie von vorgefertigten Teilsystemen und Komponenten, hin zur industriellen Fertigung und vor allem zur permanenten Reproduzierbarkeit kompletter Hausmodule weiter zu entwickeln (vgl. Björnfort 2006). Ferner ist die Frage zu beantworten, welche Modularisierungsprinzipien aus der Produktion aus anderen Branchen auf die industrielle Vorfertigung von Hausmodulen übertragen werden können. Hierbei werden Analogien für die Endmontage der Automobilproduktion untersucht, um sie auf den modularen Hausbau zu übertragen. Die Endmontage findet hier unter stark variierenden Bedingungen auf Baustellen statt. Für die Wertschöpfung bedeutet dies, dass mit steigendem Vorfertigungsgrad der Entkopplungspunkt zwischen industrieller Herstellung

von Modulen in einer Fabrik und Montageschritten auf den Baustellen möglichst weit nach vorne in der Wertschöpfungskette gelegt werden muss (vgl. KIT 2006). Weitere Aspekte sind die Definition von einheitlichen Schnittstellen und die Ausgestaltung eines modularen Hausbaukastens inklusive standardisierter Haustechnik und Infrastrukturanschlüssen. Hierbei ist zu diskutieren, welche Ansätze aus anderen Branchen übertragbar sind und welche Besonderheiten und Hindernisse in der Bauindustrie berücksichtigt werden müssen. Elektroleitungssysteme und international genormte Bussysteme lassen sich ebenso vorkonfektionieren und mit Schnellverbindertechnologien zusammenfügen wie modulare Kombi-Installationskerne für Sanitär-, Heizungs- und Lüftungstechnikanschlüsse in Bad- und Küchenbereichen (vgl. Prochiner 2006). Auf den Baustellen müssen durch Plug-and-Play noch die finale Endmontage des kompletten Moduls mit Fixierung auf dem Fundament, die Anschlüsse sämtlicher Installationen an die umgebende Infrastruktur und die Endfertigung, vor allem mit dem Dachaufbau, vorgenommen werden. Dabei sind standardisierte Normen für alle Funktionalitäten und Elemente eines Moduls sowie für sämtliche Schnittstellen und Verbindungen zu definieren und einzuhalten (vgl. Johnsson et al. 2013). Dies gelingt mit Hilfe eines modularen Baukastens für den Hausbau, ähnlich den modularen Produktbaukästen in der Automobilindustrie, die aufgrund einer strikten Standardisierung der einzelnen Grundelemente dennoch eine große Gestaltungsvielfalt hinsichtlich des äußeren Designs der Gebäude ermöglicht (vgl. Björnfort/ Stehn 2007). Ein Schlüssel zum Erfolg im Siedlungsbau stellt auch eine intelligente Ausrichtung des modularen Hausbaukastens dar, um einen optimalen Mix zwischen den grundsätzlichen Konstruktionsextremen kompletter Fertigbausysteme gewährleisten zu können (vgl. Lessing 2006). Dieser Mix ist, je nach Projekt, unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Anforder-

rungen ausgesetzt, die auch infrastrukturelle Aspekte und Lieferketten in der Nähe der Baustellen berücksichtigen müssen. Es gilt zu belegen, wie mit Hilfe des Ansatzes eines modularen Hausbaukastens hochqualitative Wohneinheiten effizient und kostengünstig in industrieller Serienfertigung hergestellt werden können – bei gleichzeitiger Berücksichtigung eines hohen Individualisierungsgrads und flexibler Ausstattungen von Wohnmodulen gemäß individuellen Kundenwünschen (vgl. Kamar et al. 2011).