

# Veränderungen des Bauproduktionsprozesses bei einem Einsatz von Raummodulen

J. Schütte

DOI: <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201805141215-0>

Julian Schütte, M. Sc.  
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb  
Technische Universität Braunschweig  
[julian.schuette@tu-braunschweig.de](mailto:julian.schuette@tu-braunschweig.de)

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>324</b>
<b>2</b>	<b>Charakteristiken vorgefertigter Raummodule in der Bauproduktion.....</b>	<b>325</b>
	2.1 Definitionen und Zusammenhänge .....	325
	2.2 Materialtechnische und konstruktive Ausführungsvarianten von Raummodulen ...	327
<b>3</b>	<b>Änderungen in der Bauproduktion bei einem Einsatz von Raummodulen.....</b>	<b>328</b>
	3.1 Besonderheiten der „konventionellen“ Bauproduktion .....	328
	3.2 Auswirkungen der Raummodulbauweise auf die Bauproduktion .....	331
	3.3 Erforderliche Anpassungen der Bauprojektentwicklung .....	335
	3.4 Abgeleitete Einsatzbereiche von Raummodulen .....	336
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>338</b>

## 1 Einleitung

Eine Vielzahl von Aspekten spricht für eine Implementierung von Veränderungen in der Bauproduktion. Der Anteil wertschöpfender Tätigkeiten an den Prozessen auf der Baustelle liegt etwa bei einem Drittel<sup>1</sup>. Ein Blick auf die Entwicklung der Arbeitsproduktivität im Bauwesen zeigt zudem, dass der seit 1991 im produzierenden Gewerbe um etwa 180 % gestiegenen Arbeitsproduktivität eine nahezu stagnierende Arbeitsproduktivität im Bauwesen gegenüber steht (vgl. Abbildung 1). Eine Motivation für Veränderungen in der Bauproduktion stellen zudem zahlreiche Terminverzögerungen und Baukostensteigerungen von Bauprojekten dar. Die drei größten Ursachen von Baukostensteigerungen sind nach *Berner (2016)* auf Grundlage einer Untersuchung von 180 öffentlichen Bauvorhaben

- die Trennung zwischen der Planungs- und Ausführungsverantwortung,
- Defizite in der Planungsphase und
- Defizite in der Bauausführung<sup>2</sup>.

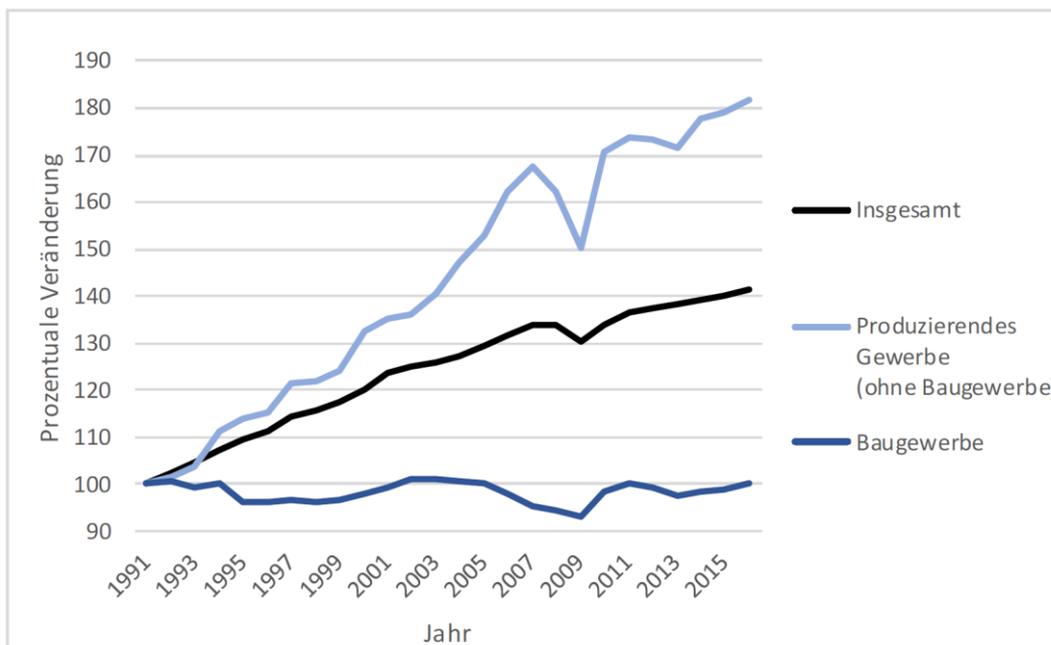


Abbildung 1: Prozentuale Veränderung der Arbeitsproduktivität je geleisteter Erwerbsstunde im produzierenden Gewerbe (ohne Baugewerbe) und im Baugewerbe seit 1991<sup>3</sup>

Im Zusammenhang mit den Diskussionen über eine ineffiziente Wertschöpfung in der Bauproduktion und die Schwächen konventioneller Bauprojektentwicklungsmodelle werden eine Standardisierung sowie eine Vorfertigung von Bauprodukten und eine Organisation der Planungs- und Produktionsprozesse im Bauwesen nach industriellem Vorbild als zielführend angesehen<sup>4</sup>. Zur Errichtung von Hochbauprojekten kann an dieser Stelle die Raummodulbauweise, das heißt das Bauen mit industriell vorgefertigten, dreidimensionalen und raumbildenden Bauteilen unterschiedlicher Größe, die auf der Baustelle zu einem Bauwerk montiert

<sup>1</sup> Vgl. Boenert/Blömeke (2003), S. 277f.

<sup>2</sup> Vgl. Berner (2016), S.14ff.

<sup>3</sup> Klemt (2017), S. 9

<sup>4</sup> Vgl. Kirsch (2008), S. 1

werden, eine Alternative darstellen<sup>5</sup>. Der Einsatz von Raummodulen bringt wesentliche Veränderungen für den Prozess der Projektabwicklung mit.

Der vorliegende Beitrag soll die Veränderungen, die sich durch einen Einsatz der Raummodule für die Abwicklung von Bauprojekten ergeben, aufzeigen. Zu diesem Zweck werden zunächst in Kapitel 2 Definitionen und Erläuterungen zur Raummodulbauweise gegeben. In Kapitel 3 werden die Merkmale der konventionellen Bauproduktion dargestellt und anschließend die sich durch einen Einsatz von Raummodulen ergebenden wesentlichen Veränderungen vorgestellt. Darauf aufbauend werden erforderliche Anpassungen in der Bauprojektabwicklung skizziert und potentielle Einsatzbereiche der Raummodulbauweise im Bauwesen abgeleitet. Abschließend werden die wesentlichen Erkenntnisse resümiert. Das Schema der Vorgehensweise ist in Abbildung 2 dargestellt.

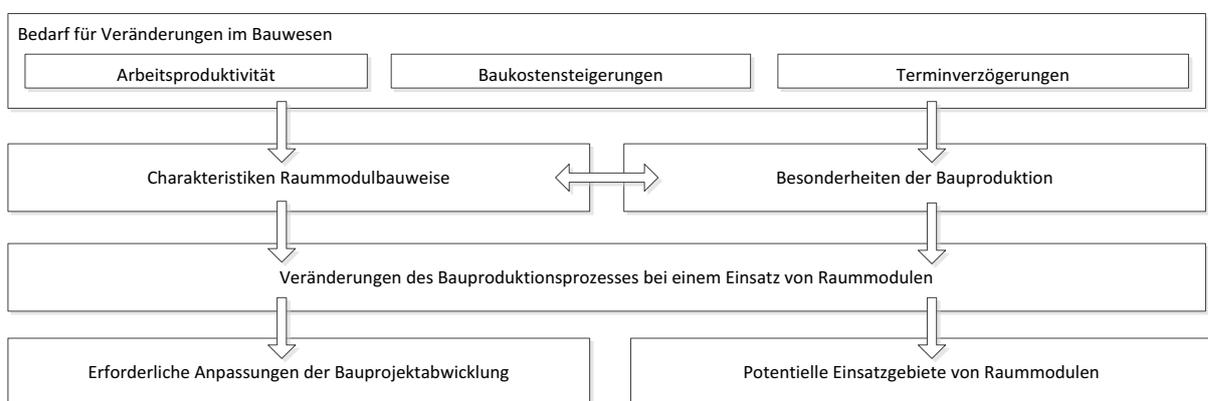


Abbildung 2: Vorgehen zur Herausarbeitung der Veränderungen des Bauproduktionsprozesses bei einem Einsatz von Raummodulen

## 2 Charakteristiken vorgefertigter Raummodule in der Bauproduktion

Im Folgenden sollen die wesentlichen Grundlagen zur Raummodulbauweise beschrieben werden. Zunächst wird die Bauweise dazu in einen theoretischen Kontext mit dem modularen, seriellen und industriellen Bauen gesetzt und es wird eine Definition zur Raummodulbauweise gegeben. Ferner werden die wichtigsten Eigenheiten der Bauweise skizziert. Anschließend wird auf die gängigsten materialtechnischen Ausführungsvarianten von Raummodulen in Holz, Stahl und Beton eingegangen.

### 2.1 Definitionen und Zusammenhänge

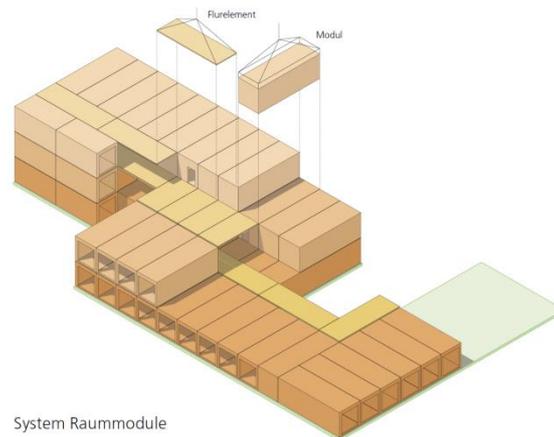
Die Raummodulbauweise vereint Charakteristiken des industriellen, seriellen und modularen Bauens. Das industrielle Bauen beschreibt die zentralisierte Herstellung von Bauprodukten, die Übertragung industrieller Arbeitsweisen auf die Bauproduktion und die Rationalisierung von Arbeitsabläufen<sup>6</sup>. Unter dem seriellen Bauen wird die Typisierung beziehungsweise Standardisierung von Bauwerken oder Bauwerksabschnitten sowie von in Serie hergestellten

<sup>5</sup> Vgl. Staib/Dörrhöfer/Rosenthal (2013), S. 160

<sup>6</sup> Vgl. Girmscheid/Hofmann (2000), S. 586f.; Moro et al. (2018), S. 42

oder auch industriell gefertigten beziehungsweise vorgefertigten Bauteilen verstanden<sup>7</sup>. Modulares Bauen ist das raumschaffende Zusammenfügen von seriell gefertigten Modulen zu einem Bauwerk.<sup>8</sup> Die verwendeten Bauteile können dabei in verschiedenen Bauvorhaben eingesetzt werden.

Raummodule sind dreidimensionale, seriell vorgefertigte Einheiten, die durch Stapelung und Aneinanderreihung zu einem Gebäude zusammengefügt werden (siehe Abbildung 3).<sup>9</sup> Im Sinne einer Modularisierung sind die Bauwerke in standardisierte Baugruppen unterteilbar.



**Abbildung 3: Aneinanderreihen und Stapeln der Raummodule zu einem Gebäude, ggf. mit Ortbetonkernen oder Fertigteilelementen<sup>10</sup>**

Die Produktion der Raummodule erfolgt in der Regel im Zuge einer Vorfertigung in einem Werk.<sup>11</sup> Analog zur Produktion in der Automobilindustrie werden verschiedene Fertigungsstationen durchlaufen.<sup>12</sup> Die vorgefertigten Raummodule werden anschließend zur Baustelle transportiert. Auf der Baustelle erfolgt die Montage der Raummodule zu einem Bauwerk.<sup>13</sup> Die Raummodule können vierseitig bis sechsstufig geschlossen sein und die Verbindung der Module erfolgt durch Schweißen oder mittels Bolzen-, Schraub- oder Steckverbindungen.

Die jeweiligen Konstruktionsprinzipien der Raummodule bestimmen die Kombinationsmöglichkeiten der Module und die sich daraus ergebende Variantenvielfalt.<sup>14</sup> Zwar ermöglicht eine höhere Flexibilität der Module in der Planungsphase Vorteile hinsichtlich einer individuelleren Gestaltung, zum Beispiel bei der Grundrisseinteilung. Jedoch reduzieren größere Freiheiten in der Planungsphase den Grad der Standardisierung, insbesondere im Hinblick auf die stationären Arbeitsprozesse. Folglich wird bei einer größeren Individualisierung ein erhöhter Aufwand in der Planung und Produktion erforderlich. Vor dem Hintergrund dieses Spannungsfeldes aus Flexibilität und Aufwand unterscheiden sich die Vorfertigungs- und

<sup>7</sup> Vgl. Benze/Gill/Hebert (2013), S. 8; Heck/Koppelhuber (2015), S. 22

<sup>8</sup> Vgl. Heck/Koppelhuber (2015); Bärthel (2002), S. 30

<sup>9</sup> Vgl. Knaack/Chung-Klatte/Hasselbach (2012) S. 48; Hintersteiner (2015), S. 55

<sup>10</sup> Holzbau Deutschland (2017), S. 23

<sup>11</sup> Vgl. Staib/Dörrhöfer/Rosenthal (2013), S. 160

<sup>12</sup> Vgl. Hintersteiner (2015), S. 56

<sup>13</sup> Vgl. Staib/Dörrhöfer/Rosenthal (2013), S. 160f.

<sup>14</sup> Vgl. Hintersteiner (2015), S. 55

Standardisierungsgrade der Raummodule. Die Vorfertigungsgrade und der damit häufig verbundene, vermehrte Einsatz von Standardisierungen im Werk sind einerseits abhängig von den angebotenen Möglichkeiten der Anbieter von Raummodulen und andererseits von den Vorstellungen sowie Anforderungen der Auftraggeber. Folglich können von sogenannten Rohbau-Raummodulen über „erweiterte Rohbau-Raummodule“ bis hin zu Fertig-Raummodulen verschiedene Vorfertigungsgrade in den Werken realisiert werden. Bei Fertig-Raummodulen können sogar die (Innen-)Ausbauleistungen, die Technische Gebäudeausrüstung und die Fassadenarbeiten bereits im Werk erbracht werden – ggf. einschließlich komplett vorgefertigter Sanitärzellen<sup>15</sup>.

Als wesentliche Einflussfaktoren auf den Entwurf bei einem Einsatz von Raummodulen sind ferner Beschränkungen durch den Transport der Module und die bautechnischen Eigenschaften des verwendeten Materials zu nennen<sup>16</sup>. Die Abmessungen der Module sind auf den Transport anzupassen.<sup>17</sup> Außerdem bestimmt das Material die realisierbaren Spannweiten in Wechselwirkung mit der Wirtschaftlichkeit<sup>18</sup>.

## **2.2 Materialtechnische und konstruktive Ausführungsvarianten von Raummodulen**

Im Folgenden werden die gängigsten materialtechnischen Ausführungsvarianten von Raummodulen kategorisiert nach Holz, Beton und Stahl, vorgestellt. Unterschiede bestehen jedoch nicht nur zwischen den einzelnen materialtechnischen Ausführungsvarianten, sondern auch innerhalb der Materialsparten infolge unterschiedlicher konstruktiver Ausführungsvarianten.

Der Einsatz von Raummodulen aus *Stahl* kann nach *Staub/Dörrhöfer/Rosenthal (2013)* sowohl zur Errichtung von dauerhaften Bauwerken als auch von temporären Bauwerken erfolgen.<sup>19</sup> Je nach konstruktiver Ausführung können die Raummodule bis zu sechs Geschosse übereinander gestapelt werden. Die realisierbaren Abmessungen werden durch die Bauaufgabe, die Transportmöglichkeiten und das Bausystem bestimmt. Charakteristisch ist eine Tragwerkskonstruktion aus einem geschweißten oder geschraubten Stahlrahmen, der sich aus stabförmigen Stahlprofilen respektive Stahlhohlprofilen zusammensetzt. Die mit nicht brennbarem Dämmstoff ausgefachten Felder zwischen den Rahmenprofilen können beispielsweise mit Sandwichelementen aus Stahlblech und Hartschaumdämmung als Außenverkleidung und Gipskartonplatten als Innenverkleidung beplankt werden. Übliche Bodenaufbauten der Raummodule aus Stahl bestehen aus Profilblech, Wärmedämmung und einem Bodenbelag aus Trocken- oder Nassestrich.

Analog zu den Raummodulen aus Stahl können auch Raummodule aus *Holz* sowohl für eine dauerhafte als auch für eine temporäre Nutzung eingesetzt werden.<sup>20</sup> Als konstruktive Ausführungsvarianten kommen die Holzrahmenbauweise oder die Holzmassivbauweise infrage.

---

<sup>15</sup> Vgl. Hintersteininger (2015), S. 56

<sup>16</sup> Vgl. Hintersteininger (2015), S. 199

<sup>17</sup> Vgl. Knaack/Chung-Klatte/Hasselbach (2012), S. 48

<sup>18</sup> Vgl. Hintersteininger (2015), S. 199

<sup>19</sup> Vgl. Staub/Dörrhöfer/Rosenthal (2012), S. 160f.

<sup>20</sup> Vgl. Staub/Dörrhöfer/Rosenthal (2013), S. 162f.

Bei der Holzrahmenbauweise bildet eine Skelettkonstruktion aus Brettschichtholzelementen das räumliche Tragwerk. Die Aussteifung kann entweder durch eine doppelseitige Beplankung mit Holzwerkstoffplatten beziehungsweise Gipskartonplatten oder durch den Einsatz biegesteifer Ecken erfolgen. Bei Raummodulen in Holzmassivbauweise bestehen die Wand-, Decken- und Bodenelemente aus Holztafeln. Als Teil des Bodenaufbaus ist die Aufbringung eines Trocken- oder Nassestrichs oder von Holzwerkstoffplatten denkbar. Um Gebäude mit mehr als drei Geschossen mit Raummodulen aus Holz zu realisieren, ist der Einbau von nichttragenden Raummodulen aus Holz in ein tragendes Stahl- oder Stahlbetonskelett möglich.

Raummodule aus *Beton* können in Normal- oder Leichtbeton ausgeführt werden.<sup>21</sup> Je nach Hersteller können alle Elemente eine tragende Funktion besitzen oder es besitzen nur bestimmte Seitenwände eine tragende Funktion. Die Bemessung und Bewehrung der Wand-, Decken- und Bodenelemente erfolgt nach statischen Anforderungen. Die Produktion erfolgt in speziellen Stahlschalungen, durch die zum Teil eine fugenlose Herstellung möglich ist. Durch den Einsatz der Stahlschalung entsteht eine glatte Oberfläche mit Sichtbetonqualität. Das Gewicht der Raummodule aus Beton ist höher als das der Stahl- und Holzmodule.

### 3 Änderungen in der Bauproduktion bei einem Einsatz von Raummodulen

In Anlehnung an *Uhl (2011)* kann eine Produktion durch die folgenden Merkmale charakterisiert sein, in welche die anschließenden Erläuterungen gegliedert sind:

- Standardisierungsgrad/Fertigungsart
- Auftragsauslösungsart
- Automatisierungsgrad
- Ortsgebundenheit der Produktion
- Dauer der Fertigung
- Projektabwicklung
- Leistungsänderungsrecht<sup>22</sup>.

Im folgenden Unterkapitel werden die wesentlichen, kennzeichnenden Merkmalausprägungen der Bauproduktion benannt und kurz erläutert. Im Anschluss werden die Auswirkungen der Raummodulbauweise auf die Merkmale skizziert.

#### 3.1 Besonderheiten der „konventionellen“ Bauproduktion

Die konventionelle Bauproduktion im Sinne der klassischen Baustellenproduktion ist durch Besonderheiten charakterisiert, welche wesentliche Unterschiede zur stationären Fertigung darstellen. Infolge dieser Besonderheiten ist eine Übertragung von Konzepten der stationären Fertigung ins Bauwesen nicht unmittelbar möglich<sup>23</sup>. Im Folgenden werden einige Be-

---

<sup>21</sup> Vgl. Staib/Dörrhöfer/Rosenthal (2013), S. 163f.

<sup>22</sup> Vgl. Uhl (2011), S. 208f.

<sup>23</sup> Vgl. Uhl (2011), S. 209

sonderheiten der Bauproduktion anhand der oben geschilderten Merkmale beschrieben, die für einen Vergleich mit der Raummodulbauweise von besonderem Interesse sind.

#### Standardisierungsgrad/Fertigungsart

In der Bauproduktion handelt es sich in der Regel um eine *Einzelfertigung*.<sup>24</sup> Aus den individuellen Vorgaben durch den Auftraggeber resultiert ein hohes Maß an Individualität, das in der industriellen Massen-, Serien- oder Sortenfertigung nicht vorhanden ist.<sup>25</sup> Bauobjekte werden in der Regel erst nach der Beauftragung konstruiert und geplant. Komplexe Unikate entstehen durch *kundenindividuelle* gestalterisch-konstruktive Entwürfe, die gegebenen Standortfaktoren und verschiedene Baustoffkombinationen.<sup>26</sup>

#### Auftragsauslösungsart

Bei der konventionellen Bauproduktion handelt es sich um eine Auftragsfertigung<sup>27</sup>. Nach dem Verständnis der *Auftragsfertigung* beginnt der Unternehmer mit der Produktion, sobald ihm ein Auftrag erteilt worden ist („engineering-to-order“)<sup>28</sup>. Die Bauleistungen für die zu erstellenden Bauwerke werden in Form einer Leistungsbeschreibung angefragt und durch Bauunternehmen angeboten.<sup>29</sup> Eine Produktion auf Vorrat erfolgt folglich nicht. Die Gestaltungsfreiheiten des Bauunternehmens hängen von der Art und Tiefe der Leistungsbeschreibung ab.

#### Ortsgebundenheit der Produktion

Ein weiteres Merkmal der konventionellen Bauproduktion ist die *Standortgebundenheit* der Produktion.<sup>30</sup> Die Immobilität der Bauwerke erfordert deren Herstellung vor Ort. In der Konsequenz wechselt der Produktionsstandort der Bauunternehmen projektbezogen. Mit der zusätzlichen Charakteristik der *Baustellenfertigung*, welche mit der Standortgebundenheit der Produktion einhergeht, wird eine projektspezifische Auslegung der Baustelleneinrichtung und Konzeptionierung der Logistik unter Berücksichtigung der jeweiligen Anforderungen und Randbedingungen erforderlich.<sup>31</sup> Topografische, technische, logistische und wirtschaftliche Gegebenheiten müssen unter anderem sowohl bei der Baustelleneinrichtung und der Logistik als auch bei der Gründung des Bauwerks berücksichtigt werden. Es wird ein Transport von Arbeitskräften, Betriebsmitteln sowie Bau-, Vorhalte- und Reparaturstoffen zur Baustelle notwendig. Zudem müssen standortspezifische Produktionsverfahren gewählt werden.

Gleichermaßen geht mit der Standortgebundenheit die Fertigung unter Witterungseinflüssen einher<sup>32</sup>. *Witterungseinflüsse* können zu Störungen im Bauprozess führen und beeinflussen die Produktionsfaktoren Arbeitsleistung, Betriebsmittel und Baustoffe direkt oder indirekt.

---

<sup>24</sup> Vgl. Bauer (2013), S. 47

<sup>25</sup> Vgl. BWI-Bau (2013), S. 18

<sup>26</sup> Vgl. Uhl (2011), S.208; Bauer (2013), S. 48; BWI-Bau (2013), S. 17

<sup>27</sup> Vgl. BWI-Bau (2013), S. 18

<sup>28</sup> Vgl. Uhl (2011), S. 208

<sup>29</sup> Vgl. BWI-Bau (2013), S. 18

<sup>30</sup> Vgl. Uhl (2011), S.208

<sup>31</sup> Vgl. Bauer (2013), S. 48; BWI-Bau (2013), S. 17

<sup>32</sup> Vgl. Uhl (2011), S. 209

Zudem bewirkt die Witterungsabhängigkeit saisonale Auslastungsschwankungen bei den ausführenden Bauunternehmen.

Die Standortgebundenheit der Produktion führt zu einer Fertigung in „unfreundlicher“ Umgebung. Zum Schutz vor Diebstählen oder Vandalismus müssen die Baustellen zum Teil mit erheblichem Aufwand bewacht werden. Die Tätigkeiten auf einer Baustelle stellen zudem einen Störfaktor in der Umgebung dar. Störungen, zum Beispiel von Anliegern, bestehen in Transporten, Einnahmen von Verkehrsflächen (bei innerstädtischen Baustellen), Lärm- und Staubemissionen.

#### Automatisierungsgrad

Bei der konventionellen Bauproduktion handelt es sich um eine arbeitsintensive Fertigung, bei der trotz zunehmender Technisierung des Bauens in Form eines erhöhten Maschinen- und Geräteeinsatzes die menschliche Arbeitskraft mit handwerklichen Tätigkeiten eine zentrale Bedeutung inne hat.<sup>33</sup> Der Automatisierungsgrad und Vorfertigungsgrad der konventionellen Bauproduktion ist folglich gering. Der überwiegende Anteil an handwerklichen Tätigkeiten führt zu einer größeren Wahrscheinlichkeit von durch Menschen verursachten Fehlern<sup>34</sup>.

#### Dauer der Fertigung

Die konventionelle Bauproduktion stellt in der Regel einer *Langzeitfertigung* dar.<sup>35</sup> Die Fertigung großer und oftmals komplexer Bauprojekte vollzieht sich über mehrere Monate. Die Dynamik in der Produktion, das heißt die mit Fortschritt des Projektes unterschiedlichen, auszuführenden Tätigkeiten, bewirkt eine sich ständig wandelnde Struktur der Produktionsfaktoren und des Produktionspotentials der Baustelle. Die Wechselwirkungen aus einem Einsatz der technischen und personellen Betriebskapazität beziehungsweise von Nachunternehmern in verschiedenen Projekten, der Auftragsvergabe und der Art der Bauleistungen, der Konjunkturabhängigkeit und der Witterungseinflüsse erfordert ein komplexes Management hinsichtlich der Schwankungen von Beschäftigungen der Bauunternehmen.

Durch die lange Fertigungszeit bei mittleren und großen Bauprojekten können sich zudem veränderte Rahmenbedingungen im Hinblick auf Gesetze, Verordnungen oder Normen sowie konjunkturelle Entwicklungen ergeben<sup>36</sup>.

#### Projektabwicklung

Die konventionelle Projektabwicklung von Bauvorhaben ist durch eine strikte *Trennung von Planung und Ausführung* charakterisiert<sup>37</sup>. Nachteile dieser Vorgehensweise bestehen in einer großen Zahl an Schnittstellen und sowie erheblichen vertraglichen und rechtlichen Fragestellungen. Weiterhin liegen ein vertikaler und ein horizontaler Bruch der Wertschöpfungskette vor. Die strikte Trennung der auftraggeberseitigen Planung und der auftragneh-

---

<sup>33</sup> Vgl. BWI-Bau (2013), S.18; Schwerdtner (2007); S. 24, Bauer (2013), S. 208

<sup>34</sup> Vgl. Schwerdtner (2007), S. 24

<sup>35</sup> Vgl. Bauer (2013), S. 47f.

<sup>36</sup> Vgl. Schwerdtner (2007), S. 24

<sup>37</sup> Vgl. Schwerdtner (2007), S. 20

merseitigen Ausführung bedeutet einen vertikalen Bruch in der Bauwertschöpfungskette.<sup>38</sup> Ein horizontaler Bruch der Bauwertschöpfungskette besteht ferner in der mit der fragmentierten Baubranche verbundenen Arbeitsteilung in der Bauausführung. Die Einzelleistungsanbieter oder Nachunternehmer für die einzelnen Gewerke führen zu vielzähligen Schnittstellen, Unklarheiten über Verantwortungsbereiche sowie Informations- und Kommunikationsbrüchen.

#### Leistungsänderungsrecht

Im Bauwesen besitzt der Auftraggeber gemäß der Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil B (VOB/B), sowie nach neuem Bauvertragsrecht ein Leistungsänderungsrecht während der gesamten Bauausführung<sup>39</sup>.

### **3.2 Auswirkungen der Raummodulbauweise auf die Bauproduktion**

Mit der Raummodulbauweise gehen systemimmanente Besonderheiten einher, die sich auf die Produktionsprozesse von Bauprodukten auswirken. Im Folgenden werden die wesentlichen Veränderungen des Bauproduktionsprozesses, die sich bei einem Einsatz von Raummodulen ergeben, beschrieben. Die Struktur ist an die vorhergehende Beschreibung der Besonderheiten der Bauproduktion angelehnt.

#### Standardisierungsgrad/Fertigungsart

Mit dem Einsatz von Raummodulen wird eine Standardisierung und Modularisierung angestrebt, die in der Planung eine Typisierung von Grundrissen erfordert<sup>40</sup>. Je nach Hersteller müssen in diesem Prozess flexible oder festgelegte Raster beziehungsweise Abmessungen der Raummodule berücksichtigt werden<sup>41</sup>. Grundsätzlich können Raummodule nach individuellen, projektspezifischen Bedürfnissen konzipiert werden<sup>42</sup>. Die Kosten für die Werkplanung und Einrichtung der seriellen Produktion der Raummodule variieren je nach Komplexität des Projektes<sup>43</sup>. Gleichmaßen werden in *Hintersteininger (2015)* die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit in Abhängigkeit der Flexibilität und Variantenvielfalt der angebotenen Systeme beschrieben.<sup>44</sup> Mit einer Entscheidung für die Standardlösungen des Anbieters, beispielsweise im Hinblick auf die Abmessungen, erhöht sich die Wirtschaftlichkeit eines Vorhabens.

Der Grad der Standardisierung der einzelnen Module wird durch verschiedene Parameter (Vorfertigungsgrad, Typisierung der Modulabmessungen und Ausstattung,...) vorgegeben. Bei jedem Projekt sollte frühzeitig analysiert werden, ob und in welchem Maß die Höhe des Vorfertigungsgrades und des Standardisierungsgrades die Freiheiten der Gestaltung beeinträchtigen<sup>45</sup>.

---

<sup>38</sup> Vgl. Uhl (2011), S. 209; Höppner/Uhl (2011) S. 215

<sup>39</sup> Vgl. BWI-Bau (2013), S. 18f.

<sup>40</sup> Vgl. Lauer (2013), S. 54; Kaufmann/Isopp (2017), S. 1

<sup>41</sup> Vgl. Jussel/Isopp (2017), S. 1

<sup>42</sup> Vgl. Staib/Dörrhöfer/Rosenthal (2013), S. 160

<sup>43</sup> Vgl. Lauer (2016), S. 54; Derix/Isopp (2017), S. 1

<sup>44</sup> Vgl. Hintersteininger (2015), S. 55

<sup>45</sup> Vgl. Hintersteininger (2015), S. 199

### Auftragsauslösungsart

Bei der Raummodulbauweise handelt es sich übereinstimmend mit der konventionellen Bauweise um eine Auftragsfertigung<sup>46</sup>. Der potentielle Auftraggeber beauftragt den Anbieter der Raummodule beispielsweise auf der Grundlage einer Entwurfsplanung, die von dem Anbieter in eine modulbasierte Ausführungsplanung überführt wird.

Eine Produktion auf Vorrat erfolgt demnach analog zum konventionellen Bauen nicht.

### Ortsgebundenheit der Produktion

Die Raummodulbauweise ist mit einer industriellen Vorfertigung im Werk verbunden.<sup>47</sup> Beispielhaft können die Leistungen der Vorfertigung den kompletten Ausbau inklusive der Finish-Arbeiten von Wand-, Boden- und Deckenflächen einschließen. Installationen der Elektro-, Sanitär-, Heizungs- und Lüftungsinstallationen werden ebenfalls im Werk erbracht. Auf der Baustelle verbleiben mitunter neben den notwendigen Vorleistungen (z. B. Gründung) lediglich Arbeiten zur Montage der Module, das heißt die Stapelung und Aneinanderreihung, Verbindung der Module sowie Fassadenarbeiten oder Abdichtungsarbeiten<sup>48</sup>.

Durch die geschilderte Leistungserbringung im Rahmen der werkseitigen Vorfertigung werden etwaige Witterungseinflüsse während der Produktion, die bei der konventionellen Baustellenproduktion gegeben sind, weitgehend vermieden. Lediglich die Montagetätigkeiten sowie die Gründungs- und Dach- sowie Fassadenabdichtungsarbeiten sind im Herstellungsprozess des Bauwerks der Witterung ausgesetzt. Im Vergleich zu den Besonderheiten der konventionellen Bauproduktion kann folglich, bezogen auf die Herstellung der Module, ein stationärer Produktionsort festgestellt werden. Der Aufwand einer projektspezifischen Auslegung der Baustelleneinrichtung und Konzeptionierung der Logistik „on-site“ fällt folglich umso geringer aus, je größer der Vorfertigungsgrad ist. In der Regel fällt bei einem Einsatz von Raummodulen der Transport von Arbeitskräften, Betriebsmitteln sowie Bau-, Vorhalte- und Reparaturstoffen zur Baustelle geringer aus, da es sich bei den Raummodulen mindestens um fertigestellte Rohbaukonstruktionen handelt. Größere Reduzierungen der Transporte lassen sich durch einen Einsatz von Fertig-Raummodulen erreichen. Störungen der Anlieger durch Transporte, Lärm und Staub fallen zudem aufgrund der kürzeren Bauzeit auf der Baustelle geringer aus. Probleme bringen im Innenstadtbereich die Anlieferung der Module auf Tiefladern und die notwendige Bereitstellung von Stellflächen für das Hebezeug, in der Regel ein Mobilkran, mit sich.

### Automatisierungsgrad

Die industrielle Produktion von Raummodulen ist bis heute noch durch traditionelle und handwerkliche Arbeitsschritte geprägt<sup>49</sup>. Im Rahmen der Vorfertigung im Werk können die Raummodule jedoch in einer Art Fließbandproduktion und mittels getakteter Prozesse produziert werden.<sup>50</sup> Durch die effiziente Fließbandproduktion wird gemäß *Steffens (2016)* bei

---

<sup>46</sup> Vgl. Lauer (2013), S. 55f.

<sup>47</sup> Vgl. Lauer (2013), S. 56

<sup>48</sup> Vgl. Steffens (2016), S. 58

<sup>49</sup> Vgl. Hintersteiner (2015), S. 227

<sup>50</sup> Vgl. Knaack/Chung-Klatte/Hasselbach (2012), S. 96

einem Einsatz von Raummodulen im Vergleich zur konventionellen Bauweise eine geringere Anzahl an Facharbeitern benötigt.<sup>51</sup>

#### Dauer der Fertigung

Die Dauer der Fertigung wird in der Literatur bei einem Einsatz von Raummodulen im Vergleich zur konventionellen Bauproduktion als erheblich kürzer eingeschätzt.<sup>52</sup> Die Bauzeitverkürzungen im Vergleich zur konventionellen Bauweise werden grob auf Werte um bis zu 70 % angegeben. Ein wesentlicher Anteil der verkürzten Bauzeit resultiert aus dem parallelen Ablauf von den Gründungsarbeiten des Bauwerks auf der Baustelle und der Produktion der Raummodule im Werk. Kurze Bauzeiten sind folglich davon abhängig, ob und inwieweit die oben angesprochenen Vorgänge parallel durchgeführt werden können sowie von dem Umfang der Restleistungen auf der Baustelle nach der Montage der Module.

#### Projektentwicklung

Die Anbieter von Raummodulen werden in der Regel als Generalunternehmer beauftragt.<sup>53</sup> Des Weiteren wird neben der Ausführung der gesamten Gewerke zwangsläufig die Ausführungsplanung übernommen. Die Übernahme weiterer Planungsleistungen, insbesondere von (Fach-)Planungen früher Planungsphasen, die zum Teil in einer bedeutenden Abhängigkeit zu den jeweiligen Eigenheiten der Konstruktion stehen, ist abhängig vom Anbieter.

Zur Erbringung der Bauleistungen beschäftigen die Anbieter zwar sowohl im Werk als auch (für die erforderlichen Restleistungen) auf der Baustelle häufig Nachunternehmer. Eine einfachere Koordination und eine kooperative Arbeitsweise sind jedoch bei einem Einsatz von Raummodulen in der Regel durch die Beauftragung derselben Nachunternehmer für Folgeprojekte, auch auf der Baustelle, gegeben.

Unterschieden werden muss zwischen Planungsleistungen, die vor Produktionsbeginn abgeschlossen sein müssen, weil sie die in der Vorfertigung einbezogenen Leistungen definieren oder in wesentlicher Wechselwirkung zu den in der Vorfertigung zu erbringenden Leistungen stehen und Leistungen, die unabhängig von der Produktion als Restleistung auf der Baustelle erbracht werden. Für die Planungsleistungen, die vor Beginn der Produktion abgeschlossen sein müssen, wird infolge der Abhängigkeiten zum Bausystem und dem Bedarf nach gut definierten Schnittstellen für die getaktete Fertigung eine integrale Planung erforderlich<sup>54</sup>. In der Planungsphase müssen bereits alle Entscheidungen bezüglich der Lage von Versorgungs-, Elektro- und Sanitärinstallationen erfolgen. Die Produktion der Raummodule erfolgt nach dem Abschluss der Planungsphase.

Folglich liegen die nennenswerten Unterschiede zur konventionellen Bauweise in

- einer Generalunternehmerleistung,
- einer integralen Planung und
- der (frühzeitigen) Einbindung des ausführenden Unternehmens in die Planung.

---

<sup>51</sup> Vgl. Steffens (2016), S. 58

<sup>52</sup> Vgl. Lauer (2013), S. 56; Derix/Isopp (2017), S. 1

<sup>53</sup> Vgl. Lauer (2013), S. 55f.

<sup>54</sup> Vgl. Hintersteiner (2015), S. 199; Derix/Isopp (2017), S. 1

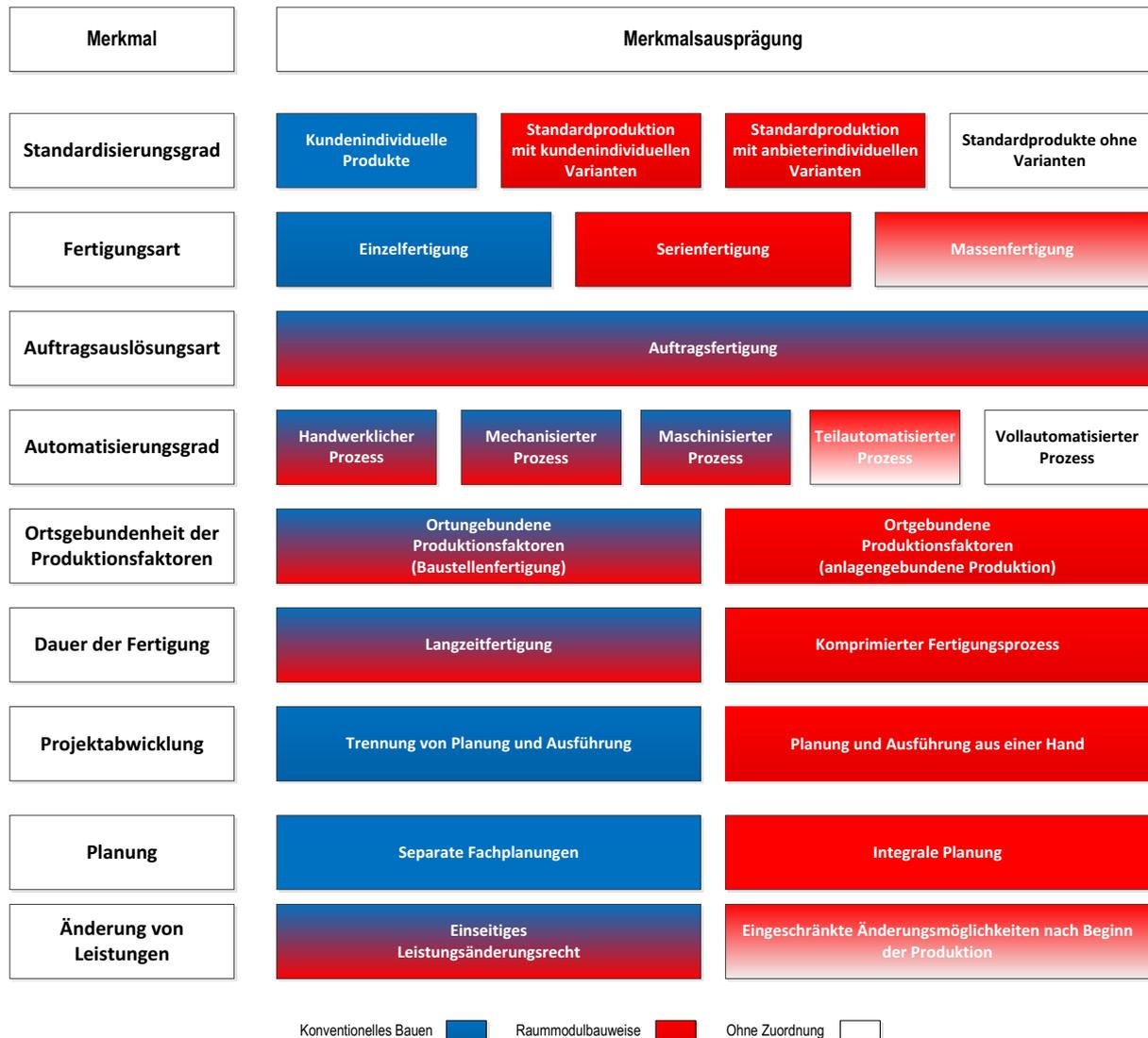
### Leistungsänderungsrecht

Eine Änderung der Planung nach Produktionsbeginn bedeutet bei der Raummodulbauweise „einen Mehraufwand in der Produktion“<sup>55</sup>, der durch die Taktung der Serienproduktion deutlich höher sein kann als vergleichbare Änderungen in konventionell hergestellten Bauwerken auf der Baustelle. Die Auswirkungen von nach Abschluss der Planung angeordneten Änderungen, die möglicherweise eine Unterbrechung der Produktion der Module bedeuten würden, können umfangreich ausfallen. Sofern sich die Produktionsdauer der Raummodule derart verzögert, dass sie sich mit dem Produktionsbeginn für ein anderes Projekt überschneidet, müssen von dem Auftraggeber unter Umständen freie Kapazitäten bei den Anbietern abgewartet werden. Die Auswirkungen von Änderungen sind aus diesem Grund sorgfältig in Gesprächen zwischen Auftraggebern und Anbietern zu erörtern. Dennoch sind insbesondere vor dem Hintergrund der weitestgehend handwerklich geprägten Tätigkeiten in der Produktion der Raummodule Planungsänderungen nach Beginn der Produktion vorstellbar. Berücksichtigt werden muss bei Änderungen insbesondere der Zeitraum zur Disponierung der Materialien. Verzögerungen wirken sich hier aufgrund des kürzeren Fertigungszeitraumes stärker als bei der konventionellen Bauweise aus.

Einen zusammenfassenden Überblick über das morphologische Merkmalschema der Bauproduktion bei einer konventionellen Bauprojektabwicklung und bei einem Einsatz von Raummodulen zeigt die Abbildung 4.

---

<sup>55</sup> Lauer (2013), S. 56



**Abbildung 4: Morphologisches Merkmalschema der Bauproduktion bei einer konventionellen Bauprojektentwicklung und bei einem Einsatz von Raummodulen (verändert aus UHL, 2011, S. 209)**

Die Abbildung 4 vergleicht die Merkmalsausprägungen der konventionellen Bauproduktion (*blau*) mit denen der Raummodulbauweise (*rot*) für ausgewählte Merkmale. Die weiß eingefärbten Merkmalsausprägungen stellen mögliche Varianten von Produktionen dar, die schwerpunktmäßig in keinem der beiden betrachteten Produktionsprozesse auftreten. Die Zuweisung erfolgte vereinfacht anhand der bestimmenden Charakteristiken der Bauweisen. Verhältnisse aus den Anteilen der Farbabstufungen sind nicht ableitbar.

### 3.3 Erforderliche Anpassungen der Bauprojektentwicklung

Die systembedingten Veränderungen in der Projektentwicklung bei einem Einsatz von Raummodulen resultieren insbesondere aus der für einen optimalen Projektlauf erforderlichen, frühzeitigen Einbindung des Anbieters der Raummodule. Die Konsequenzen sollen im

Folgenden in Anlehnung an *Giesa (2010)*, der unter anderem das industrielle Produktionssystem des Schiffbaus mit der Bauproduktion vergleicht, diskutiert werden.<sup>56</sup>

Analog zum Schiffbau ist bei einem Einsatz von Raummodulen eine Vorspezifikationsphase sinnvoll, in der zunächst die Realisierbarkeit des Vorhabens mit dem jeweiligen Modulsystem geprüft wird. Anschließend sollte eine Konkretisierung des Bauvorhabens in Form einer Abstimmung über die übergeordneten sowie projektspezifischen Ziele, Bedürfnisse und Anforderungen des potentiellen Auftraggebers erfolgen. Zudem sollten sich die Auftraggeber frühzeitig ein Verständnis für die jeweiligen Randbedingungen und Zwänge der Raummodule verschaffen. Zur Gewährleistung eines Wettbewerbs sollten in dieser Phase Verhandlungen mit verschiedenen Herstellern, gegebenenfalls mit einer zwischenzeitigen Auswahl zur Reduzierung der Bieterzahl und anschließenden Verfeinerung der Spezifikationen, erfolgen. Gleichermaßen zu der in *Giesa (2010)* festgehaltenen projekt- und kundenspezifischen Auseinandersetzung kann in dieser Phase eine Vertrauensbildung erfolgen.

Ein Umdenken hinsichtlich der Projektabwicklung hat zudem infolge der integralen Planung zu erfolgen. Die Zusammenarbeit der verschiedenen Fachplanungen vor der Fertigung in einem komprimierten Planungsprozess unter Berücksichtigung der Anforderungen und Randbedingungen des Raummodulsystems sowie eine effiziente Gestaltung des Produktionsprozesses sind elementar. Während die Übernahme bestimmter (Fach-) Planungen durch den Anbieter, insbesondere der Technischen Gebäudeausrüstung, mittels unternehmensinterner Kapazitäten die Regel ist, erfolgt häufig vor allem die gestalterische Planung durch externe Architekten. An dieser Stelle sind gemäß *Giesa (2010)* „*systempartnerschaftliche Projektstrukturen [...] zu implementieren*“<sup>57</sup> und „*die Kluft zwischen den planenden Architekten und den ausführenden Bauunternehmen*“<sup>58</sup> ist zu überwinden. Die frühzeitige Einbindung der ausführenden Bauunternehmen bzw. Anbieter der Raummodule (optimaler Weise bereits in der Vorplanung), erfordert folglich ein Umdenken aller Projektbeteiligten und einen Kulturwandel. Ein Paradigmenwechsel ist zudem bei den Auftraggebern erforderlich, die frühzeitig planerische Entscheidungen fällen müssen. Wie zuvor bereits herausgestellt, ist eine bau- beziehungsweise fertigungsbegleitende Planung nicht möglich. Auswirkungen ergeben sich daraus unter anderem für die Anordnung von Änderungen. Anordnungen von Änderungen nach dem eigentlichen Abschluss der Planung (vor Fertigungsbeginn) können erhebliche Auswirkungen auf die Termin- und Kostenziele des Projektes haben, weil sie die eng getakteten Fertigungsprozesse im Werk unterbrechen und bei einer Verzögerung mit den Fertigungsprozessen anderer Projekte kollidieren können.

### 3.4 Abgeleitete Einsatzbereiche von Raummodulen

Infolge der Vorfertigung im Werk ist der Einsatz von Raummodulen unter anderem dann vorteilhaft, wenn die Baustelle wenig Platz für die klassische Baustellenfertigung und die damit verbundenen Bauprozesse sowie die erforderliche Baustelleneinrichtung bietet<sup>59</sup>. Besonders geeignet ist die Raummodulbauweise für Projekte, die unter einer besonderen

---

<sup>56</sup> Vgl. *Giesa (2017)*, S. 246 ff.

<sup>57</sup> *Giesa (2010)*, S. 266

<sup>58</sup> *Giesa (2010)*, S. 266

<sup>59</sup> Vgl. *Steffens (2016)*, S. 58

Dringlichkeit stehen<sup>60</sup>. Vorteile ergeben sich zudem bei einem hohen Bedarf nach einer Standardisierung. Gemäß *Dutczak (2013)* und *Lauer (2016)* handelt es sich insbesondere um

- Gebäude mit hohen technischen Anforderungen,
- Bauwerke mit einer großen Anzahl gleichartiger Nutzungseinheiten und
- Gebäude mit besonderen Anforderungen an Sicherheit und Hygiene.<sup>61</sup>

Bestimmte Ausführungsvarianten von Raummodulen, insbesondere Raummodule aus Stahl, bieten eine große Flexibilität.<sup>62</sup> Die modulare Struktur gilt als besonders anpassungsfähig und kann Nutzungsänderungen verhältnismäßig einfach gerecht werden. Auch Gebäudeerweiterungen bis hin zu Umsetzungen kompletter Gebäude sind realisierbar. Auf Grund der auf der Baustelle lediglich anfallenden Montagearbeiten sowie der je nach Vorfertigungsgrad anfallenden Restleistungen sind die Baustellen im Vergleich zur klassischen Baustellenfertigung geprägt durch ein reduziertes Lärm- und Staubaufkommen, das sich zudem auf kurze Zeitspannen beschränkt. Folglich bietet die Raummodulbauweise auch in einem sensiblen Umfeld, zum Beispiel bei einem laufenden Klinikbetrieb, Vorteile. Dieselben Aspekte stellen auch Vorteile bei mehrgeschossigen Wohnungsbauten in Form einer städtischen Nachverdichtung dar.<sup>63</sup>

Voraussetzung für eine wirtschaftliche Anwendung der Raummodulbauweise im Geschosswohnungsbau sind typisierte Grundrisse. Zudem wird ein hoher Grad an Standardisierung erforderlich, um Serieneffekte über verschiedene Bauwerke nutzen zu können. Eine Eignung der Raummodulbauweise besteht daher für den einfachen Wohnungsbau, in dem sich stark gleichende Bauvorhaben keine Seltenheit sind<sup>64</sup>.

Ein erhöhter Aufwand in der Planungsphase und Nachteile hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ergeben sich hingegen bei einem Einsatz von Raummodulen bei Vorhaben im mehrgeschossigen Wohnungsbau, die durch individuelle Anforderungen des Bauherrn und der Nutzer, zum Beispiel im Eigentumswohnungsbau, geprägt sind.<sup>65</sup> Solche kundenindividuellen Anforderungen sind insbesondere dann problematisch, wenn sie mit den standardisierten Prozessen im Werk der Anbieter der Raummodule kollidieren. Infolgedessen konzentrierte sich die Raummodulbauweise zurzeit auf die Errichtung von Hotelbauten und Wohnheimen.

Die Einsatzgebiete, für die sich die Raummodule der unterschiedlichen Anbieter optimal eignen, sind vielfältig und können in Abhängigkeit der projektspezifischen Anforderungen variieren.<sup>66</sup> Die Entscheidung für ein Konzept, bei der unter anderem der Grad der Standardisierung abzuwägen ist, ist unter Berücksichtigung der projektspezifischen Anforderungen mit dem Ziel der Optimierung der Wirtschaftlichkeit zu treffen.

---

<sup>60</sup> Vgl. *Dutczak (2013)*, S. 50

<sup>61</sup> Vgl. *Dutczak (2013)*, S. 50; *Lauer (2016)*, S. 62

<sup>62</sup> Vgl. *Lauer (2016)*, S. 62

<sup>63</sup> Vgl. *Hintersteininger (2015)*, S. 199

<sup>64</sup> Vgl. *Pause (1984)*, S. 20

<sup>65</sup> Vgl. *Hintersteininger (2015)*, S. 199

<sup>66</sup> Vgl. *Obermayr/Isopp (2017)*, S. 1

## 4 Zusammenfassung

Mit einem Einsatz von Raummodulen ergeben sich wesentliche Veränderungen in den Planungs- und Fertigungsprozessen der Bauproduktion. Die Vorfertigung im Werk reduziert den Anteil der Tätigkeiten auf der Baustelle signifikant. Der Anteil der Restleistungen auf der Baustelle ist abhängig von dem projekt- und anbieterspezifischen Vorfertigungsgrad. Gleichmaßen wirkt sich die Umsetzung von Standardisierungen auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes aus.

Einen entscheidenden Unterschied in der Projektabwicklung im Vergleich zur konventionellen Bauproduktion bringt die frühzeitige Einbindung des Anbieters der Raummodule in das Projekt mit sich. Die frühzeitige Einbindung wird durch die Schnittstellen der Planung mit den Randbedingungen sowie Anforderungen der Bauweise sowie der Fertigungsprozesse erforderlich. Zudem erfordert die integrale Planung eine intensive Zusammenarbeit der verschiedenen Fachplanungen sowie zwischen Planern und ausführendem Unternehmen, das heißt dem Anbieter der Raummodule. Der frühzeitig benötigte Abschluss der Planung der Fertigung erfordert von den Auftraggebern somit frühzeitige planerische Entscheidungen. Baubeziehungsweise fertigungsbegleitende Änderungen sind nicht oder nur mit erheblichen Auswirkungen auf die Termin- und Kostenziele des Projektes möglich.

Der vorgeschlagene Ansatz, sich für die Entwicklung eines Verständnisses über die Prozessabläufe in der Projektabwicklung bei Schiffbauprojekten zu orientieren sowie die Charakteristiken im Bauproduktionsprozess bei einem Einsatz von Raummodulen wie

- die integrale Planung,
- die frühzeitige Einbindung des ausführenden Unternehmens in die Planung bis hin zu einer bedeutenden Rolle des ausführenden Unternehmens in der Planung und
- der frühzeitige Abschluss der Planung vor Fertigungsbeginn

erfordern einen Kultur- und Paradigmenwechsel. Eine partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Auftraggebern, Planern, und ausführenden Unternehmen wird erforderlich. Die beschriebene Art der Projektabwicklung bei einem Einsatz von Raummodulen birgt zudem Konflikte mit den üblichen Vergabeverfahren.

## Literaturverzeichnis

### **Bärthel (2002)**

Bärthel, Jan: Industrielles Bauen : Leitfaden für KMU Geschäftsführer. Zürich : vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 2002

### **Bauer (2013)**

Bauer, Hermann: Baubetrieb. 3. vollständig neu bearbeitete Auflage. Heidelberg, 2013

### **Benze/Gill/Hebert (2013)**

Benze, Andrea ; Gill, Julia ; Hebert, Saskia: Serieller Wohnungsbau : Standardisierung der Vielfalt. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.) – Studie und Projektrecherche für die IBA Berlin 2020. Berlin, 2013

### **Berner (2016)**

Berner, Fritz: Kostensteigerungen bei öffentlichen Bauvorhaben : Visionen zum Bauen in der Zukunft. Stuttgart, 05. Dezember 2016

### **Boenert/Blömeke (2003)**

Boenert, L. ; Blömeke, M.: Logistikkonzepte im Schlüsselfertigbau zur Erhöhung der Kostenführerschaft. In: Bauingenieur (2003), Band 78

### **BWI-Bau (2013)**

BWI-Bau (Hrsg.): Ökonomie des Baumarktes : Grundlagen und Handlungsoptionen: Zwischen Leistungsversprecher und Produkthanbieter. 2013

### **Derix/Isopp (2017)**

Derix, Markus ; Isopp, Anne: Fragen an die Hersteller 2. In: Zuschnitt 67: Raumstapel. 2017

### **Dutczak (2013)**

Dutczak, Marian: Bauen - aber wie? Konventionelle Bauart versus Modulbauweise. In: Deutsche Bauzeitschrift (2013), Heft 08/2013, S. 50–52

### **Giesa (2010)**

Giesa, Ingo: Prozessmodell für die frühen Bauprojektphasen. Motzko, Christoph (Hrsg.). Institut für Baubetrieb, Technische Universität Braunschweig 2010

### **Girmscheid/Hofmann (2000)**

Girmscheid, Gerhard ; Hofmann, E.: Industrielles Bauen - Fertigungstechnologie oder Managementkonzept. In: Bauingenieur (2000), Band 75, Ausgabe 09/2000, S. 586

### **Heck/Koppelhuber (2015)**

Heck, Detlef ; Koppelhuber, Jörg: Mit Holzsystembau den Marktanteil erhöhen – eine baubetriebliche und bauwirtschaftliche Betrachtung. In : 21. Internationales Holzbau-Forum (IHF 2015) : Aus der Praxis - Für die Praxis forum-holzbau (Hrsg.). 2015, S. 18–36

**Hintersteininger (2015)**

Hintersteininger, Katharina: Kennzeichen und Aspekte des industriellen Bauens – Anwendbarkeit im Holzbau. – Masterarbeit. Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft, Projektentwicklung und Projektmanagement, TU Graz Graz, 2015

**Holzbau Deutschland (2017)**

Holzbau Deutschland, Informationsdienst Holz: Deutscher Holzbau Preis 2017. Berlin, 2017

**Höppner/Uhl (2011)**

Höppner, Gerrit ; Uhl, Sebastian: Status-quo der bauleistungsorientierten Planung und die Auswirkungen für die Materialversorgung. In : Digitale Baustelle - Innovativer Planen, effizienter Ausführen : Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert Günthner, Willibald; Borrmann, André (Hrsg.). Heidelberg Dordrecht London New York : Springer, 2011

**Jussel/Isopp (2017)**

Jussel, Richard ; Isopp, Anne: Fragen an die Hersteller 3. In: Zuschnitt 67: Raumstapel 2017

**Kaufmann/Isopp (2017)**

Kaufmann, Christian ; Isopp, Anne: Fragen an die Hersteller 4. In: Zuschnitt 67: Raumstapel 2017

**Klemt (2018)**

Klemt, Thomas: Synergien aus Digitalisierung und Lean Management bei Bauleistungsprozessen im Hochbau : Masterarbeit. Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Technische Universität Braunschweig, 2018

**Knaack/Chung-Klatte/Hasselbach (2012)**

Knaack, Ulrich ; Chung-Klatte, Sharon ; Hasselbach, Reinhard: Systembau : Prinzipien der Konstruktion. Basel : Birkhäuser, 2012

**Lauer (2013)**

Lauer, Michael: Schema ohne F. : Moderne Architektur mit Raummodulen... In: DBZ Deutsche Bauzeitschrift (2013), Heft 08/2013, S. 54–57

**Lauer (2016)**

Lauer, Michael: Schnell, flexibel, qualitativ : Architektur in modularer Bauweise. In: DBZ Deutsche Bauzeitschrift (2016), Heft 06/2016

**Moro/Rottner/Alhodzic/Weißbach (2018)**

Moro, José Luis ; Rottner, Matthias ; Alihodzic, Bernes ; Weißbach, Matthias: Baukonstruktion - vom Prinzip zum Detail : Band 1 Grundlagen. 1. Auflage 2018. Berlin : Springer Berlin, 2018

**Obermayr/Isopp (2017)**

Obermayr, Hans-Christian ; Isopp, Anne: Fragen an die Hersteller 5. In: Zuschnitt 67: Raumstapel 2017

**Palzer et al. (2015)**

Palzer, Ulrich ; Janorschke, Barbara ; Kott, Matthias ; Lützkendorf, Ingrid ; Pritzel, Cornelia ; Rebel, Birgit ; Schalling, Kerstin ; Stange, Volker: Einfluss von typisierten und vorgefertigten Bauteilen der Bauteilgruppen auf die Kosten von Neubauten und Bestandsmodernisierungen : Abschlussbericht. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.). IAB – Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gGmbH (AZ 10.08.17.7-14.54) Weimar, 2015

**Pause (1984)**

Pause, Hans: Die Bedeutung der technischen und baubetrieblichen Randbedingungen für die Baudurchführung für Ausschreibung, Baupreis, Bauvertrag und Vertragsabwicklung. Betriebswirtschaftliches Institut der westdeutschen Bauindustrie 1984

**Schwerdtner (2007)**

Schwerdtner, Patrick: Anreizbasiertes Steuerungs- und Vergütungsmodell für Einzelvergaben im Hochbau. In : Schriftenreihe des Instituts für Bauwirtschaft und Baubetrieb Wanninger, Rainer (Hrsg.), 2007

**Staub/Dörrhöfer/Rosenthal (2013)**

Staub, Gerald ; Dörrhöfer, Andreas ; Rosenthal, Markus: Elemente und Systeme : Modulares Bauen - Entwurf, Konstruktion, neue Technologien. Basel : Birkhäuser Verlag, 2013

**Steffens (2016)**

Steffens, Frank: Schluss mit baubegleitender Planung! : Vorfertigung als Lösung für innerstädtisches Bauen. In: DBZ Deutsche Bauzeitschrift (2016), Heft 06/2016, S. 56–61

**Steffens (2016)**

Uhl, Sebastian: Rahmenbedingung und Herausforderungen des Logistikmanagements in der Bauwirtschaft. In : Digitale Baustelle - Innovativer Planen, effizienter Ausführen : Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert Günthner, Willibald; Borrmann, André (Hrsg.). Heidelberg Dordrecht London New York : Springer, 2011