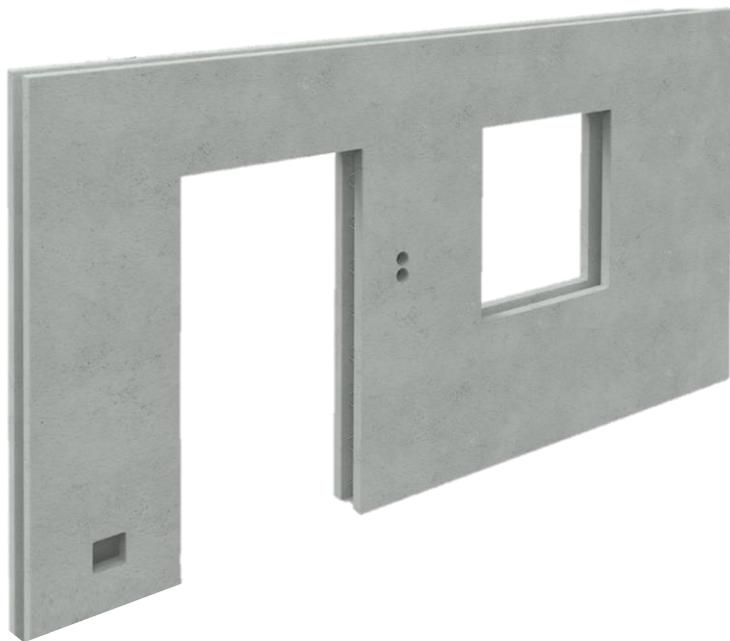


PREFAB-Elemente im mehrgeschoßigen Wohnbau

Marktanalyse und kommunale Perspektiven

Studie 2021





Mainland Economic Consultants GmbH
Hietzinger Hauptstraße 145, 1130 Wien

[T] +43 1 7109036-0
[F] +43 1 7109036-36
[E] office@mainland.at
[W] mainland.at mainland-labs.com

Member of ISEAPA
International Society for Efficiency and Productivity Analysis

Mag. Ronald F. Scheucher
Managing Partner/Geschäftsführer

[T] +43 1 7109036-30
[M] +43 676 5087908
[E] ronald.scheucher@mainland.at





Vorwort

Wohnbau bzw. die Bereitstellung von leistbarem und qualitativ hochwertigem Wohnraum ist eine der Prioritäten moderner Kommunalpolitik. Speziell die fortschreitenden Urbanisierung bzw. die interregionale und internationale Migration in die Ballungsräume fordert hier Initiativen in der Entwicklung der lokalen Kapazitäten. Die Politik steht in diesem Zusammenhang vor großen Herausforderungen, die nach grundsätzliche Entscheidungen und neuen Strategien verlangen.

Große Bedeutung kommt hier der Steigerung der Bauleistung zu. Dies verlangt einmal neue Lösungen im Bereich der Projektfinanzierung, aber auch neue Denkansätze in der Bauphilosophie. Serielles Bauen, das Errichten von Gebäuden in industrieller Bauweise und auf Basis eines ausgewählten Typenkatalogs, kann hier Lösungen entlang der Dimensionen Baukosten, Bauzeiten und auch Qualität liefern. Ein entscheidendes Element im Rahmen entsprechender Strategien ist dabei der extensive Einsatz vorgefertigter Bauteile (PREFAB-Bauelemente) im Rahmen kommunaler bzw. öffentlich geförderter Bauprojekte.

Die vorliegende Studie beschreibt die aktuelle Stellung von Fertigteilen im heimischen Markt und analysiert ihr Potenzial als Alternative zu traditionellen Bauweisen. Wir betrachten die volkswirtschaftlichen Effekte der entsprechenden Substitutionsprozesse und grenzen die notwendigen Veränderungen ab, die das aktuelle System auf Seite der Bauwirtschaft und auf jener der Politik durchlaufen muss, um die Vorteile der Vorfertigung von Bauteilen zu realisieren.

Die Autoren dieser Studie konnten im Rahmen der Arbeiten auf den Erfahrungsschatz und den Rat der Experten aus dem Bereich der Wohnbaupolitik, der Bauwirtschaft, der Fertigteilindustrie, der Architektenschaft, der Maschinenbauindustrie, der Forschungseinrichtungen und Interessenvertretungen vertrauen. Wir wollen uns an dieser Stelle explizit für die Unterstützung im Rahmen unseres Projekts bei den folgenden Kollegen bedanken:

DI Dr. Kurt Puchinger (Büro STR Kathrin Gaál), Mag. Dr. Georg Fellner (MA50/Wohnbauforschung), DDipl.-Ing. Daniel Glaser (MA50), VL Thomas Ditz (Franz Oberndorfer GmbH & Co KG), BL Prok. Anton Glasmair (MISCHEK Systembau GmbH), Dr. Martin Hirsch (Statistik Austria), GL DI Tobias Koller (Redbloc Ziegelfertigteilsysteme Gesellschaft m.b.H.), GF Dr. Robert Korab (raum und kommunikation GmbH), Mag. Dieter Lechner (WKO, Fachverband Holzindustrie), GF Mag. Thomas Mühl (Verband Österreichischer Beton- und Fertigteilwerke), VL Wolfgang Müller (Weckenmann Anlagentechnik GmbH & Co. KG), BL DI Sylvia Polleres (Holzforschung Austria - Österreichische Gesellschaft für Holzforschung), Dipl.-Ing. Norbert Prommer (Verband Österreichischer Ziegelwerke), GF Dipl.-Ing. Peter Scherer (WKO, Geschäftsstelle Bau der Bundesinnung und des Fachverbandes der Bauindustrie), Dipl.-Ing. Christian Schinko (Bauwirtschaftliche Beratung GmbH), VL Prok. Ewald Unterweger (PORR AG), Dr. Margaretha Zeller (Statistik Austria).

Mag. Ronald Scheucher
Managing Partner



Inhaltsangabe

Management Summary 6 / 7

A Einleitung 8

B Fertigteile in der Bauwirtschaft 11

- 1 Das Phänomen Fertigteil 11
- 2. Die industrielle Produktion von Fertigteilen 11
- 3 Modernes Projektmanagement und Bauwerksdatenmodellierung 13
- 4 Kostenaspekte von Fertigteilen 14
 - 4-1 Produktionskosten 14
 - 4-2 Einbau und Montage 16
- 5 Vor- und Nachteile von Fertigteilen – Ein Überblick 17

C Marktpotenziale von Fertigteilen 19

- 1 Aktuelle Marktsituation 19
- 2 Abgrenzung des Marktpotenzials 20
 - 2-1 Der Baukostenindex 21
 - 2-2 Modellierung 23
 - 2-3 Ergebnisse 25
 - 2-4 Fallbeispiel Wien 28
- 3 Potenziale einzelner Baustoffe 30
 - 3-1 Beton 30
 - 3-2 Ziegel 33
 - 3-3 Holz 34

D Volkswirtschaftliche Analyse 37

- 1 Modellierung 37
- 2 Ergebnisse 39
- 3 Beschäftigung und Bauwirtschaft 41

E Eine neues Bauen 43

- 1 Standardisierung 43
- 2 Industrielles und serielles Bauen 44
 - 2-1 Standardisierung und Vielfalt 44
 - 2-2 Bausysteme 45
- 3 Fallbeispiel SMAQ-Max 47

F Empfehlungen 48

Literaturverzeichnis 52



Abbildungsverzeichnis

Abb.1	Fertigteilproduktion am Beispiel Beton	12
Abb.2	BIM und Bauwirtschaft	13
Abb.3	Kostendimensionen von Fertigteilen	14
Abb.4	Die Relevanz von Transportkosten	15
Abb.5	Nutzen von Fertigteilen (Survey)	18
Abb.6	Vor-/Nachteile von Fertigteilen	18
Abb.7	Erlösentwicklung Baustoff & Fertigteil	19
Abb.8	Baukostenindex 2020 – Kostenanteile (Gewichte) nach Leistungsgruppen	22
Abb.9	Modellierungsergebnisse (stilisiert)	26
Abb.10	Präfabrikation von Bauteilen im Wohnbau: Markt- und Einsparungspotenziale	27
Abb.11	Projektkosten im Wiener Wohnbau	28
Abb.12	Monetäre Effekte des extensiven Einsatzes von Fertigteilen. Der Fall Wien.	29
Abb.13	Einsatz von Betonprodukten im Baugeschehen	32
Abb.14	Einsatz von Ziegelprodukten im Baugeschehen	34
Abb.15	Einsatz von Holzprodukten im Baugeschehen	36
Abb.16	Mehrgeschoßiger Wohnbau in Wien 2011-2020: Multiplikatoren	39
Abb.17	Mehrgeschoßiger Wohnbau in Wien 2011-2020: Effekte	40
Abb.18	Beschäftigungsdynamik in der österreichischen Bauwirtschaft	42
Abb.19	Neues Bauen	45
Abb.20	SMAQ-Gebäudestruktur	47
Abb.21	Ökonomischer Vergleich von Bauweisen im Wohnbau (stilisiert)	48



Management Summary

Der extensive Einsatz von vorgefertigten Bauelementen im Rahmen einer Strategie des industrialisierten und seriellen Bauens bietet große Chancen für den sozialen Wohnbau in Wien. Höhere Bauleistungen und Bauraten, und kürzere Bauzeiten bringen ein beträchtliches Einsparungspotenzial im Bereich der Baukosten und die Chance auf eine deutlich höhere Produktion.

Umgelegt auf die sozialen Wohnbauprojekte in Wien der letzten 10 Jahre (6,3 Mrd. Euro) bedeutet dies:

- 2,5 Mrd. Euro an Bauleistungen, die durch Fertigteile ersetzt werden könnten
- 1 Mrd. Euro an eingesparten Baukosten, die in den sozialen Wohnbau reinvestiert werden können

Durch die kürzeren Bauzeiten (bis zu 40%) können Flächen auch deutlich früher zur Vermietung kommen und damit auch früher zur Refinanzierung der Investitionen beitragen.

Die neue Bauweise hat deutliche Auswirkungen auf die Beschäftigung in der Bauwirtschaft. Allerdings wird erwartet, dass durch die besondere Schichtung der Arbeitskräfte am Bau (großer Ausländeranteil), der Großteil der Effekte außerhalb des heimischen Arbeitsmarktes anfällt.

Das größte Potenzial im Bereich Fertigteile haben in der Zukunft die Baustoffe Beton und Holz bzw. Verbundstoffe aus Holz und Beton. Die Aktivierung des vollen Potenzials wird aktuell von zu geringen Produktionskapazitäten auf Seite der Fertigteile-Industrie behindert.

Neue Bauweisen, Gebäudetypologien und standardisierte Industrieprodukte können den Output im mehrgeschoßigen Wohnbau deutlich erhöhen und damit der Kommune helfen, die großen Herausforderungen der Zukunft zu bewältigen. Wichtige Voraussetzung für den Erfolg ist dabei eine enge institutionalisierte Kooperation aller Stake-Holder im sozialen Wohnbau, von den Finanziers und Auftraggebern, über die Planer und die Industrie bis hin zu den Bauunternehmen.



Management Summary

The extensive employment of prefabricated elements as part of a strategy of industrialized and serial building offers a big opportunity for social housing in Vienna: Cutting down on construction costs through increases in performance and higher building rates and output.

In relation to construction volumes in Vienna's social housing sector of the last 10 years (6,3 Bill. Euros) this translated into

- 2,5 bill. Euros (40%) worth of prefabrication potential still to be activated
- 1 bill. Euros (16%) of potential savings that could be reinvested into social housing

Shorter construction times (reduction up to 40%) also make it possible to rent out tenements earlier and to faster refinance the investment

The new mode of construction will have significant impact on employment in the industry. Still, one can expect, taking into account the specific structure of employees (the majority being foreign), that the domestic labor market will not suffer the full effects.

The highest potential in the area of prefabricated elements will show with materials such as concrete or wood, or composites of the two. Currently, activation might be hindered by low production capacities in the industry.

New modes of construction, building types and standardized industrial products can boost the output in the area of housing helping the city taking on the big challenges of the future. Prerequisite for success is a close institutionalized cooperation of all stake holders in the area of social housing, from the financiers and the contractees to the planers, the industry and the construction companies.



A Einleitung

Immer dann, wenn sich die Produktionsbedingungen der Architektur verändern, verändert sich die Architektur.

Konrad Wachsmann¹

Mit Blick auf die vollautomatisierten, roboterbestückten und komplexen Produktionsstraßen, in denen heute Fertigteile für die Bauindustrie hergestellt werden, ist man versucht, die Produkte selbst, Wände, Decken, Treppen- oder Balkenelemente, als innovative junge Konzepte zu sehen. Und aufgrund der dramatischen Technologiesprünge der letzten 20 Jahre im Bereich der Baustoffe und der Funktionalität bzw. Leistungsfähigkeit der Fertigteile hätte man damit auch sicherlich recht. Allerdings sind die Idee und Praxis, Gebäude über industriell vorgefertigte Teile, die mehrere konstruktive Elemente (u.a. Mauerziegel, Holzplatten, Eisenträger oder Betonleisten) integrieren, rasch und zudem relativ kostengünstig zu errichten, mindestens 200 Jahre alt.

Auch wenn Betonfertigteile, heute das Synonym für Fertigteile in der Bauwirtschaft, am Beginn der PREFAB-Geschichte, im Gegensatz zu Holz oder Eisen, keine Rolle spielen, ändert sich dies ab Mitte des 19. Jahrhunderts. Über neue Patente im Zusammenhang mit eisenbewehrten Beton aus Portland-Zement (Großbritannien 1854 und Frankreich 1861)² tritt der neue Baustoff seinen Siegeszug um die Welt an.

Doch bereits Jahre davor, 1851, erlebt abseits davon der Systembau (Systematisierung des Baus als Grundlage für die Zerlegung der Gesamtkonstruktion in Module, i.e. markierte Bauelemente) im Zuge der Errichtung des "Crystal Palace" (heute "Victoria and Albert Museum") durch Joseph Paxton³ im Rahmen der Londoner Weltausstellung seine Geburtsstunde. Damit sind in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts bereits zwei von drei Komponenten (der leistungsfähige Baustoff Stahlbeton und die System-basierte modulare Bauweise) vorhanden, die Fertigteile zu einem der zentralen Themen in der modernen Bauwirtschaft machen. Was damals noch fehlt, ist der politisch-philosophische Überbau, die architektonische Vision, die den technischen bzw. technologischen Aspekt des Bauens mit den ökonomischen und sozialen Bedürfnissen der Zeit zusammenführt.

Nach der Katastrophe des I. Weltkrieges, vor dem Hintergrund seiner humanitären Folgen und im Zuge der voranschreitenden Urbanisierung und Industrialisierung der 1920er Jahre verschiebt sich der Fokus in der Architektur von der äußeren Form (Repräsentanz von Gebäuden) hin zur

¹ Konrad Wachsmann. (1901-1980), deutscher Architekt und Pionier des industriellen Bauens

² W.B. Wilkinson (1819-1902) und Joseph Monier (1823-1906): beide patentieren Konstruktionsteile aus Beton mit Eisenbewehrung.

³ Sir Joseph Paxton (1803-1865), englischer Botaniker, Ingenieur und Architekt



Funktion ("form follows function"). Ein "Neues Bauen" wird gefordert (Erwin Anton Gutkind 1919)⁴, das sich in Kontinentaleuropa, ausgehend von Deutschland, u.a. im "Neuen Frankfurt"⁵ und im "Bauhaus"⁶ manifestiert. Dabei rückt der mehrgeschoßige serielle Wohnbau ("Massenwohnbau") als entscheidender Beitrag zur Lösung städtebaulicher und sozialer Probleme immer stärker in den Mittelpunkt der Planer. Der pragmatische, funktionsorientierte Zugang zum Bauen sieht im Fertigteil auch sein zentrales konstruktives Element. Möglich macht den Aufstieg vorgefertigter Bauteile allerdings erst die Entwicklung einer explizit formulierten Gebäudetypologie, die sich über Nutzen, Zweckmäßigkeit und politischen Anspruch im Grundriss, Aufbau und äußerer Form definiert. Die Gebäudetypen folgen damit einer zentralen Idee⁷, die sich in der Umsetzung wiedererkennen lässt. Die programmatische rigide Beschränkung der Typologie im mehrgeschoßigen Wohnbau im Dienste einer zunehmenden konstruktiven Standardisierung und Industrialisierung des Bauens führt allerdings auch zum Vorwurf des "mechanistischen Funktionalismus" bzw. "Technizismus"⁸, u.a. im Rahmen der Bauhaus-Debatte Anfang

der 1950er Jahre. Die bekannten Beispiele einer sich selbst reduzierenden Baukultur, uniformer Großwohnsiedlungen wie z.B. Gebäude der Wohnbauserie (WBS) 70/71 in der DDR⁹, können auch für eine Beschädigung der Idee des seriellen Bauens und das schlechte Image von Fertigteilen im mehrgeschossigen Wohnbau in den Augen vieler Nutzer, verantwortlich gemacht werden.

Jenseits des seriellen Bauens, hat der Fertigteil, speziell der Betonfertigteil, über die letzten Jahrzehnte jedoch seinen berechtigten Platz im Rahmen von Bauprojekten eingenommen. Dass er heute oftmals als Commodity begriffen wird und sich in der Bauplanung einem harten Preiswettbewerb mit der Vorort-Produktionen von Bauteilen stellen muss, täuscht darüber hinweg, wie (potenziell) intelligent PREFAB-Elemente, unabhängig von den in ihrer Herstellung eingesetzten Baustoffen, geworden sind. War das vorgefertigte Bauelement im 20. Jahrhundert u.a. auch Manifestation eines Philosophiewandels in der Architektur und progressiver Politik, und unverzichtbarer Bestandteil von Walter Gropius' "Baukasten im Großen", so wird er im 21. Jahrhundert zunehmend - über die

⁴ Erwin Anton Gutkind (1886-1968), deutsch-britischer Architekt, Stadtplaner und Architekturtheoretiker

⁵ Stadtplanungsprogramm der späten 1920er Jahre in Frankfurt/Main unter Architekt Ernst May (1886-1970)

⁶ siehe u.a. Walter Gropius (1883-1969), Architekt und Stadtplaner, Bauhaus-Gründer

⁷ "Das Wort **Typus** bezieht sich nicht so sehr auf das Bild einer zu kopierenden oder vollständig nachzunehmenden Sache, als auf eine Idee, die dem Modell als Regel dient. (...) Das künstlerische Modell ist dagegen ein Objekt, das so, wie es ist, wiedergegeben werden muss. Im Gegensatz dazu ist der Typus etwas, aufgrund dessen Werke konzipiert werden können, die einander überhaupt nicht ähnlichsehen [müssen]."

(...) [Er] stellt eine Art Kern dar, an den in der Folge alle Entwicklungen und Formvariationen, deren das Objekt fähig ist, in einer bestimmten Ordnung anknüpfen". Quatremère de Quincy (1788) zit.n. Aymonio (1978, 44)

⁸ Rudolf Schwarz (1897-1961), deutscher Architekt und wichtiger Vertreter der deutschen Nachkriegsmoderne

⁹ Anzumerken ist hier jedoch - abseits von der baulichen und ästhetischen Qualität - der hohe soziale Nutzen des seriellen mehrgeschoßigen Wohnungsbaus der damaligen Zeit. Erstmals wurde großen Teilen der Bevölkerung über die neuerrichteten Siedlungen (in Wien u.a. über Projekte wie die Großfeldsiedlung oder die Per-Albin-Hansson-Siedlung) Zugang zu einem vergleichsweise hohen Wohnungsstandard ermöglicht.



bedeutenden Fortschritte im Bereich der Anlagentechnologie - zu einem leistungsfähigen, mehrere Funktionalitäten vereinigenden, hoch-werthaltigen Produkt, dass sich der Substituierbarkeit durch Baustellenproduktionen sukzessive erfolgreich entzieht.

In der Folge beschäftigen wir uns mit der Rolle, die das PREFAB-Element heute im Hochbau spielt bzw. in Zukunft spielen kann. In diesem Zusammenhang werden wir über ein spezifisches Modell das Potenzial des heimischen Marktes für Fertigteile im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus abgrenzen und die Entwicklung der einzelnen Baustoffe (hier

vor allem Beton, Ziegel und Holz) im Rahmen der Fertigteil-Produktion und einzelner Anwendungen analysieren. Wir gehen auf die aktuellen Marktbedingungen für Baustoffe ein und schätzen volkswirtschaftliche Effekte eines potenziellen Verdrängungsprozesses, der durch die stetig steigende Technologie-Ladung der verbauten Fertigteile angestoßen wird. Auf Basis unserer Erkenntnisse wollen wir zudem klären, wie sich Auftraggeber im Bereich des mehrgeschossigen Wohnbaus die abgebildeten Entwicklungen im Hochbau zu Nutze machen können und welche Rahmenbedingungen notwendig sind, um das große Potenzial von PREFAB-Elementen bestmöglich zu heben.



B Fertigteile in der Bauwirtschaft

1 Das Phänomen Fertigteil

Fertigteile sind in verschiedenen Ausbaustufen vorproduzierte Bauteile aus unterschiedlichen Baustoffen (in reiner oder hybrider Form). Dabei unterscheiden wir Vollfertigfabrikate und Halbfertigfabrikate, die jeweils unterschiedliche Ausbaustufen einer bestimmten Funktionalität darstellen. Vollfertigteile können, ohne weitere Veredelung (Fertigungsschritte), direkt in Baukonstruktionen eingesetzt werden, Halbfertigteile durchlaufen im Rahmen ihres Einbaus auf der Baustelle noch zusätzliche Produktionsschritte. Abgesehen von Bauprojekt-spezifischen vorgefertigten Einzelformen, die speziell in repräsentativen (öffentlichen und privaten) Bauten immer wieder zum Einsatz kommen, werden Fertigteile vor allem in Serie und hohen Stückzahlen, im Rahmen industrieller Verfahren, erzeugt. Die Herstellung erfolgt dabei dezentral, d.h. losgelöst von den Ziel-Baustellen, und in der Regel (zeitlich) parallel zu anderen Baustellenarbeiten.

Der Fertigteil zeichnet sich durch typisierte bzw. typisierbare Eigenschaften aus. Dabei handelt es sich um standardisierte Merkmale (u.a. Maße, vordefinierte Verbindungs- und Anschlussstellen oder spezifische physikalische Charakteristika), die die präzise Vorplanung der Errichtung von Bauwerken und den friktionsfreien und zeitsparenden Einbau am Einsatzort ermöglichen. Zu den wichtigsten Baustoffen, die heute die Grundlage teilweise hoch-komplexer Bauelemente (Funktionsgruppen) bilden,

zählen Beton (mit verschiedensten Bewehrungen und Zusatzstoffen, z.B. Stahlbeton), Holz (Nadelholz, in unterschiedlichen Aufbauvarianten, z.B. Brettsperholz), Stahl (unterschiedliche Qualitäten) und Ziegel (vorgemauert), gleichzeitig kommt Baustoff-Kombinationen in Fertigteilen (z.B. Holz und Beton) zunehmend größere Bedeutung im Markt zu. Die zentralen Fertigteil-Kategorien im Hochbaubereich sind dabei heute Tragwerksteile, Deckenkonstruktionen, Wand- und Fassadenelemente, Treppen- und Treppenpodeste, Schächte, Loggien und Balkone und komplette Raumzellen (z.B. Sanitärräume).

2 Die industrielle Produktion von Fertigteilen

Fertigteile für die Bauwirtschaft, Vollfertigteile wie auch Halbfertigteile, werden heute in der Regel in industriellen Produktionen erzeugt, die über die serielle Fertigung (hohe Losgrößen) potenziell Kostenvorteile gegenüber individuell, z.B. auf Baustellen, gefertigten Bauteilen realisieren. Diese Kostenvorteile können sich dabei allerdings zwischen einzelnen Produktionen in Abhängigkeit von der Ausgestaltung der Fertigungsstraßen und den behandelten Baustoffen recht deutlich unterscheiden. So zeigen sich z.B. deutliche Unterschiede zwischen den hoch-automatisierten Prozessen im Rahmen der Betonfertigteilproduktion, die durch Großanlagen und Robotik geprägt sind, und einer Fließbandproduktion mit technisierten



Arbeitsstationen wie sie im modernen Holzbau oft anzutreffen ist. Die höchsten Automatisierungsgrade werden wohl auch für die Zukunft speziell dort erwartet werden können, wo der eingesetzte Baustoff bzw. die eingesetzten Komposite aufgrund ihrer spezifischen physikalischen Eigenschaften Spritzgießen (z.B. 3D-Druck) ermöglichen.

Für die Prozessorganisation in Fertigteilwerken sind grundsätzlich drei Layouts (vgl. Lehner 2017, 20f) denkbar: (a) Umlauf- fertigung, (b) Aggregatfertigung und

(c) Standfertigung. Die einzelnen Ferti- gungsformen (siehe Abbildung 1) unter- scheiden sich dabei durch die Charakteristik der werksinternen Logistik. Bei der Umlauf- fertigung wird das zukünftige Bauelement automatisch durch eine Abfolge von standardisierten Bearbeitungsschritten ge- führt; eine Änderung der Reihenfolge ist dabei nicht vorgesehen. Auch in der Aggregatfertigung durchläuft der Fertigteil einzelne Produktionsschritte, allerdings ist der Grad der Standardisierung der Fertigung hier aufgrund der vergleichs- weise höheren Komplexität der zu be-

Abb.1: Fertigteilproduktion am Beispiel Beton



Umlaufproduktion

Hochtechnisierte Anlagen mit verstärktem Robotereinsatz. Geschlossenes System liefert transportbereite Einheiten. Hoher Ausstoß hoch- standardisierter Teile, mit entsprechenden Kostenvorteilen



Aggregatproduktion

Bearbeitungspunkte im Werk ermöglichen eine höhere Komplexität der gefertigten Teile und eine höhere Diversität der Produktion. Halbfertigteile werden mit technischer Unterstützung verschoben.



Stationäre Produktion

Fixe Fertigungsstation für standardisierte Produkte bei gleichzeitiger händischer Manipulation (z.B. Einsetzung von Bewehrungen). Anlagen spezifisch für einzelne Produkte oder Produktlinien.

Bildnachweis: Weckenmann 2021

arbeitenden Teile geringer. Die Bau- elemente werden aus diesem Grund mit so- genannten Zentralschiebebühnen zwischen den benötigten Produktionsstationen transportiert. Im Rahmen von Standferti- gungen wiederum werden alle not- wendigen Fertigungsschritte an einer Position aufgeführt. Die Folge ist ein im Vergleich zu den anderen Verfahren

höherer Logistikaufwand im Zusammen- hang mit den Materialbewegungen im Werk. Neben den genannten Layout- Varianten sind zudem mobile Anlagen für die horizontale und vertikale Fertigteil- produktion, speziell im Bereich Beton, denkbar, die die Effizienz von Baustellen deutlich heben können.



Ein weiteres Merkmal moderner Fertigteilproduktionen ist der realisierte Digitalisierungsgrad der etablierten Prozesse (vgl. u.a. Prochiner 2006, 62f), der, über CAD und CAM-/CIM-Systeme¹⁰, die direkte Kommunikation zwischen Projektplanung und Fertigungsanlage und damit eine hohe Design-Treue und Produktionsqualität der PREFAB-Elemente (i.e. Präzision der Formen) ermöglicht. Hier ergibt sich auch einer der deutlichsten Wettbewerbsvorteile des Fertigteils gegenüber der traditionellen Herstellung von Bauteilen auf den Baustellen (z.B., im Falle von Beton, über die Herstellung bzw. den Aufbau von Verschalungen und der Verarbeitung von Transportbeton), wo Nacharbeiten und Improvisation Teil des Systems darstellen (vgl. McGraw-Hill 2011, 23).

3 Modernes Projektmanagement und Bauwerksdatenmodellierung

Die Digitalisierung von Prozessen ist nicht allein ein entscheidender Vorteil in modernen Fertigteilproduktionen, sondern generell im Bauprojekt-Management, von den ersten Planungsschritten bis hin zur Versetzung von Bauelementen an ihren Zielpunkten innerhalb der Konstruktion. Das industriell, in gleichbleibend hoher Qualität gefertigte Bauteil und ganze Baugruppen (Raumzellen, Typengeschoße oder Gebäude) werden im Rahmen des digitalisierten Bauens virtuell vorweggenommen

(“virtueller Zwilling”¹¹) und im Verbund mit anderen konstruktiv und kalkulatorisch optimiert. Den IT-Rahmen dafür liefert das BIM (Building Integrated Modeling). Im Zentrum steht dabei die detaillierte geometrische 3D-Abbildung der Baukonstruktion und ihrer Elemente (u.a. rastermaßnormierte Fertigteile), die für die Anwendung auf der Baustelle in 2-dimensionalen Schnitten bereitgestellt wird und die die Grundlage für eine optimierte Bauprozessplanung (u.a. Abstimmung der unterschiedlichen Gewerke) darstellt. Durch Integration weiterer Dimensionen wie Zeit oder Kosten (5D-BIM-Modell) lassen sich die zentralen Parameter des Bauen deutlich besser als im Rahmen analoger Bauprojekte beherrschen. BIM ist die optimale Grundlage für wiederholte Anwendungen, z.B. im Rahmen des seriellen Wohnbaus (Abbildung 2).

Abb.2: BIM und Bauwirtschaft

Building Integrated Modeling - Vorteile

Nennungen als einer von Top3-Vorteilen (Bauunternehmen %)



Quelle: McGraw-Hill Construction 2013

¹⁰ CAD (Computer-Aided Design), CAM (Computer-Aided Manufacturing), CIM (Computer-Integrated Manufacturing)

¹¹ Digitale Abbildung eines Objekts oder Prozesses. Im Bauprojektmanagement begleitet der digitale Zwilling die Konstruktion über den gesamten Lebenszyklus, von der Planungs- und Kalkulationsphase bis zur Demontage.



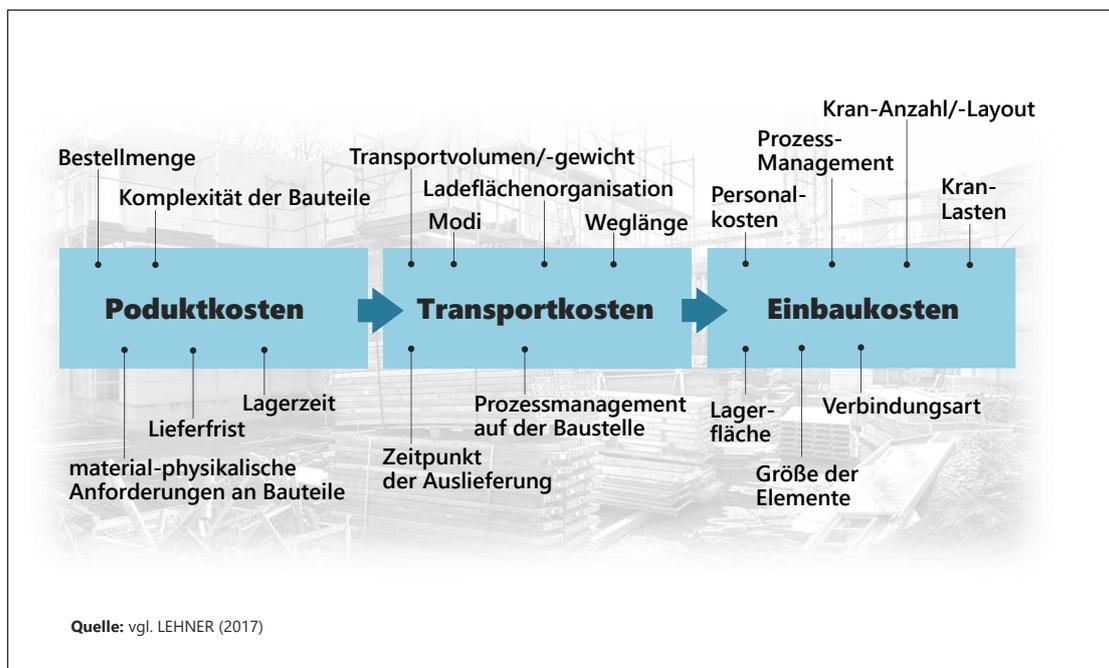
4 Kostenaspekte von Fertigteilen

Von der Konzeption (siehe BIM) bis hin zur ihrer effektiven Versetzung auf einer Baustelle durchlaufen Fertigteile eine Reihe von Wertschöpfungsstufen, die jeweils zu den Gesamtkosten der PREFAB-Elemente beitragen. Wir unterscheiden in diesem Zusammenhang den Bereich der Produktion, des Transports bzw. des Logistikprozesses zwischen Werk und Zielort, und der Baustelle (siehe Abbildung 3).

4-1 Produktkosten

Die Kosten der (industriellen) Fertigung der PREFAB-Elemente sind von mehreren Faktoren abhängig. Den größten Effekt auf die Kosten und damit auf den Produktpreis (Großhandelspreis/B2B) haben dabei die Komplexität (notwendige Funktionalität) und die spezifische Qualität (physikalische und konstruktive Anforderungen) der Fertigteile. Sie bestimmen einmal die Art und Menge des Baustoffs bzw. des Baustoff-Komposits, der Zusatzstoffe und

Abb.3: Kostendimensionen von Fertigteilen



der Bewehrung, und andererseits den Einsatz des Faktors Arbeit im Rahmen des Herstellungsprozesses (u.a. Herstellung und Einsatz der Bewehrung und anderer Einbauteile, Handling der Schalungen, Nacharbeiten und Ausbaumaßnahmen). Gleichzeitig spielen auch Kapitalkosten im Rahmen der Preissetzung eine wichtige Rolle. Hier wirken sich die bestellten

Mengen (Fixkosten-Degression), Lieferfristen (Kapazitätsplanung) und Lagerzeiten (Flächennutzung) auf den Produktpreis aus.

4-2 Transportkosten

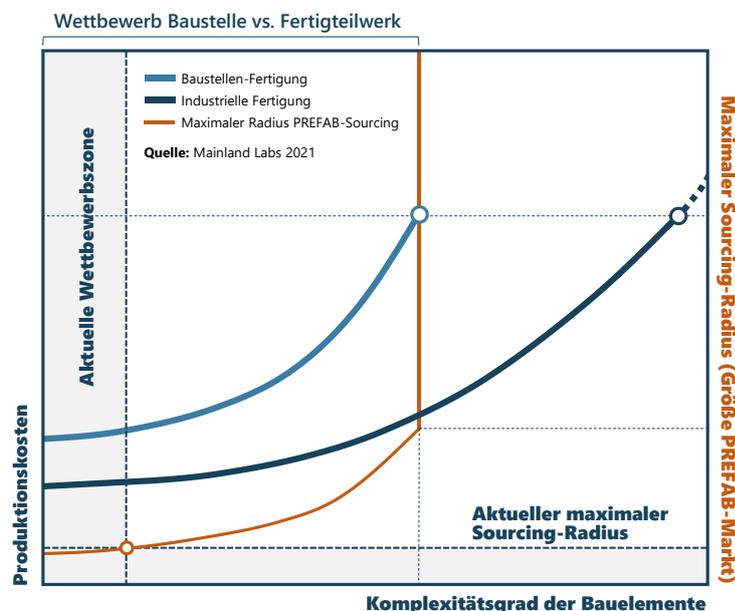
Aufgrund der spezifischen räumlichen Organisation der Produktion der Bauteile (dezentrale Fertigung, abseits der Baustellen) stellt der Transport ein wichtiges



Element in der Kostenkalkulation dar. Abhängig sind die Kosten dabei vor allem vom Transportvolumen bzw. -gewicht, vom eingesetzten Transportgefäß bzw. -mittel und von der Weglänge zwischen Fabrik oder Lagerort der Fertigteile und den anzufahrenden Baustellen. In der Regel hängt der Beschaffungsradius in Bezug auf PREFAB-Elemente an der Relation zwischen Produktkosten und Transportkosten. Werden die Kostenvorteile der industriellen Produktion allerdings durch lange Wege eliminiert, sind Fertigteile im Vergleich zu Ortbeton-Bauteilen (Baustellenproduktion) nicht mehr konkurrenzfähig. Der Standardfertigteile heutiger Bauprojekte (z.B. Hohlwände oder Hohldielen) erlaubt daher nur Transportentfernungen von rund 200 Kilometer¹². Direkter Effekt dieser

ökonomischen Logik ist die deutliche Einschränkung des Beschaffungsmarktes für Fertigteile bzw. die Existenz vieler regional stark abgegrenzter Beschaffungsmärkte, die allerdings auch über Staatsgrenzen reichen können. Der Weg aus diesem Dilemma (kleines geographisches Marktgebiet mit wenigen Anbietern, i.e. hohe Marktkonzentration) ist die Erhöhung der Werthaltigkeit (Preis/Produktkosten) der transportierten PREFAB-Elemente, durch Erhöhung ihrer Funktionalität bzw. des Ausbaugrades. Abbildung 4 verdeutlicht diesen Zusammenhang, indem bei gleichbleibenden Transportkosten pro km die Entwicklung des maximalen Beschaffungsradius eines konstruktiven Bauteils bei steigender Komplexität für unterschiedliche Herstellungsverfahren beschrieben wird.

Abb.4: Die Relevanz von Transportkosten
PREFAB-Bauelementen vs. Baustellenfertigung – Sourcing



Industriell (eventuell auch in großer Serie) gefertigte Bauelemente haben Kostenvorteile in der Produktion gegenüber Bauteilen gleicher Funktionalität, die über traditionelle Prozesse auf Baustellen hergestellt werden. Allerdings trägt auch jeder PREFAB-Teil die Last der Kosten des Transport zu seinem Bestimmungsort. In der Regel kann daher davon ausgegangen werden, dass es (für jeden Komplexitätsgrad des Bauelements unterschiedlich) einen maximalen Sourcing-Radius gibt, innerhalb dessen, Fertigteile gegenüber Ortbeton-Arbeiten wettbewerbsfähig sind. Die nebenstehende Grafik zeigt die sukzessive Ausdehnung dieses Radius mit steigender Komplexität (i.e. Funktionalität) der Bauelemente und der Zunahme der relativen Kostenvorteile auf Seite der PREFAB-Teile. Da davon auszugehen ist, dass auf der Baustelle nicht jede Funktionalität in Bauteilen erzeugt werden kann, fällt die Transportbeschränkung (und damit die Konkurrenzsituation) ab einem bestimmten (höheren) Komplexitätsgrad von Bauteilen gänzlich weg. In Abhängigkeit von der Kalkulation des betreffenden Bauwerkes ist daher auch der Transport über größere Strecken denkbar. Da der maximale Transportradius auch die Größe des Beschaffungsmarktes in Bezug auf Fertigteile determiniert, ist ab einem bestimmten Komplexitätsgrad zumindest ein europäisches Sourcing zu erwarten. Sind zudem Lizenzen bzw. Patente relevant, kann auch globales Sourcing von Bedeutung sein (siehe u.a. Exporte von Brettsperrholz-Elementen österreichischer Firmen in die USA und nach Kanada).

¹² Dies gilt allerdings auch für Transportbeton. Neben dem Produktwert spielt hier zudem die notwendige rasche Verarbeitung des Betons nach seiner Produktion im Zementwerk eine entscheidende Rolle für die Einschränkung des Beschaffungsradius.



Das Zeitschema der Anlieferung von Fertigteilen auf die Baustellen ist ein weiterer wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit der Relevanz von PREFAB-Elementen in der modernen Bauwirtschaft. Nachdem die Teile "off-site" erzeugt werden, sind im Sinne einer optimierten Prozesssteuerung auf den Baustellen, "Just-In-Time"-Anlieferungen der Produkte (enggetaktete Liefer-"Slots")¹³ inzwischen Industriestandard. Allerdings hat die Bauindustrie über das Management der Lieferrestriktionen im Bereich des Transportbetons ausgedehnte Erfahrungen im Umgang mit zeitkritischen Prozessen.

Der Antransport zur Baustelle erfolgt (vor allem auch aufgrund des oben angesprochenen Lieferradius) im "eingliedrigem"¹⁴ Verkehr über Innenlader-LKW (max. 17t Zuladung). Sondertransporte im Zusammenhang mit (über-)großen Fertigteilen werden in der Regel aufgrund der erhöhten Kosten und des damit verbundenen administrativen Aufwands vermieden, obwohl anzumerken ist, dass größere Fertigteile - in der Produktion, aber auch auf den Baustellen - potenziell mit Kostenvorteilen verbunden sind. "(...) es [ist] gen-

erell kostengünstiger, Fertigteile so groß wie möglich zu konstruieren, um die Manipulationskosten gering zu halten" (Lindner 2017, 23). Transporte verlangen dabei nach sorgfältiger Planung, wobei das spezifische Gewicht der Ladung, die Maße der Fertigteile, aber auch Hebezeuge eine wichtige Rolle spielen.

4-2 Einbau und Montage

Die Verfügbarkeit von entsprechend belastbaren Hebezeugen bzw. Kränen im Zusammenhang mit Fertigteilen ist auch ein zentrales Thema im Rahmen der Baustellen- und Bauprozessorganisation. Benötigt werden in der Regel deutlich höhere Kranlasten¹⁵ und damit größere und teurere Hebezeuge. Dies hat gleichzeitig großen Einfluss auf das Layout und den Flächenverbrauch der Baustelle. Speziell dann, wenn die angelieferten Fertigteile nicht direkt vom LKW aus versetzt werden können und zusätzlich Lagerfläche benötigen (Richtwert: 1-2 m² pro m³ Fertigteil¹⁶). Hier hat insbesondere auch die konkrete Prozesssteuerung (eventuell über ein leistungsfähiges BIM-System¹⁷) großen Einfluss auf die Kosten rund um die Montage der Fertigteile. Der Großteil des Kostenein-

¹³ Der geplante Liefertermin determiniert den Produktionsbeginn im Werk (auf Basis von Standardproduktionszeiten; Mischek Systembau benötigt min. 6 Wochen Vorlauf für die Produktion) und stößt gleichzeitig einen komplexen Logistikprozess rund um die Fertigung an (Baustoffe, Vorprodukte, Hilfsstoffe, Schalungen) an. Eine "Just-In-Time"-Produktion wird allerdings nur in seltenen Fällen möglich sein (Kapazitätsmanagement der Anlagen), so dass auch Lagerkosten Relevanz gewinnen. Bauunternehmen mit eigenen Fertigteilwerken (in Österreich z.B. die STRABAG mit der Mischek Systembau GmbH) könnten hier durch eine optimierte Konzern-übergreifende Koordination über Kostenvorteile im Markt (Wertketten-Betrachtung) verfügen.

¹⁴ Kein Wechsel des Transportmittels während des Transports der Fertigteile.

¹⁵ Maximale Belastung des Krans (aktuelle Betonfertigteile wiegen im Durchschnitt zwischen 6 bis 7t)

¹⁶ Schach (2011, 123)

¹⁷ BIM findet aktuell in der heimischen Bauindustrie ausschließlich bei Großprojekten Anwendung, und hier bisher nur in einer quasi-experimentellen Form.



sparungspotenzials der Arbeit mit Fertigteilen auf den Baustellen liegt allerdings im Bereich des Faktors Arbeit bzw. der Personalkosten. Die Verarbeitung von Frischbeton direkt auf den Baustellen, die Schalungsarbeiten, das Befüllen, der Einbau von Bewehrungen (im Falle von Beton), das Verdichten, die Herstellung von Durchbrüchen und Schlitzten (u.a. als Vorbereitung von Installationsarbeiten), Ergänzungen, die Abdichtungsarbeiten oder die Baureinigung, ist ein hoch-arbeitsintensiver Prozess. So haben z.B. die Faktor Arbeit-bezogenen Kostennachteile der Produktion von Betonelementen auf der Baustelle zwei Dimensionen: Zeit und Personal. Im Wesentlichen dauert die Fertigung eines spezifischen Teils "on-site" 2- bis 3-mal so lange wie die Produktion desselben Teils im Werk ("off-site"). Gleichzeitig werden etwa beim Betoneinbau mit Pumpe pro Kran bis zu 25 Arbeitskräfte benötigt, während sich der Bedarf bei der Montage von Fertigteilen auf 3 bis 5 Arbeitskräfte pro Kran verringert (vgl. Lehner 2017, 61). Vor dem Hintergrund des aktuellen Facharbeitermangels im Bereich der Bauwirtschaft und dem damit verbundenen Druck auf die Personalkosten der Unternehmen ist zudem davon auszugehen, dass sich die teilweise bereits bestehenden Kostenvorteile von PREFAB-Elementen weiter verstärken.

5 Vor- und Nachteile von Fertigteilen - Ein Überblick

Aktuell kann man nicht von einem Systemgetriebenen breiten Einsatz von Fertigteilen im heimischen Hochbau sprechen, speziell

wenn man die Analyse auf den mehrgeschoßigen Wohnbau einschränkt. Fertigteile werden in der heimischen Bauwirtschaft noch immer als eine konstruktive Alternative zu traditionellen Produktionsformen (Substitut zu Ortbeton-Elementen) im Rahmen der Errichtung von Gebäuden begriffen. Mit wenigen Ausnahmen ist es dem Fertigteil noch nicht gelungen, sich über seine Funktionalität und/oder eine spezifische Bauphilosophie von reinen Kostenvergleichen zu emanzipieren. Deutlich wird, dass PREFAB-Elemente in klassischen Errichtungsformen ihr wahres Potenzial nicht entfalten können. Gleichzeitig gibt es jedoch eine ganze Reihe von expliziten Vorteilen der Vorfertigung von Bauelementen, die eine deutlich breitere Anwendung in der Zukunft erwarten lassen. Diese wollen wir in der Folge, gemeinsam mit möglichen Nachteilen, vorstellen. Abbildung 5 gibt dabei einen ersten Einblick wie Stake Holder der Baubranche (Unternehmen, Baumanager und Architekten), Fertigteile und ihren Nutzen beurteilen.

In Abbildung 6 geben wir zudem einen konkreteren Überblick, welche Aspekte in Zukunft für den verstärkten Einsatz von PREFAB-Elementen sprechen, und mit welchen Nachteilen in der Anwendung zu rechnen ist. Wie sich zeigt, liegen die Vorteile von Fertigteilen im Rahmen ihrer Produktion im Bereich des Faktor-Einsatzes (Arbeit, Kapital bzw. Ressourcen allgemein) und in der Qualität, die im Rahmen der modernen industriellen Fertigung gewährleistet werden kann. Die Nachteile wiederum finden sich im Bereich Logistik bzw. ergeben sich durch den hohen Planungsaufwand.



Abb.5: Nutzen von Fertigteilen (Survey)

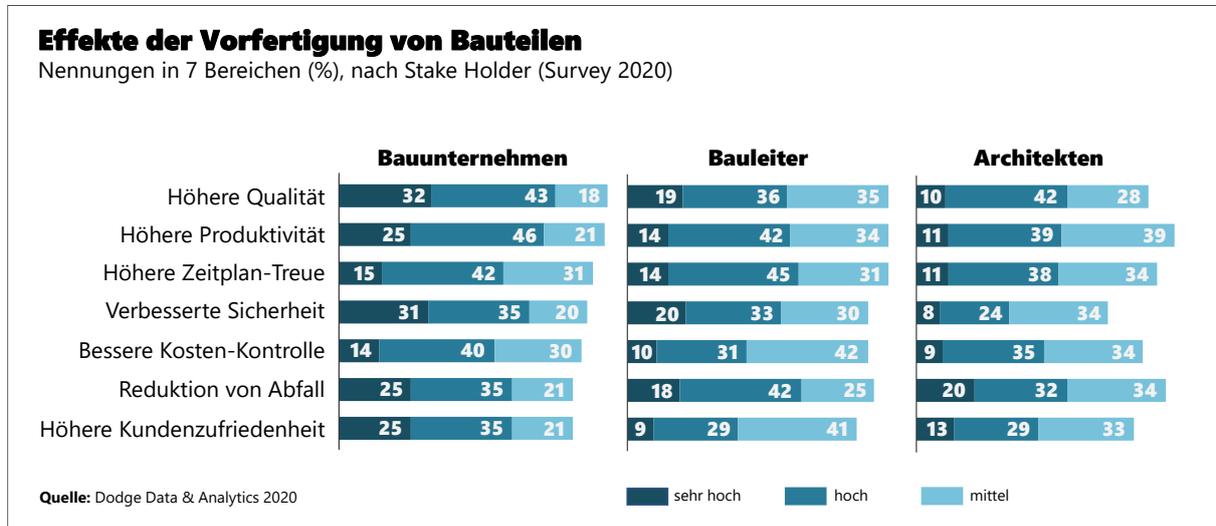


Abbildung 6: Vor-/Nachteile von Fertigteilen

Assessment der Leistungsfähigkeit von Fertigteilen in der Bauwirtschaft

		Vorteile	Nachteile	
Fertigung	Fertigungszeiten	<ul style="list-style-type: none"> Verkürzung der Produktionszeiten durch spezialisierte Anlagen und Prozessstraßen 	<ul style="list-style-type: none"> Hohe technische Anforderungen an den Produktionsprozess 	Technische Umsetzung
	Kosten	<ul style="list-style-type: none"> Geringerer Materialeinsatz (weniger Abfall im Rahmen der industriellen Fertigung) Moderne industrielle Fertigung senkt den Anteil des Faktors Arbeit Skaleneffekte bei serieller Fertigung mit hohen Losgrößen 	<ul style="list-style-type: none"> Inflexibilität der Produktion (langer Vorlauf und Koordinationsbedarf) 	Kapazitäts-Planung
	Qualität	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Maßgenauigkeit durch maschinelle (standardisierte) Produktion 	<ul style="list-style-type: none"> Geringe/Keine Fehlertoleranz: Abweichungen am Bauteil führen zu Totalverlust 	Qualität
	Externe Einflüsse	<ul style="list-style-type: none"> Unabhängigkeit von Witterung Unabhängigkeit von anderen Bauprozessen 		
Logistik	Transfer	<ul style="list-style-type: none"> Transportdauer im Vergleich zu Transportbeton irrelevant 	<ul style="list-style-type: none"> Kostenkritischer Transportprozess Hoher Koordinationsaufwand 	Transfer
	Lagerung	<ul style="list-style-type: none"> Im Falle von JIT-Lieferungen keine Lagerflächen auf Baustelle notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> Lageraufbau im Werk als Voraussetzung für JIT-Lieferungen 	Lagerung
	Versetzen	<ul style="list-style-type: none"> Kürzere Kran-Nutzungszeiten 	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Kranlasten notwendig 	Versetzen
Einbau	Montage	<ul style="list-style-type: none"> vergleichsweise geringer Arbeitseinsatz 	<ul style="list-style-type: none"> Purpose-Built: Bauteil ist auf fixe Position im Bauwerk festgelegt 	Montage
	Montage	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Sicherheit auf der Baustelle durch geringe Anzahl standardisierter Prozesse 		
	Montage	<ul style="list-style-type: none"> Verkürzung der Bauzeiten durch Vorproduktion und einfachen standardisierten Einbau 		



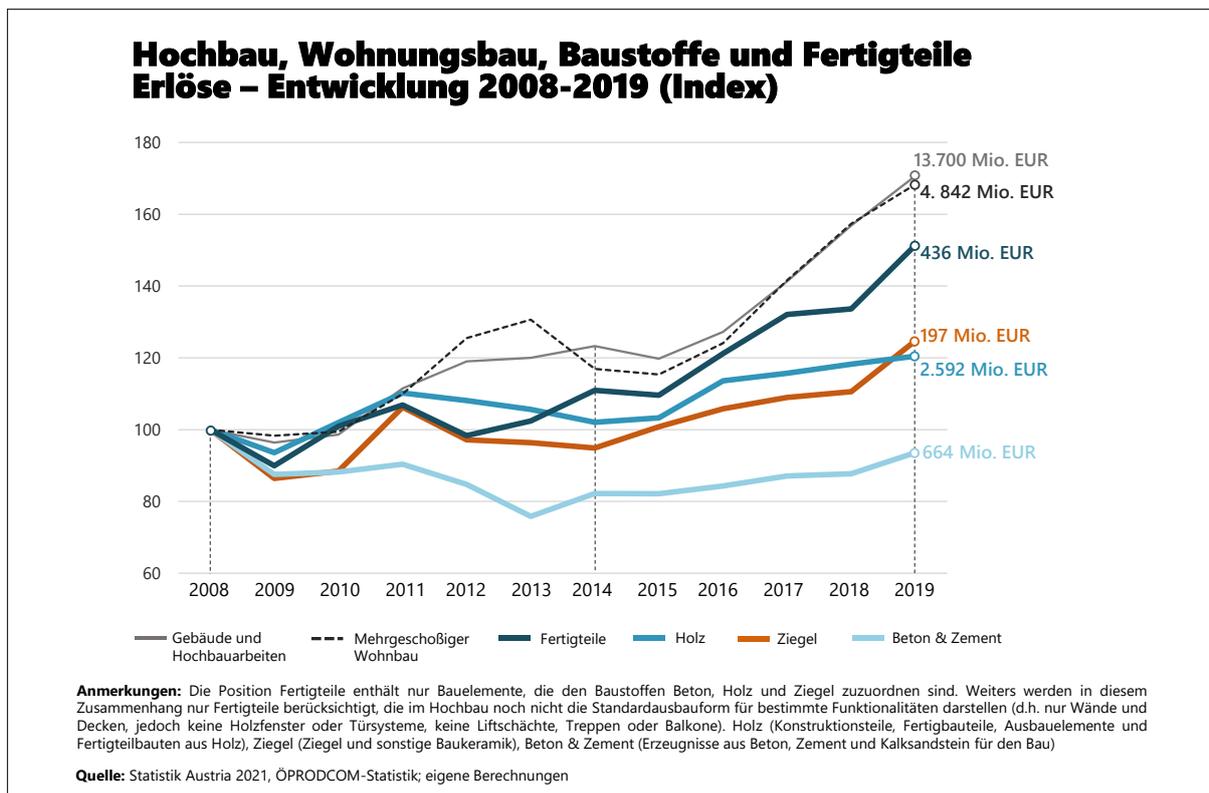
C Marktpotenziale von Fertigteilen

1 Aktuelle Marktsituation

Die oben genannten Vorteile von Fertigteilen im Rahmen der Bauwirtschaft, und neuere Entwicklungen im Bereich der einzelnen Baustoffe (z.B. Brettsperrholz bzw. BSH) und von hybriden Bauelementen (z.B. Holz-Beton-Verbund-Decken), sorgen für ein stetiges Wachstum ihres Marktanteils. Wie nachhaltig dieser Trend sein wird, ist an dieser Stelle schwer zu beantworten, allerdings liegt das Potenzial und die Zukunft der Fertigteile weniger im Einsatz im Rahmen der klassischen Bauweise als in einer fundamentalen Änderung des Zugangs zum Bauen selbst, vor allem in den zentralen Bereichen des Hochbaus wie dem mehrgeschoßigen Wohnbau.

Abbildung 7 gibt einen Überblick über die Entwicklung der bewerteten Absatzmengen im Bereich der im Rahmen unserer Analyse relevanten Baustoffe, Beton, Ziegel und Holz, und dem Segment der Fertigteile. Als Datengrundlage wird im Zuge der folgenden Auswertungen auf den 10-stelligen ÖPRODCOM 2021-Code (Statistik Austria 2021) zurückgegriffen. Anzumerken ist hier allerdings, dass viele neue, potenziell leistungsstarke Produkte auf dem Fertigteilsektor aktuell in der Code-Systematik (noch) nicht berücksichtigt sind, und dass gleichzeitig noch immer bei der Zuordnung folgenreiche Kompromisse eingegangen werden. So wird z.B. das bedeutendste komplexere Bauelement im Bereich Ziegel, die vorgefertigte Ziegel-

Abb7: Erlösentwicklung Baustoff & Fertigteil





wand (Hintermauer- und Vormauerziegel) unter Betonfertigwänden geführt, obwohl dieser Bereich aktuell Wachstumsraten von rund 25% pro Jahr zeigt.

Seit rund 10 Jahren ist generell ein deutlicher Aufwärtstrend im Bereich der PREFAB-Elemente zu erkennen, wobei teilweise das Wachstum des gesamten Hoch- bzw. Wohnbausektors outperforms wird. Dies ist umso bedeutender, wenn man berücksichtigt, dass Abbildung 7 speziell nicht der Entwicklung jener Bauteile folgt, die heute bereits die Standardlösung für bestimmte Funktionalitäten der Konstruktion darstellen (z.B. Fenster, Türsysteme, Liftschächte oder Balkone), sondern jener PREFAB-Elemente, die teilweise noch im harten Wettbewerb mit Ortbeton-Elementen auf der Baustelle stehen. Sie werden allerdings zunehmend "intelligenter" bzw. mit mehr Funktionalität ausgestattet und durchlaufen damit den Prozess einer Produktdifferenzierung¹⁸, der sie diesem Wettbewerb sukzessive entziehen wird.

Seit dem Einbruch der Baubranche rund um den Höhepunkt der Finanzkrise 2008/2009 ist der Erlös aus Fertigteilen um über 50% auf rund 440 Mio. Euro angestiegen. Im Vergleich dazu sind die Baustoffe Erlöse

selbst über die letzten 10 Jahre im Vergleich dazu deutlich schwächer gewachsen, Holz um rund 20% und Ziegel um 25% (letzterer allerdings von relativ niedrigem Niveau). Beton hat hingegen über die letzten 10 Jahre als Baustoff an Boden verloren und liegt weiterhin hinter den Werten aus 2008. Holz ist mit einem bewerteten Absatz von rund 2,6 Mrd. Euro (2019) nach wie vor der dominante Werkstoff der Bauindustrie.

2 Abgrenzung des Marktpotenzials

Das Marktpotenzial von PREFAB-Elementen ist von mehreren Faktoren abhängig. Eine wichtige Rolle spielt dabei allerdings nicht so sehr die zukünftige Entwicklung des Kapazitätsbedarfs im Wohnbau oder auch im Bereich gewerblicher Bauten, sondern vor allem wie, d.h. auf Basis welcher Prämissen und Strategien, in Zukunft generell gebaut wird. Im Bereich klassischer Zweckbauten der Industrie (z.B. Fertigungs- und Lagerhallen) sind Fertigteile in Skelettkonstruktionen¹⁹ bereits voll etabliert. Im (mehrgeschoßigen) Wohnbau ist man hingegen noch weit vom seriellen Bauen entfernt, das neue Möglichkeiten und - sprichwörtlich - neuen "Raum" für Fertigteile unterschiedlicher Komplexität,

¹⁸ Produktdifferenzierung ist eine - meist auf ein bestimmtes Marktsegment gerichtete - Veränderung von Produktmerkmalen bzw. eine geänderte Aufladung eines Produkts im Rahmen einer Marke. Die oben angesprochene Produktdifferenzierung im Bereich der Fertigteile ist in diesem Zusammenhang eine Bündelung von Leistungsmerkmalen (Funktionalitäten), die dem Fertigteil - über die Dominanz in einem einzelnen Marktsegment hinaus - als Produktsystem seinen eigenen Markt schafft. Traditionelle Ortbeton-Elemente sind in diesem neuen Markt nicht präsent.

¹⁹ Eine Skelettkonstruktion ist ein Bausystem, im Rahmen dessen Fertigteile (z.B. Stützen, Dachbinder, Wände oder Hohldielen) zum Einsatz kommen. Es findet sich speziell im Bereich gewerblicher Bauten, hat jedoch auch in Bezug auf den mehrgeschoßigen Wohnbau großes Potenzial (siehe u.a. das Projekt SMAQ-Max in St. Pölten, Fertigstellung 2017, serieller Wohnbau, ausgeführt in Skelettbauweise). Das System besteht darin, Flächen und Wände auf einer festen "inneren" Struktur (Träger aus Stahl, Beton oder Holz) aufzubauen. Die Konstruktion bietet u.a. große Flexibilität in der Gestaltung der Grundrisse von Wohneinheiten.



vom Rastermaß-orientierten Wandelement bis zur genormten Raumzelle, schafft.

Neben zukünftigen Entwicklungen, die die Rolle von PREFAB-Elementen im Markt verändern werden, interessiert uns hier jedoch vor allem auch die aktuelle Bedeutung jener Produkte und Leistungen, die in spezifischen Kombinationen auf den Baustellen Funktionalitäten von (modernen) Fertigteile substituieren. Im Detail geht es darum, welchen Anteil die in diesem Zusammenhang relevante Gruppen an Bauleistungen an den (Gesamt-)Kosten der Gebäudeerrichtung haben. Ihr Anteil, ihre Kosten, definieren letztlich das Erlöspotenzial²⁰, das von Fertigteilen in Summe gehoben werden kann. Um nun dieses Erlöspotenzial im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus genauer abzugrenzen, orientieren wir uns in der Folge an den Kosten von Bauleistungsgruppen im Hochbau bzw. an den Gliederungen des Baukostenindex Wohnhaus- und Siedlungsbau 2020 (vgl. Kropik 2020).

2-1 Der Baukostenindex

Der Baukostenindex Wohn- und Siedlungsbau wird von der Statistik Austria seit 1991 veröffentlicht und alle 5 Jahre auf Aktualität

(und EU-Konformität) überprüft. Der Index (letzte revidierte Version von 2020) ist für die gesamte Bau-, Immobilien- und Versicherungsbranche von großer Bedeutung, da er für Verträge mit veränderlichen Preisen eine anerkannte Preisumrechnungsgrundlage darstellt. Die routinemäßig vorgenommenen Anpassungen nehmen auf eventuell neue Gegebenheiten auf dem Bausektor, wie z.B. neue Fertigungsweisen oder neue Baustoffe, Rücksicht. Der Index bildet in diesem Zusammenhang die von Bauunternehmen zu tragenden Kosten (Lohn und Material bzw. Sonstiges) ab, die im Rahmen der Ausführung von Wohn- und Siedlungsbauten anfallen.

Im Rahmen der Indexberechnungen werden die Kosten entlang von Bauleistungsgruppen, aktuell nach LB-HB-021²¹, und Warengruppen (Aufbau des Warenkorbs im Rahmen der Indexbildung) beschrieben. Im Rahmen unserer Modellierung des Markt- bzw. Erlöspotenzials von Fertigteilen werden wir speziell auf die Gliederung nach Leistungsgruppen zurückgreifen. Abbildung 8 zeigt die im Zusammenhang mit dem Warenkorb 2020 abgegrenzten Leistungsgruppen, und ihren Anteil an den gesamten Errichtungskosten, auf Basis repräsentativer Wohnbauprojekte²².

²⁰ In einer Wettbewerbssituation wie sie sich aktuell im Hochbau zwischen verschiedenen Errichtungsvarianten (Produktion auf der Baustelle vs. Einsatz von Fertigteilen) darstellt, kommt schlicht das billigere Herstellungsverfahren zum Zug. Solange die Gesamtkosten der eingesetzten PREFAB-Elemente (*ceteris paribus*, d.h. nicht-beschaffungsbezogene Kostenvorteile von Fertigteilen, wie z.B. kürzere Bauzeiten, weniger Abfall und höhere Sicherheit, nicht berücksichtigt) die Gesamtkosten des konkurrierenden Bündels an Baustellenleistungen nicht überschreiten (i.e. Reservationspreis der Bauunternehmen), können sie sich in der Bauplanung bzw. Baukalkulation auch durchsetzen und entsprechend Marktanteile gewinnen.

²¹ Leistungsbeschreibung Hochbau in der Version 021, herausgegeben vom Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, Wien 2018 (bmdw.gv.at/Services/Bauservice/LB-HB-021-PDF.html)

²² Der Baukostenindex baut auf Kosteninformationen auf, die aus einem spezifischen Sample von Wohnbauprojekten stammen. Die dabei notwendige Gewichtung der Informationen orientiert sich dabei an den Kostenvolumina im Neubau von Gebäuden mit bis zu 2 Wohneinheiten (30%) und jenen über 2 Wohneinheiten (70%).



Abb.8: Baukostenindex 2020 – Kostenanteile (Gewichte) von Leistungsgruppen

Gewerk Nr.	Leistungsgruppen nach LB-HB 21		Subgewicht LG an Gesamt		
	Gewicht in %		70%	30%	
	LG Nr.	LG Bezeichnung	Wohngebäude > 2 Wohneinheiten	Wohngebäude bis 2 Wohneinheiten	Wohngebäude gesamt
01	01	Baustellengemeinkosten	6,46%	7,22%	6,69%
	03	Roden, Baugrube, Sicherungen u. Tiefgründ	3,68%	3,24%	3,55%
	04	Gerüste	0,79%	0,34%	0,66%
	06	Aufschließung, Infrastruktur	1,53%	3,09%	2,00%
	07	Beton- und Stahlbetonarbeiten	23,61%	16,08%	21,35%
	08	Mauerarbeiten	3,07%	5,85%	3,91%
	09	Versetzarbeiten	0,49%	0,98%	0,64%
	10	Putzarbeiten	1,53%	1,98%	1,66%
	11	Estricharbeiten	2,26%	2,53%	2,34%
	13	Außenanlagen	2,66%	2,43%	2,59%
	15	Schlitze, Durchbrüche	0,12%	0,15%	0,13%
	16	Fertigteile	0,49%	0,37%	0,46%
	18	Winterbauarbeiten	0,06%	0,00%	0,04%
	19	Baureinigung	0,27%	0,14%	0,23%
		35	System- Abgasanlagen	0,07%	0,61%
	44	Wärmedämmverbundsysteme	5,22%	5,11%	5,19%
02	12	Abdichtungen bei Betonflächen und Wände	1,40%	1,94%	1,56%
	21	Dachabdichtungsarbeiten	3,44%	2,04%	3,02%
03	22	Dachdeckerarbeiten	0,03%	2,00%	0,62%
04	23	Bauspengler	1,55%	2,10%	1,72%
	25	Sicherheits- und Schutzmaßnahmen	0,18%	0,08%	0,15%
05	24	Fliesen- und Plattenlegearbeiten	2,53%	2,30%	2,46%
06	27	Terrazzoarbeiten	0,00%	0,00%	0,00%
	28	Natursteinarbeiten	0,00%	0,00%	0,00%
	29	Kunststeinarbeiten	0,23%	0,48%	0,30%
07	30	Schließanlagen	0,04%	0,00%	0,03%
08	31	Metallarbeiten (Schlosserarbeiten)	5,14%	4,90%	5,07%
09	32	Konstruktiver Stahlbau	0,00%	0,00%	0,00%
10	34	Verglaste Rohrahmenelemente	0,14%	0,17%	0,15%
	67	Pfosten-Riegel-Fassaden aus Alu	0,11%	0,00%	0,08%
	68	Vorgehängte hinterlüftete Fassaden			
	69	Aufsatzkonstruktionen für Fassaden			
11	36	Holzbau	1,77%	3,22%	2,21%
12	37	Tischlerarbeiten	0,08%	0,00%	0,06%
	43	Türsysteme (Elemente)	1,74%	1,67%	1,72%
	71	Fenster aus Holz	0,00%	2,53%	0,76%
	72	Fenster aus Aluminium	0,20%	0,00%	0,14%
	73	Fenster aus Kunststoff	1,81%	2,59%	2,05%
	74	Fenster aus Holz/Aluminium	1,48%	0,00%	1,03%
	75	Fenster aus Kunststoff/Aluminium	0,00%	0,00%	0,00%
	56	Dachflächenfenster, Lichtkuppeln, Lichtbän	0,04%	0,00%	0,03%
	57	Bewegliche Abschlüsse von Fenstern	0,60%	1,72%	0,94%
13	38	Holzfußböden	1,60%	0,60%	1,30%
	50	Klebearbeiten für Boden- und Wandbeläge	0,01%	0,40%	0,13%
14	39	Trockenbauarbeiten	3,26%	1,10%	2,61%
15	42	Glaserarbeiten	0,11%	0,07%	0,10%
16	48	Beschichtungen auf Holz, Metallm Mwk, PU	1,35%	2,39%	1,67%
	49	Beschichtungen von Betonböden	0,29%	0,00%	0,20%
17	47	Tapetenarbeiten			0,00%
18	58	Gartengestaltung und Landschaftsbau	0,75%	0,01%	0,53%
19	65	Toranlagen in Gebäuden	0,11%	0,35%	0,18%
20	90	Fördertechnik (Aufzug)	0,80%	0,15%	0,60%
21	91	Elektriker (Haustechnik)	7,34%	5,44%	6,77%
22	92	HKLS (Haustechnik)	9,56%	11,60%	10,17%
Summe			100,00%	100,00%	100,00%

Quelle: Kropik 2020, 33f



2-2 Modellierung

Die Modellierung des Markt- bzw. Erlöspotenzials vorgefertigter Bauelemente baut auf den im Rahmen des Baukostenindex (Version 2020) definierten Leistungsgruppen auf. Als erster Schritt erfolgt dabei die Identifikation der relevanten Leistungsgruppen. In unserem Fall sind dies all jene Leistungsgruppen, die mit Bauarbeiten bzw. Bauprozessen korrespondieren, die im Zusammenhang mit der Errichtung der Gebäudestruktur stehen und über die aktuell verfügbaren Funktionalitäten von PREFAB-Elementen verschiedener Baustoffe bzw. Baustoff-Kombinationen abgebildet werden können. Ausbauelemente, wie z.B. Fenster oder Türsysteme, werden, im Gegensatz zur Haustechnik (HKLS/Elektrik), im Rahmen unseres Modells nicht berücksichtigt. Zu den inkludierten Leistungsgruppen²³ zählen u.a. Fertigteile, Beton- und Stahlbetonarbeiten, Mauerarbeiten, Versetzarbeiten, Dichtungsarbeiten, Durchbrüche und Schlitze, oder Beschichtungen.

Insgesamt haben die abgegrenzten Leistungsgruppen einen Anteil an den Gesamtkosten eines repräsentativen Wohngebäudes von rund 57% (Löhne, Material, Sonstiges). Die Beiträge der einzelnen LGs werden in einem zweiten Schritt "berichtigt", indem nur jene Anteile in das Modell übergeführt werden, die vollständig durch vorgefertigte Bauelemente substituiert werden können. Wir gehen dabei davon aus, dass weiterhin (in unterschiedlichem Ausmaß) Arbeiten im Rahmen der im

Modell berücksichtigten LGs vor Ort, auf der Baustelle, ausgeführt werden müssen. So werden z.B. die LGs Fertigteile und Schlitze/Durchbrüche zu 100% übernommen, während LGs im Bereich der Haustechnik nur mit 50% in die Modellrechnung eingehen.

Das so ermittelte Markt- bzw. Erlöspotenzial von Fertigteilen im Bereich des mehrgeschossigen Wohnungsbau muss allerdings weiter nach unten angepasst werden. Ziel ist die Abgrenzung des in der Praxis voraussichtlich realisierbaren Erlöspotenzials, in deren Rahmen speziell die Beschäftigungswirkungen einer Fertigteil-dominierten Errichtungsweise bzw. die darauf zurückführenden möglichen Kosteneinsparungen zu kalkulieren sind.

Hier berücksichtigen wir einmal ausdrücklich die kapitalintensive Produktion von Bau-Elementen in den Fertigteilwerken und den im Rahmen einer PREFAB-getriebenen Konstruktion zu erwartenden geringeren Arbeitskräftebedarf (Anzahl der Beschäftigten) auf den Baustellen. Wir gehen dabei, über die Prefabrikation und die weiterführenden Veredelungsschritte, die die einzelnen Fertigteile on-site durchlaufen, von Einsparungen in der Höhe von 50% der Lohnsumme der berücksichtigten LG-Anteile aus. Ausnahmen sind in diesem Zusammenhang allein Lohnbestandteile von Leistungsgruppen, die bereits direkt mit dem Einsatz von Fertigteilen am Bau zusammenhängen, u.a. Versetzarbeiten.

²³ Die im Rahmen der Modellierung berücksichtigten Leistungsgruppen nach LB-HB-021: 07, 08, 09, 10, 11, 12, 15, 16, 36, 44, 49, 91 und 92.



Gleichzeitig ist jedoch im Rahmen der Modellrechnung zu berücksichtigen, dass die Fertigteil-getriebene Konstruktion von Gebäuden auch Auswirkungen auf die Bauleistung bzw. den Baufortschritt hat. *„Bei konsequenter Anwendung der Vorfertigung insbesondere größerer komplexer Bauteile und von Raumelementen kann die Bauleistung im mehrgeschossigen Wohnbau etwa verdoppelt, d.h. die Bauzeit auf etwa die Hälfte reduziert werden“* (Bredendals und Hullmann 1997, 8). Einsparung von Bauzeit (und verbundenen Errichtungskosten) lassen sich auch anhand von Effekten in Ländern nachvollziehen, die schon seit Jahrzehnten auf vorgefertigte Bauteile im mehrgeschossigen Wohnbau setzen. So ist z.B. der finnische Wohnungsbau durch eine breite Verlagerung der Produktion in die Vorfertigung geprägt, wo über die Zeit auch entsprechende Kapazitäten aufgebaut wurden. Heute wird davon ausgegangen (vgl. Palzer 2015, 17), dass in Finnland bis zu 40% Bauzeitreduktionen über den extensiven Einsatz von Fertigteilen in der Konstruktion erreicht werden. Wir folgen diesem Ansatz im Rahmen der Modellierung und antizipieren eine 40%-ige Verkürzung der Bauprojektlaufzeiten bei Nutzung der oben beschriebenen Substitutionspotenziale von Fertigteilen, die vor allem dann möglich erscheint, wenn begleitend wichtige organisatorische Maßnahmen (u.a. BIM) im Baugeschehen gesetzt werden. Die oben angesprochenen Verringerungen des Erlöspotenzials von Fertigteilen, i.e. Kostenre-

duktionen im Bereich von Fertigteilrelevanten Leistungsgruppen, sind damit nicht allein auf eine Reduktion der Beschäftigtenzahlen auf den Baustellen zurückzuführen, sondern begründen sich darüber hinaus vor allem auch über eine deutliche Reduktion der Einsatzzeiten der geplanten Arbeitskräfte vor Ort.

Bisher haben wir speziell die Einzelkosten der Gebäudeerrichtung in Verbindung mit dem Einsatz von Fertigteilen analysiert. Durch die veränderten Bauzeiten müssen jedoch auch zeitabhängige Komponenten der Baustellengemeinkosten (nicht-direkt bestimmten Leistungen bzw. Teilleistungen zurechenbare Kosten) berücksichtigt werden. Baustellengemeinkosten setzen sich aus den Kosten für die Baustelleneinrichtung (u.a. Auf- und Abbau der Baustelle, verschiedenste Einrichtungen inklusive der Gebäude zur Unterbringung der Arbeiter), den Kosten der technischen Bearbeitung und Kontrolle (u.a. Arbeitsvorbereitung, Bauablaufplanung, Vermessungen und Abrechnungen), den Kosten der örtlichen Bauleitung, den Kosten der Vorhaltegeräte (u.a. Kräne, Container und Stromaggregate) und den Bausonderkosten (u.a. Versicherungen, Finanzierung, Sicherungsmaßnahmen und Winterbaumaßnahmen) zusammen.

In etwa 70% der Baustellengemeinkosten sind zeitabhängige Personalkosten²⁴, 10% entfallen auf zeitabhängige Kosten der Vorhaltegeräte und 5% auf sonstige

²⁴ Schinko, Christian. Bauwirtschaftliche Beratung bzw. Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement/TU Wien (2021)



zeitabhängige Kosten. Die Kosten der Vorhaltegeräte beinhalten u.a. auch den bauzeitabhängige Einsatz von Hebegeäten (Kräne), die im Falle des Einsatzes von Fertigteilen, insbesondere komplexerer Bauteile, auf Grund der notwendigen größeren Dimensionierung der Geräte (Kranlasten) mit entsprechend höheren Kosten verbunden sind. Wir gehen im Rahmen der Modellierung davon aus, dass sich die höheren Kosten pro Zeiteinheit und das Einsparungspotenzial durch kürzeren Einsatzzeiten ausgleichen. Der Rest der zeitabhängigen Baustellengemeinkosten (bereinigt um die Krankkosten), in etwa 75% der Gemeinkosten, wird entsprechend der prognostizierten steigenden Bauleistung bei extensiven Fertigteileneinsatz bzw. entsprechend der kürzeren Bauzeit angepasst.

Einsparungen, die sich durch die kürzeren Projektlaufzeiten im Bereich der Finanzierung für den Auftragnehmer (und damit für den Auftraggeber) ergeben, sind im Gegensatz dazu deutlich schwerer abzuschätzen, da hier eine ganze Reihe von Variablen berücksichtigt werden muss, u.a. die Projektgesamtkosten bzw. der Finanzierungsbedarf, die vereinbarten Refinanzierungsschritte, die Bauzeit, der Einsatz von Eigen- oder Fremdkapital, und die unterlegte Kapitalverzinsung. Im Rahmen der gegenständlichen Modellierung wird daher auf einen entsprechenden Ansatz²⁵ verzichtet.

²⁵ Fallbeispiel: Bei einer durch Einsatz von Fertigteilen um 40% verkürzten Projektlaufzeit von 2,4 Jahren, einer Refinanzierung des eingesetzten Kapitals nach jeweils 50% der Bauzeit durch den Auftraggeber und einer erwarteten Eigenkapitalrendite von 3% p.a. werden rund 3,5% der Baugesamt-kosten auf die Finanzierungskosten entfallen.

2-3 Ergebnisse

Über die vorgestellte Modellierung kann das Markt- bzw. Erlöspotenzial von Fertigteilen (außerhalb von Formen des seriellen industriellen Bauens²⁶) im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus abgeschätzt werden. Abbildung 9 stellt in diesem Zusammenhang die Ergebnisse in stilisierter Form vor. Neben dem Marktpotenzial von vorgefertigten Bauelementen, weist das Modell auch die Einsparungen aus, die über die Verringerung der Beschäftigung des Faktor Arbeit im Bereich der einzelnen Leistungsgruppen (über die Modifikation der On-Site-Produktionsprozesse und kürzere Einsatz- bzw. Vorhaltezeiten aufgrund geringerer, Bauzeiten) und über die Reduktion zeitabhängiger Komponenten der Baustellengemeinkosten erzielt werden können. Diese Einsparungen verkürzen die Produktionskosten der abgegrenzten Bauteilleistungen (siehe Abbildung 8), so dass (abweichend vom ausgewiesenen Markt- bzw. Erlöspotenzial) in der Praxis insgesamt mit deutlich günstigeren Beschaffungskosten zu rechnen ist.

Das Modell unterscheidet im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnungs- und Siedlungsbaus zwischen privaten und öffentlichen Auftraggebern. Im Jahr 2019 wurden insgesamt 4 Mrd. Euro in diesem Hochbau-Segment eingesetzt, wobei der Großteil

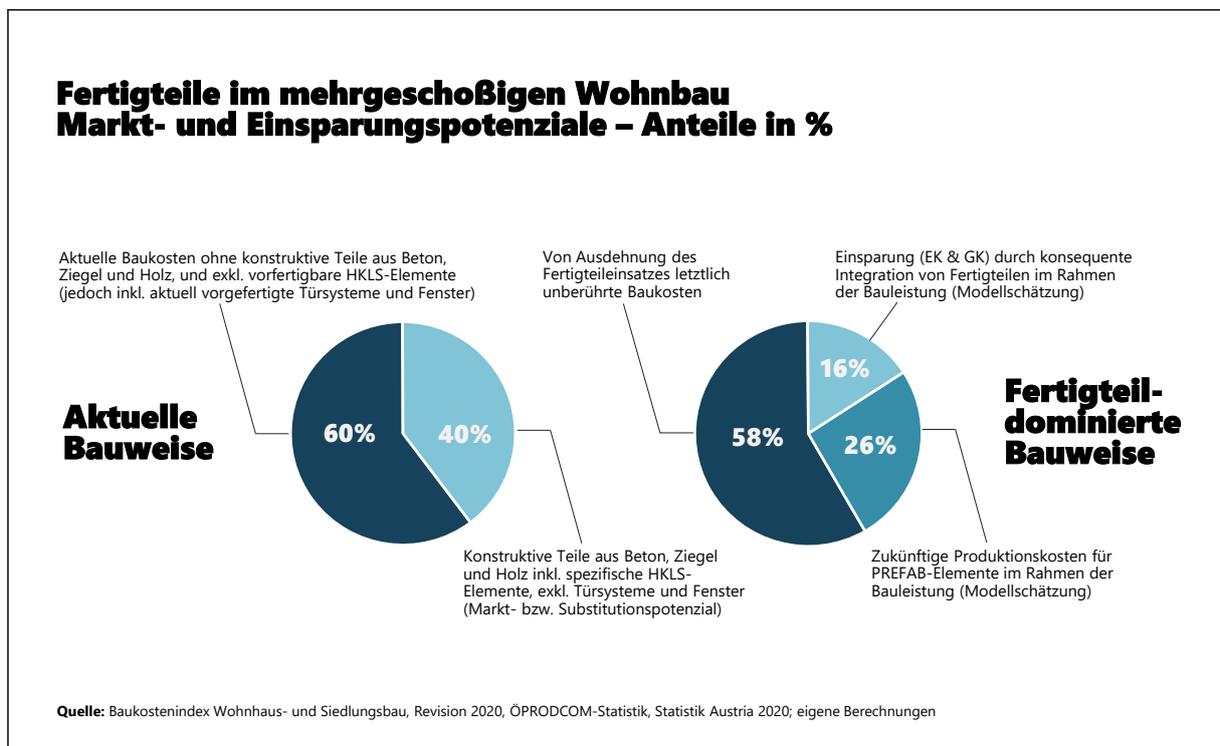
²⁶ Serielles Bauen und eine neue zweckgerichtete Gebäudetypologie im mehrgeschoßigen Wohnbau dehnt die Anzahl der betroffenen Leistungsgruppen im Hochbau deutlich aus. Dies hat zusätzliche Effekte auf die Bauleistung bzw. die Bauzeit. Bredenbals/Hullmann (1997, 8) gehen von bis zu 5% an Zeitreduktion aus, die durch serielles Bauen zusätzlich zu den in unserer Modellierung angesetzten 40% (extensiver Einsatz von Fertigteilen) erreicht werden können.



(84% bzw. 3,3 Mrd. Euro) durch Private beauftragt wurde (ÖPRODCOM-Statistik, Statistik Austria 2020). Für das Bauvolumen 2019 wird durch das Modell ein Marktpotenzial für vorgefertigte Bauelemente von insgesamt knapp 1,6 Mrd. Euro (unabhängig vom jeweiligen Auftraggeber) identifiziert, dies sind rund 40% der gesamten Baukosten. 1,3 Mrd. Euro des Marktpotenzials 2019 entfallen dabei auf private, 254 Mio. Euro auf öffentliche Auftraggeber. Unter Berücksichtigung des reduzierten mengen- und zeitbezogenen Einsatzes des Faktors Arbeit (Arbeitskräfte bzw. Lohnkosten), der durch den verstärkten Einsatz von PREFAB-Bauelementen im

Rahmen des Errichtungsprozesses erwartbar ist, können wir über das Modell zudem Einsparungspotenziale gegenüber der herkömmlichen Bauweise (i.e. Vor Ort-Produktion von Bauelementen) abschätzen. Siehe hierzu Abbildung 10. Insgesamt können im Rahmen des Substitutionsprozesses, inklusive Reduktionen im Bereich der Baustellengemeinkosten, bis zu 635 Mio. Euro (Basis 2019) im Rahmen des mehrgeschoßigen Wohnungs- und Siedlungsbaus eingespart werden. Dies sind 16% der gesamten nationalen Ausgaben für Neubauten in diesem Bereich. 102 Mio. Euro an Einsparungen entfallen in diesem Zusammenhang auf öffentliche Auftraggeber.

Abb.10: Präfabrikation von Bauteilen im Wohnbau: Markt- und Einsparungspotenziale 2019





2-4 Fallbeispiel Wien

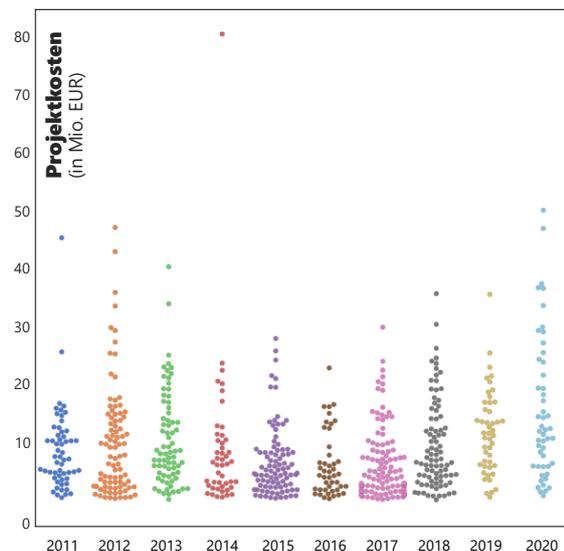
Auf Basis des oben entwickelten Kosten-Modells, können die Effekte eines extensiven Einsatzes vorgefertigter Bauelemente im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus auch für Wien analysiert werden. Ausgangspunkt für uns sind hier die Baukosten der Jahre 2011 bis inklusive 2020 im Bereich des geförderten Wiener Wohnbaus. Im Detail werden die Baukostenansätze (Gesamtkosten) der in den einzelnen Jahren begonnenen Wohnbauprojekte, unabhängig vom Fertigstellungsdatum, herangezogen, um Markt- bzw. Substitutionspotenziale und mögliche Einsparungen abzugrenzen. Abbildung 11 zeigt in diesem Zusammenhang die geförderten Wohnbauprojekte in der Betrachtungsperiode mit den entsprechenden Kostenvolumina (netto, exklusive MWSt) und der zeitlichen Verteilung (nach dem Beauftragungsjahr). Insgesamt wurden zwischen 2011 und 2020 Wohnbauten im Wert von 6,3 Mrd. Euro

beauftragt. Dies entspricht einem Markt- bzw. Substitutionspotenzial von PREFAB-Bauelementen von 2,5 Mrd. Euro (siehe Leistungsgruppenabgrenzung im Rahmen der Modellierung). Gleichzeitig hätte die Möglichkeit bestanden, über die letzten 10 Jahre durch Etablierung einer Fertigteilgetriebenen Errichtung der Wohngebäude rund 1 Mrd. Euro an Baukosten (Einzel- und Gemeinkosten) im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus zu sparen. Die Einsparungen (siehe oben) resultieren dabei speziell aus verminderten Personalkosten, einmal durch einen geringeren (durchschnittlichen) Beschäftigungsstand auf den Baustellen und andererseits durch kürzere Einsatzzeiten der Arbeitskräfte im Bauprozess.

Speziell die über einen verstärkten Fertigteil-Einsatz in der Errichtung reduzierbaren Projektlaufzeiten bringen einen zusätzlichen wichtigen Aspekt der traditionellen Bauweise (geringer PREFAB-Anteil) ins Spiel, nämlich jenen der entgangenen anteiligen Erträge in der Verwertung der produzierten Wohnraumkapazitäten. Bei einer durchschnittlichen Bauzeit der Wiener Projekte im Bereich des geförderten Wohnbaus der Jahre 2011 bis 2020 von 22 Monaten, fallen rund 9 Monate (i.e. 40%) an Mieteinnahmen durch die traditionelle Bauweise der Objekte aus. Ausgehend von der projektierten und verbauten Mietfläche im Betrachtungszeitraum von 3,1 Mio. m², ergeben sich bei einem angenommenen Nettomietpreis von 5,4 Euro pro m² (Basis 2018: Genossenschaftswohnungen) über 10 Jahre Mietausfälle von rund 153 Mio. Euro (siehe im Detail Abbildung 12).

Abb.11: Projektkosten im Wiener Wohnbau

Geförderter Wohnbau in Wien 2011-2020 (Baukostenverteilung, nach Projekt und Jahr)

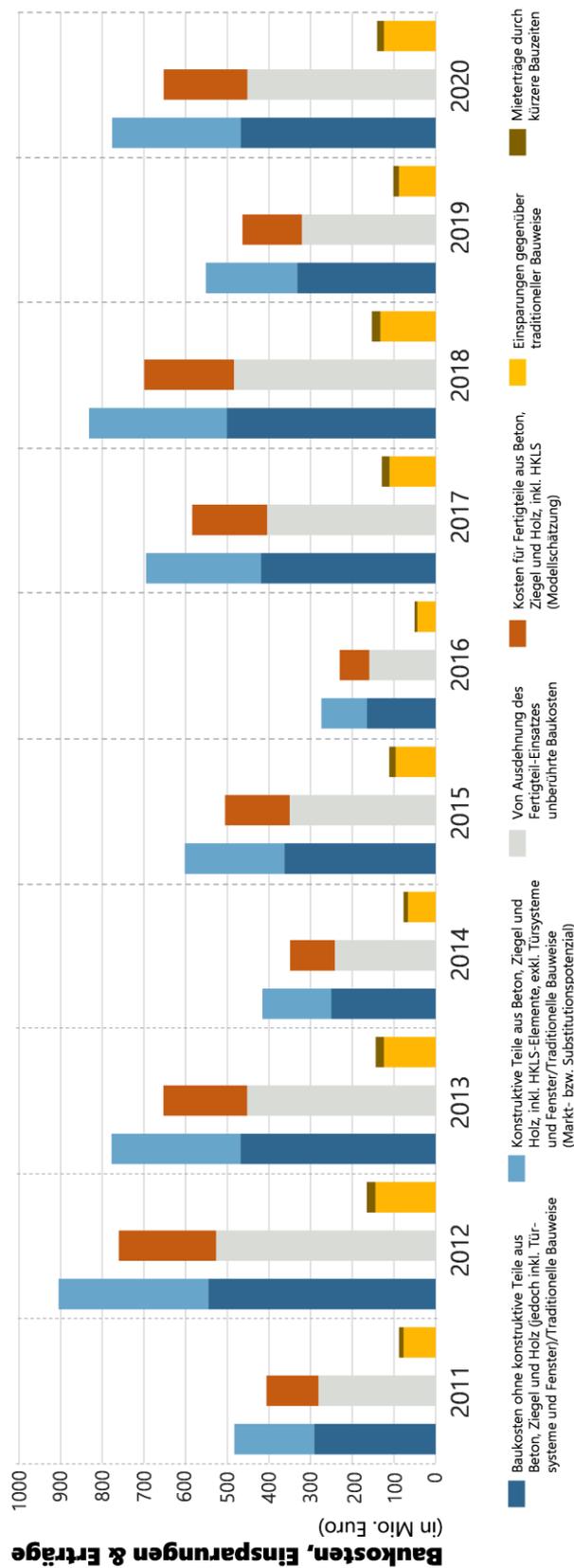


Quelle: MA50 Magistrat der Stadt Wien 2021, eigene Berechnungen



Abb. 12: Monetäre Effekte des extensiven Einsatzes von Fertigteilen im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus. Der Fall Wien.

Einsparungs- und Ertragspotenziale im geförderten Wohnbau Wiens durch Fertigteil-getriebene Bauweisen (in Mio. Euro, 2011 – 2020)



Quelle: MA50 Magistrat der Stadt Wien 2021, eigene Berechnungen

Im analysierten Zeitraum (2011-2020) bringt der extensive Einsatz von Fertigteilen im geförderten Wohnungsbau für Wien knapp 1,2 Mrd. Euro an monetären Vorteilen (Einsparungen von Baukosten und zusätzliche Mieterträge).



Die über den extensiven Einsatz von Fertigteilen im geförderten Wiener Wohnbau der Jahre 2011 bis 2020 potenziell erreichbaren Einsparungen und die zusätzlich generierbaren Mieteinkünfte stünden zur Schaffung neuer Wohnraumkapazitäten in der Stadt zur Verfügung. Bei durch die veränderte Bauweise reduzierten Produktionskosten (netto, exkl. MWSt) im mehrgeschoßigen Wohnbau (siehe Modellierung) von nunmehr knapp unter 1.700 Euro pro m² (-16%), könnten dabei rund 690.000m² neuer Wohnraum bereitgestellt werden. Bei einer durchschnittlichen Wohnungsgröße im gemeinnützigen Sektor von knapp 72m² (Basis 2018) würde dies den aktuellen Wohnungsbestand um zusätzliche 9.600 Einheiten heben. Nimmt man zudem eine durchschnittliche Belegung der Wohnungen von 3 Personen an, könnte über diesen Weg neuer Wohnraum für etwa 29.000 Menschen, ohne zusätzlichen erweiterten Finanzierungsbedarf (im Vergleich zur aktuellen Situation), geschaffen werden.

3 Potenziale einzelner Baustoffe

Die verwirklichtbaren Einsparungen, aber auch andere wichtige Effekte, wie z.B. die Energie- und CO₂-Bilanz künftiger mehrgeschossiger Wohngebäude, hängen im Detail auch von den Materialien und Verbundstoffen (Hybride) ab, aus denen die eingesetzten PREFAB-Bauteile aufgebaut sind. Diese sind einem stetigen technologischen Wandel unterworfen, der nicht nur Leistungssprünge (u.a. in Bezug auf Druck- und Zugkräfte, Schall- oder Wärmedämmung) oder die Umsetzung

einer höheren Komplexität (Anzahl der Funktionalitäten) ermöglicht, sondern über Leichtbaulösungen auch deutliche Einsparung von Ressourcen in der Produktion verspricht. Im Mittelpunkt stehen dabei weiterhin (wenn auch nicht ausschließlich) die Baustoffe Beton, Holz und Ziegel. Im folgenden Abschnitt soll nun näher auf ihre gegenwärtige und zukünftige Rolle im Baugeschehen bzw. speziell im Bereich der vorgefertigten Bauelemente eingegangen werden.

3-1 Beton

Die Produkttechnologie im Fertigteilbereich ist (u.a. auch auf Basis deutlicher Sprünge in den Prozesstechnologien) bereits so weit fortgeschritten, dass einzelne Baustoffe bzw. die aus ihnen gefertigten PREFAB-Elemente heute weitgehend zu Substituten im Rahmen der Gebäudekonstruktion geworden sind. Dies macht es auch zusehends schwieriger, die Potenziale einzelner Baustoffe voneinander abzugrenzen. Dennoch lässt sich an dieser Stelle festhalten, dass Beton im zunehmenden Wettbewerb zwischen den Baustoffen eine Sonderstellung einnimmt. Einerseits, weil er äußerst flexibel in der Verarbeitung ist, weil er weiters durch die Kombination (im Verbund) mit anderen Baustoffen (z.B. Stahl, Holz, Karbon oder Kunststoff) eher bereits vorhandene Qualitäten weiter verbessert als neue hinzugewinnt, und auch weil im Baustoff selbst noch entscheidendes Optimierungspotenzial liegt. Dieses zeigt sich vor allem im zunehmend effizienten Einsatz von Ressourcen in der Herstellung von Bauteilen, z.B. im Rahmen der Leichtbauweise (z.B. Gradientenbeton oder Profilbau-



weise), der auch direkt auf das Hauptproblem der Betonproduktion, die CO₂-Emission, wirkt bzw. in Zukunft verstärkt wirken wird. Voraussetzung ist hier jedoch in der Regel die maschinelle Fertigung der entsprechenden Bauteile.

Die Einsatzgebiete von Beton sind im Vergleich zu anderen Baustoffen äußerst vielfältig, so dass der Wettbewerb zwischen Beton und beispielsweise Holz und Ziegel aktuell nur in eng abgegrenzten Bereichen stattfindet. Dies hat speziell mit bisher schwer "imitierbaren" bzw. kompensierbaren Eigenschaften von Beton zu tun, namentlich z.B. die besondere Energiespeicherfähigkeit (thermische Bauteilaktivierung)²⁷, die Wetter- und Feuerfestigkeit und die Beständigkeit bzw. Formfestigkeit über extrem lange Zeiträume²⁸. Gleichzeitig setzt Beton über seine spezifischen Qualitäten auch den Standard im Bereich konstruktiver Systeme, etwa über Skelettkonstruktionen, Systeme mit tragenden Wänden und Fassaden oder die Raumzellenbauweise. Dabei kann der Baustoff de facto für alle konstruktiven vorgefertigten Teile, von Elementen im Bereich der Gebäudefundierung, über Stützen, Träger, Decken- und Wandsysteme bis hin zu Treppen und Balkone, eingesetzt

werden. Dies alles spricht dafür, dass Beton bzw. Betonfertigteile in den nächsten Jahren einen Großteil des im Rahmen unserer Modellierung für eine deutlich Fertigteil-getriebener Bauweise abgegrenzten Potenzials von knapp 26% der aktuellen Baukosten (siehe u.a. Abb.10) realisieren wird. Nicht zu unterschätzen in dieser Kalkulation sind allerdings die Fertigungskapazitäten in den der Bauwirtschaft zuliefernden Industrien. So arbeiten in Österreich und speziell in der Ostregion die Betonfertigteile-Produzenten seit etwa 3 Jahren an ihrer Kapazitätsgrenze (Glasmair 2021). Darüber hinausgehende Nachfrage wird daher aktuell (siehe unsere Diskussion der Transportkosten in Abschnitt B4-2) von grenznahen ausländischen Fertigteilwerken (Deutschland, Slowakei, Tschechien und Ungarn) bedient. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, in welchem Umfang und in welcher zeitlichen Taktung Anpassungen in den regionalen Produktionskapazitäten erfolgen. Zwei Faktoren scheinen hier eine zentrale Rolle zu spielen: (a) die spezifische Wettbewerbsintensität zwischen den einzelnen Akteuren (i.e. Bauunternehmen) im regionalen Markt und entsprechende Strategien in der Entwicklung der eigenen PREFAB-Kapazitäten²⁹, und (b) die Entwicklung der regionalen

²⁷ Thermische Bauteilaktivierung ist eine etablierte Technologie im Bereich Beton. Allerdings könnte Holz hier durch neue Forschungsinitiativen zunehmend an Leistungsfähigkeit gewinnen. Vielversprechend ist in diesem Zusammenhang (vgl. Lang 2021) speziell der eher neue Baustoff Brettsperrholz, der u.a. über seine statische Stärke auch Hochhauskonstruktionen (über 6 Geschoße) aus Holz möglich macht

²⁸ U.a. diese Eigenschaft des Baustoffs Beton hat - unabhängig von der konkreten Bauweise - Auswirkungen auf die Kosten im Gebäudelebenszyklus, die letztendlich Maßstab im Rahmen effizienten Bauens sein müssen.

²⁹ Die Gruppe der heimischen Betonfertigteileproduzenten ist klein. Hauptakteure sind aktuell die Kirchdorfer Fertigteilholding GmbH, die Franz Oberndorfer GmbH & CO KG, die Mischek Systembau GmbH, die Leier Baustoffe GmbH & Co KG, und die Cerne Baustoff- und Fertigteilwerk GmbH. Ursprünglich (bis in die frühen 2000er Jahre) war die Fertigteil-Produktion eingebettet in Bauunternehmen. Nach Verkäufen und Konzentrationsprozessen befindet sich mit der Mischek Systembau nur mehr 1 Fertigteil-Produzent im unmittelbaren Einflussbereich eines der großen Bauunternehmen (STRABAG), das gleichzeitig auch Abnehmer seines gesamten Output (Vollauslastung der Anlagen) ist.

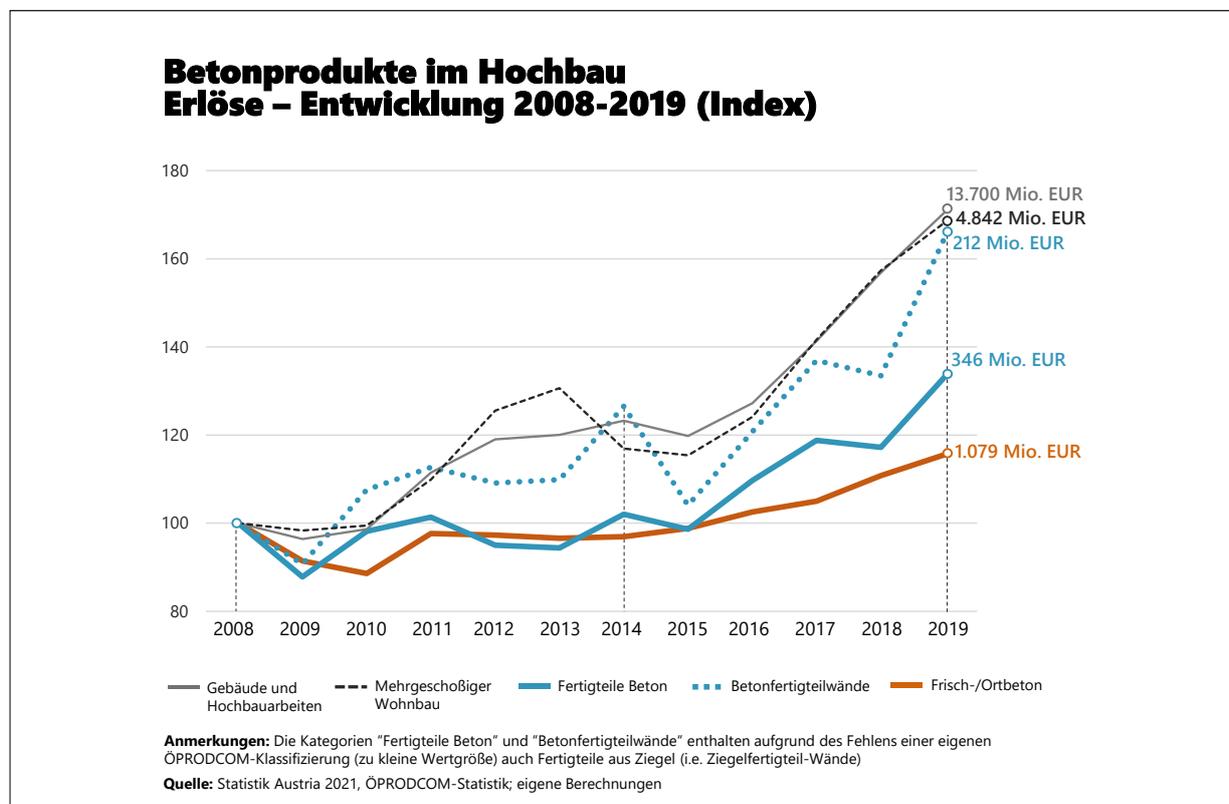


Nachfrage, die heute im Hochbau speziell auch von der öffentlichen Hand bzw. gemeinnützigen Wohnbaugesellschaften getragen wird. Das Zusammenwirken der genannten Faktoren wird darüber entscheiden, ob sich die Vision einer Fertigteilgetriebenen Bauweise (unabhängig von den eingesetzten Baustoffen) mit ihren Vorteilen hinsichtlich Qualität, Bauzeit, Sicherheit und Kosten in naher Zukunft verwirklichen lässt.

Abbildung 13 gibt einen Überblick über die Entwicklung der letzten 10 Jahre im Bereich Beton. Ort- bzw. Transportbeton, der hier für die Produktion von Bauelementen vor Ort auf der Baustelle steht, dominiert nach wie vor. Der in diesem Bereich 2019 erwirt-

schaftete Erlös (bewerteter Absatz) ist dabei drei Mal so hoch wie jener im Zusammenhang mit den von uns im Rahmen der Infografik abgegrenzten Betonfertigteilen (i.e. Fertigteil-Wände und -Decken). Gleichzeitig zeigt sich jedoch auch, dass Betonarbeiten direkt auf der Baustelle im Wachstum (2008 bis 2019) deutlich hinter Betonfertigteilen zurückbleiben. Im direkten Vergleich mit dem Wachstum des mehrgeschoßigen Wohnungsbaus im selben Zeitraum verlieren jedoch beide, Ortbeton und Betonfertigteile, an Boden. Allein Betonfertigteilmwände (inkludiert sind in diesem Zusammenhang auch Ziegelfertigteilmwände) können hier mit der Dynamik des Wohnungs- und Siedlungsbaus mithalten.

Abb.13: Einsatz von Betonprodukten im Baugeschehen





3-2 Ziegel

Ziegel ist ein traditioneller und speziell auch im Wohnungsbau häufig eingesetzter Baustoff. Im Altbestand auch im mehrgeschoßigen Wohnungsbauten häufig anzutreffen, liegt der Schwerpunkt seines Marktpotenzials jedoch heute vor allem im Bereich des Einfamilienhauses. Dies hat mehrere Gründe. Einmal das gute unbelastete Image des Ziegels, das bei privaten Investitionsentscheidungen eine größere Rolle zu spielen scheint, als bei gewerblichen Projekten mit spezifischen Rentabilitätsersparungen, zumal die notwendigen Wandstärken, z.B. im Vergleich zu Beton (z.B. zu Betonmassivwänden), Nutzfläche "kosten", zweitens der grundsätzliche optimale Einsatzbereich von Ziegel im Hochbau bei Geschößzahlen bis 6 in Abhängigkeit von der Widerstandskraft des Baustoffs in Bezug auf vertikale Lasten, und, drittens (ein weiteres Kostenargument), dass Ziegelwände in der Regel durch zusätzliche Be- bzw. Verarbeitungsschritte auf der Baustelle, Putz, Verkleidungen, Dämmungen oder Abdichtungen vor schädlichen Witterungseinflüssen zu schützen sind, ein Umstand, der sich speziell bei größeren gewerblichen Projekten entsprechend finanziell niederschlägt. Weiters ist in diesem Zusammenhang, z.B. bei nicht-monolithischer Bauweise (z.B. durch die Integration von Betonbauelementen), auch das spezifische Verformungsverhalten von Ziegelwänden oder die Problematik von Wärmebrücken zu berücksichtigen.

Fertigteile bieten nun die Chance, einige der aktuellen relativen "Schwächen" des Baustoffs Ziegel zu kompensieren und

seine Attraktivität für gewerbliche Projekte, insbesondere auch im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus zu heben. Neueste weitgehend automatisierte Produktionsanlagen ermöglichen die zeitökonomische Fertigung von an den individuellen Bedarf angepassten Ziegelwänden. Die Ziegel werden dabei verklebt und nicht gemauert, Aussparungen im Material für Fenster, Türen oder Treppensätze werden präzise über computergesteuerte Wasserstrahlschneideanlagen ausgeschnitten (vgl. Pech et.al. 2018). Allerdings stellt sich die Frage, wie weit die Entwicklung der Komplexität der vorgefertigten Ziegelbauteile gehen kann. Schlitze, Durchbrüche und Aussparungen, die für die Integration neuer Funktionalitäten in der Zukunft wohl in stärkerem Ausmaß benötigt werden (z.B. zur Aufnahme von HKLS-Elementen), wirken auf die Performance der Ziegelwände in Bezug auf vertikale und horizontale Lasten. Um klassische Leistungswerte der Ziegel (Druck- und Zugkräfte, Wärmespeicherung) zu erhalten, müssten in diesem Fall wohl Wandbreiten angepasst werden, die wiederum auf die verwertbare Nutzfläche in den gewerblichen Projekten zurückwirken.

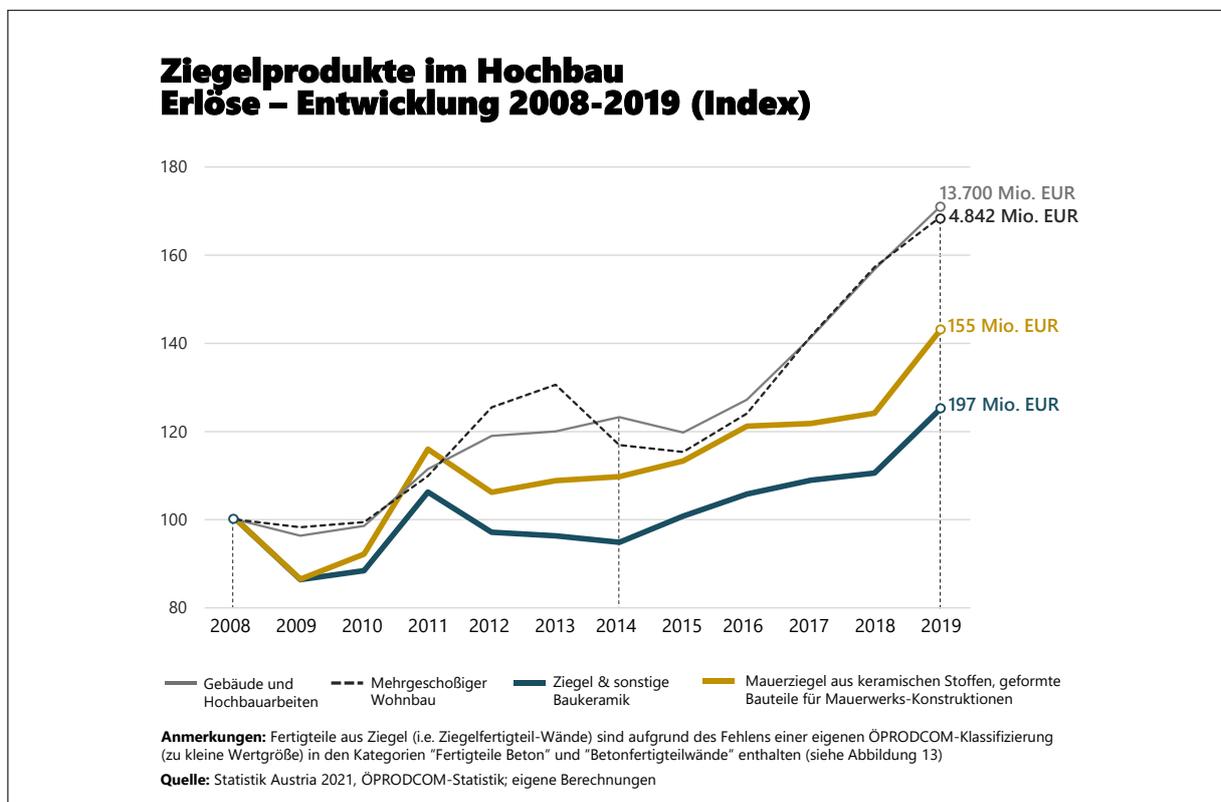
Eine entscheidende Rolle im Ausbau der Nutzung des Baustoffs Ziegel bzw. von Ziegelfertigteilen im Speziellen werden (ähnlich wie im Bereich des Baustoffes Beton) auch hier die Produktionskapazitäten spielen. Aktuell arbeiten beide heimischen Ziegelfertigteilwerke unter Vollauslastung (Redbloc GmbH, mit Standorten in Oberösterreich und Vorarlberg), mit einer Verdoppelung der Kapazitäten in den



nächsten Jahren ist aufgrund der steigenden Nachfrage (bis 25% Wachstum p.a.) zu rechnen. Im Jahr 2020 wurden rund 65.000 m² Ziegelwände abgesetzt. Trotz absehbarer Steigerungen der Produktion schätzen wir im Rahmen dieser Studie das Potenzial von Ziegelfertigteilen im Rahmen des mehrgeschoßigen Wohnbaus deutlich niedriger ein als jenes von Beton- und Holzbauelementen. Dabei sind die oben bereits genannten statischen Limitationen

des Baustoffs ebenso entscheidend wie die weitgehende Inkompatibilität mit zukunfts-trächtigen Bauweisen im Wohnbau wie der Skelettbauweise, im Rahmen derer Beton, Stahl oder Holz vorrangig zum Einsatz kommen. Abb. 14 gibt einen Überblick über die Entwicklungen im Bereich Ziegel. Die Datenlage lässt hier allerdings nicht zu, dass Ziegelfertigteile (i.e. Ziegelfertigteilwände) gesondert ausgewiesen werden (vgl. auch Abbildung 13).

Abb.14: Einsatz von Ziegelprodukten im Baugeschehen



3-3 Holz

Die Marktsituation und auch das Marktpotenzial stellt sich für Holz deutlich anders dar als für Ziegel. Die Produkt- und Prozesstechnologien rund um den Baustoff Holz haben sich in den letzten 20 Jahren äußerst dynamisch entwickelt, auch wenn

sich dies bisher noch nicht im erwarteten Ausmaß in einer breiten Anwendung, speziell im mehrgeschoßigen Hochbau, umgesetzt hat. Dies ist auf mehrere Faktoren und Umstände zurückzuführen. Erwähnt seien hier (1) Informationsdefizite



auf Seite der Bauwirtschaft hinsichtlich des industrialisierten großflächigen Einsatzes des Baustoffs Holz im großvolumigen Hochbau. Dabei scheinen vor allem wichtige Grundlagen, speziell in Bezug auf den Holzsystembau, noch immer zu fehlen. Dieser steckt "(...) *bauwirtschaftlich und baubetrieblich noch in den Kinderschuhen*" (Koppelhuber 2017, 3), (2) Bauordnungen, die den ökologischen Aspekt weiterhin zu wenig forcieren, (3) bestehende, noch nicht vollständig gehobene Reserven des Materials selbst, z.B. in den Bereichen Brandschutz, Schalldämmung oder Bauteilaktivierung, (4) der noch immer (im Vergleich zu Beton) zu geringe Industrialisierungsgrad der Produktion von Holzbau-elementen, und (5) die besonders starke Marktposition von Beton.

Gleichzeitig steht heute eine breite Palette von innovativen leistungsfähigen Holzprodukten im Fertigteil- und Halbfertigteilbereich ("*Engineered Wood Products*"³⁰) für den Ausbau im modernen mehrgeschoßigen Hoch- bzw. Wohnbau zur Verfügung. Dabei handelt es sich insbesondere um plattenförmige Elemente, u.a. Furnierschicht und -streifenholz oder Langspanholz. Die aus Furnieren und Brettern aufgebauten Fertigteile weisen eine deutlich höhere Festigkeit und Belastbarkeit als Vollholz auf, was sie für einzelne Anwendungen im Rahmen von Konstruktionen,

u.a. auch für den mehrgeschoßigen Wohnbau, prädestiniert. Brettstapel-, Brettsperrholz- und Verbundkonstruktionen machen dabei den Einsatz von flächigen Tragstrukturen (tragende und aussteifende Funktion) möglich (vgl. Schwaner 2009, 1109f). Das größte Marktpotenzial liegt in diesem Zusammenhang im Bereich des Brettsperrholzes (BSH). Hinter diesem vergleichsweise neuen Hochleistungsprodukt stehen weiterentwickelte Fertigungstechniken, die den komplexen Aufbauprozess der Platten (kreuzförmige³¹ mehrschichtige Verklebung von Brettlagen) erlauben³². Brettsperrholz wird im Rahmen von Konstruktionen überwiegend für tragende und nicht-tragende Dach-, Decken- und Wandbauteile eingesetzt, wo es direkt in Konkurrenz zu Beton tritt und durch seine spezifischen Eigenschaften (u.a. große Spannweiten und geringeres Gewicht) teilweise auch wirtschaftlicheres Bauen ermöglicht.

Österreich hat im Bereich BSH mit einem Anteil an der Weltproduktion von 60% eine besondere Marktposition (Lechner 2021). Die drei größten heimischen Produzenten sind in diesem Zusammenhang Binderholz Bausysteme GmbH, die Stora Enso Timber AG und KLH Massivholz GmbH. Gemeinsam kommen sie (2019) auf einen jährlichen BSH-Ausstoß von über 500.000m³ (Kurier 2021), rund ein Drittel der weltweiten

³⁰ "(...) *alle Produkte, die im Gegensatz zum klassischen Vollholz durch eine technische Bearbeitung vergütet und in ihren Eigenschaften homogenisiert wurden*" (vgl. Schwaner 2009, 651). Die in der Fertigteilproduktion eingesetzten Hölzer sind Nadelhölzer, die im Vergleich zu Laubhölzern ein geringeres Gewicht aufweisen und ein besseres Quellverhalten zeigen

³¹ Der kreuzweise (in der Regel rechtwinkelige) Aufbau ermöglicht einen zweiachsigen Lastabtrag und damit eine deutlich höhere Belastungsfähigkeit der holzbasierten Fertigteile.

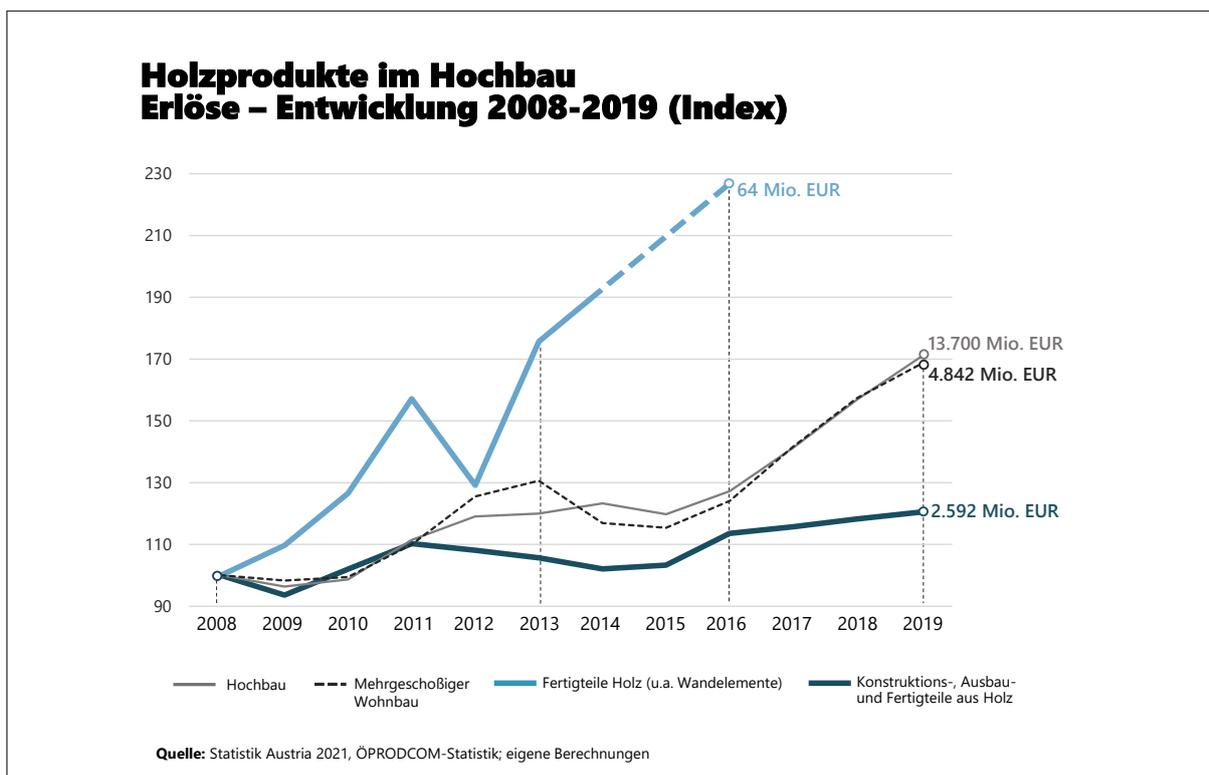
³² Dabei können flächige Konstruktionsteile von bis zu 4,50m Breite und 24m Länge produziert werden.



Produktion. Durch den aktuell bestehenden heimischen Knowhow-Vorsprung werden dabei heimische BSH-Fertigteile ohne geographische Restriktionen weltweit (aktuell noch immer im Rahmen von einzelnen Leuchtturmprojekten, wie z.B. dem Pariser Arboretum, oder dem Brock Commons I in Vancouver) eingesetzt. Gleichzeitig sind Holz wie auch BSH-Bauelemente in Inland gegenwärtig knapp und teuer. Im Falle BSH liegt dies vor allem daran, dass der Industrieoutput trotz dynamischem Wachstums schon länger unter der Marktnachfrage liegt, was generell die stärkere Nutzung der Fertigteile im Hochbau behindert, gleichzeitig jedoch auch das Marktpotenzial dieses Baustoffs erahnen lässt. Dabei ist speziell im Bereich des Baustoffes Holz nicht allein nur die (teilweise) Substitution von Betonfertigteilen durch BSH-Elemente zu erwarten,

sondern auch ein stärkeres Miteinander der beiden Baustoffe. Sind in mehrgeschoßigen Holz-Konstruktionen (Hochhäuser) schon jetzt Betonkerne Standard, werden die beiden Baustoffe auch in Verbundkonstruktionen (Holz-Beton-Decken) oder Kompositmaterialien in Zukunft Marktpotenziale gemeinsam heben. Durch das im Vergleich zu Beton deutlich geringere Gewicht von Holz sind zudem die (in Abhängigkeit von Bautypen und Bauweisen) zunehmenden Marktchancen von (offenen und geschlossenen) Modulbauten zu berücksichtigen. Im Rahmen unserer Potenzialschätzung sehen wir den Baustoff Holz bzw. Holzfertigteile und -module zukünftig daher in einer wichtigen Rolle im mehrgeschoßigen Wohnbau, auch wenn die Dominanz von Beton bzw. Betonfertigteilen nicht gebrochen werden kann. Abbildung 15 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Baustoffs Holz.

Abb.15: Einsatz von Holzprodukten im Baugeschehen





D Volkswirtschaftliche Aspekte

Neben dem unter Abschnitt C abgegrenzten Marktpotenzial für Fertigteile im mehrgeschoßigen Wohnbau und den möglichen realisierbaren Einsparungen von Baukosten durch Änderungen in der Bauausführung, sind weitergehende Effekte auf gesamtwirtschaftlicher Ebene zu betrachten. In diesem Zusammenhang analysieren wir in der Folge die Wirkung einer Fertigteilgetriebenen Bauweise auf die zentralen volkswirtschaftlichen Aggregate Produktionswert (Output), Wertschöpfung, Arbeitnehmerentgelte und Beschäftigung.

1 Modellierung

Die Übertragung unserer Ergebnisse für repräsentative Bauprojekte im mehrgeschoßigen Wohnbau (insbesondere jener betreffend den Einsatz des Faktors Arbeit im Rahmen der Hochbauarbeiten) auf die systemische, d.h. volkswirtschaftliche, Ebene, folgt einem mehrstufigen Prozess. Dabei zu berücksichtigen sind vor allem die bedeutenden konzeptiven Unterschiede zwischen PRODCOM-Code basierten Daten und den Informationen, die die Input-Output-Tabellen liefern, die wir im Rahmen der volkswirtschaftlichen Wirkungsanalyse einsetzen. Während in dem einen Fall ausschließlich Markttransaktionen zwischen Sektoren und ihren Unternehmen (bzw. Betrieben) abgebildet werden, nimmt man im anderen, darüber hinaus, weitreichende statistische Anpassungen (u.a. Ansätze für den Bereich der "Schattenwirtschaft") vor.

Dieses Up-Scaling der Daten wird von uns im Rahmen der Modellierung entsprechend akkomodiert.

Gleichzeitig sind Annahmen über die Dynamik innerhalb jener wirtschaftlicher Sektoren zu treffen, die von einer Verlagerung der Bauteilproduktion von der Baustelle in die industrielle (zentralisierte) Fertigteil-Produktion potenziell profitieren. Dabei handelt es sich speziell um die Industrien der ÖNACE-Klassifizierung 16 ("Holz sowie Holz-, Kork- und Flechtwaren") und 23 ("Glas, Keramik, bearbeitete Steine und Erden"), letzterer beinhaltet neben dem Baustoff Ziegel auch Beton. Für die Analyse ist von Bedeutung, dass wir uns unabhängig vom Produktionsort (Baustelle oder Fertigteilwerk) in Bezug auf die eingesetzten Baustoffe im Bereich derselben ÖNACE-2-Steller bewegen. Zusätzlich können wir davon ausgehen, dass die im Rahmen der Produktion benötigten Baustoffmengen aus den Bereichen Holz, Ziegel oder Beton (zumindest vor dem Hintergrund aktuell verfügbarer Technologien) gemessen an einer bestimmten Bauleistung kaum Änderungen unterworfen sind. Die entscheidende Frage ist damit jene nach der Dynamik im Bereich der Beschäftigung der Sektoren 16 und 23. Für den aktuell dominanten Baustoff Beton gehen wir dabei z.B. von einer Neuordnung der Wertschöpfungskette aus. Die bisher übliche Frischbeton-Produktion mit anschließendem Transport zum Ort der Endverwendung (i.e. Baustelle) wird dabei



schrittweise abgelöst durch die Frischbeton-Produktion direkt im Rahmen der Fertigteile-Produktion. Beide Produktionsweisen sind hoch-kapitalintensiv, wobei die Expertise der Zement- und Betonproduzenten bzw. die entsprechenden Fachkräfte im Rahmen der Expansion der Fertigteile-Produktion über die Zeit absorbiert werden. Im Bereich des Baustoffes Ziegel wiederum sehen wir zwischen kleinteiligen oder größerteiligen Ziegelementen de facto keinen Unterschied in der Produktion. Wir gehen hier davon aus, dass notwendige Output-Steigerungen im Fertigteilbereich allein durch Ausdehnung des Kapitaleinsatzes (Maschinen und Anlagen) ermöglicht werden. Zudem sei an dieser Stelle auch angemerkt, dass Wachstum im Bereich Ziegel speziell vom Einfamilienhaus-Sektor und damit auch in Zukunft weniger vom mehrgeschoßigen Wohnbau getrieben werden wird. In Bezug auf den Baustoff Holz wiederum sehen wir noch großes Rationalisierungspotenzial im Rahmen der Fertigteilproduktion. Wie unter Abschnitt B2 ausgeführt, ist die Produktion von Bauteilen aus Holz weiterhin personalintensiv. Der in Zukunft zweifellos benötigte höher Ausstoß wird daher nur über einen deutlich höheren Automatisierungsgrad (Substitution des Faktors Arbeit durch den Faktor Kapital) erreicht werden. Wir gehen in unserer Analyse daher davon aus, dass sich im Rahmen der Expansion der Produktion von Holzfertigteilen³³ die Be-

schäftigtenzahlen mittelfristig nicht stark verändern werden.

Alles konzentriert sich damit auf die Beschäftigungswirkungen im Bereich der im Rahmen des mehrgeschoßigen Wohnbaus involvierten "Spitzensektoren" aus dem Baubereich, Gebäude und Hochbauarbeiten (ÖNACE 41) und Bauinstallations- und sonstige Ausbauarbeiten (ÖNACE 43). Die hier durch eine Fertigteil-getriebene Bauweise realisierbaren Einsparungen (i.e. rund 16% der Baukosten; siehe Abschnitt C) entstehen fast ausschließlich im Bereich des Faktors Arbeit. Diese Beschäftigungseffekte gehen für die betroffenen Sektoren im Rahmen unserer Input-Output-Analyse in entsprechend skaliertes Form ein.

Basis der Kalkulation der Effekte auf definierte volkswirtschaftliche Aggregate sind die Projektsummen der zwischen 2011 und 2020 in Wien begonnenen mehrgeschoßigen Wohnbauten. Insgesamt wurden dabei in den letzten 10 Jahren, (mittelbar) über die durch gemeinnützige Wohnbauträger beauftragten Bauleistungen, rund 6,3 Mrd. Euro in den Sektoren 41 und 43 eingesetzt. Die von uns durchgeführte Simulation vergleicht die Effekte bzw. Netto-Effekte anhand zweier partieller-geschlossener³⁴ Input-Output-Modelle, die sich speziell im Bereich der Wertschöpfungskomponenten (Technologische Koeffizienten des Faktors Arbeit der Sektoren 41/43) unterscheiden.

³³ Bedeutendes Output-Wachstum ist hier speziell für Brettsperrholz-Elemente zu erwarten. Die BSH-Produktion ist allerdings hoch-industrialisiert und damit auch in der Zukunft kein Treiber der Beschäftigung in Sektor 16.

³⁴ Endogenisierung der privaten Haushalte (Integration der Sektor-spezifischen Entlohnung der bereitgestellten Arbeitsleistung und des privaten Konsum in das Input-Output-Modell)



2 Ergebnisse

Im direkten Vergleich der beiden Simulationen (traditionelle Bauweise vs. PREFAB-orientierte Bauweise) zeigen sich die Effekte im Bereich der definierten volkswirtschaftlichen Aggregate. Durch den deutlich reduzierten Einsatz von Arbeitskräften im Gebäudebau bei forciertem Einsatz von Fertigteilen (alle Baustoffe) ist mit negativen Beschäftigungseffekten in den Sektoren 41 und 43, aber (durch erweiterte induzierte Effekte) auch im gesamten volkswirtschaftlichen System zu rechnen. Abbildung 16 gibt einen Überblick über die Multiplikatoren (Hebelwirkung der beiden Systeme in Bezug auf eingesetzte Mittel) in den Bereichen Output, Wertschöpfung, Arbeitnehmerentgelte und Beschäftigung (Vollzeit-Äquivalente), während Abbildung

17 die realisierten Effekte im Detail beschreibt. Sichtbar werden dabei auch die deutlichen Einbußen speziell im Bereich der Wertschöpfungskomponenten, so z.B. im Bereich der Arbeitnehmerentgelte/ANE (i.e. Kosten des Faktors Arbeit), wo der Unterschied im Gesamtmultiplikator (inklusive induzierter Effekte) in Bezug auf die ANE zwischen den beiden Bauweise-Szenarien über 13% beträgt. In absoluten Werten stellt sich die Situation dann allerdings deutlich gemilderter dar. Durch die bereits unter Abschnitt C 2-4 im Rahmen unseres Fallbeispiels für Wien eingeführten potenziellen zusätzlichen Mieteinnahmen von über 150 Mio. Euro (realisierbar durch deutlich kürzere Bauzeiten von -40%), und die in diesem Zusammenhang zu berücksichtigenden Realinkommensgewinne auf Seite der Wiener

Abb.16: Mehrgeschoßiger Wohnbau in Wien 2011-2020: Multiplikatoren

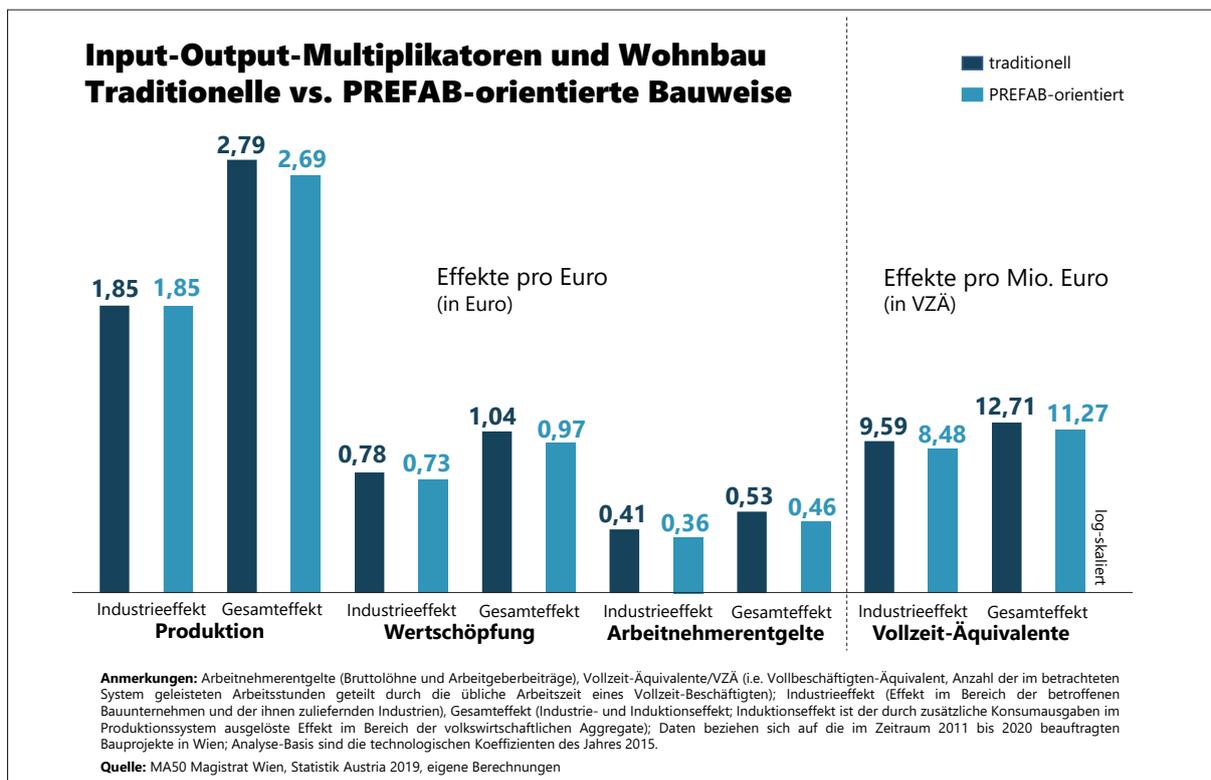




Abb.17: Mehrgeschoßiger Wohnbau in Wien 2011-2020: Effekte

Volkswirtschaftliche Effekte der Wohnbauausgaben 2011-2020 in Abhängigkeit von der Form der Bauausführung

Betrachtungszeitraum 2011-2020	Bauweise im mehrgeschoßigen Wohnbau							
	Traditionell				PREFAB-orientiert			
	Effekte				Effekte			
	Ökonomisches Aggregat	Art	Tsd. EUR	%	Multiplikator	Tsd. EUR	%	Multiplikator
Produktion (BPW)	direkt	6 311 611	35,78	1,85	6 511 669	37,10	1,85	direkt
	indirekt	5 394 870	30,58		5 552 398	31,64		indirekt
	induziert	5 933 611	33,64	2,79	5 485 815	31,26	2,70	induziert
	gesamt	17 640 092	100,00		17 549 882	100,00		gesamt
Wertschöpfung (VA)	direkt	2 592 561	39,37	0,78	2 424 698	38,53	0,73	direkt
	indirekt	2 318 141	35,20		2 322 802	36,91		indirekt
	induziert	1 674 326	25,43	1,04	1 544 980	24,55	0,97	induziert
	gesamt	6 585 028	100,00		6 292 481	100,00		gesamt
Arbeitnehmer-Entgelte (ANE)	direkt	1 289 955	38,90	0,41	1 075 139	35,63	0,36	direkt
	indirekt	1 302 677	39,28		1 275 863	42,29		indirekt
	induziert	723 787	21,82	0,53	666 177	22,08	0,46	induziert
	gesamt	3 316 419	100,00		3 017 178	100,00		gesamt
Ökonomisches Aggregat	Art	VZÄ	%	Multiplikator	VZÄ	%	Multiplikator	Art
Beschäftigung (Vollzeit-Äquivalente/VZÄ)	direkt	31 423	39,17	9,59	26 788	36,52	8,48	direkt
	indirekt	29 128	36,30	<i>per Mio. EUR</i>	28 449	38,78	<i>per Mio. EUR</i>	indirekt
	induziert	19 682	24,53	12,71	18 118	24,70	11,27	induziert
	gesamt	80 233	100,00	<i>per Mio. EUR</i>	73 355	100,00	<i>per Mio. EUR</i>	gesamt

Anmerkungen: BPW (Bruttoproduktionswert), Arbeitnehmerentgelte (Bruttolöhne und Arbeitgeberbeiträge), Vollzeit-Äquivalente/VZÄ (i.e. Vollbeschäftigten-Äquivalent, Anzahl der im betrachteten System geleisteten Arbeitsstunden geteilt durch die übliche Arbeitszeit eines Vollzeit-Beschäftigten), Multiplikator (beobachtete Hebelwirkung der eingesetzten finanziellen Mittel); Daten beziehen sich auf die im Zeitraum 2011 bis 2020 beauftragten Bauprojekte in Wien; Analyse-Basis sind die technologischen Koeffizienten des Jahres 2015.

Quelle: MA50 Magistrat Wien, Statistik Austria 2019, eigene Berechnungen

Bevölkerung von knapp 50 Mio. Euro, die durch die im Vergleich zum privaten Mietwohnungsmarkt geringeren Mieten (Ansatz sind hier Mieten für Genossenschaftswohnungen) ermöglicht werden, ist ein höherer Nachfrageimpuls zu erwarten als jene 6,3 Mrd. Euro, die über die letzten 10 Jahre im geförderten Wohnbau eingesetzt wurden. Tatsächlich ergibt sich durch die über den verstärkten Einsatz von Fertigteilen effizientere Bauweise ein um rund 200 Mio. Euro höheres Nachfragepotenzial (6,5 Mrd. Euro), wobei im Rahmen der Modellierung u.a. davon ausgegangen wird, dass im mehrgeschoßigen Wohnbau eingesparte Baukosten von den gemeinnützigen

Wohnbauträgern ebendort auch wiederum eingesetzt werden. Insgesamt betrachtet liegen die Effekte der beiden unterschiedlichen Bauweisen im Rahmen unseres Wiener Fallbeispiels im Bereich des volkswirtschaftlichen Output nahe 17,6 Mrd. Euro. Deutliche Einbußen durch die PREFAB-getriebene Bauweise zeigen sich allerdings auch hier im Bereich der ANE. Die Differenz beträgt 300 Mio. Euro über 10 Jahre. Gleichzeitig können im selben Zeitraum 7.000 VZÄ bzw. Vollzeitarbeitsplätze in der heimischen Wirtschaft nicht gesichert bzw. nicht geschaffen werden. Der Großteil davon fällt in einem der beiden Bausektoren 41 bzw. 43 an.



3 Beschäftigung und Bauwirtschaft

Die durch neue Bauweisen ermöglichten Einsparungen im zeitabhängigen Baukostensegment, vor allem in Bezug auf Anzahl und Dauer der Beschäftigungsverhältnisse auf den Baustellen, haben das Potenzial, den Druck am regionalen und überregionalen Arbeitsmarkt deutlich zu erhöhen. Allerdings stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, welche Relevanz die spezifischen Ergebnisse unserer Analyse (in Bezug auf Beschäftigung) für Wien bzw. für die heimische Volkswirtschaft vor dem Hintergrund aktueller Phänomene in der europäischen Bauwirtschaft besitzen.

Bereits seit einigen Jahren zeigt sich ein Mangel an qualifizierten Arbeitskräften (u.a. Poliere) in der Bauwirtschaft, speziell im Hochbau bzw. im Bau von Gebäuden. Dies äußert sich u.a. in einer Abnahme der Sektor-Beschäftigung von über 13% seit 2015, trotz gleichzeitigem Bauboom mit einem Produktionswachstum um über 40%. Der intensivierter Wettbewerb um qualifizierte Arbeitskräfte manifestiert sich dabei auch in einem dramatischen Anstieg des (mittleren) Bruttoverdienstes am Bau (+82% seit 2014). Zudem ist seit 2011 auch ein deutlicher Anstieg des Anteils ausländischer Arbeitskräfte am Bau (+56%)

bzw. im Bereich der Errichtung von Gebäuden (+39%)³⁵ zu beobachten.

Aus diesen Entwicklungen lassen sich letztendlich zwei für die heimische Bauwirtschaft zentrale Schlussfolgerungen ziehen: (1) hoch-arbeitsintensive Prozesse (wie z.B. Beton- und Stahlbetonarbeiten), die heute noch größtenteils vor Ort auf den Baustellen ablaufen, werden vor allem auch durch den im Bereich des Faktors Arbeit entstandenen ökonomischen Druck zunehmend anders organisiert werden. Zentrale Lösung ist in diesem Zusammenhang die Auslagerung der Bauteile-Produktion in Richtung Vorfertigung. Strategische Investments von heimischen Bauunternehmen in entsprechende Kapazitäten sind damit absehbar³⁶. (2) Der im Zuge der stärkeren Integration von Fertigteilen in den Bauprozess zu erwartende Verlust von Arbeitsplätzen am Bau wird größtenteils ausländische Beschäftigte treffen. Die Effekte auf den heimischen Arbeitsmarkt werden damit deutlich geringer ausfallen als erwartet, auch wenn (siehe Modellierung) über alle Sektoren der Volkswirtschaft hinweg Nettoverluste im System auftreten werden.

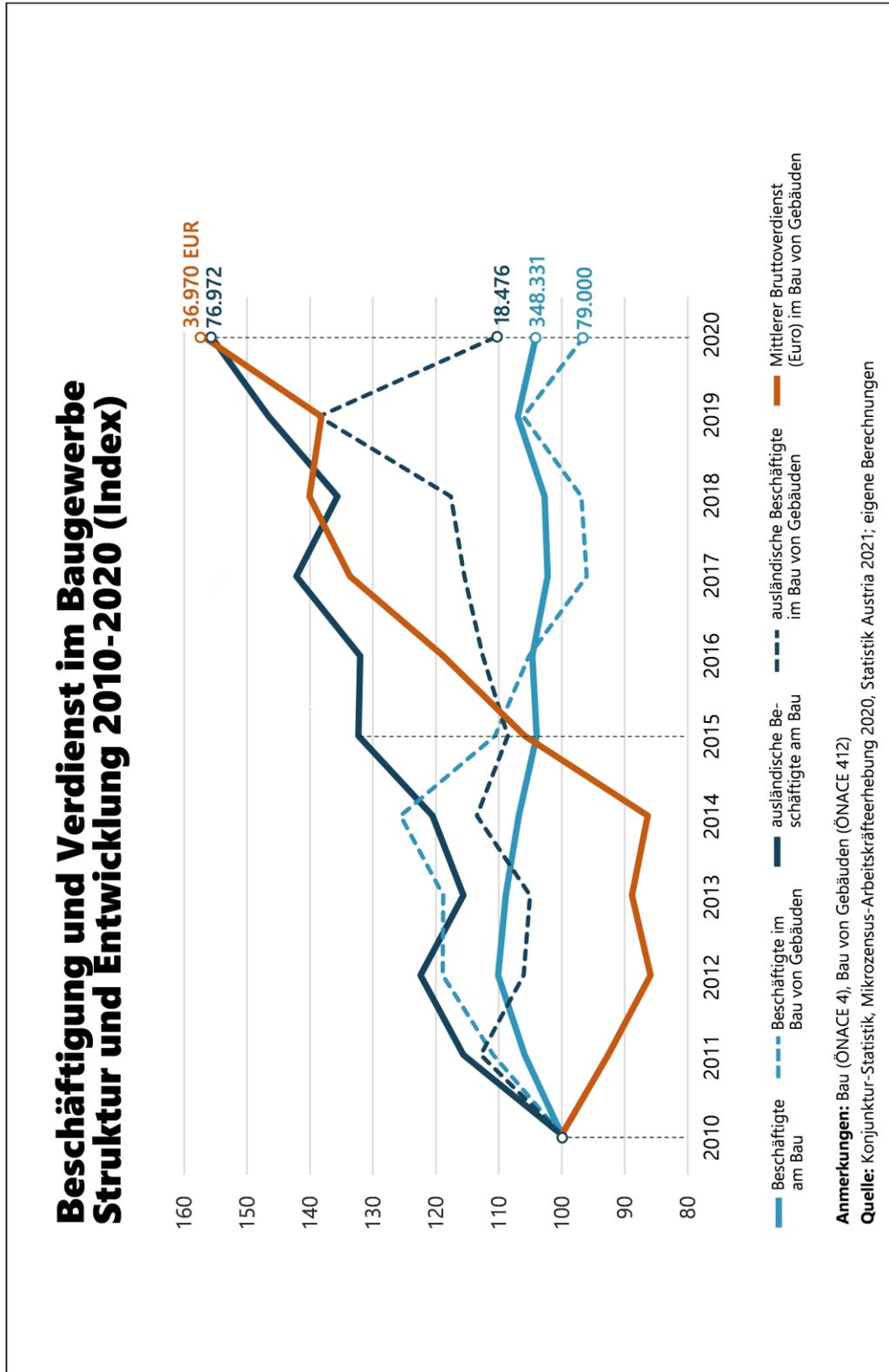
Für eine Übersicht über die Dynamik der Beschäftigung in der Bauwirtschaft über die letzten 10 Jahre siehe Abbildung 18.

³⁵ Diese Entwicklung wurde durch Covid19-bedingte Auflagen bzw. Beschränkungen, und verstärkte Nachfrage nach Arbeitskräften in anderen europäischen Ländern unterbrochen.

³⁶ In der heimischen Bauwirtschaft setzen die Verantwortlichen aktuell weiterhin auf organisatorische Lösungen auf den betriebenen Baustellen bzw. zwischen den einzelnen betriebenen Baustellen. Die Gründe dafür könnten in der Vergangenheit liegen. Vor mehr als zwei Jahrzehnten waren eine Reihe von (heute noch aktiven) Fertigteilwerken an Bauunternehmen angegliedert. Diese wurden jedoch sukzessive abgestoßen, so dass heute allein die STRABAG mit der Mischek Systembau GmbH über entsprechende Kapazitäten verfügt. Feststeht (siehe auch oben), dass die Fertigteilindustrie (unabhängig vom Baustoff) aktuell an der Kapazitätsgrenze produziert.



Abb. 18: Beschäftigungsdynamik in der österreichischen Bauwirtschaft





E Ein neues Bauen

Für die im Rahmen unserer Modellierungen in Abschnitt C abgebildeten Potenziale für vorgefertigte Bauteile und speziell für Kosteneinsparungen im mehrgeschoßigen Wohnbau gilt, dass sie nur unter ganz spezifischen Voraussetzungen in vollem Umfang auch zu realisieren sind. Entscheidend ist dabei der Schritt zu einer neuen Konzeption des Bauens, von einer (in der Breite) noch immer geringen Standardisierung von Planung und Produktion hin zu Standardisierung als leitende Idee im Wohnbau.

1 Standardisierung

Städte sind schon immer besondere Gravitationszentren intra- und interregionaler Bevölkerungsströme. Urbane Zentren wachsen jedoch heute im globalen Mittel schneller als je zuvor. Dies gilt ebenso für europäische Metropolen wie Wien, dessen Bevölkerung in den letzten 10 Jahren um 13% gewachsen ist³⁷. Die damit verbundenen aktuellen wirtschaftlichen Herausforderungen der Städte (Druck auf kommunale Budgets) treffen dabei auf explizite strategische Ziele im sozialen Wohnbau wie hohe Verfügbarkeit, Leistbarkeit, hohe Bauqualität, gestalterische Exzellenz und Energie- bzw. Ressourceneffizienz. Um diese Situation ökonomisch, sozial und politisch zu beherrschen, braucht es eine ganzheitliche Lösung. Ein entscheidender Teil dieser Lösung ist dabei die

umfassende Standardisierung im Bereich des Bauwesens, die Standardisierung des Planungsprozesses (von der Bauphilosophie bis zur Typologie), des Bauprozesses (von der Baustellenorganisation bis hin zur Fertigungsweise) und der einzelnen Bauelemente bzw. Bauelementgruppen (Module und Raumzellen).

Im Rahmen der Bauplanung gibt es viele Ansatzpunkte, wo Standardisierung Vorteile für den (die) Anwender bringt (vgl. Benze 2020, 12f). Im Bereich der Grundlagenermittlung z.B. kann die über eine Abstimmung der beteiligten Akteure ermöglichte Prototypen-Entwicklung in Zukunft Kosten vermeiden. Die Typisierung von Einheiten auf Basis von standardisierten Rastermaßen wiederum ermöglicht in der Entwurfsplanung die einfache Übertragbarkeit zwischen und innerhalb von Projekten und die Reproduzierbarkeit und Skalierung von Projekten. Im Rahmen der Genehmigung sind Standardisierungen ebenso ein Vorteil wie im Rahmen der Ausschreibung von Projekten, während wiederum im Rahmen der Bauausführung der Koordinations- und Überwachungsbedarf durch Standardisierung von Prozessen deutlich gesenkt wird, weil z.B. Anschlusspunkte und Verbindungen zwischen Bauteilen genormt sind. Standardisierung bildet somit die Grundlage für effizientes und letztlich auch qualitativ hochwertiges Bauen, setzt allerdings keine Festlegung auf

³⁷ MA23 (2020)



eine spezifische Bauweise voraus. So sind z.B. unter konventionellen Bauweisen ebenso Konventionen und Best Practise-Elemente oder genormte Formen fest etabliert. Standardisierung ist damit eine notwendige, jedoch keine hinreichende Bedingung dafür, dass das oben genannte kommunale Zielebündel, Kosteneffizienz, Kapazität, Qualität und Ökologie, planmäßig und nachhaltig durchgesetzt werden kann. Dies wird allein über eine konsequente Weiterführung des Standardisierungsgedankens, über das industrielle bzw. das seriellen Bauen, erreicht (siehe dazu Abbildung 19).

2. Industrielles und serielles Bauen

Unter seriellem Bauen versteht man die Multiplikation und/oder Skalierung von Konstruktionen auf Basis definierter Bautypologien (Gebäude- und Grundrisstypologien). Ermöglicht wird die effiziente Bauumsetzung dabei durch die hohe Verfügbarkeit standardisierter Industrieprodukte, d.h. im Rahmen von industriellen Produktionen maschinell in hohen Mengen und stabiler Qualität gefertigter, genormter Bauteile unterschiedlicher Komplexität bzw. Funktionalität. Die strenge Maßhaltigkeit und Maßstäblichkeit (Achismaße, Basis-Volumina, etc.) wird in diesem Zusammenhang durch die vollständige informationstechnologische Durchdringung (u.a. CAD-Systeme) der Vorproduktions- und Produktionsprozesse gewährleistet. Sie liefert auch die Grundlage für eine über die einzelnen Wertschöpfungsstufen hinweg mögliche enge Kooperation der Beteiligten,

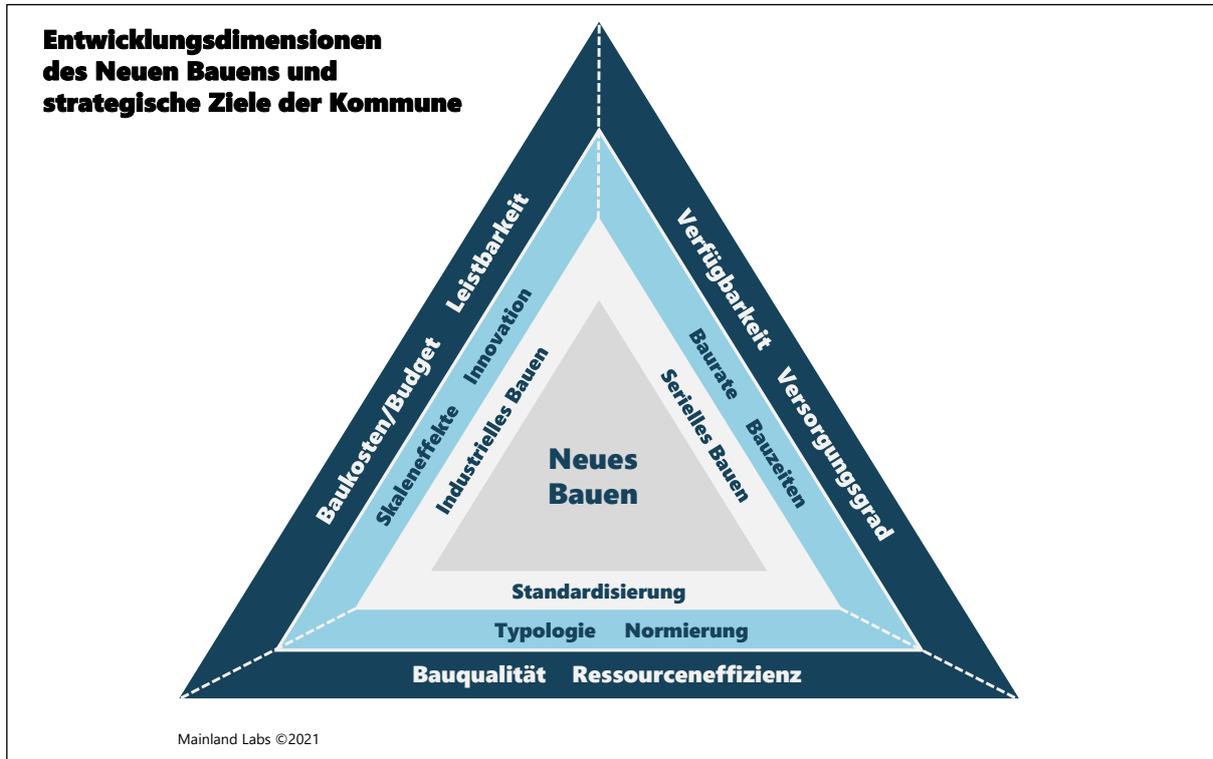
vom Auftraggeber, über die Planer bis hin zu den ausführenden Bauunternehmen. Hochskalierte Produktion, definierte Industriestandards, digitale Wertkette, Prozessschritte-übergreifende Abstimmung und Integration und eine hoch-rationalisierte Endmontage machen Gebäude damit zu einem idealtypischen Industrieprodukt. Für Korab (2020) wandelt sich damit die klassische Konkurrenzsituation (Preis- bzw. Margenwettbewerb) im Rahmen eines konventionellen Setting in der Bauwirtschaft (z.B. zwischen Bauträgern, Planern und ausführenden Unternehmen) in Richtung Kooperation mit gemeinsamer Produktentwicklung inklusive präziser Leistungsbeschreibungen und Kostenansätzen. Damit hat die breite Realisierung des industrialisierten Bauens Potenzial, eine ganze Branche nachhaltig und grundlegend zu verändern, indem nicht allein die Prozesse einem Re-Design unterliegen, sondern auch ihr "soziales" Gefüge neu geordnet wird.

2-1 Standardisierung der Vielfalt

Die serielle Fertigung von Gebäuden ist kein neues Konzept. Dies ist gleichzeitig heute auch ihr größtes Problem. Erfahrungen, die mit "multiplikativem" Bauen noch bis vor wenigen Jahrzehnten gemacht wurden, haben die Idee desavouiert. Tatsächlich sind allerdings moderne Konzeptionen seriellen Bauens weit davon entfernt, den Fehlentwicklungen und der dogmatischen Beharrlichkeit der Vergangenheit zu folgen. Alles was mit der industriellen Produktion von Gebäuden bzw. Gebäudeelementen (inklusive Endmontage) und der damit in Beziehung



Abbildung 19: Neues Bauen



stehenden Technik-Plattform vereinbar ist, lässt sich entsprechend dem Ort und der spezifischen Nutzung jederzeit flexibel anpassen. Wir sprechen im Zusammenhang mit Einschränkungen im seriellen Bauen von der Predefinition der Basiseigenschaften der Bauaufgabe, wie z.B. Raumhöhen, Geschosßgrundrisse, Hüllflächenmodule oder Verbindungen, und eher nicht von Homogenisierung von Wohnungsgrundrissen über Projekte hinweg.

Serielles Bauen ist nicht anti-individualistisch und darf die Funktionalität der Konstruktion nicht einschränken. Vielmehr geht es darum, hinsichtlich der industriellen Voraussetzungen, den Spielraum für unterschiedliche Formen der Ausgestaltung und "Aneignung" des Objekts über "Baukasten-Elemente" (u.a. Typengrundrisse, Fassaden-

module, Balkonmodule, etc.) zu optimieren und nicht Ergebnisse schlicht zu wiederholen. Grundsätzliche Fragen werden in diesem Zusammenhang über die Wahl des Bausystems gelöst.

2-2 Bausysteme

Bausysteme bilden die strukturelle Grundlage der Gebäudekonstruktion und verkörpern gleichzeitig die Prozessidee hinter der Bauausführung. Sie bestehen in der Regel aus mehreren Untersystemen, denen spezifische Aufgaben zugeordnet sind, und deren kleinste Einheit das einzelne Bauelement ist. Bausysteme haben ihre historischen Bezüge und - in Abhängigkeit von politischen, ökonomischen und sozialen Lagen - ihre Konjunkturen. Wir unterscheiden grundsätzlich zwischen geschlossenen und offenen Bausystemen. Das ge-



geschlossene Bausystem (das älteste Bausystem, siehe dazu auch Abschnitt A) ist dadurch charakterisiert, dass Bauelemente, Verbindungs- und Dichtungselemente eine geschlossene Einheit bilden. Dies führt zu einer hohen Leistungsfähigkeit hinsichtlich technischer Qualität und Umsetzbarkeit. Gleichzeitig ist das geschlossene Bausystem jedoch wegen der angestrebten geringen Formfreiheit nicht kompatibel mit alternativen Systemen und heute auf wenige Anwendungen festgelegt.

Deutlich interessanter im Rahmen unserer Diskussion und auch in der modernen Bauwirtschaft gut etabliert, sind offene Bausysteme. Sie bieten im Vergleich zu geschlossenen Systemen eine gewisse Planungsfreiheit, die es ermöglicht, Grundrisse zu modifizieren oder Komponenten zu tauschen. Sie entsteht über die Normierung und Standardisierung der Verbindungen und Bauelemente (vgl. Prochiner 2006, 50). Gleichzeitig öffnet sie das Bausystem und damit den Markt für die gesamte Industrie bzw. für alternative oder komplementäre Anbieter. Ein entscheidender Vorteil, der signifikanten Einfluss auf die Baukosten nehmen kann.

Im Zusammenhang mit offenen Bausystemen rückt auch die sogenannte "Durchlässigkeit", die den Grad der Öffnung der Bauwerksfunktion und damit die Flexibilität in der Nutzung beschreibt, in den Mittelpunkt. Manövriermasse des Planers sind in diesem Zusammenhang Fassaden, Grundrisse, technische Anlagen, Böden und Decken. *"Mit [offenen] Bausystemen kann eine kostengünstige und*

vielseitige Durchlässigkeit erreicht werden, die mit konventionellen Baumethoden realisiert, an ihre ökonomischen Grenzen stoßen würde" (Prochiner 2006, 51).

In Bezug auf den mehrgeschoßigen Wohnbau stellt sich nun die Frage, welche Bausysteme bzw. Bausystemvarianten in der Umsetzung die Anforderungen in Bezug auf (a) Standardisierung und industrielles Bauen, (b) serielles Bauen, (c) Individualisierbarkeit (Mass Customization), (d) Bauqualität, (e) Durchlässigkeit und (f) Kosten, am besten erfüllen kann. Gegenüber dem Paneel-System, dessen flächige Bauelemente (2D) nicht nur raumbildende, sondern auch statische Aufgaben erfüllen, und dem Zellen-System (3D), dessen Raumelemente ebenso statische Funktion haben, ist hier vor allem das Skelett-System, hervorzuheben, in dessen Zentrum die Tragwerk-Konstruktion (Beton, Eisen oder Holz) steht. Anders als beim Massivbau werden hier die Decken von Stützen oder Pfeilern gehalten, was freie bzw. freiverplanbare Grundrisse zur Folge hat, die nicht durch tragende Wände durchbrochen werden. Die Grundrisse bilden sich erst über den Innenausbau (in der Regel Trockenmauern) ab, was hohe Flexibilität garantiert und bei Bedarf Rück- und Umbauten im Gegensatz zu den anderen oben genannten Systemen ermöglicht. Die Tragekonstruktion selbst und alle Innen- und Außenwände (Fassaden) sind (aufbauend auf genormte Rastermaße) massenfertigungstauglich. Im Rahmen unserer Diskussion des heimischen PREFAB-Marktes und der Perspektive seriellen Wohnbaus kommen wir so auch zum Schluss, dass über die verstärkte Integration

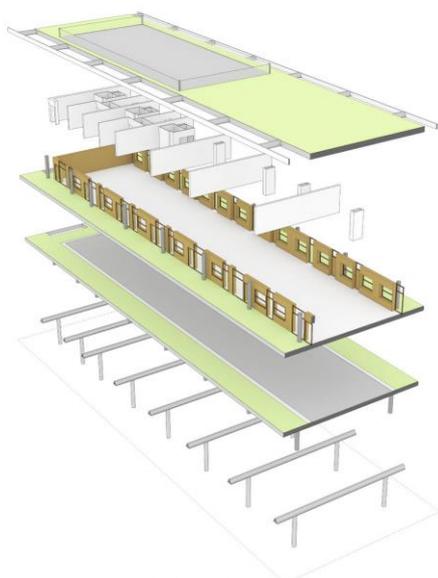


der Skelettbauweise und gleichzeitig Festlegung spezifischer Typologien (z.B. Grundrisstypologien) eine vergleichsweise effiziente und rasche Erreichung der Kapazitäts-, Qualitäts-, Kosten- und Nachhaltigkeitsziele im sozialen Wohnbau möglich ist. Dies soll in der Folge anhand eines Fallbeispiels aus dem Bereich der BWSG kurz illustriert werden.

3 Fallbeispiel SMAQ-Max

Das SMAQ-Max (Smart Quartier) ist ein Wohnbauprojekt in St. Pölten, das zwischen 2013 und 2017 abgewickelt wurde. Dabei handelt es sich um einen Systembau (Skelettsystem-Bau) in Mischbauweise mit den Baustoffen Holz-, Stahl- und Stahlbetonfertigteilen. Die Geschossstruktur der Gebäude wird aus Stahlbetonstützen mit betonvergossenen Stahlträgern (Tragewerk) und dazwischenliegenden Betonfertigteil-Hohldielen gebildet (siehe Abbildung 20).

Abb.20: SMAQ-Gebäudestruktur



raum & kommunikation 2021

Damit orientiert man sich an einem Bausystem, mit dem normalerweise Parkgaragen errichtet werden. Das ergibt mehrgeschossige, offene Hallen (die Nutzfläche beträgt 15.500m² ohne Balkone), die über modularen Einbauten hoch flexibel genutzt werden können. Die thermische Gebäudehülle (Fassade) bildet sich aus vorgefertigten Holzkonstruktionen. Realisiert wurden 185 Wohneinheiten in unterschiedlichen Größen, teilweise nutzungsneutral.

Raumhöhe der Regelgeschoße ist 2,80. Beidseitig der Baukörper bestehen Überstände der Betonplatten von 3m, die einerseits eine Laubengangerschließung der Wohnungen erlauben, und andererseits Freiflächen, private Loggien und Balkone ermöglichen. Die Errichtungskosten betragen 28 Mio. Euro (1.800/m² mietzins-tragender Nutzfläche) und wurden im Vergleich zum Planwert um rund 10% unterschritten.

Die Konstruktion ist eine Antithese zu aktuellen konventionellen Projekten im mehrgeschoßigen Wohnbau, der von der Schottenbauweise (querlaufende tragende Wände) mit ihren deutlichen Einschränkungen bezüglich Grundrissplanung dominiert wird. Das SMAQ ist hingegen zukunfts-sicher durch die in das Design integrierte Flexibilität, die neben einer hohen Bau- und Nutzungsqualität besteht. Gleichzeitig bestätigt das Projekt, dass über einen hohen Vorfertigungsgrad und ein geeignetes Bausystem im mehrgeschoßigen Wohnbau deutliche Einsparungen realisiert werden können (siehe unsere Modellierungsergebnisse unter Abschnitt C).



F Empfehlungen

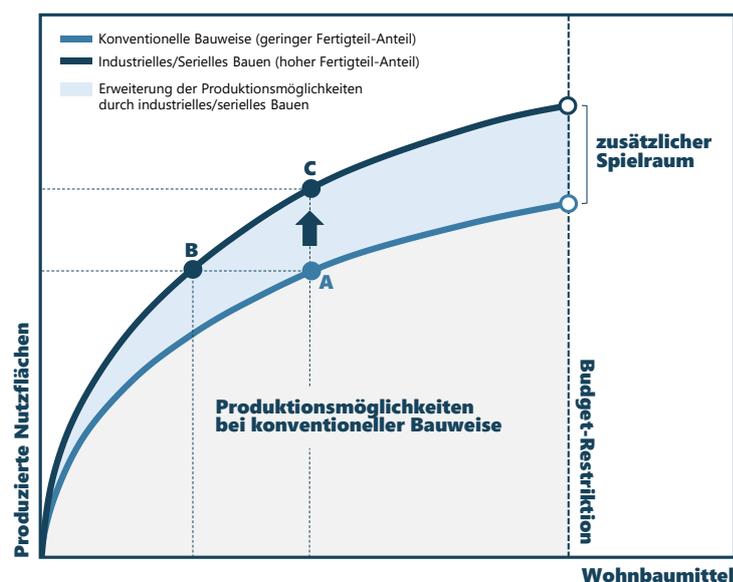
Projekte wie das SMAQ in St. Pölten sind Beispiele für erfolgreiches neues serielles Bauen, auch wenn die Isolation des Projekts (begrenzt Bauvolumen ohne Anbindung an ein hochskaliertes weiterführendes Bauprogramm), Zeit- und Kostengewinne weiterhin beschränkt. Bauprojekte müssen, um das volle Potenzial einer industriellen Bauweise zu heben, in breite Kampagnen eingebettet sein, die alle Stakeholder im Wohnbau, öffentliche bzw. gemeinnützige Träger, Planer und Architekten, Wissenschaft, Baustoffindustrie und Bauunternehmen im Rahmen einer hochentwickelten technologischen Plattform zusammenführen. Die dadurch erwartbaren positiven

Effekte im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus sollen durch Abbildung 21 noch einmal zusammengefasst werden.

Abschließend wird der Versuch unternommen, Themen näher zu identifizieren, die im Zusammenhang mit der Etablierung einer neuen Bauphilosophie und von (im Sinne der wirtschaftlichen, sozialen und politischen Zielsetzungen) leistungsfähigen Bausystemen für die Organisatoren und Finanziere von Wohnbau von Bedeutung sind. Die Abgrenzung soll dabei speziell auch in Bezug auf die spezifischen Anforderungen der Stadt Wien erfolgen.

Abb.21: Ökonomischer Vergleich von Bauweisen im Wohnbau (stilisierte Darstellung)

Produktionsmöglichkeiten der Bauwirtschaft - Serielles Bauen vs. Konventionelles Bauen



Nebenstehende Grafik bringt eine stilisierte Darstellung der Potenziale, die durch industrielles bzw. serielles Bauen mit hohem Fertigteil-Anteil im Vergleich zu konventionellen Bauweisen im Wohnbau gehoben werden können. Neue und alte Bauweise bewegen sich dabei im Rahmen einer exogen vorgegebenen Budgetbeschränkung. Für beide Bauweisen nimmt die Produktivität des letzten eingesetzten Euros (in Bezug auf m² an Nutzflächen bzw. Wohnraumkapazitäten) ab. Gründe dafür sind z.B. zunehmende Ressourcenknappheit (zunehmend weniger Ressourcen pro Euro) und die abnehmende Produktivität bereits beschäftigten Ressourcen. Punkt A bezeichnet eine bestimmte Konstellation im Zusammenhang mit konventionellen Verfahren (eingesetzte finanzielle Mittel zu Output). Da über Bauweisen mit hohem Fertigteil-Anteil, wie im Rahmen unserer Modellierung unter Abschnitt C gezeigt, deutliche Einsparungen an Ressourcen möglich sind, wird dieselbe Output-Menge im Falle des industriellen/seriellen Bauens mit geringerem finanziellen Aufwand erreicht (Punkt B). Da allerdings die eingesparten Mittel im Rahmen der Expansion der Produktion neuer Nutzfläche eingesetzt werden können, erhöhen sich die Produktionsmöglichkeiten im Rahmen Fertigteil-getriebener Bauweisen relativ zu konventionellen, mit entsprechenden positiven Effekten auf die verfügbaren Nutzflächen bzw. Wohnraumkapazitäten des Systems.

Anmerkungen: Produktionsmöglichkeiten (umfassen alle Kombinationen von Mitteleinsatz und Output, die, auf die jeweilige Bauweise bezogen, technisch möglich sind. In Abb.21 wird dieser Bereich für konventionelle Bauweisen grau dargestellt. Der äußere (farbige) Rand der Zone bezeichnet dabei die effizienten Kombinationen von Mitteleinsatz und produzierter Nutzfläche)

Mainland Labs©2021



1. Weiterentwicklung des Wiener Modells des sozialen Wohnbaus über die Definition und Auswahl neuer Gebäude-Typologie und Bauweisen. Das wiedereingesetzte "Wiener Modell" der Nachkriegszeit greift die ursprünglichen Ziele wie Versorgungssicherheit, Leistbarkeit, und Wohnqualität auf und ergänzt sie um die Idee der funktionalen und sozialen Durchmischung. Die heutigen Bauträgerwettbewerbe mit ihrem "4-Säulen-Modell" (vgl. Förster und Menking 2016) sind in diesem Zusammenhang darauf ausgerichtet, soziale Nachhaltigkeit (Diversität, Integration, Partizipation), gestalterische Ansprüche (Architektur), Energieeffizienz (Ökologie) und Leistbarkeit (Ökonomie), u.a. auch mit Hilfe des Marktes, durchzusetzen. Innerhalb dieses strategischen Mix hat der Aspekt der sozialen Nachhaltigkeit eine besondere Position. Einmal, weil sie die Grundidee des Modells selbst verkörpert, und andererseits, weil sie in der Praxis der letzten Jahre auch bei den Bauträgerwettbewerben im Vordergrund stand. Als Orientierungspunkt innerhalb des Ziele-Mix übt soziale Nachhaltigkeit speziell auch deutlichen Einfluss auf architektonische Ansprüche und Lösungen im Rahmen der kommunalen Wohnbaupolitik aus. Im Zentrum von Planung und Ausführung von Wohnbauten stehen damit vor allem jene Aspekte von Gebäude- und Siedlungsstrukturen, die wichtige Dimensionen von sozialer Nachhaltigkeit befördern, u.a. die Interaktion bzw. die Interaktionsfähigkeit der Bewohner oder die Wohnzufriedenheit. Es dominiert damit vor allem die äußere Form und Gestalt der Wohnanlagen, und weniger die Leistungs-

fähigkeit der Konstruktion selbst. Dies lässt sich über die "Kundenorientierung" des Wiener Modells gut erklären und rechtfertigen. Vor dem Hintergrund des aktuellen Bevölkerungswachstums in Wien und der finanziellen Herausforderungen für die öffentliche Hand treten allerdings Themen wie Baukosten, Bauleistung (Output) und Bauraten (Geschwindigkeit) zunehmend stärker in den Vordergrund und müssen ihre Entsprechung in umfassenden Lösungen im (sozialen bzw. geförderten) Wohnbau finden. In diesem Zusammenhang spielen Standardisierung und industrielles bzw. serielles Bauen eine Schlüsselrolle, und mit ihnen die Frage nach neuen Gebäudetypologien und Bauprogrammen, die die Leistungsfähigkeit von öffentlichen und gemeinwirtschaftlichen Wohnbauprogrammen (u.a. auch in Bezug auf intergenerationale Strategien) auf ein neues Niveau heben. Dabei geht es nicht allein um Nutzflächen und Errichtungskosten, sondern auch um ein erweitertes Bewusstsein für die Kosten über den Gebäudelebenszyklus und die Flexibilität der Strukturen hinsichtlich Um- und Rückbauten bzw., generell, einer Nutzungsneutralität.

2. Strategische Kooperation aller Stakeholder im kommunalen Wohnbau in der Etablierung der notwendigen Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Implementierung von industriellem bzw. seriellem Bauen. Es kann keinen Zweifel geben, dass die Kommune selbst in diesem Prozess die Rolle des Koordinators einzunehmen hat. Letztlich sind es die Zielsetzungen der Gemeinde im Bereich der



Wohnbau- und Sozialpolitik, an denen jede Lösung gemessen werden muss. Allerdings ist die Zusammenführung der Interessen und Kompetenzen auch eine Grundvoraussetzung dafür, gute Ergebnisse und stabile Programme im Wohnbau und im Bereich der vorgelagerten Industrien zu generieren. Wie oben beschrieben (siehe Abschnitt E), macht industrielles bzw. serielles Bauen über den Abstimmungsbedarf engere Kooperationen entlang der Wertketten notwendig, von der Wahl der Bauweise, der Produktentwicklung mit präzisen Leistungsbeschreibungen und Kostenansätzen bis hin zu den Bedingungen der Bauausführung und -nutzung.

Will man also die Vorteile seriellen Bauens auf kommunaler Ebene (siehe Abschnitt C) bestmöglich nutzen, muss die Beteiligung aller Stakeholder im sozialen Wohnbau (u.a. Subventionsgeber, Bauträger, Bauunternehmen, Planer oder Baustoffindustrie) an der Umsetzung der neuen Konzeption im regionalen Wohnungsmarkt sichergestellt werden. Dies kann z.B. im Falle der Bauwirtschaft bedeuten, dass die mit der Einführung neuer Bauweisen und Konstruktions-typen verbundenen Risiken bzw. Kosten durch langfristige (berechenbare) Bauprogramme und Partnerschaften gesenkt werden.

(a) Kommunikation zwischen Partnern braucht eine institutionelle Basis. Zur Unterstützung der Koordination der partikularen strategischen Interessen und der Entwicklung eines gemeinsamen Ziele-Sets sollte ein leistungsfähiges Diskussionsformat (z.B. Plattform oder ARGE) etabliert werden. Zur besseren Durchsetzung der eigenen

strategischen Zielsetzungen liegt die inhaltliche Steuerung vorzugsweise in den Händen der Kommune; z.B. im Bereich der Magistratsdirektion, Geschäftsbereich Bauten und Technik (Stadtbaudirektion).

(b) Aktuell fehlt es an einem durchgängigen Verständnis in der Bauindustrie, welche Anforderungen eine weitergehende und hohe Industrialisierung des Bauens bzw. serielles Bauen an die Branche und an das einzelne Unternehmen stellen wird. Repräsentativ steht hierfür die Tatsache, dass BIM (Building Integrated Manufacturing) in der heimischen Bauindustrie bis heute nur von den großen Unternehmen, intern und experimentell, eingesetzt wird. Die Integration aller Gewerke in eine digitale Planungs- und Ausführungsplattform ist aktuell kein Industriestandard. Neben spezifischen Aktivitäten der Branche selbst, könnte die öffentliche Hand durch direkte ordnungspolitische Maßnahmen oder durch spezifische Anforderungen im Rahmen von Ausschreibungen (z.B. "BIM"-Führerschein) die Diffusion der Technologie innerhalb des Sektors befördern

(c) Standardisierung von Bauteilen und ihre industrielle Vorfertigung sind zentrale Voraussetzungen für serielles Bauen. In diesem Zusammenhang sind Forschung und Entwicklung ein entscheidender Erfolgsfaktor. Gleichzeitig ist spezifische Ausbildung von Personal und die Diskussion im wissenschaftlichen Umfeld, u.a. auf Universitäten, von großer Bedeutung für die Rezeption und Anwendung neuer Bauweisen und Fertigungstechniken. Es ist eine Tatsache, dass auf den heimischen Universitäten bis heute keine explizite Schwerpunkte im



Bereich Fertigteile bzw. industrielle Produktion von Bauelementen (ein zentraler Input in das Konzept des seriellen Bauens) etabliert sind. Um hier ein leistungsfähiges Kompetenzzentrum zur Unterstützung der Implementierung seriellen Bauens aufzubauen, könnte die Gemeinde spezifische Förderungen für lokale Universitäten und Fachhochschulen (z.B. Professuren und Assistentenstellen) und für private Forschungseinrichtungen bereitstellen.

(d) Um die Planer in der Praxis stärker in die neue, gemeinsam mit den anderen Stakeholdern im Wohnbau zu entwerfende Bauphilosophie einzubinden und entscheidende Entwicklungskompetenz aufzubauen, sollten spezifische Architekturwettbewerbe mit Schwerpunkt Serielles Bauen mit Unterstützung der öffentlichen Hand durchgeführt werden.

(e) Im Rahmen des seriellen Bauens und des damit verbundenen forcierten Einsatzes von vorgefertigten Bauelementen und Technikmodulen bieten sich neue Möglichkeiten in der weiteren Auftrennung von Konstruktion und Ausbauelementen (z.B. HSKL-Modulen), die unterschiedliche Lebensdauern aufweisen. Eine entsprechende Weiterentwicklung der Bauordnung, der Ausschreibungsbedingungen und Wohnbauförderungen würde der Gemeinde bzw. dem gemeinnützigen Sektor ermöglichen, Kostenvorteile über den Gebäudelebenszyklus zu realisieren.

3. Industriepolitische Akzente bzw. Initiativen der Stadt Wien im Zusammenhang mit dem Aufbau von zusätzlichen Kapazitäten im Bereich der Vorfertigung von Bauelementen. Serielles Bauen setzt

einen starken industriellen Sektor (Bauwirtschaft und vorgelagerte Produktionen) voraus. Dies gilt insbesondere auch (unabhängig vom Baustoff) für die Fertigteile-Industrie. In der Ost-Region bzw., generell, in Österreich, ist die aktuelle Ausstattung mit entsprechenden Produktionskapazitäten bei weitem nicht ausreichend, um eine durchgängige serielle Bauweise mit all ihren Vorteilen im Wohnbau um- und durchzusetzen. Dies liegt einmal daran, dass noch immer ein harter Preis- und Substitutionswettbewerb zwischen der Fertigteile-Fertigung und der Produktion der Bauteile direkt auf der Baustelle (Betonteile) besteht, und andererseits an der spezifischen Geschichte des heimischen Fertigteile-Sektors und seiner Unternehmen, deren strategisches Potenzial in Verbindung mit neuen Bausystemen von den heimischen Baufirmen (mit Ausnahme der STRABAG) nicht gesehen wird. Weiters kann die Kapazitätsentwicklung mit der Nachfrage nach neuen innovativen Fertigteile-Produkten wie z.B. dem Brett-Sperrholz nicht Schritt halten.

Der Ausbau der Kapazitäten im Fertigteile-Bereich ist eine Grundvoraussetzung für das serielle Bauen. Investitionen in neue Kapazitäten in der Vorfertigung tragen jedoch Risiko, hängt doch ihre Verzinsung vollständig an den in der Bauwirtschaft etablierten Bauweisen; diese sind allerdings ihrerseits wiederum stark beeinflusst von aktuellen technischen Möglichkeiten der Industrie und den verfügbaren Industrieprodukten. Um diesen Kreislauf zu durchbrechen, könnte ein Engagement der öffentlichen Hand als "Versicherer", Investor oder Fördergeber industriepolitisch und wohnbaupolitisch Sinn machen.



Literaturverzeichnis

- Aymonino, C. (1978) "Die Herausbildung des Konzepts der Gebäudetypologie". Arch+ 37 (Der Tod der Architektur). Berlin. Online: archplus.net/download/artikel/037_041_047.pdf.
- Benze, A., Gill, J. und Hebert, S. (2020). Serieller Wohnungsbau. Standardisierung der Vielfalt. Studie zur IBA 2020 Berlin. Berlin.
- Bräm, M. (2000): Gründe und Modelle für eine Taktik der Wiederholung. Das Potenzial konstruktiver Konzepte. In: Werk, Bauen + Wohnen 87 (11), S. 24–31. Online verfügbar unter <https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=wbw-004%3A2000%3A87%3A%3A1514>.
- Bredenbals, B. und Hullmann, H. (1997) Kosteneinsparung durch Verkürzung der Bauzeit im Wohnungsbau. Projektbericht. Institut für die Industrialisierung des Bauens, Universität Hannover.
- Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V. (2007) 80 Jahre moderner Fertigbau. Online verfügbar unter www.fertigbau.de/bauweise/geschichte-des-fertigbaus/index.html.
- Deniz, T. (2014): Vom Angebot zur Kostenkontrolle: Die Kalkulation als Grundlage einer erfolgreichen Bauabwicklung. Diplomarbeit. Hochschule Mittweida
- Dodge Data & Analytics: Prefabrication and Modular Construction. (2020) Bedford, MA, USA (SmartMarkets Report. Design and Construction Intelligence).
- Deutsch, Larry L. (1982): Geographic Market Size and the Extent of Multiplant Operations. In: The Review of Economics and Statistics 64 (1), S. 165. DOI: 10.2307/1937959.
- Förster, W. und Menking, W. (Hg.) (2016): Das Wiener Modell: Wohnbau für die Stadt des 21. Jahrhunderts. Berlin: Jovis.
- Gangoly, H.; et.al. (2018): Ziegel im Hochbau: Theorie und Praxis. 2., erw. Aufl.: Birkhäuser.
- Glasner, D. und Sullivan, J. (2020): The Logic of Market Definition. In: Antitrust Law Journal 83 (2), S. 293–345.
- Greitemann, Peter N. (2017) Bestimmung der Bauzeit von Bauprojekten zum Zeitpunkt der Realisierungsentscheidung. München (Schriftenreihe des Lehrstuhls für Bauprozessmanagement und Immobilienentwicklung) (45).
- Hintersteininger, K. (2015): Kennzeichen und Aspekte des industriellen Bauens: Anwendbarkeit im Holzbau. Masterarbeit. Technische Universität Graz, Graz.



Koppelhuber, J. (2017) Holzbau in der Bauwirtschaft: Ein Paradigmenwechsel hin zum Industriellen Bauen. Beitrag im Rahmen des 10. Europäischer Kongress EBH

Korab, Robert (2020): Spezielle Anforderungen an Projektentwicklung und Planungsprozess (Serielles Bauen in der Kreislaufwirtschaft).

Kropik, A. (2020) Baukostenindex Wohnhaus- und Siedlungsbau: Revision 2020: Forschungsbericht. Wien.

Lehner, L. (2017): Fertigbetonelemente im Hochbau: Kostenanalyse mit besonderem Augenmerk auf Größe, Lage und Struktur des Gebäudes. Masterarbeit. Technische Universität Wien.

Lindner, R. (2017) Vorgefertigte Betonerzeugnisse in der Praxis. 1. Aufl. (Lehrunterlage für Höhere Technische Lehranstalten).

Mach, Markus (2010): Baustellengemeinkosten Spezielle Betrachtung der Gehaltskosten: Masterarbeit. Technische Universität, Graz.

Magistrat der Stadt Wien, MA23 Wirtschaft, Arbeit und Statistik (2020) Statistisches Jahrbuch der Stadt Wien. Wien. Online verfügbar unter <https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/jahrbuch-2020.pdf>.

McGraw-Hill Construction (2020) Prefabrication and Modularization: Increasing Productivity in the Construction Industry. Bedford/USA (Smart Market Reports). Online verfügbar unter www.autodesk.com/solutions/bim/hub/report-prefabrication-and-modularization-in-construction-industry.

McGraw-Hill Construction (2014) The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World are Driving Innovation with Building Information Modeling. Bedford/USA (Smart Market Reports).

ORF. "Rekordhoch für Holzpreise" (2021). In: orf.at. Online verfügbar unter <https://kaernten.orf.at/stories/3099476/>.

Palzer, U. et.al. (2015) Einfluss von typisierten und vorgefertigten Bauteilen oder Bauteilgruppen auf die Kosten von Neubauten und Bestandsmodernisierungen: Projektbericht. Weimar.

Prochiner, Frank (2006): Zukunftsorientierte Fertigungs- und Montagekonzepte im industriellen Wohnungsbau. Dissertation. Technische Universität München, München.

Quatremère de Quincy, Antoine Chrysostôme (1788): Encyclopédie Méthodique: Architecture. Paris: Panckoucke, Charles J. et.al.



Schach, Rainer; Otto, Jens (2011): Baustelleneinrichtung: Grundlagen - Planung - Praxishinweise - Vorschriften und Regeln. 2., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH Wiesbaden (Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft). Online: gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=752967.

Schwaner, K. (2009) Zukunft Holz: Statusbericht zum aktuellen Stand der Verwendung von Holz und Holzprodukten im Bauwesen und Evaluierung künftiger Entwicklungspotentiale. Biberach. Online: www.baufachinformation.de/kostenlos.jsp?sid=72BC4A3AF20857C6151DCFA7E302AB0B&id=2010049005098&link=https%3A%2F%2Fwww.gertkoehler.de%2Fapp%2Fdownload%2F15205393524%2FZukunft-Holz_web_neu.pdf%3Ft%3D1538193291.

Weiss, Leonard W. (1972): The Geographic Size of Markets in Manufacturing. In: The Review of Economics and Statistics 54 (3), S. 245. DOI: 10.2307/1937985.

Winter, Stefan et.al. (2018) Bauen mit Weitblick: Systembaukasten für den industrialisierten sozialen Wohnbau. Stuttgart (Forschungsinitiative Zukunft Bau)