

F 3195

Jutta Albus, Hans Drexler

PREFAB HOUSING

Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick
auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für
bedarfsgerechten Wohnraum

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2020

ISBN 978-3-7388-0489-8

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/bauforschung

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



tu technische universität
dortmund

REB Juniorprofessur
Ressourceneffizientes Bauen

 **DGJ**
Architektur

IBA Thüringen

Forschungsprojekt
SWD-10.08.18.7-17.56

PREFAB HOUSING

UNTERSUCHUNG VON
PRODUKTIONSPROZESSEN IM HINBLICK AUF
EFFIZIENZSTEIGERUNG UND KOSTENSENKUNG
FÜR BEDARFSGERECHTEN WOHNRAUM

Antragssteller:

Technische Universität Dortmund
Fakultät Architektur und Bauingenieurwesen
Jutta Albus, Jun. Prof. Dr.-Ing. Architektin
Campus Süd. GB II. Raum 208
August-Schmidt-Str. 8
44227 Dortmund
Telefon +49 (0)231 755 4263
Telefax +49 (0)231 755 4365
<http://www.bauwesen.tu-dortmund.de>

in Verbund mit

DGJ Architektur GmbH
Sitz und Handelsregister Frankfurt am Main, HR. Nr. HRB 74237
Geschäftsführer Dipl. Arch. ETH Hans Drexler M. Arch.
Walter-Kolb-Strasse 22
D-60594 Frankfurt am Main
Telefon +49 (0)69 9620 6234
Telefax +49 (0)69 9623 1778
<http://www.dgj.eu>

Unterstützt durch:

Internationale Bauausstellung Thüringen GmbH
Tobias Haag, Projektleiter
Auenstraße 11
99510 Apolda
Telefon +49 (0)3644 518 3212
tobias.haag@iba-thueringen.de
<http://iba-thueringen.de>

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-17.56). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

1	ZUSAMMENFASSUNG.....	4
2	ABSTRACT	5
3	EINLEITUNG.....	6
4	ANLASS UND AUSGANGSLAGE.....	6
5	GEGENSTAND DES FORSCHUNGSVORHABENS	8
6	METHODIK.....	8
7	UNTERSUCHTE HERSTELLER.....	12
7.1	ALHO SYSTEMBAU GMBH.....	14
7.1.1	Firmenprofil und Produktion	14
7.1.2	Referenzprojekt	17
7.1.3	Analyse der Produktion.....	18
7.1.4	Ausblick und Systemoptimierung	21
7.2	MAX BÖGL MODUL AG.....	22
7.2.1	Firmenprofil und Produktionsweise	22
7.2.2	Referenzprojekt	26
7.2.3	Analyse der Produktion.....	27
7.2.4	Ausblick und Systemoptimierung	30
7.3	ZÜBLIN TIMBER GMBH	31
7.3.1	Firmenprofil und Produktionsweise	31
7.3.2	Referenzprojekt	34
7.3.3	Analyse der Produktion.....	35
7.3.4	Ausblick und Systemoptimierung	38
7.4	SISCO OYJ.....	39
7.4.1	Firmenprofil und Produktionsweise	39
7.4.2	Referenzprojekt	42
7.4.3	Analyse der Produktion.....	43
7.4.4	Ausblick und Systemoptimierung	45
7.5	KAUFMANN BAUSYSTEME GMBH / PURELIVIN GMBH.....	47
7.5.1	Firmenprofil und Produktionsweise	47
7.5.2	Referenzprojekt	50
7.5.3	Analyse der Produktion.....	51
7.5.4	Ausblick und Systemoptimierung	53
8	QUERAUSWERTUNG.....	55
9	BEWERTUNG/SCHLUSSBETRACHTUNG	59
10	ANHANG	61

1 Zusammenfassung

Ausgehend von den fortwährenden und drängenden Debatten über Strategien für einen bedarfsgerechten und bezahlbaren Wohnungsbau befasst sich diese Studie mit vorgefertigten Bausystemen und betrachtet, welchen Beitrag diese im Blick auf die Entwicklung eines nachhaltigeren Wohnungsbaus leisten können. Einerseits werden einige bestehende Systeme vorgestellt und ihre Produktionsweisen und Qualitäten untersucht, andererseits ein Ausblick auf weitere Entwicklungen, mögliche Optimierungen und Potentiale gegeben, die dem vorgefertigten Wohnbau innewohnen.

Anhand einer Auswahl verschiedener Hersteller wird ein aktueller Stand auf dem Gebiet des industriellen und seriellen Bauens beschrieben. Die Unternehmen stehen dabei repräsentativ für verschiedene Konstruktionsweisen und den Einsatz unterschiedlicher Materialien.

Neben dem Grad der Vorfertigung, der sich zunächst auf die hergestellten Elemente oder Module und in der Folge auf das Gebäude als Gesamtprodukt bezieht, werden außerdem die Themen der Automation, der Standardisierung und der Integration der Planungs- und Produktionsprozesse bewertet.

Während die angebotenen Systeme zum Großteil einen sehr hohen Vorfertigungsgrad aufweisen und durch Standardisierung eine vergleichsweise hohe Produktivität erreichen, werden Potentiale auf den Gebieten der Automatisierung und vor allem der digitalen Integration nicht umfänglich ausgeschöpft. Im Vergleich mit anderen Industrien haben sich technische Entwicklungen noch nicht in gleichem Maß im seriellen Bauen etabliert.

Zur Steigerung der Effizienz, Minderung von Fehlerquoten und Optimierung der Produktionsabläufe besteht daher ein besonderes Entwicklungspotential, von dem die weitere Verbreitung, die Wettbewerbsfähigkeit und auch die Akzeptanz vorgefertigter Bausysteme abhängt. Diese Studie soll in Hinblick auf diesen Entwicklungsprozess eine Standortbestimmung darstellen und einen Einblick in Ansätze und Möglichkeiten des vorgefertigten Wohnungsbaus bieten.

2 Abstract

Based on the ongoing and pressing debates on strategies to meet the high demand in affordable housing, this study focuses on prefabricated building systems and ways of implementation that foster more sustainable housing strategies. On the one hand, existing systems, related production methods and qualities are examined. On the other hand, an outlook on further developments, optimization potential and construction advancements that are inherent in the prefabricated housing industry is provided.

Based on a selection of varying manufacturers, a current state of the art in the field of industrial and serial construction is described. The companies represent different construction methods and the use of different materials.

In addition to the degree of prefabrication, which initially refers to the manufactured elements or modules and subsequently to the building as an overall product, the topics of automation, standardization and the integration of planning and production processes are evaluated.

While for the most part the offered systems provide a very high degree of prefabrication and a comparatively high level of productivity through standardization, potentials in the areas of automation and, above all, digital integration are not exhaustively exploited. In comparison with other industries, technical developments have not yet established themselves to the same extent in serial construction.

To increase efficiency, reduce error rates and optimize production processes, a significant potential for development is obvious, on which the further dispersion, the competitiveness and also the acceptance of prefabricated building systems depend. With regard to this development process, this study intends to provide a location determination and to offer an insight into the approaches and possibilities of prefabricated housing construction.

3 Einleitung

In dieser Studie werden industrielle Fertigungsprozesse für Bausysteme und -komponenten mit hohem Vorfertigungsgrad im Hinblick auf ihr Potential zur Schaffung von kostengünstigen und hochwertigen Wohnraum untersucht.

Der Fokus der Studie liegt nicht auf dem Gebäude als Produkt, sondern auf der Produktion der Sub-Systeme und deren Zusammenspiel. Untersucht werden Systeme, zu deren Kosten und Qualitäten valide Daten vorliegen. Diese werden so ausgewählt, dass sie aktuelle Produktionsverfahren zum vorgefertigten Wohnungsbau repräsentieren.

4 Anlass und Ausgangslage

Die Produktivität der Baubranche stagniert seit 25 Jahren gegenüber anderen Industrien. Im Bauwesen werden technische Entwicklungen nicht in gleichem Maße umgesetzt wie vergleichsweise in anderen Industrien (Abb. 1).

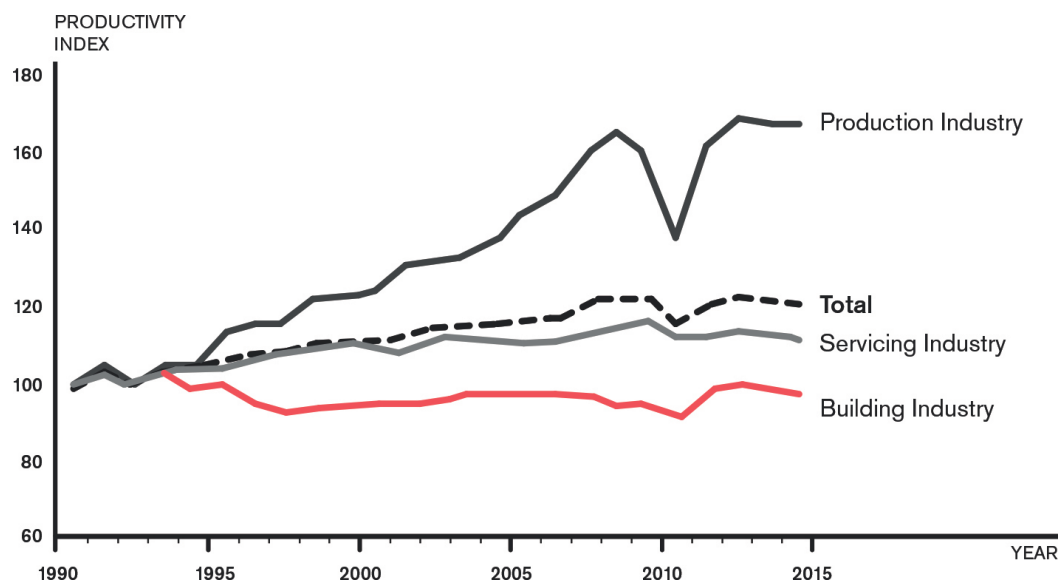


Abb. 1: Vergleich von Produktivitätsindizes: Stagnierende Produktivität der Bauindustrie im Vergleich zu Produzierendem Gewerbe und Dienstleistung (Quelle: Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für erschwinglichen Wohnraum, Dömer, Klaus; Drexler, Hans; Schultz-Granberg, Joachim; Berlin, 2016; Basierend auf Daten des Statistisches Bundesamtes 2013)

Der Anteil der seriellen Massenfertigung über den gesamten Produktions- und Bauprozess ist im Vergleich zu anderen Industrien ebenfalls sehr gering, da zu großen Teilen weiterhin konventionell handwerklich produziert wird. Es gibt einen niedrigen Grad der durchgehenden Digitalisierung, Automation und kaum Integration aller Gewerke. Dies führt zu hohen Kosten und Fehlerquoten in der Produktion und auf der Baustelle. In Folge steigen Preise im Baugewerbe und letztendlich die Wohnkosten (Eigentum und Mieten):

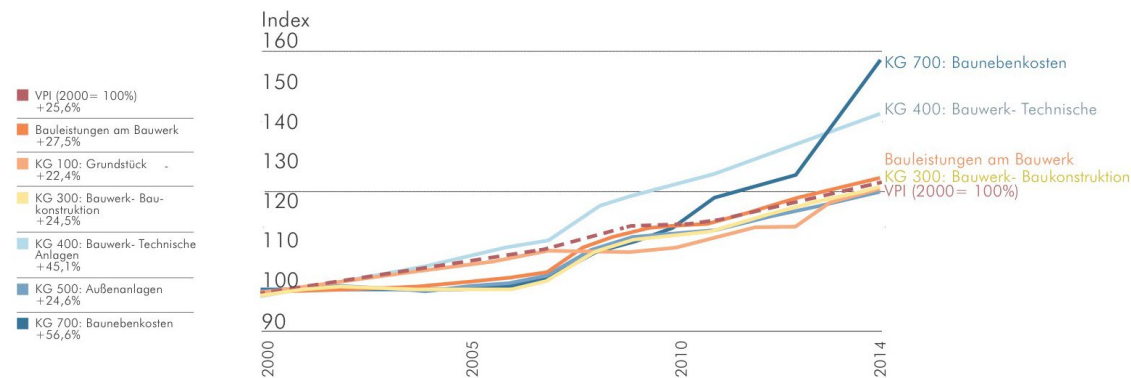


Abb. 2: Entwicklung der Baupreise (1999-2014) Analyse der Preisentwicklung für Bauleistungen gruppiert nach Kostengruppen der DIN 276 (Quelle: Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für erschwinglichen Wohnraum, Dömer, Klaus; Drexler, Hans, Schultz-Granberg, Joachim; Berlin, 2016; Basierend auf Architekturqualität im kostengünstigen Wohnungsbau. Baukosten senken - aber wie? Ein Arbeitsbericht aus der Baukostensenkungscommission; Michael Neitzel, Geschäftsführer der InWIS Forschung & Beratung GmbH, Bochum, Kongress der Forschungsinitiative Zukunft Bau auf der Bau 2015 in München.)

Die Analyse der Entwicklung der Baukosten zeigt, dass die eigentlichen Baukosten für das Gebäude (KG 300) nicht mehr angestiegen sind, als die allgemeine Preissteigerung. Die Technik-Gewerke (KG 400) verzeichnen hingegen einen deutlichen Preisauftrieb. Das auffälligste Ergebnis ist, dass vor allem die Baunebenkosten für Planung und Projektentwicklung deutlich gestiegen sind. Diesen Defiziten steht ein enormer Bedarf an bezahlbarem Wohnraum gegenüber, der derzeit nicht gedeckt wird.

Gerade im Hinblick auf die Reduzierung der Baunebenkosten, die Senkung der Produktionskosten und auch die Steigerung der Qualität besteht ein hohes Potential in einer Ausweitung der Standardisierung und einem höheren Grad der Vorfertigung. Besonders im Wohnungsbau scheint das vorgefertigte und serielle Bauen daher eine vielversprechende Entwicklung darzustellen, für die bereits einige gute Ansätze vorhanden sind. Allerdings ist das Wissen und der aktuelle Stand der Technik bisher nicht wissenschaftlich aufbereitet, allgemein bekannt oder in der Fachliteratur abgebildet (z.B. kein Atlas 'Vorfertigung').

Eine Ursache liegt darin, dass die letzten Jahrzehnte von starken Vorbehalten gegen Vorfertigung und Massenwohnungsbau aufgrund negativer Beispiele der Nachkriegszeit geprägt waren. Diese Vorurteile treffen auf heutige vorgefertigte Bauweisen nicht mehr zu, da diese nicht an eine Massenfertigung von immer gleichen Komponenten gebunden sind. Es lassen sich individualisierte Bauteile herstellen, sodass Wohnungsbau, der industriell vorgefertigt wird, mittlerweile auch für innerstädtische Lagen mit komplizierten Grundrissen in Frage kommt und eine gängige Herangehensweise darstellen kann. Dieses Potential gilt es auszuweiten und in die Breite zu vermitteln.

5 Gegenstand des Forschungsvorhabens

Eine wichtige Voraussetzung dieser Herangehensweise ist die Berücksichtigung der Produktions- und Fertigungsprozesse schon während der Planungsphase. Während die hauptsächliche Planung eines Gebäudes fast ausschließlich mit der Projektentwicklung einhergeht, haben Architekten und Bauschaffende meist ein sehr geringes Wissen über die Produktion oder Herstellung von Bauteilen. In dieser Forschungsstudie werden bestehende Produktionsprozesse verschiedener Hersteller untersucht, um einen aktuellen Stand der technischen Möglichkeiten zusammenzutragen und weitere Ausbau- und Optimierungspotentiale aufzuzeigen. In einzelnen Bauprojekten und für Teile der Produktion ist Wissen über Vorfertigung und Automation vorhanden. Auch Vergleiche mit anderen Industrien, die in ähnlichen Maßstäben arbeiten (Automobil-, Flugzeug- und Schiffsbau) können zur Verbesserung der Produktionsmethoden herangezogen werden. Dabei werden baukonstruktiven und gebäudekundliche Aspekte sowie betriebswirtschaftliche Fragen (Investitionen, Produktionskosten, Personaleinsatz, Produktionszeiten und Logistik) mit in Betracht gezogen.

6 Methodik

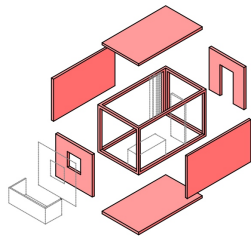
Den Einstieg in die Untersuchung der verschiedenen Hersteller bildeten Besuche an den jeweiligen Fertigungsstandorten. Diese beinhalteten sowohl die Besichtigung der Produktion als auch, sofern möglich, Begehungen von Baustellen. Im Vorfeld wurden die Forschungsschwerpunkte mit den Vertretern der Hersteller besprochen, um während der Besichtigungen besonders auf diese eingehen zu können.

Eingehende Experteninterviews, in denen mit den Verantwortlichen für die Planung und Umsetzung der Produktion die Kostenanteile und Produktionszeiten rekonstruiert wurden, fanden entweder im Zuge der Besichtigungen oder im Nachgang statt. Diese sollten im weiteren Verlauf des Forschungsprojekts durch den Austausch der Firmenvertreter in einem Workshop ergänzt werden. Die Veranstaltung des Workshops (s. Anhang A) konnte aufgrund zu geringer Teilnehmerzahlen jedoch nicht umgesetzt werden. Stattdessen wurde versucht, die Standpunkte der Hersteller über einen Fragebogen (s. Anhang B) zu ermitteln und vergleichbare Aussagen zu aktuellen Entwicklungen des vorgefertigten Wohnungsbaus zu sammeln. Da auch diese Angaben nicht von allen Herstellern in gleichem Umfang erhoben werden konnten, wurden die Daten auf Grundlage der Besuche und vorangegangenen Gespräche ergänzt.

Schwerpunkt des Fragebogens lag in der Auswertung repräsentativer Referenzprojekte der Hersteller. In dieser best-practice Studie wurden nicht nur die beispielhaften Projekte und ihre Konstruktionsweisen, sondern auch die Produktionsprozesse einer genauen Analyse unterzogen. Anhand von Referenzprojekten der ausgewählten Firmen wurden Produktions- und Bauzeiten und nach Möglichkeit die Kostenanteile unterschiedlicher Planungs- und

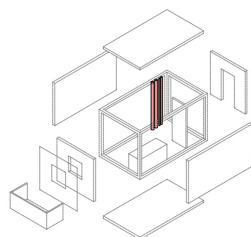
Produktionsprozesse analysiert. Die Beschränkung auf ein einziges Anwendungsbeispiel leitet sich daraus ab, dass die untersuchten Bausysteme einen teilweise sehr unterschiedlichen Grad der Standardisierung aufweisen. Die Gebäude sollen also im Hinblick auf das Potential der Vorfertigung die bestmögliche Anwendung des jeweiligen Systems abbilden.

In einer gebäudekundliche Analyse wurden die Gebäudetypologie, Maßordnung und das Maß der Standardisierung betrachtet und in ihrer Auswirkung auf die Produktion beschrieben. Vorangegangene Studien haben ergeben, dass für den gesamten Grad der Vorfertigung und Automatisierung die Koordinierung und Integration der konstruktiven Sub-Systeme entscheidend ist. Deswegen werden in der Studie vier konstruktive Sub-Systeme getrennt betrachtet:



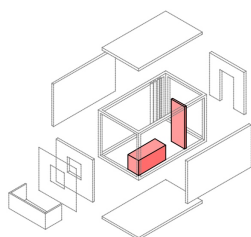
I. Rohbau / Tragwerk:

Ein wesentlicher Bestandteil der zu untersuchenden Sub-Systeme ist die Rohbaukonstruktion und dessen Tragstruktur. Ein Großteil der untersuchten Firmen stellt fertige Raummodule im Werk her, die vor Ort „gestapelt“ werden. Der Rohbau kann auf unterschiedliche Weise in Bezug auf Materialität und Tragstruktur hergestellt werden, die in dieser Studie anhand der untersuchten Produktionsprozesse der Firmen näher betrachtet werden.



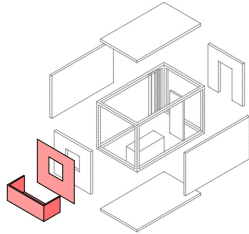
II. Technische Gebäudeausstattung:

Ein weiterer wichtiger Bestandteil ist die technische Gebäudeausstattung. Durch die modulare Bauweise sind Lösungen gefordert, die es ermöglichen, trotz der modulübergreifenden Verbindungen einen hohen Grad an Vorfertigung zu ermöglichen. Daher wird untersucht, wie mit diesen Schnittstellen umgegangen wird.



III. Innenausbau:

Beim Thema Innenausbau wird analysiert, wie weit die untersuchten Unternehmen bereits im Werk den Ausbau vorfertigen können. Der Innenausbau reicht von bezugsfertigen Oberflächen und Einbauten, wie Türen und nicht tragenden Innenwänden, bis hin zu komplett ausgebauten Bädern oder Küchenzeilen.



IV. Fassade und Dachkonstruktion:

Die Fassaden und Dachkonstruktion bildet ein weiteres wichtiges Sub-System, dass in Bezug auf dessen möglichen Vorfertigungsgrad der Firmen näher betrachtet und untersucht werden soll. Durch die modulare Bauweise entstehen hier, ähnlich wie bei der technischen Gebäudeausstattung, durch modulübergreifende Verbindungen, wesentliche Schnittstellen. Des Weiteren stellt sich die Frage, in wie weit die Fassaden- und Dachkonstruktion ebenfalls vorgefertigt werden kann und welche Maßnahmen vor Ort durchgeführt werden müssen.

Für diese Sub-Systeme werden die folgenden Aspekte analysiert:

- Vorfertigungsgrad
- Automationsgrad (manuelle, automatische, maschinelle, robotische Fertigung) und Potentiale zur weiteren Automation
- Standardisierung
- Optimierungspotentiale

Aus der Analyse der Produktion der Sub-Systeme und einer Betrachtung von Montage, Fertigungs- und Bauzeiten sowie Kostenanteilen lässt sich eine Bewertung des Gesamtsystems und des Optimierungspotentials für künftige Umsetzungen und Veränderung der Stückzahlen ableiten.

Die Herstellungsmethoden und der Grad der Vorfertigung wurden untersucht und in Verhältnis zu Kosten und Qualitäten gesetzt. Ein Vergleich der Systeme und Materialien kann Grenzen und Potentiale der Systeme aufzeigen. Die Baukonstruktionen sollen zum einen in Hinblick auf die besonderen konstruktiven und bautechnischen Anforderungen im Wohnungsbau betrachtet werden, zum anderen sollen die Gebäudetypologien und Gebäudeklassen benannt werden, für deren Einsatz sie sich eignen.

Die nachfolgende Grafik zeigt den Untersuchungsrahmen der unterschiedlichen Produktionsketten der untersuchten Unternehmen. Er umfasst die vier oben beschriebenen Sub-Systeme (zu sehen auf der linken Seite) und deren Produktionsschritte von der Planung über die Vorfertigung, die Arbeiten auf dem Grundstück bevor die Elemente oder Module angeliefert werden, den Transport der vorgefertigten Module bis hin zur Montage und den abschließenden Arbeiten am Ende auf der Baustelle. Im oberen Teil der Grafik kann man den prozentualen Anteil der einzelnen Produktionsschritte in Bezug auf die Fertigung und deren Kosten im jeweiligen Unternehmen ablesen.

PREFAB HOUSING

Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

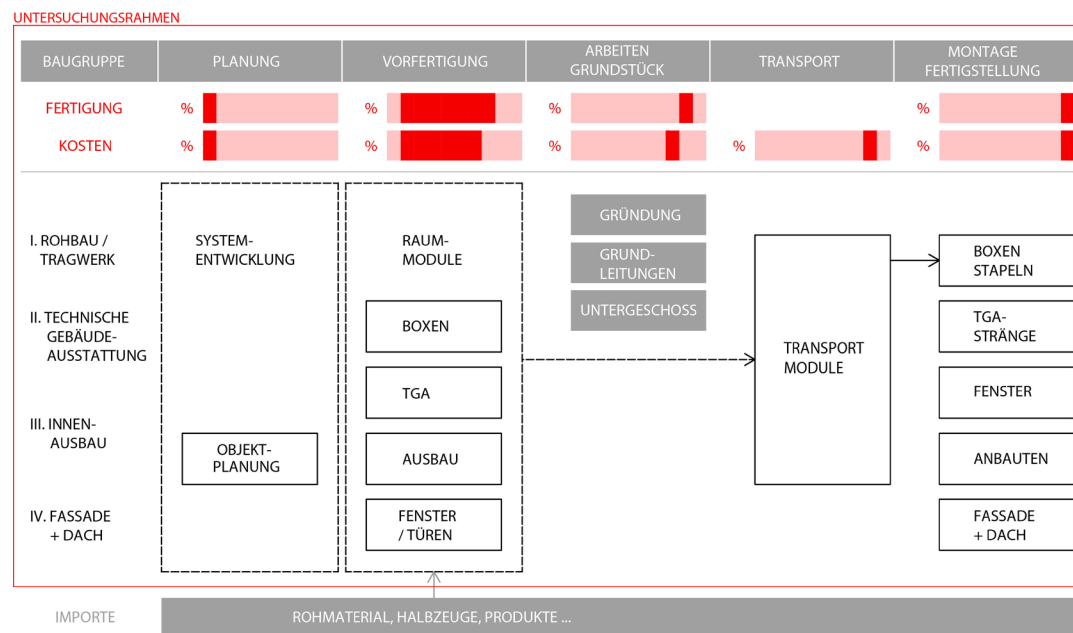


Abb. 3: Allgemeine Darstellung des Untersuchungsrahmens zur Analyse der Produktionsketten der ausgewählten Unternehmen (Quelle: eigene Darstellung)

7 Untersuchte Hersteller

Für die Studie wurden Hersteller von Bausystemen, deren Einsatzschwerpunkt im Bereich Wohnungsbau liegt, nach Produktionsmethodik und Fertigungskonzept kategorisiert und für die nächsten Untersuchungsschritte kontaktiert. Um eine Bandbreite aufzuzeigen, wurde eine unterschiedliche Konstruktionsmethodik der Unternehmen gewählt, an der sich die jeweiligen Stärken und Schwächen darstellen lassen. Folgende Hersteller wurden kontaktiert und besucht:

ALHO Systembau GmbH

Stahlsystembau (Modulare Raumzellen als Stahlkonstruktion)
Standort: Friesenhagen (D)
Besichtigung 29.05.2018

Züblin Timber GmbH (ehemals Merk Timber)

Holzsystembau (BSP-Elemente, Kerto, Holzständerkonstruktionen)
Standort: Aichach (D)
Besichtigung 18.01.2018

Max Bögl Bauservice GmbH und Co. KG

Stahlbetonsysteme (vorwiegend Betonmodulbau)
Standort: Sengenthal / Neumarkt, Oberpfalz (D)
Besichtigung 16.02.2018

Sisco Oyj (in Zusammenarbeit mit Metsä Wood)

Holzsystembau (vorwiegend modulare Raumzellen aus Kerto)
Standort: Vantaa / Helsinki (FI)
Besichtigung 15. – 17.07.2018

Kaufmann Bausysteme GmbH/purelivin GmbH

Holzmodulbau
Standort: Kalwang / Reuthe (A)
Besichtigung: 03.06.2019

Im Vorfeld der Besichtigungen hat eine ausführliche Gesprächsrunde Aufschluss über die Hintergründe des Besuchs gegeben, und eine ergebnisorientierte Führung durch die Produktionsstätte unterstützt. Im Folgenden werden die bisher stattgefundenen Unternehmensbesichtigungen kurz vorgestellt, und Besonderheiten der einzelnen Akteure und deren Herangehensweisen zusammengefasst.

Bei der Betrachtung und Analyse der Produktionen und der Referenzprojekte wurden bereits einige methodische Einschränkungen festgestellt, die grundsätzlich bei der weiteren Auswertung in diesem Bericht berücksichtigt werden müssen. So muss die Betrachtung

teilweise auf die in Vorfertigung hergestellten Bausysteme beschränkt werden, obwohl nicht unwesentliche Teile der Gesamtkonstruktionen, insbesondere Gründung, Erschließung und Aussteifung grundsätzlich nur vor Ort hergestellt werden können. Außerdem lassen sich unter anderem auch aus diesem Grund wenn überhaupt nur überschlägige Kosten für die Fertigungs- und Planungsprozesse zuteilen. Die Kostenangaben beziehen sich oft nur auf „Paketpreise“ für die gesamten Projektkosten inklusive Planung, Projektsteuerung oder Montage. Reine Bau- bzw. Produktionskosten konnten nicht umfassend und präzise dargestellt werden.

Die Betrachtungen beziehen sich zudem auf einzelne Projekte, die als repräsentative best-practice Beispiele der einzelnen Hersteller ausgewählt wurden. Der Vorfertigungsgrad sowie Standardisierung bzw. Individualisierung kann daher in anderen Projekten derselben Hersteller mehr oder weniger stark variieren.

7.1 ALHO Systembau GmbH

ALHO Systembau GmbH
Hammer 1
D-51598 Friesenhagen

7.1.1 Firmenprofil und Produktion

7.1.1.1 Geschichte und Unternehmensstruktur

Die Alho Systembau GmbH mit Hauptsitz in Friesenhagen, wurde 1967 gegründet und begann mit der Herstellung von Holzbaracken, Bau-, Büro-, Schlaf- und Toilettenwagen für die Bauindustrie. Im Jahr 1971 startete die Produktion von standardisierten mobilen Raumcontainern.¹ Zu Beginn wurden die Bauwagen noch in Holzbauweise hergestellt. Mit der Zeit wich der Holzbau zunehmend dem Stahlbau. Im Jahr 2003 wurde die Bauweise in Holz komplett eingestellt. Mittlerweile ist ALHO mit über 1.000 Mitarbeitern an 4 Produktionsstandorten in Deutschland, Frankreich und der Schweiz und an 10 Vertriebsstandorten in Deutschland, Belgien, Frankreich, Luxemburg und der Schweiz vertreten. Dabei erstreckt sich der Wirkungskreis durch Zentral- und Westeuropa. Der Jahresumsatz des Unternehmens beläuft sich auf etwa 300 Millionen Euro.²

Das Unternehmen setzt sich aus fünf wesentlichen Geschäftsfeldern zusammen:

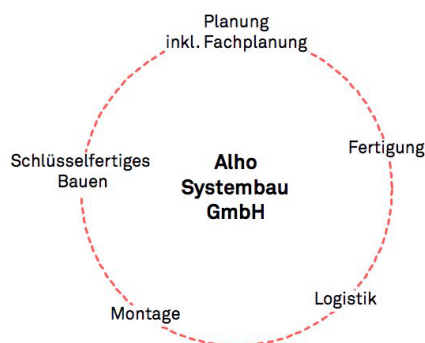


Abb. 4: Geschäftsfelder von Alho (Quelle: eigene Darstellung)

7.1.1.2 Beschreibung des Systems

Das von ALHO angebotene Bausystem besteht aus Raummodulen, die in einer Stahl-Leichtbau-Konstruktion hergestellt werden. Die Raummodule bestehen aus einem Grundgerüst aus schlanken Stahlprofilen, welches in Trockenbauweise ausgefacht wird.

¹ Quelle: <https://www.alho.com/de/modulbau/>, Alho Systembau GmbH „Historie“ Stand: 2019

² Quelle: Alho Systembau GmbH, Broschüre Wohnungsbau, Stand: 2019

Diese Raummodule werden im eigenen Werk vorgefertigt und auf dem Baugrundstück gestapelt. So lassen sich 6-7 geschossige Gebäude ohne zusätzliches Tragsystem herstellen. Durch die modulare Bauweise stehen Gebäudenutzungen wie Büro-, Bildungs-, Gesundheitsbauten und der mehrgeschossige Wohnungsbau im Vordergrund.

Die Raummodule unterliegen dabei einem Grundraster und können in einer Höhe von 3,20 bis zu 3,90 m, einer Breite von 2,65 bis 4,00 m und einer Tiefe von 7,75 bis 16,75 m hergestellt werden. Mit Einschränkungen durch Transportmaße lassen sich allerdings auch Sondergrößen anfertigen.³

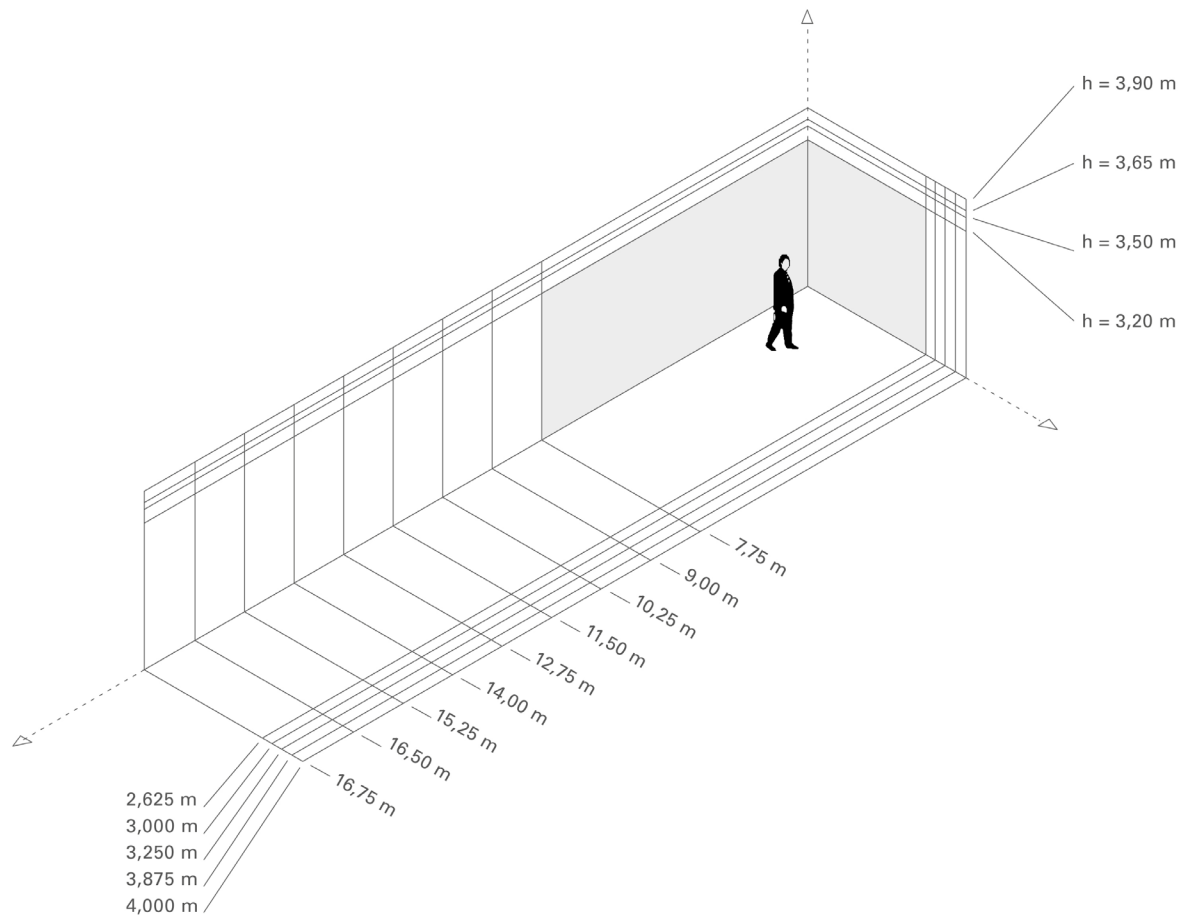


Abb. 5: Abstufungen Alho Modulgrößen (Quelle: Alho Systembau GmbH)

7.1.1.3 Produktionsprozess

Die Fertigung der Module ist als Produktionsstraße in den firmeneigenen Werkshallen angelegt. Entlang eines flexiblen Schienensystems für unterschiedliche Modulgrößen befinden sich Stationen der einzelnen Produktionsschritte.

Zunächst wird die Grundstruktur eines Moduls als freitragendes Raumtragwerk aus Stahl-

³ <https://www.alho.com/de/aktuelles/artikel/grundrisse-masse-raumaufteilung-und-fassaden-gestaltungsmoeglichkeiten-im-modulbau/>
Stand Mai 2018

Leichtbauprofilen verschweißt und an den Längsseiten mit Auskreuzungen zur Aussteifung versehen. Die gesamte Rahmenkonstruktion wird in einer in der Produktionsstraße integrierten Anlage verzinkt.

Der Ausbau der Module erfolgt danach in konventioneller Trockenbauweise aus Stahlblechprofilen, Gipskartonplatten und mineralischen Dämmstoffen. Parallel wird die gesamte technische Gebäudeausstattung innerhalb eines Moduls installiert sowie Fenster und Außentüren eingebaut. In den Bädern werden auch alle Oberflächen komplett fertiggestellt. Ansonsten werden Maler- und Bodenarbeiten erst vor Ort ausgeführt. Das gleiche gilt für die thermische Hülle, die Fassadenbekleidung und die Dacheindeckung.



Abb. 6: ALHO: Produktionsschritte Rohbau, Innenausbau, Fassade; Abtransport eines Fertigen Moduls (Fotos: eigene Aufnahmen)

7.1.2 Referenzprojekt

Wohnhaus für die Wohnungsgesellschaft Leverkusen (WGL)



Abb. 7: ALHO: Wohnungsgesellschaft Leverkusen (WGL), <https://wgl-lev.de/projekte.html>

Zschopaustraße 25-29
51371 Leverkusen-Rheindorf

Baujahr: 2018/2019
Geschosse: 4
BGF: 4.239 m²
WLF: 2.808 m²
Rastermaß: 12,75*3,20m

84 Module, 36 Wohneinheiten
(2- bis 4-Zimmerwohnungen)

Eines der jüngsten Wohnbauprojekte der ALHO Systembau GmbH wurde im April 2019 fertiggestellt. Für die Wohnungsgesellschaft Leverkusen hat ALHO ein viergeschossiges Zeilengebäude mit insgesamt 36 Wohnungen geplant und ausgeführt. Die Gesamtkosten beliefen sich auf etwa 5,9 Millionen Euro, wovon auf die unterschiedenen Subsysteme verteilt rund 35% auf Tragwerk und Rohbau, 20% auf die technische Gebäudeausstattung, 25% auf den Innenausbau sowie 10% auf die Fassade und Dachkonstruktion entfielen. Dabei liegen die Kosten der Produktion jeweils nur zwischen 10-20%. Die größeren Anteile liegen bei den Kosten für Material und Montage.

Von der gesamten Projektdauer über 50 Wochen entfielen 16 Wochen auf die Herstellung der Module und 20 Wochen auf die Bauzeit vor Ort, wobei Baustelleneinrichtung, Gründungsarbeiten und Unterkellerung den größten Anteil ausmachten.

7.1.3 Analyse der Produktion

Die Gesamtinvestitionen für die Einrichtung der seriellen Modulfertigung beliefen sich für ALHO Systembau bisher auf etwa 20 Millionen Euro. Derzeit wird dabei ein jährliches Produktionsvolumen von 75.000 m² erreicht. Das bedeutet, dass täglich zwischen vier und sechs Raummodule fertiggestellt werden können. In der Produktion sind 230 Mitarbeiter tätig, von denen etwa 15% durch externe Nachunternehmer gestellt werden, die vor allem für Technikgewerke herangezogen werden.

Der allgemeine Zeitaufwand und die Kostenverteilung für einen gesamten Projektverlauf bei der ALHO Systembau GmbH lassen sich in der Analysegrafik ablesen.

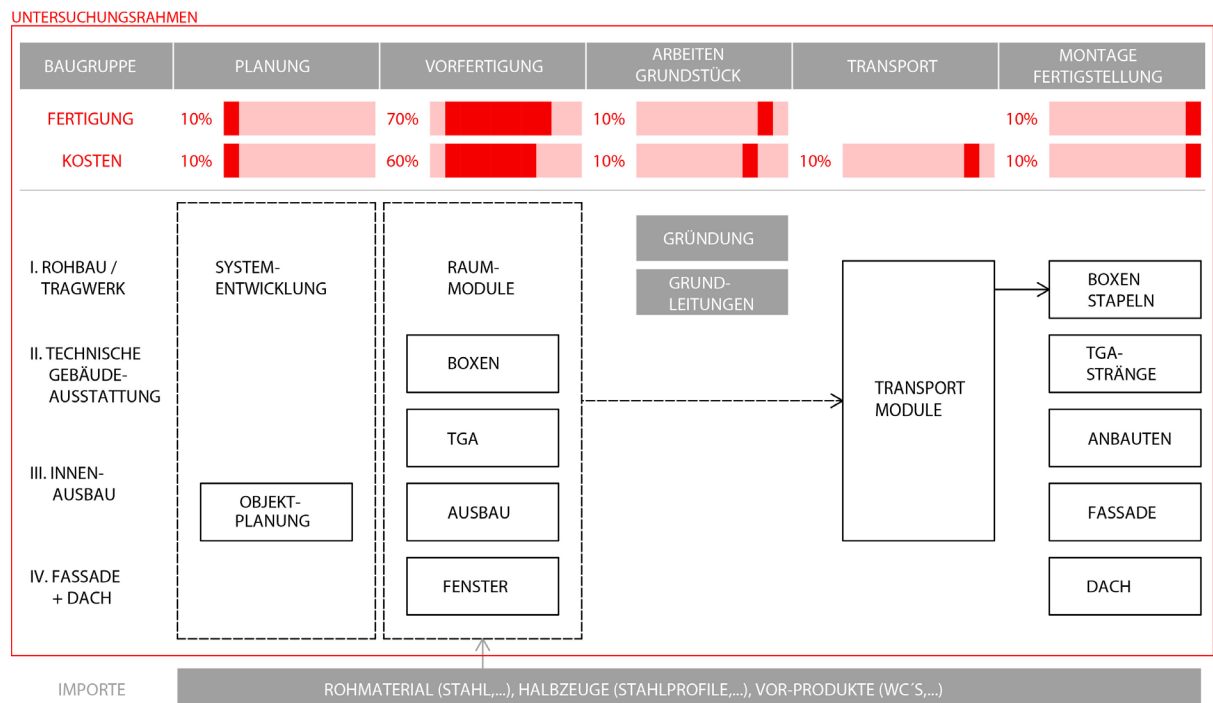


Abb. 8: Analyse der Produktionskette Alho Systembau GmbH (Eigene Darstellung)

7.1.3.1 Vorfertigungsgrad

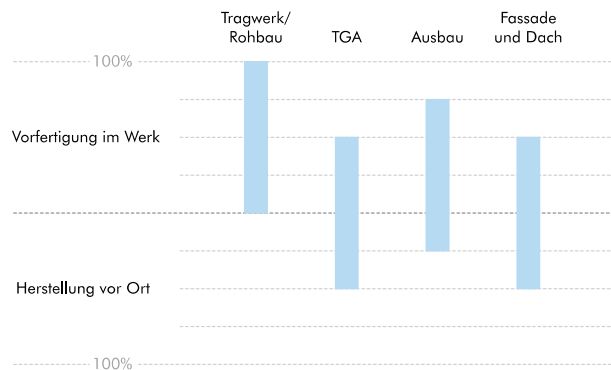


Abb. 9: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, ALHO Systembau GmbH (eigene Darstellung)

Die Raummodule werden als komplette statisch tragende Stahlkonstruktion inklusive Decken-, Boden- und Dachkonstruktion hergestellt. Auch Aufzugsschächte werden vorgefertigt und als aussteifende Elemente verbaut. Bei den verschiedenen Technikgewerken wird derzeit ein unterschiedlicher Grad der Vorfertigung umgesetzt. Sanitärinstallationen lassen sich fast vollständig im Werk einbauen, während Heizungs- und Lüftungsanlagen sowie Elektro-Installationen nur zu etwa 30-50% hergestellt werden können.

Die Aufbauten der Außenwände und Dachkonstruktion sind teilweise im Modul integriert. Die endgültige Dacheindeckung erfolgt mit dem Verlegen einer Gefälledämmung und Polymerbahnen. Die Außenfassade wird in der Regel als Wärmedämm-Verbundsystem ausgeführt und direkt auf die vorgefertigten Oberflächen aufgebracht.

7.1.3.2 Automatisierung

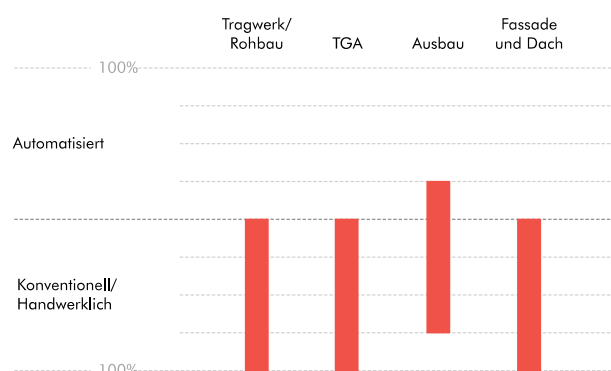


Abb. 10: Automatisierung der der Herstellung, ALHO Systembau GmbH (eigene Darstellung)

In der Produktion kann noch nicht von einem hohen Automatisierungsgrad ausgegangen werden. Die meisten Arbeitsschritte werden nach wie vor handwerklich ausgeführt. Allerdings wird die Logistik im Werk durch die Beförderung der Module auf dem Schienensystem beschleunigt. Im Innenausbau werden Vorbereitungsarbeiten wie der Zuschnitt von Plattenware maschinell durchgeführt.

7.1.3.3 Standardisierung

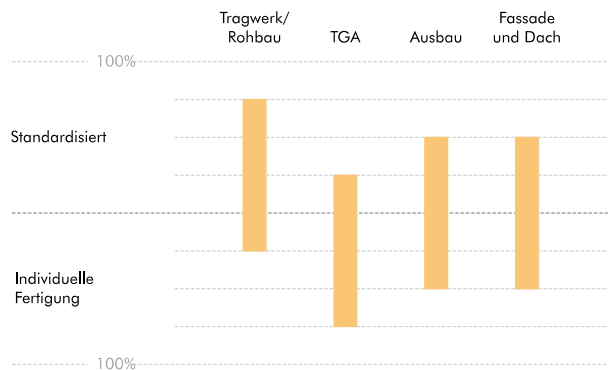


Abb. 11: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme ALHO Systembau GmbH (eigene Darstellung)

Für das Bausystem liegen geprüfte Typenstatiken vor, welche die Verwendung von standardisierten Stahlprofilen und vorgegebenen Rahmendimensionen voraussetzen. Rahmen und Aufbauten für Böden und Dächer entsprechen ebenfalls immer dem gleichen Aufbau.

Da die Bäder im Werk vorgefertigt und außerdem in standardisierten Grundrisskonfigurationen angeboten werden, werden grundsätzlich immer gleiche Installationen verwendet. Für die weiteren Technikgewerke gibt es noch keine einheitliche Ausführung.

Für Ausbau, Fassade und Dach gilt, dass die in der Vorfertigung integrierten Aufbauten in allen Modulen gleich bleiben. Die abschließenden Arbeiten erfolgen wie erwähnt erst auf der Baustelle und werden entwurfsabhängig unterschiedlich ausgeführt.

7.1.3.4 Integration

ALHO tritt bei den meisten Wohnbauprojekten als Generalplaner bzw. Generalunternehmer auf und deckt alle Leistungsphasen ab. Entwurf, Genehmigungs-, Ausführungs- und Werkstattplanung werden durch das Unternehmen in Zusammenarbeit mit Fachplanern übernommen und sind somit direkt auf das System und untereinander abgestimmt.

In der Produktion verwendet ALHO standardisierte Rohmaterialien und Produkte, die von externen Zulieferern zugekauft werden. Die Weiterverarbeitung in den Raummodulen erfolgt dann zu 100% in Eigenleistung am Produktionsstandort.

Die Technikgewerke werden in Abstimmung mit der Kollisionsplanung der ausführenden Nachunternehmen auch intern von ALHO geplant und zu großen Teilen im Werk vorgefertigt. Vor Ort werden durch die Nachunternehmen die modulübergreifenden Anschlüsse und Leitungsführungen hergestellt.

Der Integrationsgrad des Innenausbaus variiert projektabhängig. Grundsätzlich wird der Ausbau in Trockenbauweise vollständig im Werk in Eigenleistung ausgeführt. Gleiches gilt in

der Regel für den Einbau von Fenstern. Vor Ort werden im Anschluss ein Großteil (ca. 70-75%) der Maler- und Fliesenlegerarbeiten sowie fast die kompletten Boden- und Estrichlegearbeiten durch Nachunternehmen ausgeführt. Zuvor wird die Montage der Module durch interne Montagekolonnen übernommen.

7.1.4 Ausblick und Systemoptimierung

Die ALHO Systembau GmbH strebt eine weitere Optimierung ihrer Prozesse nach dem Prinzip der Lean-Fertigung, d.h. der gezielten, bedarfsorientierten und somit allgemein ressourcensparenden Planung und Herstellung an. Dazu gilt es, eine durchgängige Digitalisierung im gesamten Planungs- und Herstellungsprozess aufzubauen. Damit geht auch das Ausschöpfen der Möglichkeiten zur Automatisierung einzelner Arbeitsschritte einher. So sollen auf absehbare Zeit Schweißroboter bei der Herstellung der Rahmenkonstruktion oder automatische Lackieranlagen zum Einsatz kommen.

Ein weiterer Schritt besteht in der Erhöhung des Standardisierungsgrads, die durch den Aufbau eines Netzwerks von Systemlieferanten erreicht werden soll, die im Bereich der technischen Ausstattung und des Ausbaus einheitlich und vorgefertigte Komponenten bereitstellen können.

7.2 Max Bögl Modul AG

7.2.1 Firmenprofil und Produktionsweise

7.2.1.1 Geschichte und Unternehmensstruktur

Die 1929 als Maurerbetrieb gegründete Max Bögl Bauservice GmbH und Co. KG entwickelte sich ab etwa 1950 zu einem führenden Unternehmen sowohl im Tiefbau als auch in der Herstellung von großen Betonfertigteilen. Der Gesamtkonzern ist mittlerweile an 47 Standorten weltweit vertreten, beschäftigt rund 6.500 Mitarbeiter und erwirtschaftet einen jährlichen Umsatz von 1,7 Milliarden Euro.⁴ Das Unternehmen deckt dabei ein breites Spektrum verschiedener Geschäftsfelder ab:

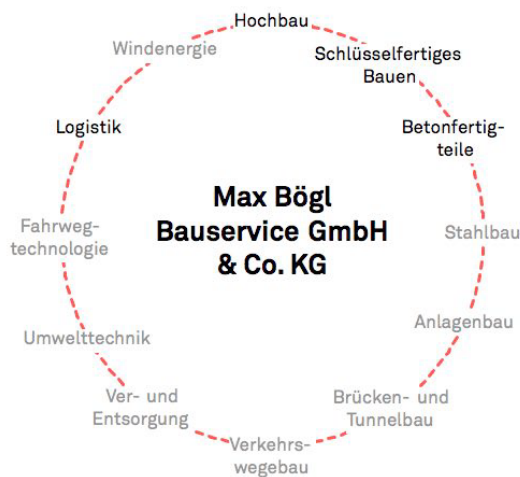


Abb. 12: Geschäftsfelder von Max Bögl (Quelle: eigene Darstellung)

Im Bereich „Schlüsselfertiges Bauen“ bildet die Max Bögl Modul AG eine Tochtergesellschaft der Firmengruppe Max Bögl. Der Hauptsitz des Unternehmens liegt in Sengenthal bei Neumarkt in der Oberpfalz, die Modulfertigung der Max Bögl Modul AG befindet sich im Nachbarort Mühlhausen.

⁴ Quelle: <https://www.max-boegl.de/unternehmen/firmenportrait>, Max Bögl, Firmenportrait, Stand: 2018

7.2.1.2 Beschreibung des Systems

Für das „maxmodul“ genannte Bausystem stellt Max Bögl in einer dreidimensionalen Bauweise tragende Raummodule aus massiven Betonfertigteilen her, die sich zu Gebäuden mit einer Höhe von bis zu acht Geschossen stapeln lassen. Das System ist dabei auf die Anwendung für verschiedene Nutzungen ausgelegt – von Bürogebäuden über Bildungseinrichtungen zum Hotel-, Wohnheims- und allgemeinen Wohnungsbau.

Die Raummodule unterliegen festen Modulgrößen mit einer Länge von 6,36 m oder 7,155 m, einer Breite von 3,18 m und eine Höhe von 3,07 – 3,57 m. Die lichte Raumhöhe beträgt dabei 2,50 – 3,00 m. Aus diesen Maßen entstehen zwei Modultypen, Typ 6 und Typ 7, die sich vertikal und horizontal kombinieren lassen:

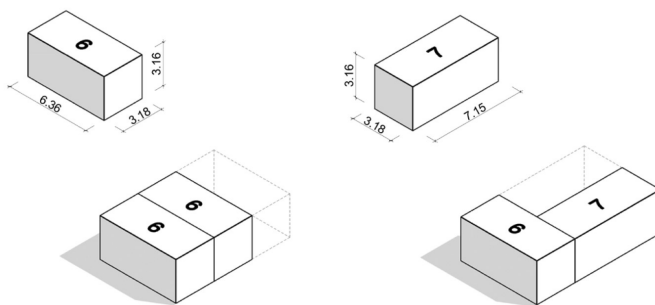


Abb. 13: Modultypen Max Bögl (Quelle: Firmengruppe Max Bögl)

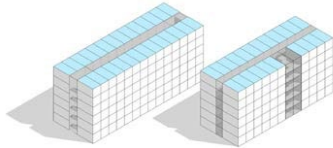
Für unterschiedliche Wohnungsgrößen sind alle möglichen Grundrisskonfigurationen und somit auch die Ausführungsoptionen einzelner Module katalogisiert. Ebenso sind Sanitäreinheiten und Modulausführungen für die vertikalen und horizontalen Erschließungswege typisiert.



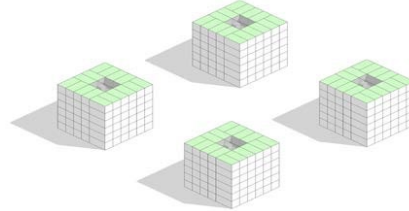
Abb. 14: Beispielhafte Modultypen des maxmodul-Systems (Quelle: Firmengruppe Max Bögl)

Die Ausführung und Konfiguration der Module wird auch in Abhängigkeit von der jeweils angewandten städtebaulichen Typologie bestimmt. Für mehrere Typologien werden spezifisch angepasste Lösungen angeboten:

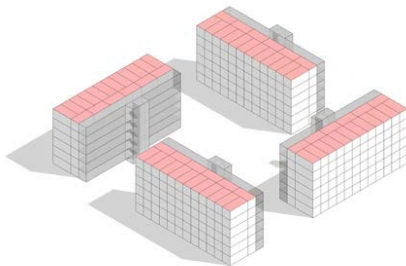
Mittelflurgebäude



Punkthaus



Laubenganghaus



Spanner

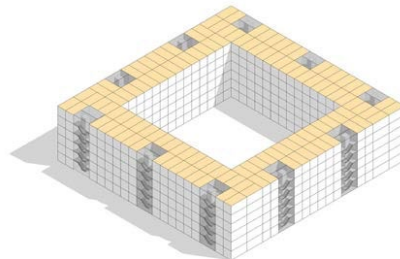


Abb. 15: Mögliche Typologien für die Anwendung des Bausystems „maxmodul“ (Quelle: Firmengruppe Max Bögl)

7.2.1.3 Produktionsprozess

Die Produktionsabläufe sind in drei Bereiche gegliedert. Im ersten Bereich werden die Decken-, Wand- und Bodenplatten als einzelne Fertigteile in Metallschalungen betoniert. Zeitgleich können die Fertigteile für acht Raummodule gegossen werden.⁵

Nach einem achtstündigen Trocknungsprozess werden die Platten im zweiten Montagebereich zu den Rohbaukonstruktionen der Module zusammengefügt. Zur Gewichtseinsparung, die vor allem bei einem hohen Installationsaufwand erforderlich wird, werden zum Teil anstelle von Betondecken vorgefertigte Holzdecken eingesetzt.

Der dritte Bereich der Produktion ist die Ausbaulinie, an der die Module auf einem automatischen Fördersystem Stationen für die unterschiedlichen Gewerke durchlaufen. In enger Taktung von etwa zwei Stunden je Arbeitsschritt werden alle Gewerke der technischen Gebäudeausstattung und des Innenausbaus sowie der Einbau aller Fenstern komplett im Werk ausgeführt.

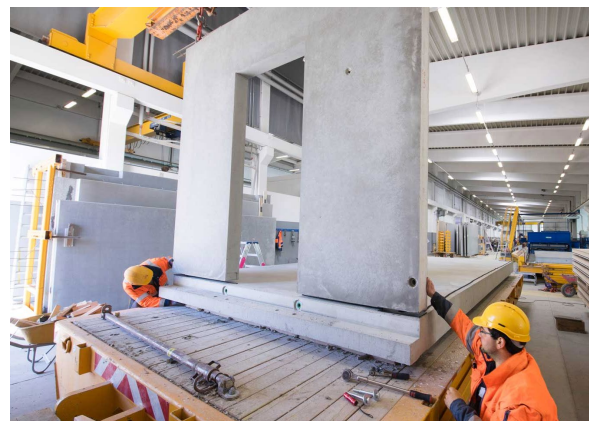


Abb. 16: Produktionsschritte in der Vorfertigung: Herstellung der Fertigeteile, Montage, Innenausbau (Quelle: Max Bögl Modul AG)

⁵ <https://www.competitionline.com/de/news/markt/wohnungen-wie-am-fließband-aus-der-baufabrik-1657.html>

7.2.2 Referenzprojekt

Wohngebäude „Am Schwarzen Steg“



Am Schwarzen Steg 6
95448 Bayreuth

Baujahr: 2018
Geschosse: 4
BGF: k.A.
WLF: 1.300 m²
Rastermaß: 7,155*3,18 m

60 Module, 20 Wohneinheiten

Abb. 17: Wohnhaus „Am Schwarzen Steg“ (Quelle:
<https://www.maxmodul.de/maxmodul/referenzen/bayreuth>)

Das Wohnhaus „Am Schwarzen Steg“ ist eines der ersten Gebäude, das die Max Bögl Modul AG im „maxmodul“-Bausystem fertiggestellt hat, und wurde im Auftrag des Wohnungsunternehmens Vonovia errichtet. In dem viergeschossigen Gebäude mit Mittelgangerschließung wurden 20 Wohnungen mit Größen von 40 bis 140 m² realisiert. Die Bauzeit betrug insgesamt nur vier Monate, wovon lediglich 10 Tage für die Montage der Raummodule benötigt wurden.

Das Gesamte Kostenvolumen des Projektes belief sich auf etwa 2,5 Millionen Euro. Genaue Aussagen über die Aufteilung der Kosten wurden nicht gemacht.

7.2.3 Analyse der Produktion

Seit der Einrichtung der neuen Fertigungslinie für das „maxmodul“-Bausystem rechnet die Max Bögl Modul AG mit einem jährlichen Produktionsvolumen von 80.000 m².⁶ Da das Unternehmen auf Ressourcen aus anderen Geschäftsfeldern der gesamten Firmengruppe zurückgreifen konnte, war der gezielte Einstieg in die serielle Modulfertigung vergleichsweise einfach möglich.

Der allgemeine Zeitaufwand und die Kostenverteilung für einen gesamten Projektverlauf bei der Max Bögl Modul AG lassen sich in der Analysegrafik ablesen.

ANALYSE DER PRODUKTIONSKETTE MAX BÖGL BAUSERVICE GMBH & CO. KG

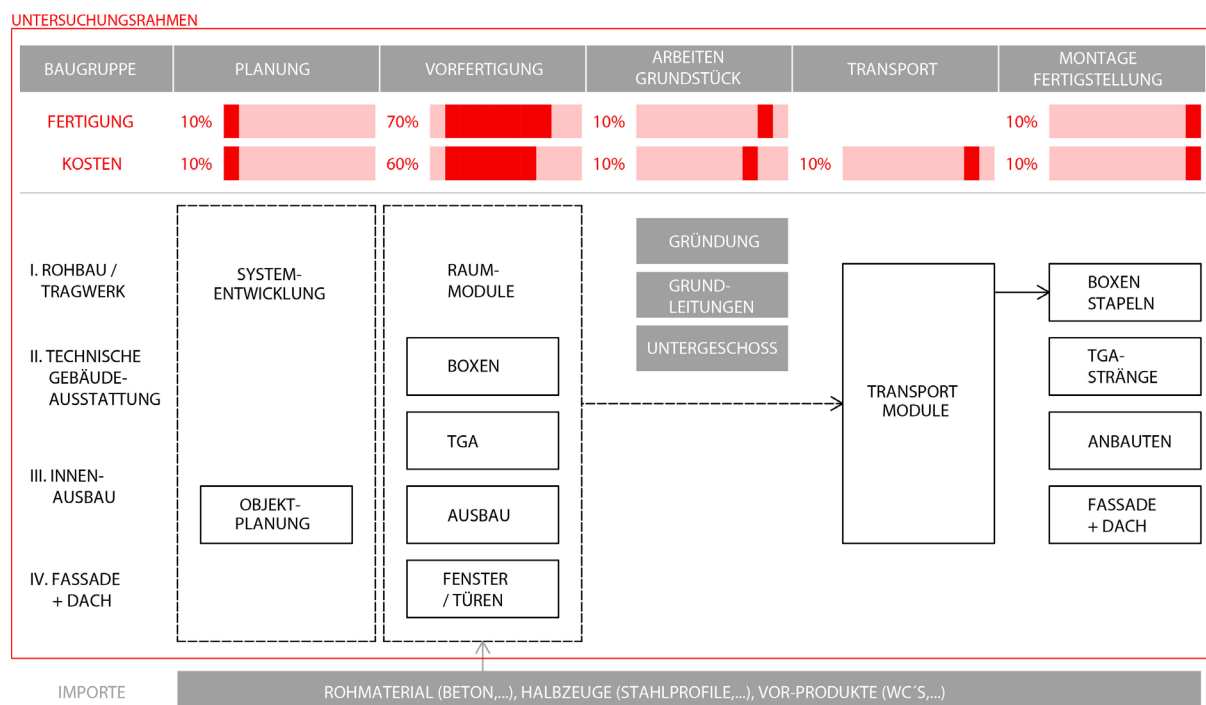


Abb. 18: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Max Bögl Modul AG (Quelle: eigene Darstellung)

⁶ <https://www.maxmodul.de/unternehmen/aktuelles/hoechste-qualitaet-aus-der-baufabrik>

7.2.3.1 Vorfertigungsgrad

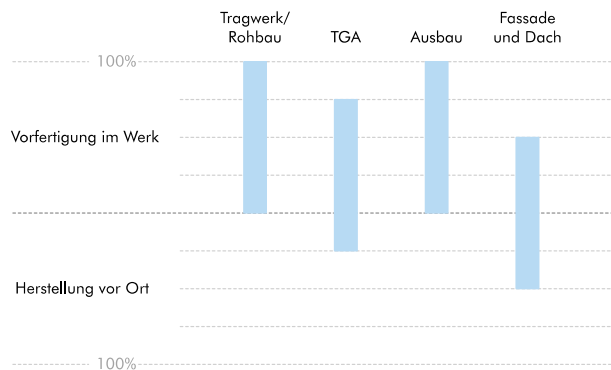


Abb. 19: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Max Bögl Modul AG (eigene Darstellung)

Das Tragsystem des fertigen Gebäudes wird durch die Raummodule gebildet, in deren Raster auch alle Erschließungskerne integriert sind. Nur zusätzliche Erschließungswege (Laubengänge) oder Balkone werden als Fertigteile der Konstruktion vorgesetzt. Technische Installationen sind innerhalb der Module vollständig hergestellt. Allein die Anschlüsse und die Leitungsführung durch Steigschächte müssen vor Ort ausgeführt werden. Max Bögl bietet auch die TGA Zentrale als fertiges Modul im vorgegebenen Raster an, das entweder unterirdisch oder im Erdgeschoss eingesetzt werden kann. Da auch der Innenausbau komplett im Werk ausgeführt wird, bleiben auf der Baustelle nur noch wenige Arbeitsschritte zur Bearbeitung der Anschlussfugen an den Modulübergängen. Vor Ort wird zudem ein Wärmedämm-Verbundsystem auf die Außenwände der Module aufgebracht und die Dachkonstruktion hergestellt.

7.2.3.2 Automatisierung

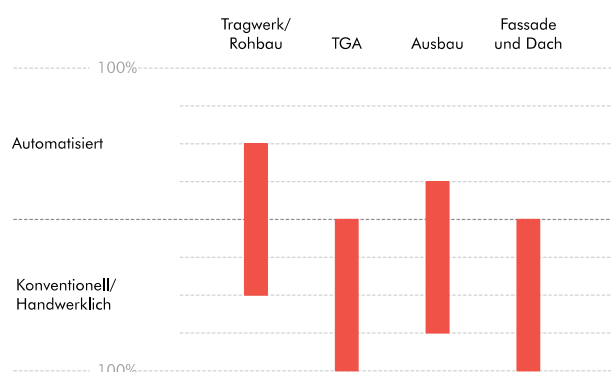


Abb. 20: Automatisierung der der Herstellung, Max Bögl Modul AG (eigene Darstellung)

Der zur Herstellung der Fertigteile vergossene Beton wird maschinell aus dem anliegenden Mischwerk in die Fertigungshalle befördert und in die Schalungsformen gegossen. Zuvor kommen Schweißroboter bei der Herstellung der Bewehrung zum Einsatz. Schalungen für die Leitungsführung sowie das Verlegen der Leitungen erfolgen allerdings weiterhin manuell. Auch die Weiteren Arbeitsschritte der technischen Ausstattung und des Innenausbaus erfolgen rein handwerklich an den Gewerkestationen. Die Werkslogistik erreicht dabei durch die Förderanlagen der Module sowie eine digital gesteuerte Materiallieferung an die Stationen bereits einen höheren Automationsgrad.

7.2.3.3 Standardisierung

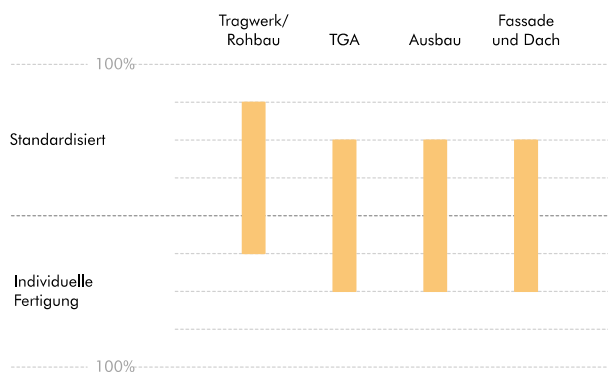


Abb. 21: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Max Bögl Modul AG (eigene Darstellung)

Allgemein erreicht das Bausystem einen sehr hohen Grad der Standardisierung. Zum einen entstehen durch die Beschränkungen der Dimensionen und die Katalogisierung der Module genau planbare und wiederkehrende Arbeitsprozesse, innerhalb derer es nur zu geringen Abweichungen kommt. Das Konstruktionsprinzip der Raummodule bleibt grundsätzlich gleich, Wandaufbauten und Anschlüsse zwischen den Modulen müssen nicht angepasst werden. Dies führt allerdings auch dazu, dass die Module nicht auf unterschiedliche Anforderungen, die beispielsweise durch ihre spätere Position im Gebäude entstehen, angepasst werden.

Für die technische Ausstattung, den Innenausbau und die Fassaden gibt das System die grundlegenden Konstruktionsweisen vor. Dabei sind für die endgültige Ausführung individuelle Anpassungen möglich und von Entwurf oder Kundenwünschen abhängig.

7.2.3.4 Integration

Die Max Bögl Modul AG verfolgt bei der Umsetzung aller Bauprojekte den Ansatz, „alles aus einer Hand“ zu realisieren. Bei der Anwendung des Bausystems übernimmt das Unternehmen die Entwurfs- und Ausführungsplanung durch interne Architekten, die gegebenenfalls mit externen Fachplanern zusammenarbeiten.

Grundlegend werden so viele Arbeitsschritte wie möglich in Eigenleistung ausgeführt. Für die einzelnen Bauteile werden lediglich die Rohstoffe zugekauft. Die Herstellung erfolgt intern.

Gleiches gilt für die Technik- und Ausbaugewerke, für welche alle notwendigen Produkte zugekauft und dann im Werk montiert werden. Teilweise werden dabei auch Subunternehmen beauftragt, die sich in den Fertigungsprozess einfügen.

In der Regel hat das Unternehmen auch die Kapazitäten, Transport, Baustelleneinrichtung und vor allem die Montage vor Ort mit eigenen Montagekolonnen vollständig selbst zu übernehmen.

7.2.4 Ausblick und Systemoptimierung

Die relativ neue Fertigungslinie ist sehr nah am standardisierten Bausystem und darüber hinaus an den internen Kompetenzfeldern des Gesamtunternehmens der Max Bögl Firmengruppe ausgerichtet. Eine entscheidendes Optimierungspotential stellt in diesem Rahmen eine weitreichende Entwicklung digitalisierter Planungs- und Fertigungsprozesse dar. Somit ließen sich einerseits weitere Abläufe automatisieren und andererseits wäre die Möglichkeit gegeben, innerhalb des Systems flexibler auf unterschiedliche Anforderungen zu reagieren.

Zunächst steht aber die Steigerung der Produktionseffizienz im Vordergrund, um die Verbreitung der serielle Bauweise auf dem Wohnungsmarkt auszuweiten und eine Grundlage für weitere Systementwicklungen zu bilden.

7.3 Züblin Timber GmbH

7.3.1 Firmenprofil und Produktionsweise

7.3.1.1 Geschichte und Unternehmensstruktur

Aus der Zusammenführung von zwei Tochterunternehmen der Ed. Züblin AG, Merk Timber in Aichach und Stephan Holzbau in Gaildorf, ging 2017 die Züblin Timber GmbH hervor. Die Kompetenzen der zwei Vorgängerfirmen in der Herstellung von Brettschichtholz und Brettsperrholz sowie die Firmenstandorte blieben erhalten.

Aus dem Zusammenhang des Gesamtkonzerns heraus versteht sich auch die Züblin Timber im Kern als Baufirma und konzentriert sich in ihrer Tätigkeit auf das Baugeschäft. Dadurch unterscheidet sich das Unternehmen von anderen Mitbewerbern, die ähnliche Produkte und Dienstleistungen anbieten, sich aber eher als Hersteller begreifen. Züblin Timber deckt hingegen mit seinen Geschäftsfeldern sowohl Planung als auch Herstellung und Bauleistungen ab.

Mit etwa 300 Mitarbeitern an mittlerweile fünf Standorten erwirtschaftet Züblin Timber einen Jahresumsatz von rund 60 Millionen Euro.

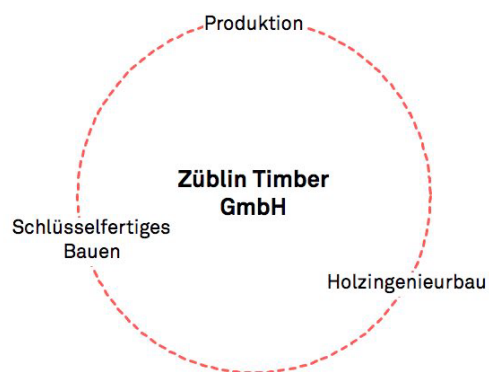


Abb. 22: Geschäftsfelder von Züblin Timber (Quelle: eigene Darstellung)

7.3.1.2 Beschreibung des Systems

Durch die Einführung von massiven Holzelementen, die für Wände und Decken eingesetzt werden, wurde bei Züblin Timber ein neues Geschäftsfeld für vorgefertigten mehrgeschossigen Wohnungsbau erschlossen, das sich auf die Kompetenzen im Baubereich (Ed. Züblin AG, Strabag AG) und die ergänzende Fertigung im Ingenieurholzbau stützen konnte. Ziel ist dabei meist eine möglichst umfassende Abwicklung der Projekte im Sinne des schlüsselfertigen Bauens.

Züblin Timber ist auf die Produktion von Brettsperrholz, Brettschichtholz und Holz-Beton-Verbundelemente spezialisiert. Kern der forschungsgegenständlichen Produktion am Standort Aichach ist eine Anlage zur Herstellung von Brettsperrholz, dessen Markteinführung in den

90er Jahren stattgefunden hat. Damals wurde Züblin Timber (Merk) mit 6.000 m³ Produktionsleistung pro Jahr der Weltmarktführer. Inzwischen ist der Weltmarkt auf 600.000 m³ in 2017 angewachsen. Für 2020 rechnet Züblin Timber mit einem weiteren Zuwachs auf dann 1.000.000 m³.

Mit dem Produkt Leno®-Brettsper Holz bietet Züblin Timber variable Ausführungsoptionen an und kann sowohl zweidimensionale Elemente als auch Raummodule herstellen. Die Brettsper Holzplatten sind dabei in Maßen von bis zu 4,80*20,00 m bei Dicken zwischen 70 und 310 mm erhältlich. Diese ungewöhnlichen Maße ergaben sich nach Angaben von Züblin Timber aus der Erwartung, Tragwerke für Windturbinen herzustellen. Für den Wohnungsbau werden aufgrund der Einschränkungen beim Transport kleinere Abmessungen verwendet.

Die Anwendung des Systems ist für unterschiedliche Konstruktionsweisen geeignet und vielfältig einsetzbar, sowohl bei mehrgeschossigen Neubauten für Wohnen und Gewerbe als auch für Bildungs- oder andere Sonderbauten bis hin zur Nachverdichtung und Aufstockung im Bestand.⁷

7.3.1.3 Produktionsprozess

Die massiven, großformatigen Brettsper Holz-Bauelemente aus kreuzweise verleimten Fichtenlamellen werden in eigener Produktion aus Brettware hergestellt. Dazu sind folgende Produktionsschritte erforderlich:

- Einführen und Ausrichten der Brettware
- Abrichten und egalisieren der Bretter
- Herstellen von Keilverzinkung, um ein kontinuierliches Brettprofil zu erhalten
- Zuschnitt des Profils auf die definierten Längen, die sich aus den Dimensionen der herzustellenden BSP-Elementen ergeben
- Verlegung der Bretter in definierten Quer- und Längslagen
- Verleimen der Lagen
- Pressen der BSP-Elemente

Die rohen BSP-Elemente werden anschließend in einer eigenen Abbund-Anlage zugeschnitten. Die Anlage kann mit zwei Portalen (vollautomatischen Abbund-CNC-Maschinen) computergesteuert mit verschiedenen Sägen, Fräsen und anderen Werkzeugen die Roh-Elemente zuschneiden oder anderweitig bearbeiten.

- Zuschnitt der Kanten, Begradigung der Elemente
- ggf. Einschnitte für Türen und Fenster
- ggf. Fräsungen für Befestigungsmittel und Anschlüsse

⁷ Quelle: <https://www.zueblin-timber.com/referenzen.html>, Züblin Timber Referenzen, Stand: 2018

Aus den Rohwänden und Decken werden im nächsten Arbeitsschritt montagefertige Elemente oder auch Raummodule gefertigt. Der Grad der Vorfertigung variiert dabei von Projekt zu Projekt. Bei den am weitesten ausgebauten Elementen werden die Wand-Elemente mit Fenstern, Außenfassade und Innenverkleidung versehen und auf der Baustelle montiert. Häufiger werden aber die äußeren und inneren Schichten erst auf der Baustelle aufgebracht, um den Aufwand für die Verpackung zu reduzieren und die Elemente robuster zu halten für Transport und Einbau.



Abb. 23: Abbundanlage in Aichach (Quelle: Jauk, Günther, Der flinke Riese - Abbund-Megaprojekt in Aichach; Zeitschrift Holzkurier; Wien, 21.04.2016.)

7.3.2 Referenzprojekt

SKAIO, Stadtsiedlung Heilbronn



Stadtausstellung Neckarbogen
74076 Heilbronn

Baujahr: 2018-2019
Geschosse: 10
BGF: 5.685 m² (oberirdisch)
WLF: 3.300 m²

60 Wohneinheiten (Gewerbliche Nutzung im EG)

Abb. 24: <https://www.zueblin-timber.com/referenzen/mehrgeschossiges-bauen/skaio-stadtsiedlung-heilbronn.html>, Foto: Thomas L. Fischer

Das von den Berliner Architekten Kaden und Lager entworfene Gebäude stellt im Rahmen der Stadtausstellung bei der Bundesgartenschau in Heilbronn ein Pilotprojekt dar. Zum ersten Mal wurde in Deutschland bei einem Gebäude über der Hochhausgrenze zu großen Anteilen Holz als Material tragender Bauteile eingesetzt. In den oberen Stockwerken bestehen Wände und Decken aus massivem Brettsperrholz, das aufgrund der Brandschutzanforderungen mit Gipskartonplatten verkapselt werden musste. Weiterhin wurden Schüttungen auf den Deckenplatten eingebracht, um die Schallschutzanforderungen zu gewährleisten. Das gesamte Gebäude ist eine Hybridkonstruktion, bei der Sockelgeschoss und Erschließungskern in Stahlbeton ausgeführt wurden und zum Teil zusätzliche Stahlträger die Holzkonstruktion unterstützen.

Züblin Timber übernahm als Generalunternehmer die Ausführung des Holzbaus und die Bauleitung bis zur schlüsselfertigen Übergabe des Gebäudes. Die vorgefertigten Brettsperrholz-Elemente sowie Fertigbäder wurden nach der Herstellung des Stahlbetonrohbaus angeliefert. Der Holzrohbau für die oberen Stockwerke konnte so in jeweils etwa einer Woche fertiggestellt werden, nahm also von der Gesamtbauphase von 14 Monaten nur einen geringen Teil in Anspruch. Die nichttragenden Außenwände wurden ebenfalls aus Brettsperrholz hergestellt, außen gedämmt und mit einer Aluminiumfassade verkleidet.

Die Gesamtkosten des Projekts beliefen sich auf rund 15,4 Millionen Euro, was einem Quadratmeterpreis von etwa 4200-4600 Euro gleichkommt. Der vergleichsweise hohe Preis ist auf den Modellcharakter und die neu entwickelte Bauweise des Projekts zurückzuführen.^{8,9}

⁸ https://www.dbz.de/artikel/dbz_SKAIO_Heilbronn_3371361.html

⁹ https://www.dach-holzbau.de/artikel/zehn-geschosse-aus-holz_3248544.html

7.3.3 Analyse der Produktion

In der Brettsperrholzproduktion erreicht Züblin Timber ein jährliches Gesamtvolumen von etwa 30.000 m³ pro Jahr.¹⁰

Der allgemeine Zeitaufwand und die Kostenverteilung für einen gesamten Projektverlauf bei der Züblin Timber GmbH lassen sich in der Analysegrafik ablesen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass Züblin Timber im Gegensatz zu anderen untersuchten Unternehmen wesentlich stärker projektabhängig agiert und der Verlauf variiert.

ANALYSE DER PRODUKTIONSKETTE

ZÜBLIN TIMBER GMBH - PROJEKTBEISPIEL STADTSIEDLUNG HEILBRONN

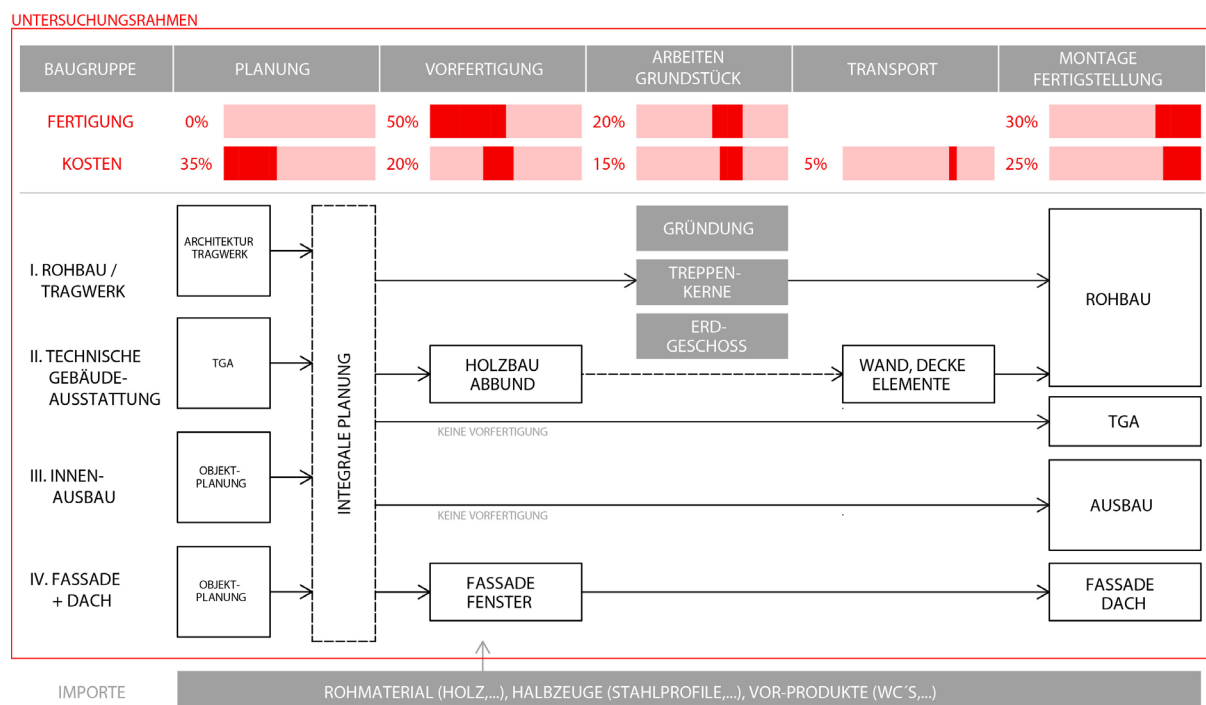


Abb. 25: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Züblin Timber GmbH (Quelle: eigene Darstellung)

¹⁰ <https://www.holzkurier.com/holzprodukte/2018/11/bsp-produktion-2017-markt-waechst.html>

7.3.3.1 Vorfertigungsgrad

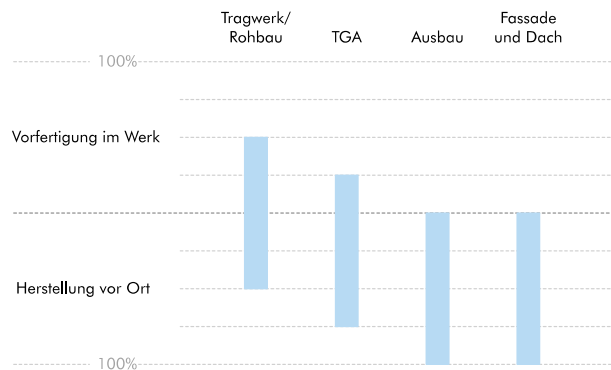


Abb. 26: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Züblin Timber GmbH (eigene Darstellung)

Allgemein lässt sich festhalten, dass die von Züblin Timber angewandte elementierte Bauweise oft nicht den gleichen Vorfertigungsgrad ganzer Bauteile oder Module erreicht. Im Referenzprojekt kamen aufgrund der hybriden Bauweise zudem mehrere Elemente wie beispielsweise Stahlträger zum Einsatz, die nicht aus der eigenen Vorfertigung stammen. Der hohe Anteil von Ortbeton in der Gesamtkonstruktion des Gebäudes senkt den Vorfertigungsgrad weiter. In den meisten anderen Projekten, in denen das System aus Wand- und Deckenelementen einen größeren Anteil der Tragstruktur ausmacht, kann von einem entsprechend höheren Vorfertigungsgrad ausgegangen werden.

Die Vorfertigung der technischen Installationen beschränkt sich auf die eingesetzten Fertigbäder. Alle weiteren Arbeiten wurden ebenso wie der Innenausbau sowie Fassaden- und Dachkonstruktion vor Ort ausgeführt.

7.3.3.2 Automatisierung

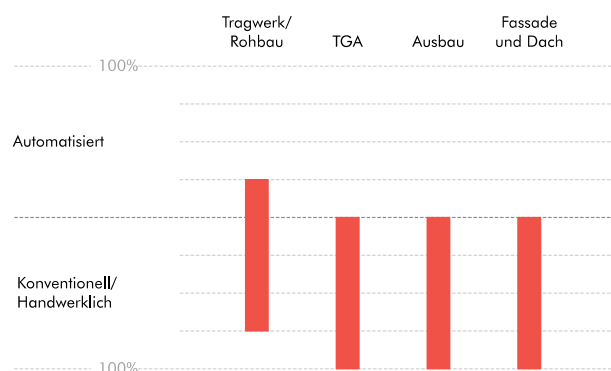


Abb. 27: Automatisierung der der Herstellung, Züblin Timber GmbH (eigene Darstellung)

Die Herstellung von Brettspertholz als grundlegender Baustoff und der Abbund der Massivholzelemente erfolgt zu einem hohen Grad automatisiert in den aufwändigen Anlagen der firmeneigenen Produktion. Alle weiteren Montage- und Ausbauschritte erfolgen jedoch weiterhin konventionell handwerklich.

7.3.3.3 Standardisierung

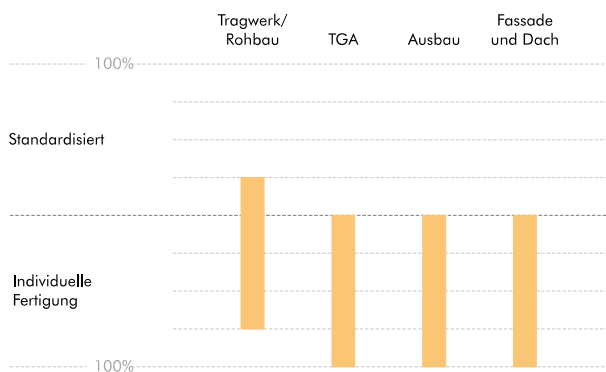


Abb. 28: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Züblin Timber GmbH (eigene Darstellung)

Das Referenzprojekt SKAIO ist aufgrund der Hochhausanforderungen als Ausnahmefall zu betrachten und weist daher einen geringeren Grad der Standardisierung auf, welche sich in erster Linie auf die Anwendung des Produkts Leno® beschränkt. Für den Einsatz im mehrgeschossigen Holzbau entsprechend der Gebäudeklassen 4 und 5 werden überwiegend individuell geplante Elemente eingesetzt. Züblin Timber stellt allerdings für ein auf Leno®-Brettschichtholz basierendes Bausystem ausführliche Bauteilkataloge mit standardisierten Ausführungsvarianten zur Verfügung. Diese sind als Planungshilfe angelegt und die tatsächliche Anwendung kann wie im Referenzprojekt in abgewandelter Form erfolgen. Gegebenenfalls beeinflusst die Ausführung der Standardaufbauten auch den Innenausbau oder die Fassadengestaltung, die jedoch in der Regel entwurfsabhängig variabel sind. Technische Installationen sowie die Dachkonstruktion werden grundsätzlich individuell geplant.

7.3.3.4 Integration

Der Hauptkonzern Ed. Züblin AG fungiert wie im Referenzprojekt in der Regel als Generalunternehmer. In diesem Rahmen übernahm die Züblin Timber GmbH die Ausführung des Holzbaus sowie die bauleitende Koordination der Ausführung weiterer Gewerke durch Nachunternehmer.

Züblin Timber tritt in den meisten Projekten als Systemgeber auf und übernimmt daher nicht die Entwurfs- oder Ausführungsplanung. Die Werkstatt- und Montageplanung ist hingegen integraler Bestandteil der Leistung für die Anwendung des Bausystems. Die Herstellung des Systems vor Ort erfolgt daher auch durch interne Montagekolonnen.

Ein besonderes Alleinstellungsmerkmal im Vergleich mit anderen untersuchten Unternehmen besitzt Züblin Timber durch die eigene Herstellung seiner Primärbaustoffe – im betrachteten Beispiel Brettspertholz -, wodurch ein wichtiger Teil der Wertschöpfungskette intern abgedeckt wird.

7.3.4 Ausblick und Systemoptimierung

Auf dem Markt für vorgefertigte Holzbauweisen und insbesondere Brettspertholz besteht derzeit ein anhaltendes Wachstum¹¹ – die Nachfrage kann teilweise nicht gedeckt werden. Der Trend geht daher auch bei Züblin Timber in die Richtung, die Kompetenzen in der Herstellung und im Geschäftsfeld des schlüsselfertigen Bauens weiter auszubauen. Strukturell will sich das Unternehmen dabei noch stärker auf die Einbindung aller Projektbeteiligten konzentrieren und hat ein Projektsteuerungskonzept für einen integrierten Planungsprozess entwickelt.

Gleichzeitig soll die Offenheit des Bausystems beibehalten werden, um individuelle Konzepten gerecht werden zu können. Die Herausforderung besteht daher darin, die Anforderungen der Individualisierung mit einem effizienten, höher automatisierten und weitestgehend standardisierten Herstellungsprozesses zu vereinen.

¹¹ <https://www.holzkurier.com/holzprodukte/2018/11/bsp-produktion-2017-markt-waechst.html>

7.4 Sisco Oyj

7.4.1 Firmenprofil und Produktionsweise

7.4.1.1 Geschichte und Unternehmensstruktur

Zwischen der Firmengründung 2008 als konventionelles Bauunternehmen und 2018 entwickelte sich Sisco zum größten Hersteller modularer Bauten in Finnland. Mit der Produktion von vorgefertigten Raummodulen begann das Unternehmen 2012. Nach einem zunächst stetigen Wachstum wurde eine Expansion auf anderer Märkte, so auch Deutschland, angestrebt. Allerdings wurde die Produktion 2019 bis auf weiteres eingestellt.

Das Geschäftsmodell konzentrierte sich auf die Entwicklung und Bau von kleinen und mittleren Siedlungen in Holzbauweise, die entweder als Einfamilienhaus oder Wohnung verkauft , oder teilweise auch im Bestand gehalten und vermietet werden. Im Gegensatz zu den anderen untersuchten Firmen arbeitete Sisco also auch als Projektentwickler und Bestandshalter und deckte letztendlich aus einer Hand den Großteil der gesamten Wertschöpfungskette ab.

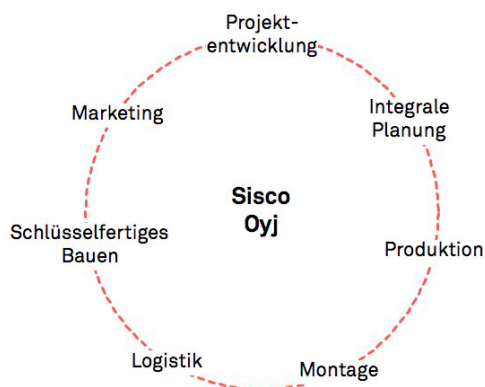


Abb. 29: Geschäftsfelder von Sisco Oyj (Quelle: eigene Darstellung)

7.4.1.2 Beschreibung des Systems

Mit einem produkthaften Verständnis des Wohnhauses wurden Ein- und Mehrfamilienhäuser als schlüsselfertige Bausysteme angeboten, die über verschiedene Fassaden in unterschiedliche architektonische Stile ausprägen sollten, dabei aber stets auf einer gleichen Grundkonstruktion basieren. Die meisten Gebäude und auch die drei Projekte, die während der Werkbesichtigung untersucht wurden, orientieren sich am typischen skandinavischen Erscheinungsbild mit Satteldach und farbigen Holzfassaden.

Die Maße der Module, die in Finnland transportiert werden können, sind größer als die in Deutschland ohne Begleitfahrzeuge transportierbaren 250 cm. Deswegen werden die Module in Breiten von 250 cm bis 350 cm und Längen von bis zu 650 cm hergestellt. Größere Module werden aufgrund der notwendigen Krane vermieden. Die Gebäude von Sisco haben

aber auch häufig eine recht geringe Gebäudetiefe, sodass auch bei der geringer Modullänge Stöße meist nur in Querrichtung entstehen und die Fassaden beidseitig komplett montiert wurden.

Auf dem Grundstück werden die Fundamente als Kaltraum mit Beton und Mauerwerk hergestellt und abgedichtet. Die so entstehenden Leergeschosse sind nicht nutzbar und nach unten zum Erdreich offen (Kiespackung). Die Dächer werden in den meisten Fällen vor Ort als konventionelle Dachstühle gebaut. Die zuvor errichteten Keller-Geschosse dienen als Montageplattform, sodass die Dächer ohne Gerüst und oberhalb des Erdreichs gebaut werden können. Anschließend werden die Dächer auf die Modul-Bauten aufgesetzt. Auch die Dachstühle sind nicht zugänglich und nicht nutzbar. Die Abstellräume werden in getrennten Gebäuden oder als Anbauten zu den Häusern errichtet.

7.4.1.3 Produktionsprozess

Für die Produktion der Module werden die Furnierschichtholz-Elemente fertig zugeschnitten angeliefert. Die Fertigung der Module ist handwerklich und erfolgt ohne den Einsatz von Robotern oder Maschinen. Im Werk gibt es keine Abbundanlage und insgesamt nur leichte Werkzeuge. Sisco hat bei der Besichtigung betont, dass die Produktion flexibel gehalten werden soll. So gibt es in den Hallen keine großen Maschinen und auch keine Fertigungsstraße. Vielmehr werden die Module jeweils an einem Ort zusammen- und ausgebaut. Erst nach der Fertigstellung werden die Module angehoben und auf den LKW versetzt.

Das System ist auf den Einsatz von Kerto®- LVL des finnischen Herstellers Metsä ausgerichtet. Aus dem Furnierschichtholz (LVL) werden Wände, Decken und Böden als eine Rippenkonstruktion gebaut. Die Hohlräume werden mit Zellulose (Altpapier) ausgedämmt. Innenseitig besteht die Konstruktion auch aus einer Platte aus Furnierschicht-Holz.

Innenseitig besteht die Wandverkleidung aus einer 10mm MDF-Platte, die in kleinformatischen Nut- und Feder-Elementen angebracht wird. Außenseitig werden die Rippen mit einer Putzträger-Platte oder Weichfaser-Holz-Platte geschlossen. Auf diese Ebene wird eine vertikale Lattung und eine horizontale Nut- und Federfassade aus Holz aufgebracht.



PREFAB HOUSING

Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

Abb. 30: Wandaufbau des Bausystems von Sisco Oyj (Foto: eigene Aufnahme)

Die flächigen Elemente (Wand, Boden, Decke) werden im Werk zu Modulen gefügt, die komplett ausgebaut werden mit Wand-, Bodenbelägen, Deckenverkleidung, Fenstern, Türen, Fassade und Elektro- und Sanitärinstallationen, sowie Küchen und Bäder.



Abb. 31: Produktionsschritte Rohbau, Innenausbau und Fassade; Einbau-Möblierung; Fugenausbildung vor Ort (Fotos: eigene Aufnahmen)

7.4.2 Referenzprojekt

Wohnsiedlung in Vantaa



Ohrati 16
01370 Vantaa, Finnland

Baujahr: 2018
Geschosse: 2
BGF: ca. 2.500 m² (oberirdisch)
WLF: k.A.

25 Wohnhäuser, davon 13 aus je 6
Modulen und 12 aus je 4 Modulen

Abb. 32: Wohnsiedlung Vantaa (Quelle: Sisco Oyi)

Im Rahmen der Werksbesichtigung wurde unter anderem auch die Baustelle eines aktuellen Projekts besucht. Exemplarisch für das Vorgehen des Unternehmens als Projektentwickler handelt es sich um den Bau einer Fertighausiedlung am Stadtrand von Vantaa nördlich von Helsinki und in unmittelbarer Nachbarschaft zum damaligen Firmen- und Produktionsstandort.

Das Bauland wurde neu erschlossen und mit einer lockeren Bebauung aus freistehenden Wohnhäusern bebaut, die sich am typischen skandinavischen Erscheinungsbild mit Satteldach und farbigen Holzfassaden orientieren. Die Häuser wurden in zwei verschiedenen Typologien ausgeführt: als Doppelhäuser mit zweigeschossigen Wohneinheiten aus insgesamt vier Modulen und Wohnhäuser mit sechs jeweils einem Modul entsprechenden Apartments mit Laubengangerschließung im Obergeschoss.

7.4.3 Analyse der Produktion

ANALYSE DER PRODUKTIONSKETTE SISCO OYJ

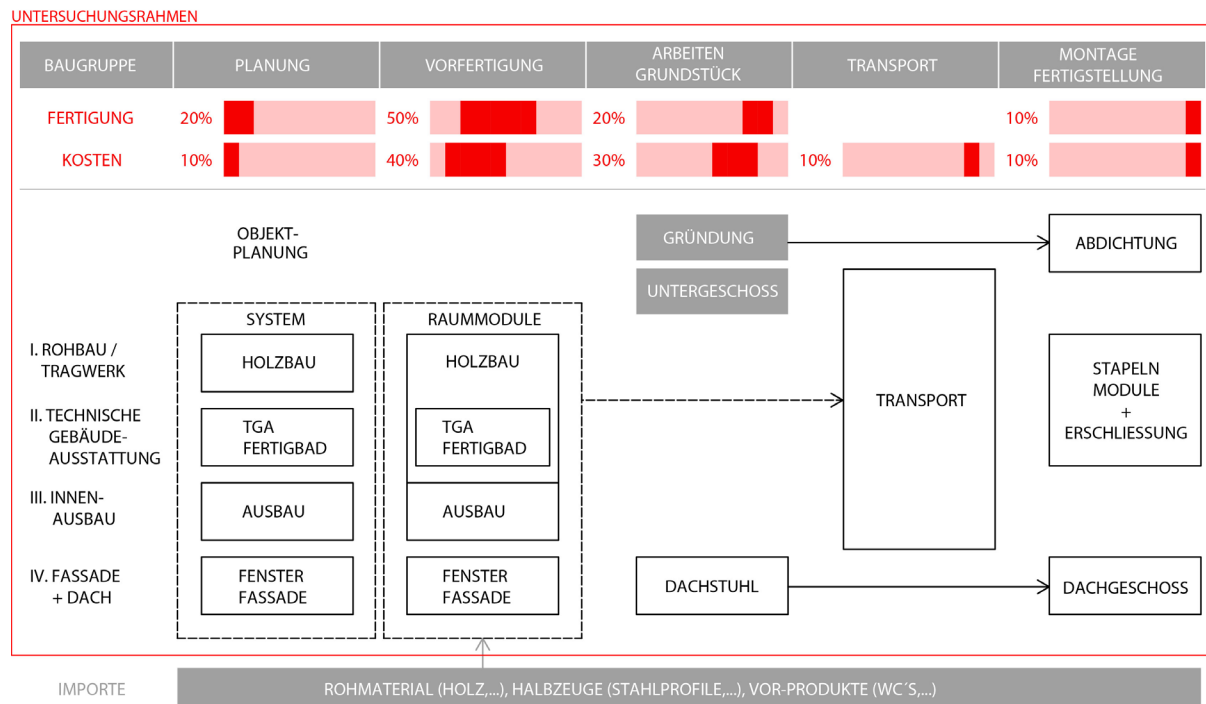


Abb. 33: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Sisco Oy (Quelle: eigene Darstellung)

7.4.3.1 Vorfertigungsgrad

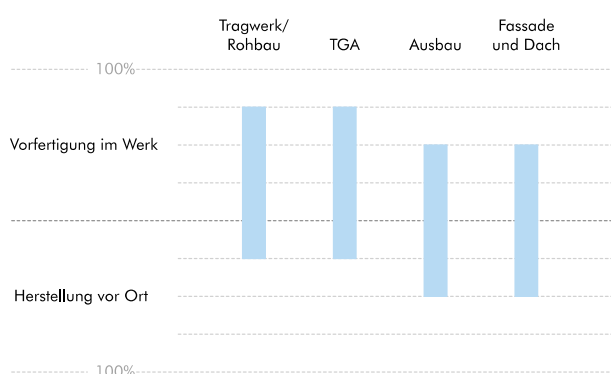


Abb. 34: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Sisco Oy (eigene Darstellung)

Die Module selbst besitzen einen sehr hohen Vorfertigungsgrad. Sowohl Innenausbau, Fenster, Türen und in den meisten Fällen auch die kompletten Fassaden können in der

Vorfertigung hergestellt werden. Die technischen Installationen werden nach Herstellung der Grundkonstruktion eingebaut. Auch die Bäder werden als separate Sanitärzellen im Werk aus als Raumzellen aus Furniersperrholz hergestellt und in die Raummodule eingesetzt. Bei höherem Installationsaufwand werden die Module allerdings oft mit weit geringerem Ausbaugrad vor Ort platziert und fertiggestellt.

Die Arbeiten an den Stößen und modulübergreifende Anschlüsse müssen vor Ort ausgeführt werden. Die Stöße zwischen den Modulen untereinander und zwischen den Modulen und dem Dach sowie den Fundamenten werden ausgeschäumt und verschraubt. Die Fugen werden mit den angrenzenden Oberflächenmaterialien überdeckt. Zusätzliche Klebebänder (Luftdichtheit, Konvektion, Dampfsperre) werden nicht eingesetzt. Da Dach und Gründung sehr konventionell hergestellt werden, bleibt der Aufwand auf der Baustelle vergleichsweise hoch und mindert den Vorfertigungsgrad eines gesamten Gebäudes.

7.4.3.2 Automatisierung

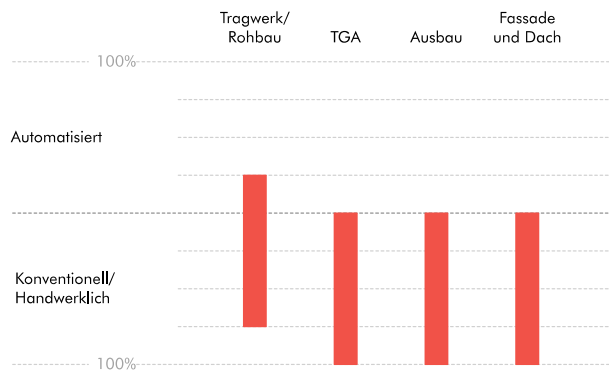


Abb. 35: Automatisierung der der Herstellung, Sisco Oyj (eigene Darstellung)

Die Automatisierung beschränkt sich in der Fertigung auf den Abbund der Kerto-Platten als universell eingesetzter Primärbaustoff. Alle restlichen Arbeitsschritte werden konventionell handwerklich ausgeführt.

7.4.3.3 Standardisierung

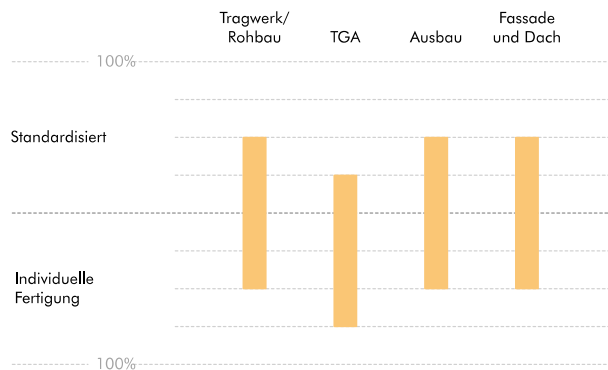


Abb. 36: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Sisco Oyj (eigene Darstellung)

Material und Grundkonstruktion der Module sind ebenso wie die Gründung und Dachkonstruktionen vor Ort immer gleich. Feste Modulgrößen sind nicht festgelegt und werden vor Allem durch Transportmaße beschränkt. Die Gebäude sind in ihrer Geometrie also projektabhängig anpassungsfähig.

Für die technische Gebäudeausstattung kommen nur bedingt einheitliche Elemente zum Einsatz. Die Standardisierung des Ausbaus und der Fassaden liegt etwas höher, da die grundlegenden Konstruktionen und Materialien gleich bleiben. Projektabhängige Anpassungen sind besonders bei der Oberflächengestaltung möglich.

7.4.3.4 Integration

Als Entwickler der eigenen Bauprojekte lagen alle Planungs- und Ausführungsleistungen bei Sisco selbst. Eine enge Abstimmung zwischen allen Projektbeteiligten und die spezifische Ausrichtung der Arbeitsprozesse auf das Bausystem wurden so gewährleistet. Durch die sehr konventionelle Produktionsweise wurden dabei mögliche Potentiale zur Effizienzsteigerung, beispielsweise eine gezieltere Koordination der unterschiedlichen Gewerke nicht vollständig ausgeschöpft.

Arbeiten vor Ort wurden zum Teil auch von externen Nachunternehmern ausgeführt, da die Bauweisen für Dach und Gründung vom modularen System weitestgehend unabhängigen, konventionellen Konstruktionen entsprechen. Gleiches gilt für die technischen Installationen.

7.4.4 Ausblick und Systemoptimierung

Die Bauweise bedingt, dass von dem umbauten Volumen nur ein relativ geringer Anteil für die eigentliche Wohnfunktion genutzt werden kann. Gerade bei den eingeschossigen Gebäuden ist der nicht nutzbare Anteil in Dach und Fundamenten relativ groß. Auch sind in diesem Bereich der Vorfertigungsgrad und die Standardisierung gering. Hier würde mit einer

alternativen Konstruktion (Flachdach, Streifenfundamente) ein erhebliches Einsparpotential erreicht werden.

Die bauphysikalischen Eigenschaften, insbesondere Feuchteschutz (Konvektion, Dampfdiffusion und Tauwasserbildung), sowie die Luftdichtheit entsprechen nicht den Anforderungen der geltenden Regeln der Technik. Dadurch dürfte zum einen der Energieverbrauch deutlich höher liegen, als bei einer luft-dichteren Konstruktion, zum anderen besteht die Gefahr von Tauwasserausfall, was für den Holzbau bedenklich ist.

Das von seiner Festigkeit her leistungsfähige Material Furnier-Sperrholz (LVL) ermöglicht vermutlich in der gleichen Bauweise die Errichtung von fünf- oder mehrgeschossigen Gebäuden. Zu prüfen wäre, wie bei den höheren Gebäudeklassen der Brandschutz nachgewiesen werden kann.

Da das Unternehmen Sisco seine Geschäfte im Frühjahr 2019 eingestellt hat, ist die Fortführung der Produktion des Bausystems bis auf Weiteres nicht absehbar. Zwischenzeitlich ist die Übernahme durch andere Unternehmen und die Aufrechterhaltung der Produktion gescheitert.

7.5 Kaufmann Bausysteme GmbH / purelivin GmbH

7.5.1 Firmenprofil und Produktionsweise

7.5.1.1 Geschichte und Unternehmensstruktur

Die Kaufmann Bausysteme GmbH ist ein Holzbauunternehmen mit Sitz in Reuthe, Vorarlberg, das sich mit einem breiten Spektrum an Bauaufgaben im Hallenbau, Hochlagerbau, Wohnbau, Fassadenbau und der Herstellung von Raummodulen beschäftigt. Die Firma bietet Leistungen in allen Projektphasen an und verwirklicht viele Projekte auch als Generalunternehmer.

1952 gründete Josef Kaufmann das Familienunternehmen als Zimmerei und Fertigung von Brettschichtholz. Ab den 1970er Jahren spezialisierte sich das Unternehmen auf Sonderanfertigungen und den Bau von Hallenkonstruktionen mit großen Spannweiten. Ab 2008 bearbeitet das Unternehmen verstärkt Projekte mit vorgefertigten Modulen - in diesem Jahr wurde das Alpenhotel Ammerwald mit drei im Modulsystem hergestellten Geschossen umgesetzt. Seitdem wurden für diverse Projekte wie zum Beispiel öffentliche Einrichtungen, Hotels und Wohnungsbauten über 3.500 Raummodule hergestellt.¹²

Aus der Spezialisierung auf die Vorfertigung von Raummodulen entstand in Partnerschaft mit der in der Immobilienentwicklung tätigen Unternehmensgruppe ZIMA die purelivin GmbH, die eine serielle Fertigung von Wohnungsmodulen anstrebt. Seit Februar 2019 produziert Kaufmann Bausysteme im eigenen Raummodulwerk in Kalwang, Steiermark, das erste Bauprojekt der purelivin Modulserie.

7.5.1.2 Beschreibung des Systems

Das Bausystem beruht auf dreidimensional hergestellten Modulen, die auf der Baustelle direkt aufeinander gestapelt werden. Je nach gewünschter Raumkonfiguration werden vollständig geschlossene oder an den Längsseiten offene Module angeboten. Kaufmann Bausysteme arbeitet in der bisherigen Produktion mit Modulmaßen, die von Projekt zu Projekt variieren können. Der neuen purelivin-Serienfertigung liegt nun ein höherer Grad der Standardisierung zu Grunde, um Produktionsprozesse weiter zu vereinheitlichen. Es werden drei Modulgrößen angeboten. Maximal belaufen sich die Abmessungen auf eine Breite von 3,68 m, eine Länge bis zu 9,00 m und erreichen eine Höhe von 3,50 m.

¹² <https://kaufmannbausysteme.at/>

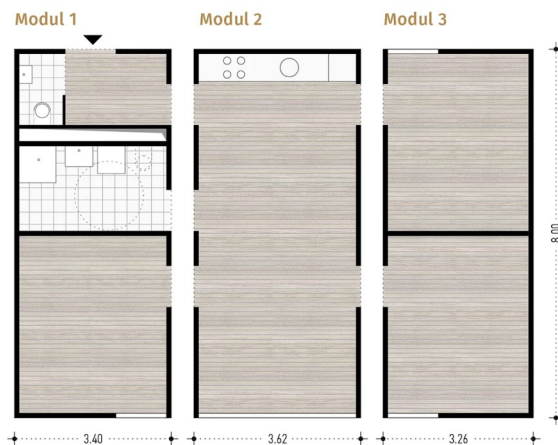


Abb. 37: Modulmaße purelvin-Serie, Quelle: purelvin GmbH

Die tragenden Raummodule werden vorwiegend aus dreilagigen Brettsperrholzplatten hergestellt. Bei geöffneten Modulen kommen zur Abtragung der erheblich höheren Lasten Unterzüge aus Buchenschichtholz zum Einsatz. Das Material für den weiteren Ausbau ist von der individuellen Planung abhängig. In der Regel werden äußere Dämmlagen und Dichtungsbahnen bereits werkseitig angebracht.

Der Fokus der purelvin GmbH liegt ausschließlich auf dem Wohnbau und eignet sich insbesondere für Wohnheime oder Hotels. Die flexibleren Module, die Kaufmann Bausysteme weiterhin herstellt, kamen bereits für diverse andere Bauaufgaben, insbesondere Schulen und Kindergärten zum Einsatz.

7.5.1.3 Produktionsprozess

Sowohl die bisherige Produktion der Kaufmann Raummodule als auch die die neue purelvin-Produktion sind als serielle Fertigungslinien konzipiert. Die Module werden auf Plattformen, die über ein Fördersystem bewegt werden, hergestellt und erst nach der Fertigstellung mit einem Hallenkran versetzt.

Technische Ausstattung und Innenausbau sind in den Produktionsprozess integriert und viele Arbeitsschritte werden parallel ausgeführt. Am Beginn der Produktionsstraße wird der Fußbodenaufbau abgesehen vom Belag mit allen Schichten und notwendigen Installationen hergestellt. Estrichlagen können durch eine eigens eingerichtete Anlage aufgebracht werden, müssen aber nach wie vor von Hand abgezogen und gegebenenfalls geschliffen werden. Auch weitere Schutzschichten werden von Hand aufgebracht.

In wenigen Schritten wird im Anschluss die Rohbaukonstruktion mit Wand- und Deckenplatten komplettiert. Der Abbund erfolgt extern und die Platten werden montagefertig zur Produktion geliefert. Die verschiedenen Gewerke des Ausbaus werden jeweils durch Subunternehmen an Stationen entlang der Fertigungsstraße durchgeführt. Der Ausbau erfolgt dabei noch vollständig handwerklich.

PREFAB HOUSING

Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum



Abb. 38: Produktionsschritte Verlegen des Estrichs; Modulmontage; Fassadenmontage; integrierter Einbau der technischen Gebäudeausstattung; Lagerung der Fertigen Module (Fotos: eigene Aufnahmen)

7.5.2 Referenzprojekt

Studierendenwohnheim „Lutterterrassen“ Göttingen



Grisebachstraße 7
37077 Göttingen

Baujahr: 2019
Geschosse: 5
BGF: 6.300 m²
WLF: ca. 4.800 m²

260 Module, 264 Wohneinheiten

Abb. 39: Wettbewerbsvisualisierung (Quelle: LIMA* Architekten)

Das Stuttgarter Architekturbüro LIMA* gewann 2017 den nicht offenen Wettbewerb für den Entwurf eines neuen Studierendenwohnheims am Nordcampus der Universität in Göttingen. Die Entscheidung, Raummodule für die geplanten Einzelapartments in den Obergeschossen zu verwenden, bestand schon in der Wettbewerbsphase und wurde nach dem Zuschlag in Zusammenarbeit mit Kaufmann/purelvin in eine Ausführungsplanung übertragen. Derzeit befindet sich das Projekt in der Realisierung.

260 der seriell und nahezu komplett baugleich gefertigten Module wurden in vier Obergeschossen auf ein Stahlbeton-Sockelgeschoss gestapelt. Die Montage der Module wird in etwa 45 Tagen abgeschlossen und der Bezug des Gebäudes wird im Herbst 2019 erwartet.

Die Produktion der Module wurde in der von Kaufmann/purelvin neu eingerichteten Produktionslinie im Februar 2019 aufgenommen. Das Wohnheim „Lutterterrassen“ ist somit das erste Projekt überhaupt, das im purelvin-Bausystem umgesetzt wird.

7.5.3 Analyse der Produktion

ANALYSE DER PRODUKTIONSKETTE KAUFMANN BAUSYSTEME/PURELIVIN GMBH

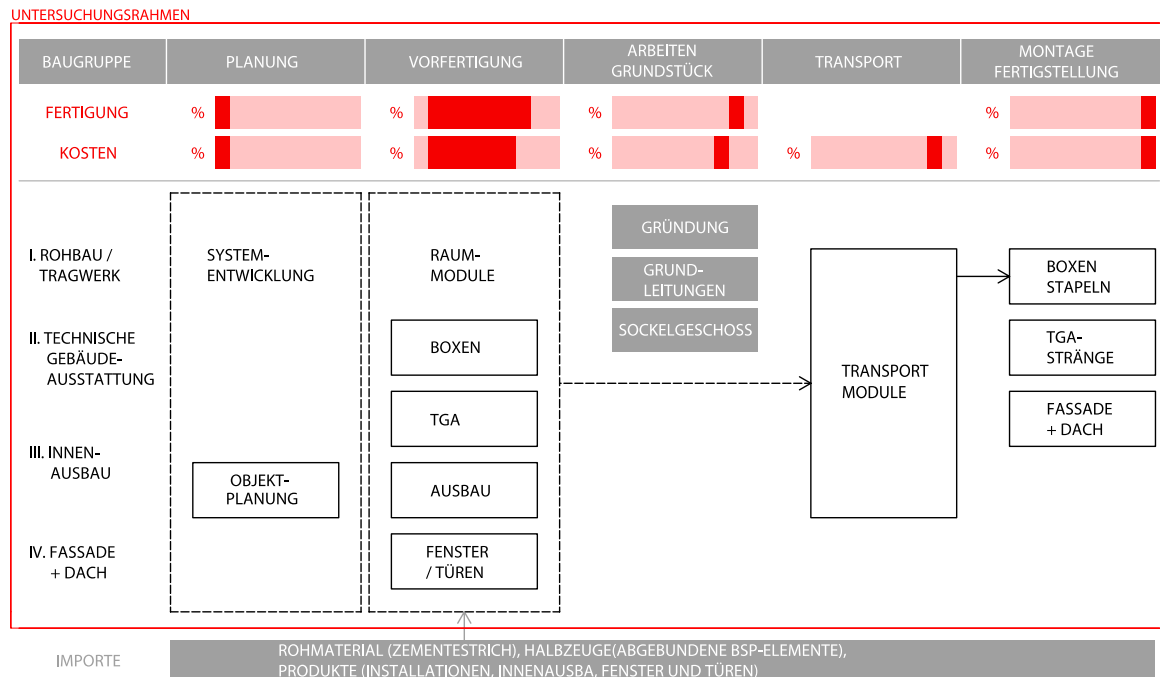


Abb. 40: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (Quelle: eigene Darstellung)

7.5.3.1 Vorfertigungsgrad

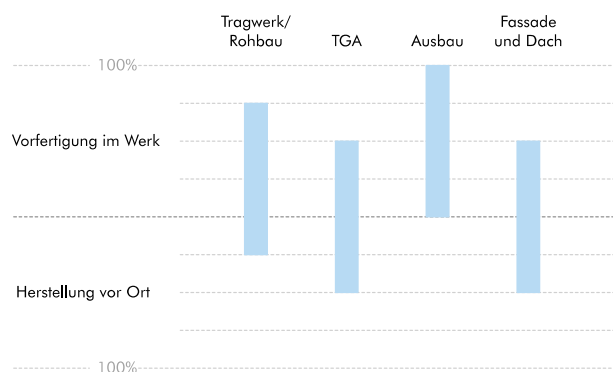


Abb. 41: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung)

Die tragenden Raummodule sind grundsätzlich komplett vorgefertigt, die in den bisherigen Projekten von Kaufmann Bausysteme und auch für die purelivin-Linie im mehrgeschossigen Holzbau notwendigen bzw. geplanten Sockelgeschosse und Treppenhäuser werden allerdings aus Ortbeton hergestellt.

Der Grad der Vorfertigung in der technischen Ausstattung und dem Innenausbau lässt sich den Anforderungen des jeweiligen Projekts anpassen. Grundsätzlich sind Installationen, Innenausbau sowie Fenster und Türen im Herstellungsprozess integriert und es werden bezugsfertige Module an die Baustelle geliefert. Dachkonstruktion und äußere Gebäudehülle werden in der Regel jedoch nicht im Modul integriert und vor Ort angebracht.

Im Referenzprojekt sind die Module mit Einbaumöbeln und fertigen Oberflächen ausgestattet und somit bezugsfertig.

7.5.3.2 Automatisierung

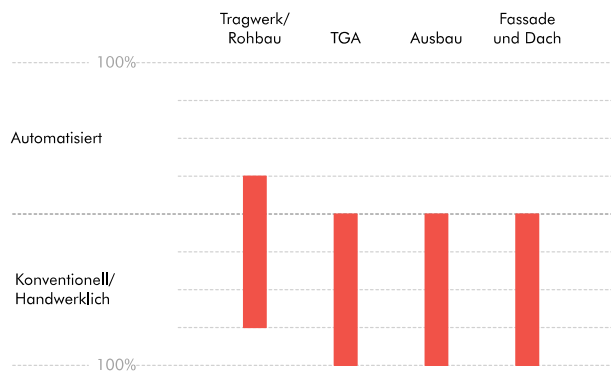


Abb. 42: Automatisierung der der Herstellung, Kaufmann Bausysteme/purelivin GmbH (eigene Darstellung)

Der Abbund der Brettsperrholzelemente ist automatisiert, wird aber durch einen externen Zulieferbetrieb vorgenommen. Entlang der modernen Fertigungsstraße werden die einzelnen Gewerke zum Großteil noch konventionell handwerklich ausgeführt.

7.5.3.3 Standardisierung

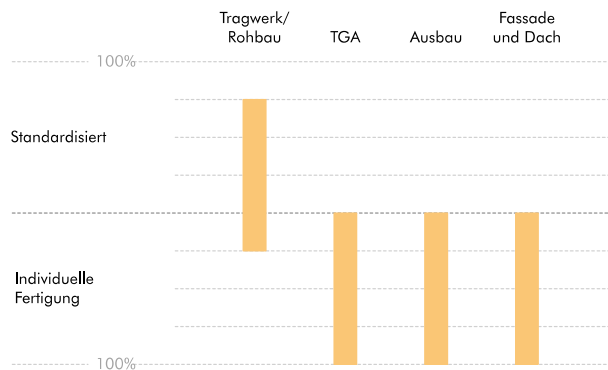


Abb. 43: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelivin GmbH (eigene Darstellung)

Mit der purelivin- Serie wird ein höherer Grad der Standardisierung gegenüber den individuell anpassbaren Modulkonstruktionen bisheriger Kaufmann-Projekte festgelegt. Neben der Beschränkung der Modulmaße sind auch die grundlegenden Bauteilaufbauten und somit vor allem Arbeitsschritte weiter standardisiert. Da bisher allerdings keine Standardkomponenten für Technik- und Ausbaugewerke zum Einsatz kommen, werden die Prozesse projektabhängig immer neu angepasst.

7.5.3.4 Integration

Die Anpassung der Abläufe betrifft auch den Grad der Integration, da für die unterschiedlichen Gewerke je nach gewünschtem Ausbaugrad spezialisierte Subunternehmer beauftragt werden, die sich in die Fertigungslinie im Werk einreihen. Von derzeit 45 in der Produktion tätigen Mitarbeitern sind nur zwei firmenintern und für die Koordination des Fertigungsprozesses zuständig.

Vor der Fertigung bietet Kaufmann/purelivin weitreichende Unterstützung und eine enge Zusammenarbeit mit Architekten und Planern an. So wird die Planung gezielt auf das modulare Bausystem ausgerichtet. Ausführungs-, Werk- und Montageplanung übernimmt in der Folge Kaufmann Bausysteme. Die Montage wird hingegen wieder von lokalen Subunternehmen ausgeführt.

7.5.4 Ausblick und Systemoptimierung

Ziel von Kaufmann Bausysteme ist es, den Vorfertigungs- und Automationsgrad innerhalb der Produktionsprozesse weiter zu steigern. Die purelivin-Serie orientiert sich dabei bewusst an seriellen Fertigungsprozessen anderer Branchen wie der Autoindustrie oder dem Schiffbau. Zum einen bedeutet dies, dass kleinteilige Arbeitsschritte in der technischen Gebäudeausstattung und im Innenausbau durch vorgefertigte Elemente – beispielsweise für Sanitäreinheiten – ersetzt werden sollen. Des Weiteren sollen durch die Entwicklung

kraftschlüssiger Fügungen der Rohbaukonstruktion Aufwand und Material der Schraubverbindungen minimiert werden. Derzeit werden die Boden-, Wand- und Deckenplatten stumpf gestoßen und mit entsprechend vielen Schrauben verbunden.

Derzeit erfolgt die Fertigung der Raummodule fast ausschließlich handwerklich. An vielen Punkten besteht das Potential, gesamte Prozesse zu automatisieren oder stärker auf maschinelle Hilfestellungen zurückzugreifen. Die Fügung der Rohbaukonstruktion ließe sich beispielsweise durch Roboter herstellen, ebenso könnten Roboter beim Einbau schwerer Bauteile wie Fenstern als Unterstützung dienen und den Zeit- und Personalaufwand erheblich reduzieren.

Weiteres Optimierungspotential besteht auch in den bereits digitalisierten Prozessen wie dem CNC-Abbund. Die dabei zugrunde liegenden Daten beinhalten bisher meist rein geometrische Informationen. Zusätzlich ließen sich unterschiedliche Anforderungen an verschiedene Bauteile als Parameter in die Datensätze integrieren, um eine effizientere und anforderungsspezifische Fertigung zu ermöglichen.

8 Querauswertung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analysen der einzelnen Bausysteme graphisch-numerisch ausgewertet und können so verglichen werden.

ALHO Systembau GmbH:

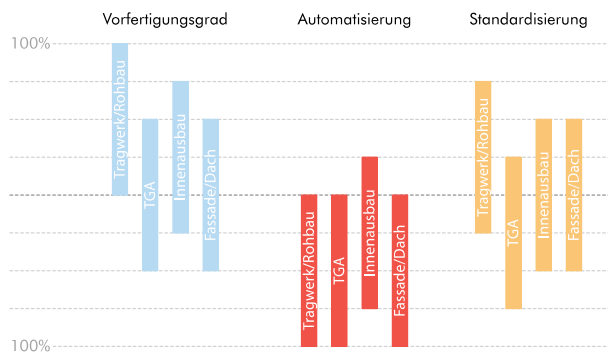


Abb. 44: Übersicht der Auswertung des Produktionsprozesses, ALHO Systembau GmbH (eigene Darstellung)

Max Bögl Modul AG:

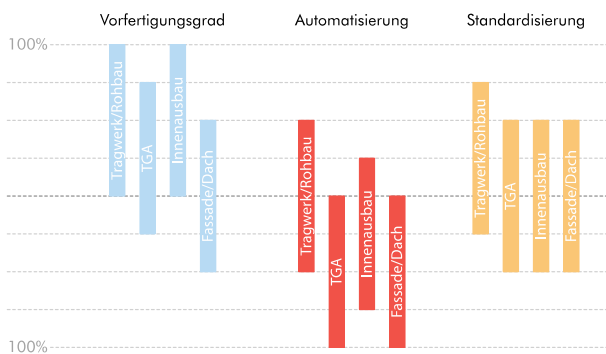


Abb. 45: Übersicht der Auswertung des Produktionsprozesses, Max Bögl Modul AG (eigene Darstellung)

PREFAB HOUSING

Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

Züblin Timber GmbH:

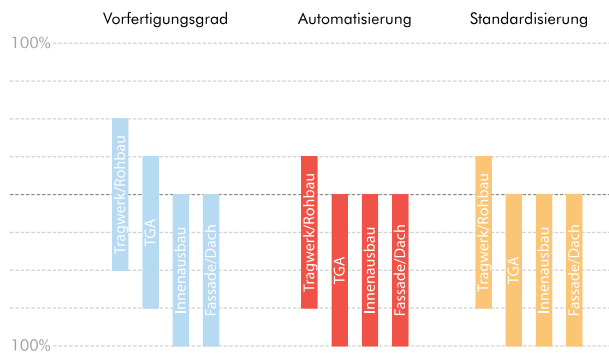


Abb. 46: Übersicht der Auswertung des Produktionsprozesses, Züblin Timber GmbH (eigene Darstellung)

Sisco Oyj:

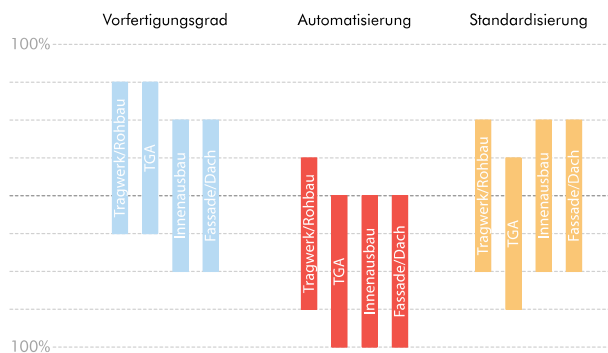


Abb. 47: Übersicht der Auswertung des Produktionsprozesses, Sisco Oyj (eigene Darstellung)

Kaufmann Bausysteme/purelivin GmbH:

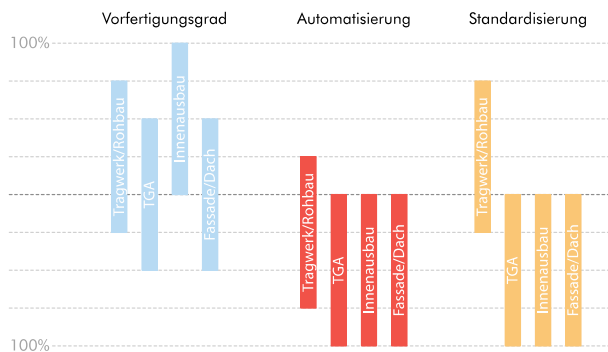


Abb. 48: Übersicht der Auswertung des Produktionsprozesses, Kaufmann Bausysteme/purelivin GmbH (eigene Darstellung)

Vorfertigung

In der Rohbaufertigung weisen die untersuchten Hersteller allgemein einen sehr hohen Vorfertigungsgrad auf. Die angebotenen Systeme basieren letztlich alle auf den tragenden Primärbauteilen bzw. Raummodulen, die vorproduziert auf die Baustelle geliefert und nur noch montiert werden, ohne weitere systemimmanente Ertüchtigungen bezüglich der Tragstruktur zu benötigen. Dabei muss allerdings - wie bereits eingangs erwähnt - auf den teilweise hohen Aufwand vor Ort hergestellter Grundkonstruktionen hingewiesen werden, die nicht umfänglich in der Betrachtung der Systeme berücksichtigt werden können. Dadurch werden bereits Einschränkungen der Vorfertigung deutlich, da die Bausysteme ohne diese zusätzlichen Maßnahmen nur begrenzt oder überhaupt nicht anwendbar sind. Im geringsten Maß davon abhängig sind die Systeme der Hersteller ALHO und Max Bögl, bei denen auch die Erschließung und Gebäudeaussteifung im modularen Rahmen bzw. durch zusätzliche Fertigteile hergestellt werden kann.

Auch die technische Gebäudeausstattung sowie der Innenausbau lassen sich grundsätzlich zu einem hohen Grad vorfertigen. Die vier Hersteller der Raummodul-Systeme können annähernd bezugsfertige Räume produzieren, bei denen sich der Montageaufwand und die Herstellung modulübergreifender Anschlüsse auf ein Minimum reduziert. Dabei werden die Arbeitsschritte in den Werken allerdings überwiegend konventionell handwerklich ausgeführt. Eine Vorfertigung in der Vorfertigung, das heißt beispielsweise der Einbau kompletter Installationseinheiten im Sanitärbereich oder Komponenten wie Kabelbäumen, findet bisher nicht statt. Der entscheidende Vorteil der Vorfertigung besteht in diesen Bereichen also vor allem in der Verlagerung der Prozesse in witterungsunabhängige Werkhallen und der Trennung der Gewerke. An dieser Stelle ließe sich also durch eine Steigerung der Standardisierung sowie der Integration im Gesamtprozess eine weit höhere Effizienz erzielen.

Automatisierung

Besonders im Vergleich mit den technischen Möglichkeiten, die in anderen Industrien bereits etabliert sind, lässt sich bei keinem der Hersteller von einem hohen Grad der Automatisierung sprechen. Die meisten Arbeitsschritte werden weder komplett oder teilweise durch Maschinen ausgeführt, noch kommen sie zur Unterstützung der handwerklichen Tätigkeiten zum Einsatz.

Automatische oder halbautomatische Anlagen beschränken sich einerseits auf die Verarbeitung bzw. Herstellung der primären Baustoffe oder (meist massiver) Bauteile und andererseits auf die bei fast allen Herstellern zur Beförderung der Module eingesetzten Schienensysteme.

Standardisierung

Der Grad der Standardisierung ist letztendlich ein entscheidendes und charakterisierendes Merkmal der einzelnen Bausysteme. Die Entscheidung der Hersteller, das System auf klar definierte, katalogisierte Elemente zu beschränken oder im Gegensatz dazu ein offeneres und variableres System anzubieten, lässt sich im jeweiligen Verständnis des Wohnbaus als (Massen-)Produkt begründen. Je höher die Standardisierung, umso höher ist auch das serielle Produktionsvolumen und in den meisten Fällen auch die Integration des gesamten Planungs- und Fertigungsprozesses. Dies trifft vor allem auf die am längsten etablierten Unternehmen ALHO und Max Bögl zu, die auch das umfassendste Leistungsangebot vorweisen.

9 Bewertung/Schlussbetrachtung

Aus der Untersuchung der verschiedenen Hersteller lassen sich vor allem die eingangs beschriebenen Potentiale des vorgefertigten Bauens bestätigen, ein zeit- und kosteneffizientes Mittel zur Schaffung bezahlbaren und bedarfsgerechten Wohnraums sein zu können. Dabei wurde jedoch deutlich, dass der aktuelle Markt diese Potentiale erst andeutet und bei weitem noch nicht zu einem Grad ausschöpfen kann, um mit konventionellen Bauweisen flächendeckend zu konkurrieren. Die Zahl der Hersteller und das entsprechende Produktionsvolumen ist dazu noch zu gering. Die Entwicklung einer zeitgemäßen seriellen Vorfertigung von Wohngebäuden steht somit erst am Anfang.

Ein entscheidendes Hemmnis für die Verbreitung und den Ausbau der seriellen Fertigung besteht im hohen Aufwand für die Einrichtung der notwendigen Anlagen. Um wirtschaftliche Vorteile gegenüber konventionellen Bauweisen zu erzielen, ist eine entsprechend hohe Stückzahl der Module oder Komponenten notwendig. Die untersuchten Hersteller gehören zu den wenigen Anbietern, die dazu bereits in der Lage sind. Einige der Unternehmen konnten dabei auch auf bestehende Strukturen und know-how aus anderen Geschäftsbereichen oder auf lange eigene Erfahrung in der Vorfertigung aufbauen. Doch selbst innerhalb dieser mittlerweile etablierten Produktionen erfordern Entwicklungen und Optimierungen der Prozesse eine Überwindung weiterer Hürden.

Besonders die Umstellung auf stärker automatisierte Prozesse, eine höhere Standardisierung der eingesetzten Bauteile, der einzelnen Arbeitsschritte und dadurch eine kontinuierliche Integration der gesamten Fertigung stellen laut den Unternehmen erneut einen erheblichen Investitions- und Planungsaufwand dar und erfordern weitreichende Umstellungen. Ein Kernpunkt der Integration, der auf absehbare Zeit weiter vorangetrieben soll, ist dabei eine durchgängige Digitalisierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Dies würde bedeuten, dass ein flächendeckendes Netzwerk aller Projektbeteiligten aus Planung, Herstellung, Zulieferung oder Montage im Rahmen eines klar definierten Systems agiert. Es besteht durchaus auch die Befürchtung, dadurch wieder zu einer stärkeren Vereinheitlichung oder Monotonie zurückzukehren, die dem Wunsch nach dem Erhalt von Variabilität und Individualität entgegen steht. Gleichzeitig liegt in der verstärkten Integration auch das Potential zur sogenannten „mass customization“ – der individualisierten Massenfertigung – begründet, die letztlich ein Hauptargument für die qualitativen Möglichkeiten vorgefertigten Wohnraums darstellt.

Die aktuellen oder absehbaren Trends in der Vorfertigungsindustrie bestehen daher zunächst in einer Erhöhung der Standardisierung und somit auch in der Beschränkung auf vorrangig katalogisierte Systeme, wie sie von ALHO oder Max Bögl bereits länger angeboten werden und nun durch neue Systeme wie die purelvin-Serie von Kaufmann Bausysteme ergänzt werden. Diese Spezialisierung orientiert sich an dem Prinzip der Lean-Produktion, bei der durch eine ständig Prozessoptimierung trotz Verringerung von Material-, Personal- und Zeitaufwand auf eine höhere Produktivität und gleichbleibend hohe Qualität der Produkte bei gleichzeitiger Flexibilität abgezielt wird.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Vergleich von Produktivitätsindizes: Stagnierende Produktivität der Bauindustrie im Vergleich zu Produzierendem Gewerbe und Dienstleistung (Quelle: Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für erschwinglichen Wohnraum, Dömer, Klaus; Drexler, Hans; Schultz-Granberg, Joachim; Berlin, 2016; Basierend auf Daten des Statistisches Bundesamtes 2013).....	6
Abb. 2: Entwicklung der Baupreise (1999-2014) Analyse der Preisentwicklung für Bauleistungen gruppiert nach Kostengruppen der DIN 276 (Quelle: Bezahlbar. Gut. Wohnen. Strategien für erschwinglichen Wohnraum, Dömer, Klaus; Drexler, Hans, Schultz-Granberg, Joachim; Berlin, 2016; Basierend auf Architekturqualität im kostengünstigen Wohnungsbau. Baukosten senken - aber wie? Ein Arbeitsbericht aus der Baukostensenkungskommission; Michael Neitzel, Geschäftsführer der InWIS Forschung & Beratung GmbH, Bochum, Kongress der Forschungsinitiative Zukunft Bau auf der Bau 2015 in München.)	7
Abb. 6: ALHO: Produktionsschritte Rohbau, Innenausbau, Fassade; Abtransport eines Fertigen Moduls (Fotos: eigene Aufnahmen).....	16
Abb. 7: ALHO: Wohnungsgesellschaft Leverkusen (WGL), https://wgl-lev.de/projekte.html	17
Abb. 8: Analyse der Produktionskette Alho Systembau GmbH (Eigene Darstellung).....	18
Abb. 9: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, ALHO Systembau GmbH (eigene Darstellung)	19
Abb. 10: Automatisierung der der Herstellung, ALHO Systembau GmbH (eigene Darstellung).....	19
Abb. 11: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme ALHO Systembau GmbH (eigene Darstellung)	20
Abb. 12: Geschäftsfelder von Max Bögl (Quelle: eigene Darstellung)	22
Abb. 13: Modultypen Max Bögl (Quelle: Firmengruppe Max Bögl)	23
Abb. 14: Beispielhafte Modultypen des maxmodul-Systems (Quelle: Firmengruppe Max Bögl).....	23
Abb. 16: Produktionsschritte in der Vorfertigung: Herstellung der Fertigteile, Montage, Innenausbau (Quelle: Max Bögl Modul AG).....	25
Abb. 17: Wohnhaus „Am Schwarzen Steg“ (Quelle: https://www.maxmodul.de/maxmodul/referenzen/bayreuth).....	26
Abb. 18: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Max Bögl Modul AG (Quelle: eigene Darstellung)	27
Abb. 19: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Max Bögl Modul AG (eigene Darstellung)	28
Abb. 20: Automatisierung der der Herstellung, Max Bögl Modul AG (eigene Darstellung)	28
Abb. 21: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Max Bögl Modul AG (eigene Darstellung).....	29
Abb. 22: Geschäftsfelder von Züblin Timber (Quelle: eigene Darstellung).....	31
Abb. 23: Abbundanlage in Aichach (Quelle: Jauk, Günther, Der flinke Riese - Abbund-Megaprojekt in Aichach'; Zeitschrift Holzkurier; Wien, 21.04.2016.)	33
Abb. 24: https://www.zueblin-timber.com/referenzen/mehrgeschossiges-bauen/skaio-stadtsiedlung-heilbronn.html , Foto: Thomas L. Fischer	34
Abb. 25: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Züblin Timber GmbH (Quelle: eigene Darstellung)	35
Abb. 26: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Züblin Timber GmbH (eigene Darstellung).....	36
Abb. 27: Automatisierung der der Herstellung, Züblin Timber GmbH (eigene Darstellung).....	36
Abb. 28: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Züblin Timber GmbH (eigene Darstellung)	37
Abb. 30: Wandaufbau des Bausystems von Sisco Oyj (Foto: eigene Aufnahme).....	41
Abb. 31: Produktionsschritte Rohbau, Innenausbau und Fassade; Einbau-Möblierung; Fugenausbildung vor Ort (Fotos: eigene Aufnahmen).....	41
Abb. 32: Wohnsiedlung Vantaa (Quelle: Sisco Oyj)	42
Abb. 33: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Sisco Oyj (Quelle: eigene Darstellung)	43
Abb. 34: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Sisco Oyj (eigene Darstellung)	43
Abb. 35: Automatisierung der der Herstellung, Sisco Oyj (eigene Darstellung)	44
Abb. 36: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Sisco Oyj (eigene Darstellung)	45
Abb. 37: Modulmaße purelin-Serie, Quelle: purelin GmbH	48
Abb. 38: Produktionsschritte Verlegen des Estrichs; Modulmontage; Fassadenmontage; integrierter Einbau der technischen Gebäudeausstattung; Lagerung der Fertigen Module (Fotos: eigene Aufnahmen).....	49
Abb. 39: Wettbewerbsvisualisierung (Quelle: LIMA* Architekten)	50
Abb. 40: Darstellung der Produktionskette des Unternehmens Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (Quelle: eigene Darstellung)	51
Abb. 41: Vorfertigungsgrad der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung)	51
Abb. 42: Automatisierung der der Herstellung, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung)	52
Abb. 43: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung).....	53
Abb. 44: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung).....	55
Abb. 45: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung).....	55
Abb. 46: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung).....	56
Abb. 47: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung).....	56
Abb. 48: Standardisierung in der Produktion der Subsysteme, Kaufmann Bausysteme/purelin GmbH (eigene Darstellung).....	57

10 Anhang

Anhang A: Experten-Workshop

PREFAB HOUSING WORKSHOP AM 24. UND 25. JUNI 2019

PREFAB HOUSING

**Effizienzsteigerung und Kostensenkung
im Wohnungsbau**

Workshop

am 24. und 25. Juni 2019
im Egon-Eiermann-Bau, Apolda

 **technische universität
dortmund**

 **DGJ
Architektur**

IBA Thüringen

Der akute Bedarf an bezahlbarem Wohnraum ist ein Schlüsselthema und kann nicht nur wegen der Grundstücksfrage, sondern auch aufgrund der Produktionsgrenzen der Baubranche nicht mehr adäquat gedeckt werden. Es erfordert ein Umdenken im Wohnungsbau, um schnelle, kostengünstige und gleichzeitig qualitativ hochwertige Lösungen anzubieten. Ein vielversprechender Ansatz liegt nun erneut in der seriellen Herstellung von Bausystemen und Raummodulen. Lange Zeit mit Vorbehalten aus Zeiten des Massenwohnungsbaus behaftet, eröffnen sich heute durch digitale Planungs- und Produktionsprozesse neue Möglichkeiten für eine anspruchsvolle und individuelle Vorfertigung.

Im Rahmen der Zukunft Bau - Studie »Prefab Housing« wurden aktuelle Entwicklungen auf dem Gebiet der Vorfertigung im Wohnungsbau untersucht. Dazu wurden die Konstruktionsmethoden verschiedener Hersteller aus dem Stahl-, Holz-, und Betonbau analysiert.

Durch den Workshop sollen die bisherigen Ergebnisse der Forschung, aber auch Perspektiven und Entwicklungspotentiale des seriellen und vorgefertigten Wohnungsbaus von Vertretern aus Produktion, Planung und Wohnungswirtschaft dargestellt und reflektiert werden, sowie eine Diskussionsplattform geschaffen werden.

Medienpartner:

DETAIL

gefördert durch:

 **FORSCHUNGSINITIATIVE
ZukunftBAU**

 **technische universität
dortmund**

Veranstaltungsort

IBA Thüringen
Egon-Eiermann-Bau
Auenstraße 11
99510 Apolda

Anmeldung unter:

info@baukultur-thueringen.de

Die Veranstaltung ist für Sie kostenfrei.

PREFAB HOUSING PROGRAMM

TEIL 1 (öffentliche Veranstaltung)

Vorträge und Diskussion

Montag, 24.6.2019, 18:00 – 21:00

Begrüßung

Prof. i.R. Dr. Gerd Zimmermann, Präsident Stiftung Baukultur Thüringen
Dr. Marta Doehler-Behzadi, Geschäftsführerin IBA Thüringen

Einführung

Prof. Jutta Albus TU Dortmund/REB, Hans Drexler – DGJ Architektur

Hintergrund

Aktuelle Herausforderungen des Wohnungsbaus in Thüringen

Herr Wolfrum, Geschäftsführer jenawohnen GmbH

Impulsvortrag

Architektur und Vorfertigung

Prof. Christian Schlüter, ACMS Architekten GmbH

Perspektive Hersteller

ALHO Systembau GmbH

Dipl.-Ing. Johannes Huhn, Entwicklung Lean-Fertigung
Dipl.-Ing. Arch. Michael Lauer, Geschosswohnungsbau

Perspektive Hersteller

ZÜBLIN Timber GmbH

Dipl.-Ing. Thees Hargus, Schlüsselfertigbau

Perspektive Hersteller

Renggli AG / Renggli Deutschland GmbH

Dipl.-Ing. Arch. Helge Kunz, Geschäftsführer Renggli Deutschland

ggf. weitere Referenten

Abschließende Diskussion

TEIL 2 (nicht öffentliche Veranstaltung)

Moderierter Workshop - Worldcafé

25.6.2019 Dienstag 8:00 – 13:00

Diskussion zu spezifischen Themen unter den ExpertInnen
im Worldcafé-Format.

Anhang B: Fragebogen „best-practice“-Referenzprojekt

Prefab Housing - Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

Unternehmen:

Best-practice Beispielprojekt

Ort/Adresse

Allgemeine Informationen

Architektur/Planung:

Bauherr:

Baujahr:

BGF:

Wohnfläche:

Geschosszahl:

Rastermaß:

Anzahl der Einheiten:

Konstruktionsart:

PLANUNGSUMFANG

Welche Leistungen hat Ihr Unternehmen für das Projekt übernommen?

Leistungsphasen nach HOAI

Dauer

Personalaufwand

LP 1-4

☐

LP 5

☐

LP 8

☐

Werkstattplanung

☐

Fachplanungsleistungen

Tragwerksplanung

☐

TGA

☐

Brandschutz

☐

ZEITAUFWAND

Projektdauer

davon:

Planung

Vorfertigung

Bauzeit vor Ort

Prefab Housing - Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

VORFERTIGUNGSGRAD

Wie hoch ist der Anteil der Vorfertigung innerhalb der betrachteten Subsysteme?

Tragwerk und Rohbau

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Keine Vorfertigung (Herstellung nur vor Ort)			Vollständige Vorfertigung (keine Herstellung vor Ort)	

Anmerkungen/Erläuterung:

Technische Gebäudeausstattung

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Keine Vorfertigung (Herstellung nur vor Ort)			Vollständige Vorfertigung (keine Herstellung vor Ort)	

Anmerkungen/Erläuterung:

Innenausbau

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Keine Vorfertigung (Herstellung nur vor Ort)			Vollständige Vorfertigung (keine Herstellung vor Ort)	

Anmerkungen/Erläuterung:

Fassade und Dachkonstruktion

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Keine Vorfertigung (Herstellung nur vor Ort)			Vollständige Vorfertigung (keine Herstellung vor Ort)	

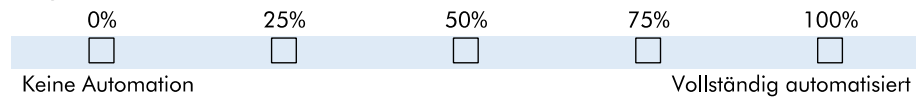
Anmerkungen/Erläuterung:

Prefab Housing - Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

AUTOMATISIERUNG

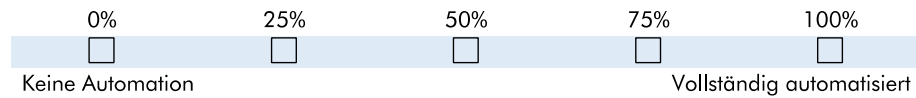
Zu welchem Grad sind die Produktionsprozesse der einzelnen Subsysteme automatisiert?

Tragwerk und Rohbau



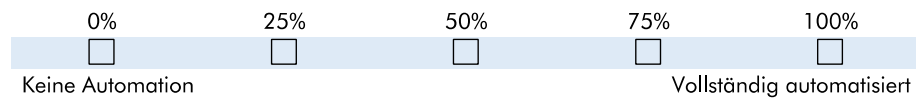
Anmerkungen/Erläuterung:

Technische Gebäudeausstattung



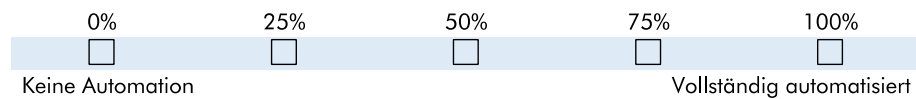
Anmerkungen/Erläuterung:

Innenausbau



Anmerkungen/Erläuterung:

Fassade und Dachkonstruktion



Anmerkungen/Erläuterung:

Prefab Housing - Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

STANDARDISIERUNG

Zu welchem Grad sind die Produktionsprozesse der einzelnen Subsysteme standardisiert?

Tragwerk und Rohbau

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Individuelle Anfertigungen			Vollständig standardisiert	

Anmerkungen/Erläuterung:

Technische Gebäudeausstattung

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Individuelle Anfertigungen			Vollständig standardisiert	

Anmerkungen/Erläuterung:

Innenausbau

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Individuelle Anfertigungen			Vollständig standardisiert	

Anmerkungen/Erläuterung:

Fassade und Dachkonstruktion

0%	25%	50%	75%	100%
☐	☐	☐	☐	☐
Individuelle Anfertigungen			Vollständig standardisiert	

Anmerkungen/Erläuterung:

Prefab Housing - Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

INTEGRATION

Beschreiben Sie kurz den Planungs- und Produktionsprozess anhand der folgenden Schritte. Inwiefern sind die einzelnen Schritte in den Leistungen ihres Unternehmens integriert? Wo arbeiten Sie mit Externen zusammen?

**Entwurf und
Ausführungsplanung**

**Werkstatt-/
Montageplanung,
Arbeitsvorbereitung**

**Materialherstellung/
Bearbeitung**

**Technikgewerke
(Vorfertigung und vor
Ort)**

**Ausbaugewerke
(Vorfertigung und vor
Ort)**

Transport

Montage (vor Ort)

Prefab Housing - Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

KOSTEN DES REFERENZPROJEKTS

Gesamtkosten

Kostengruppe 300
Kostengruppe 400
Kostengruppe 700

Tragen Sie in der folgenden Auflistung überschlägig prozentuale Kostenanteile der konstruktiven Subsysteme am Gesamtvolumen des Projekts ein, um einen Quervergleich zwischen unterschiedlichen Systemen und konstruktiven Ansätzen sowie zu herkömmlichen Bauweisen zu ermöglichen. Falls möglich können Sie diese noch nach den unterschiedlichen Kategorien Material, Produktion und Montage (vor Ort) untergliedern.

Tragwerk und Rohbau

davon:
Material
Produktion
Montage (vor Ort)

Technische Gebäudeausstattung

davon:
Material
Produktion
Montage (vor Ort)

Innenausbau

davon:
Material
Produktion
Montage (vor Ort)

Fassade und Dachkonstruktion

davon:
Material
Produktion
Montage (vor Ort)

Prefab Housing - Untersuchung von Produktionsprozessen im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum

KOSTEN UND EFFIZIENZ DER PRODUKTION

Anzahl der Mitarbeiter in der Produktion:

Davon Intern/Extern:

Produktionsvolumen in qm/Jahr:

Schätzung des gesamten Investitionsvolumens der
Produktion (Gebäude/Hallen, Anlagen, Fahrzeuge, etc.)

AUSBLICK

Welche Ziele verfolgt Ihr Unternehmen in den Bereichen der Vorfertigung und Automatisierung? Welche Entwicklungen sind in den nächsten 10 Jahren absehbar?

Angenommen, Ihr Unternehmen würde in den nächsten 5 Jahren 100,000,000 € investieren - was würden Sie tun?