

Jutta Albus | Kirsten Hollmann-Schröter | Felix Lowin |
Matthäus Johann Nowak

SYSTEMATISIERTE PLANUNGS- UND BAUPROZESSE

Hintergründe, Strategien und Potenziale industrieller
Vorfertigungstechnologien

Jutta Albus

Kirsten Hollmann-Schröter

Felix Lowin

Matthäus Johann Nowak

Systematisierte Planungs- und Bauprozesse

Jutta Albus

Kirsten Hollmann-Schröter

Felix Lowin

Matthäus Johann Nowak

SYSTEMATISIERTE PLANUNGS- UND BAUPROZESSE

Hintergründe, Strategien und Potenziale industrieller
Vorfertigungstechnologien

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-7388-0529-1
ISBN (E-Book): 978-3-7388-0530-7

Satz, Layout, Herstellung: Andreas Preising
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Druck: W. Kohlhammer Druckerei GmbH + Co. KG,
Stuttgart

© Fraunhofer IRB Verlag, 2021
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-2500
Telefax +49 711 970-2508
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Inhalt

| | | | |
|--|----------|--|-----------|
| Einleitung | 7 | 1.4 Veränderung der Parameter – was prägt den Einsatz heutiger Systeme? | 37 |
| 1. Einführung | 9 | 1.4.1 Anforderungen an Konzeption und Planung | 37 |
| 1.1 Vorfertigung, Systematisierte Bauweisen und industrielle Produktion | 11 | 1.4.2 Planungswerkzeuge und -technologien | 41 |
| 1.1.1 Industrielles Bauen | 11 | 1.4.3 Qualitätssicherung im Bauwesen | 44 |
| 1.1.2 Vorfertigung | 12 | 1.5 Akteure und Zusammenspiel | 47 |
| 1.1.3 Systematisierung, Typisierung und System | 14 | 1.5.1 Klassisches Beziehungsgeflecht am Bau | 47 |
| 1.1.4 Serielles Bauen | 15 | 1.5.2 Unterschied von Information und Informationsträger | 51 |
| 1.2 Warum eignen sich Vorfertigung und systematisierte Bauweisen für einen Einsatz in der Architektur und im Bauwesen? | 18 | 1.5.3 Faktor Zeit | 52 |
| 1.3 Welche Treiber gab es (in der Vergangenheit) und welche Konsequenzen hatten diese auf heutige Entwicklungen? | 20 | 1.5.4 Änderung der Beziehungsmatrix bei Einsatz von Vorfertigung | 52 |
| 1.3.1 Impuls – Manifestation – Effekt | 20 | 1.5.5 Dynamisches Wechselspiel – was erwarten wir in Zukunft | 55 |
| 1.3.2 Das erste Haus oder der Mensch als Nomade | 21 | 2. Planungsbeteiligte, Anforderungen und Einflussfaktoren | 57 |
| 1.3.3 Handwerk und Holzbau | 22 | 2.1 Marktakzeptanz – Planer*innen und Baubeteiligte vs. Nutzer*innen | 57 |
| 1.3.4 Kolonialisierung und Militärwesen | 24 | 2.1.1 Marktakzeptanz – Status Quo | 57 |
| 1.3.5 Fortschrittsdenken und die industrielle Revolution | 25 | 2.1.2 Potenziale vs. Vorbehalte | 58 |
| 1.3.6 Steigerung der Effizienz und Rationalisierung vs. Objektwert | 27 | 2.1.3 Marktakzeptanz – Planer*innen und Baubeteiligte | 61 |
| 1.3.7 Permanente Anpassung (von Konstruktion und Material) | 29 | 2.1.4 Vereinbarkeit von Anwendungsvielfalt und Systemgedanken | 62 |
| 1.3.8 Wohnungsnot und Massenproduktion | 32 | 2.1.5 Projektbezogene Vorfertigung vs. industrielle Massenproduktion | 63 |
| 1.3.9 Monotonie und Maßstab von Großwohnsiedlungen Nachwirkungen | 34 | 2.1.6 Gestaltungsmöglichkeiten von Bausystemen | 64 |
| | | 2.1.7 Marktakzeptanz – Nutzer*innen | 65 |
| | | 2.1.8 Soziokulturelle Akzeptanz von Systembauten | 66 |

| | | | | | |
|------------|--|-----|--------------------------|--|-----|
| 2.1.9 | Fertighaus Plattenbau | 67 | 4. | Innovation durch neue Planungswerkzeuge und Vorfertigungstechnologien | 161 |
| 2.1.10 | Faktoren zur Erhöhung der Akzeptanz | 69 | 4.1 | Maßnahmen und mögliche Planungsstrategien | 163 |
| 2.1.11 | Individualität (vs. Masse) Nutzerspezifische Maßanfertigung | 70 | 4.1.1 | Optimierung von Planung und Produktion durch computerbasierte Werkzeuge | 163 |
| 2.1.12 | Varianz in Serie (vs. Monotonie) | 70 | 4.1.2 | Veränderungen an der Schnittstelle | 165 |
| 2.1.13 | Offene Systeme | 71 | 4.1.3 | Einsatz von innovativen Technologien in der Produktion | 169 |
| 2.1.14 | Soziale Durchmischung | 72 | 4.2 | Effizienzstrategien und Gestaltungsanspruch | 177 |
| 2.1.15 | Identifikation | 75 | 4.2.1 | Intelligente Planungskonzepte zur Steigerung der Effizienz und Varianz | 178 |
| 2.1.16 | Integration Partizipation | 76 | 4.2.2 | Systemgedanke und Gestaltungsvielfalt | 190 |
| 2.2 | Vergaberichtlinien | 78 | 5. | Annex | 197 |
| 2.2.1 | Konventioneller Bauablauf und einhergehende Vergabepaxis | 78 | 5.1 | HAUT, Amsterdam | 197 |
| 2.2.2 | Anforderungen an den Einsatz von vorgefertigten Bausystemen | 80 | 5.1.1 | Programm und Funktion | 197 |
| 2.2.3 | Mögliche Vergabemodelle | 81 | 5.1.2 | Bauweise und Konstruktion | 198 |
| 2.2.4 | Was kommt nach der HOAI? – Chancen für innovative Bauprozesse | 85 | 5.1.3 | Material und Fertigung | 199 |
| 2.3 | Anforderungen an Planung und Bauwerk | 86 | 5.1.4 | Systemgedanke und Gestaltungsvielfalt | 200 |
| 2.3.1 | Grundlagen- bzw. Bedarfsermittlung | 86 | 5.2 | Mehrgenerationenhaus, Wuppertal | 201 |
| 2.3.2 | Anforderungen der Beteiligten | 89 | 5.2.1 | Programm und Funktion | 201 |
| 2.3.3 | Technische Anforderungen | 92 | 5.2.2 | Bauweise und Konstruktion | 202 |
| 2.3.4 | Die Kunst der Fuge | 96 | 5.2.3 | Material und Fertigung | 203 |
| 3. | Stand der Technik | 101 | 5.2.4 | Systemgedanke und Gestaltungsvielfalt | 204 |
| 3.1 | Überblick über systematisierte Bauweisen und deren Einsatzmöglichkeiten | 102 | 5.3 | HoHo, Wien | 205 |
| 3.2 | Materialien und Konstruktionstypologien | 103 | 5.3.1 | Programm und Funktion | 205 |
| 3.2.1 | Konstruktionstypologie | 103 | 5.3.2 | Bauweise und Konstruktion | 206 |
| 3.2.2 | Holzbau – Werkstoff und Konstruktion | 106 | 5.3.3 | Material und Fertigung | 207 |
| 3.2.3 | Stahlbauweisen | 122 | 5.3.4 | Systemgedanke und Gestaltungsvielfalt | 208 |
| 3.2.4 | Massive Bauweisen | 136 | Schlusswort | | 209 |
| 3.3 | Produktion, Montage und Transport | 147 | Literatur | | 211 |
| 3.3.1 | Produktion | 148 | Stichwortregister | | 215 |
| 3.3.2 | Logistik, Transport und Montage | 151 | | | |
| 3.4 | Kostenbetrachtung | 153 | | | |
| 3.4.1 | Kostendarstellung Wohnungsbau | 154 | | | |
| 3.4.2 | Aufzeigen von Potenzialen | 157 | | | |

Einleitung

Aufgrund von aktuellen Tendenzen unserer Gesellschaft, die durch soziokulturelle Entwicklungen und einem großen innerstädtischen Bevölkerungszuwachs insbesondere in den westlichen Ländern geprägt ist, sind mittlerweile gewisse Notstände im Bereich Wohnungsbau offensichtlich. Programme und Ausschreibungen seitens der Wohnungswirtschaft, Bauträgern und auch der Kammern, deren inhaltlicher Schwerpunkt diesem Dilemma entgegenwirken soll, sind inzwischen allgegenwärtig. Vor einigen Jahren noch eher vereinzelt auffindbar, so verzeichnet die Thematik des ‚seriellen oder modularen Bauens‘ inzwischen eine gewisse Popularität. Schnelle Bauzeit, kalkulierbare Kosten und ein sehr effizientes wirtschaftliches Ergebnis sind das Ziel der Bemühungen. Schlagworte wie elementiertes Bauen, System- oder Fertigteilbau, Raumzellen und modulare Sanitäreinheiten ergänzen

das Spektrum und sorgen nicht nur bei Planer*innen oder Bauausführenden für Schwierigkeiten in der eindeutigen Zuordnung.

Mit diesem Buch sollen die unterschiedlichen Herangehensweisen für den Bereich des vorgefertigten Bauens und gängiger Systembauweisen dargestellt werden. Anhand von exemplarischen Beispielen soll der aktuelle Stand der Technik auch den Einsatz von industriellen Produktionsmethoden und die Integration von automatisierten Abläufen innerhalb einer Planung beleuchten, und auf eine praxisnahe Umsetzung prüfen.

Wir freuen uns, dass wir für unsere Untersuchungen mit einer Vielzahl an hervorragenden Planer*innen zusammenarbeiten konnten und anhand diverser ausgezeichnete Architekturbeispiele eine vielseitige Auswahl an Gebäuden dargestellt wird.

1. Einführung

Vorfertigung, Systembau oder serielles Bauen werden im architektonischen Zusammenhang vorwiegend und von jeher mit Begriffen wie Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit in Verbindung gebracht. Resultierend aus einem Einsatz in Krisensituationen, wie beispielsweise nachkriegsbedingte Wohnungsnot, konnte durch den Einsatz dieser Bauweisen häufig schnell und zügig Abhilfe geschaffen werden. Zugunsten eines effizienten Planungsablaufs wurden gestalterische und ästhetische Aspekte oft vernachlässigt, was zum eher schlechten Ruf von vorgefertigten Gebäuden beitrug.

Architekten*innen und Planer*innen haben sich dennoch kontinuierlich der kontroversen Aufgabe gestellt, eine hohe architektonische Qualität und Vielfalt von vorgefertigten Bauten zu erreichen, bei denen primär wirtschaftliche Aspekte im Vordergrund standen. Dadurch konnte bis heute durch innovative und gestalterisch anspruchsvolle Ansätze ein architektonischer Mehrwert geschaffen und baulich umgesetzt werden. Je nach lokaler Verortung beeinflussen insbesondere traditionelle Techniken sowohl

Konstruktion als auch Formfindung und geben klar Aufschluss über die Herkunft der architektonischen Gestalt. Strukturprinzipien stehen im Vordergrund und werden als ästhetisches Potenzial genutzt. Prägnante Vorbilder, wie etwa Alvar Aaltos Finnenhäuser aus der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg oder Shigeru Bans Entwurfsansätze für Notunterkünfte an unterschiedlichen Standorten dieser Welt als Beispiele von heute, zeugen von der Vielschichtigkeit der früher oftmals als zweckmäßig bezeichneten Bauten. Neben der Auseinandersetzung mit lokalen Gegebenheiten und dem Ort stehen weiterhin die funktionalen Anforderungen eines Gebäudes in direktem Zusammenhang mit der architektonischen Gestaltfindung und seiner technischen Umsetzung. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, wie sich Bautypologie und strukturelle Logik einer Konstruktion auf die Effizienz von Gebäudeerstellung und Montageprozessen auswirken kann (Bild 1.01).

Demnach kann die Entwicklung der architektonischen Form nicht ausschließlich nach gestalterisch-ästhetischen Kriterien erfolgen. Um einen ganzheitli-

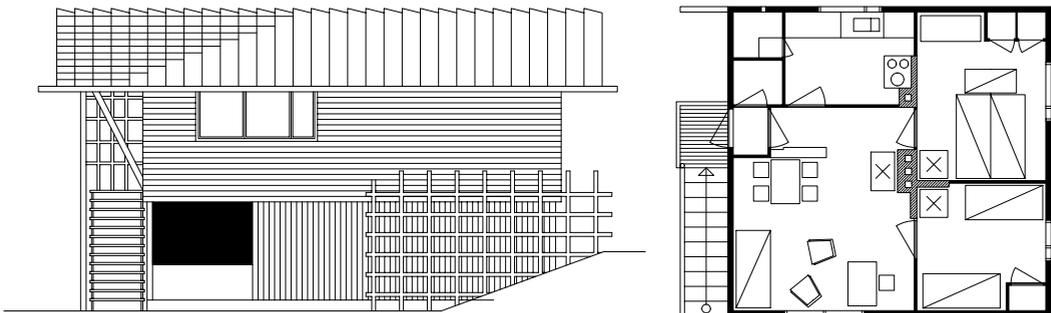
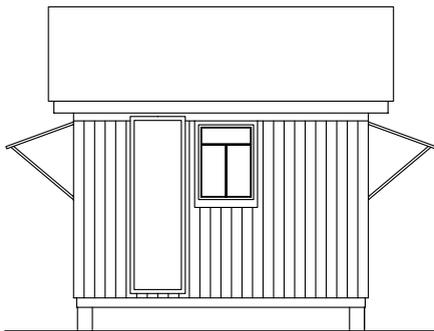


Bild 1.01: Finnenhaus, Alvar Aalto 1941 (Quelle: Finnland im 20. Jahrhundert [Stiller, Adolph 2000])

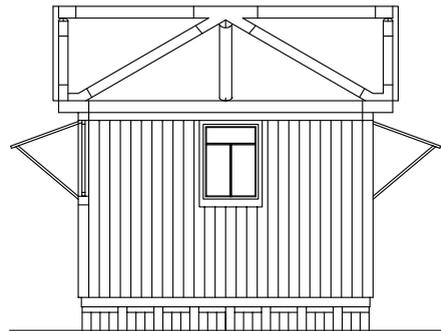
chen Entwurfs- und Planungsansatz und eine konsequente Entwicklung von Gebäuden zu gewährleisten, ist die Auseinandersetzung mit materialtechnischen Aspekten sowie Bau- und Fertigungsprozessen von großer Bedeutung.

Die Beschaffenheit der Teile sowie die Größe einer Serie haben bis heute Einfluss auf Produktions- und Fertigungsprozesse und sind von hoher Relevanz für

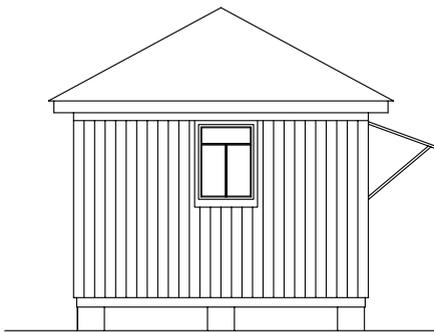
die Wirtschaftlichkeit eines Projekts. Eine intensive Auseinandersetzung mit der Materialität einer Konstruktion, dem Fertigungsablauf und individuellen Montagetechniken gleich zu Beginn einer Planung gewährleistet sowohl eine konsequente Verbesserung von Planungs- und Ausführungsprozessen, und trägt weiterhin zum beispielhaften Bauen bei (Bild 1.02).



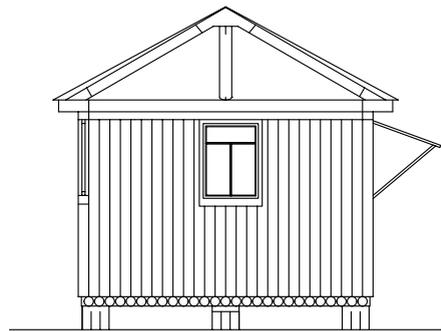
ANSICHT FRONT
Maßstab 1:25



SCHNITT A
Maßstab 1:25



ANSICHT SEITE
Maßstab 1:25



SCHNITT B
Maßstab 1:25

Bild 1.02: Paper Log House, Shigeru Ban 1995 Kobe (JP) und 2001 Bhuj (Indien) (Quelle: Kopec/Albus, 2018 nach Shigeru Ban Architects)

1.1 Vorfertigung, Systematisierte Bauweisen und industrielle Produktion

Bauen mit vorgefertigten Systemen und eine damit verbundene Terminologie, wie z. B. Seriele Bauteile, Vorfertigungsgrad, Produktionsmethode, Grad der Standardisierung usw. geben Aufschluss über Zusammenhänge und Abhängigkeiten der einzelnen Herstellungsmethoden. Die Tatsache, dass keine eindeutigen Definitionen für den Bereich »Vorfertigung« existieren, führt häufig zu einer Deutungsvielfalt und stark unterschiedlichen Auslegung der einzelnen Begriffe. Um Abhilfe zu schaffen, sollen die diesbezüglichen Erläuterungen dazu beitragen, die Inhalte der nachfolgenden Kapitel besser zu verstehen und insbesondere eine einheitliche Grundlage für die vorgestellten Prinzipien und Strategien schaffen (Bild 1.03).

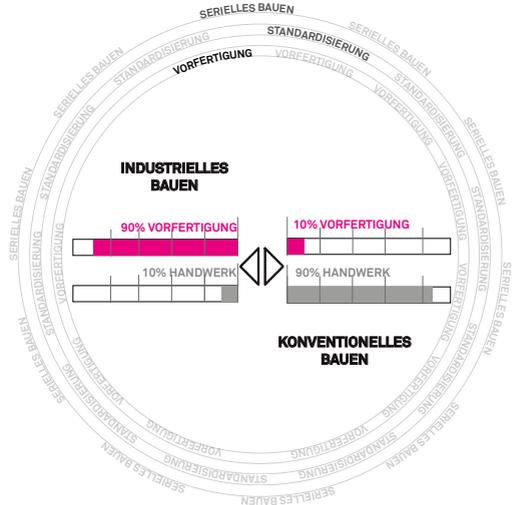


Bild 1.03: Verhältnis von Industriellem Bauen und Vorfertigung (Quelle: Albus, 2019)

1.1.1 Industrielles Bauen

Der Begriff des industriellen Bauens hat einen weiten Interpretationsspielraum und kann, ähnlich der nachfolgenden Begrifflichkeiten, vielfach und mehrdeutig ausgelegt werden. Nach Girmscheid wird mit »*industriellem Bauen*« die Rationalisierung von Arbeitsprozessen bezeichnet, mit der Kosteneffizienz, höhere Produktivität und Qualität erreicht werden können. Mit einer Industrialisierung im Bauwesen werden Paradigmen umgesetzt, die ansonsten nur aus der industriellen Konsumgüterproduktion bekannt sind. Das industrielle Bauen bezeichnet ein Bauen mit Methoden und Mitteln, die dem derzeitigen technologischen, wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungsstand entsprechen. Hierzu gehört ebenfalls, dass trotz standardisierter und automatisierter Prozesse eine differenzierte und individuelle Gestaltung der einzelnen Bauten möglich ist [Girmscheid, 2006].

Industrialisierung im Bauwesen bedeutet, dass beim Bauen industrielle Arbeitsmethoden, Verfahren und Organisationsformen in Bezug auf die Planung, die Entwicklung, die Herstellung und das Produkt zum Einsatz kommen. Daraus ist abzuleiten, dass sich das industrielle Bauen nicht nur auf die Herstellung vorgefertigter Bauteile bezieht, sondern vielmehr auch folgende Bereiche umfasst:

- *Ganzheitliche Planung von Gebäuden und Gebäudestrukturen*
- *Entwicklung, Erprobung, Anwendung von Baukomponenten und Bausystemen*
- *Herstellung, Transport und Montage von Baukomponenten, Bausystemen, Gebäuden*
- *Reparatur, Instandhaltung, Umnutzung von Gebäuden*

- *Abbruch, Rückführung und Wiederverwendung von Baustoffen, Bauteilen, Gebäuden [Girmscheid, 2006].*

Während man grundsätzlich davon ausgehen kann, dass bei dieser Herangehensweise Bauteile und Komponenten vorwiegend abseits der Baustelle industriell produziert und soweit möglich automatisch hergestellt werden, kann der Einsatz manueller Tätigkeiten nicht eindeutig identifiziert werden. Nach Girmscheid findet beim industriellen Bauen eine Trennung von Produktions- und Endstandort statt. Mit dieser räumlichen

Trennung sind die Vorfertigung von Bauteilen (Fertigteilen) und die anschließende Montage auf der Baustelle verbunden [Girmscheid, 2006].

Je nach Projektart und -umfang, spezifischen Anforderungen und der gewählten Herangehensweise ist der Anteil von automatisierten Prozessen und manueller Ausführung variabel. Im Normalfall wird der Großteil der Teile werksseitig vorgefertigt und je nach Ausbaustufe zur finalen Montage oder Installation zur Baustelle gebracht.

1.1.2 Vorfertigung

Durch Vorfertigung hergestellte Teile werden vor dem tatsächlichen Einsatz auf der Baustelle in einem Fertigungsbetrieb produziert und dort für den späteren Einbau weitestgehend fertiggestellt. Hierbei kann es sich sowohl um einzelne Bauteile, wie zum Beispiel einen Mauerwerksstein oder Holzbalken, als auch um ein komplett vorgefertigtes Wandbauteil handeln. Die Produktionsstätte ist normalerweise ein witterungsgeschütztes Umfeld, wie zum Beispiel eine Werkhalle, in der die Arbeiten händisch und/oder maschinell durchgeführt werden. Durch die trockene, witterungsfreie Umgebung werden zum einen kontrollierte Belüftungs- und Lichtverhältnisse geschaffen sowie ein bestmöglich thermisches Umfeld gewährleistet. Dadurch ist die optimale Arbeitsausführung möglich, die im Vergleich zur Erstellung vor Ort viele Vorteile bietet. Die Produktionsstätte wirkt sich nicht nur vorteilhaft auf die bauphysikalischen Eigenschaften aus, sondern trägt auch dazu bei, zeitliche Abläufe genau abschätzen zu können und damit zur konstanten Kostendefinition bzw. -kalkulation beizutragen. Inwieweit vorgefertigte Teile maschinell oder händisch hergestellt werden, ist nicht eindeutig nachgewiesen. Aufgrund der relativ konventionellen Strukturen am Bau kann man allerdings davon ausgehen, dass ein Großteil der Arbeiten im Vorfertigungsbetrieb häufig noch manuell ausgeführt wird und der Einsatz von automatisierten Hilfs-

mitteln nur begrenzt vorhanden ist. Im Holzbau finden diese beispielsweise vorwiegend im Bereich Abbund, Zuschnitt oder Fügung statt oder, wie auch bei anderen Bauweisen, in der Arbeitsvorbereitung.

Weiterhin spielt der Maßstab eines Projekts eine nicht zu unterschätzende Größenordnung. Bei kleinen Projekten ist der Einsatz von innovativen Produktionswerkzeugen häufig zu aufwendig und kostenintensiv, sodass die traditionelle Ausführung für einen mittelständischen Betrieb unausweichlich erscheint. Eine Studie im Rahmen der Zukunft Bau Forschung [Albus, Drexler et al., 2019], die Produktionsprozesse im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Kostensenkung für bedarfsgerechten Wohnraum untersucht hat, unterstützt dieses Ergebnis. Die teils sehr strukturiert aufgestellten Fertigungsbetriebe hatten ein durchweg hohes Output in der Herstellung, und sehr gut organisierte Abläufe, die häufig sogar einer dem Bauweisen entsprechenden Taktung unterlagen. Diese ist im Vergleich zur Automobilindustrie zeitlich länger, und entspricht zum Beispiel im Modulbau einem Produktionsumfang von ca. acht bis neun fertiggestellten Raumzellen pro Tag [Lauer, 2019]. Trotz der fortschrittlichen Herangehensweise war durchgängig ein geringer Grad an Automatisierung einzelner Arbeitsschritte auffällig. Ein weiterer entscheidender Faktor war die Integration von Outsourcing-Strategien, mit

denen einzelne Unternehmen der Branchen arbeiten. Hier wird ein Netzwerk von Betrieben unterschiedlicher Größe genutzt, um verschiedene Gewerke auf Abruf erledigen zu können, ohne dass das Unternehmen die Arbeitskräfte vor Ort halten muss. Diese

Struktur erlaubt eine sehr genau kalkulierbare Zeitplanung, die fristgerechte Einhaltung von Terminen sowie die Kostengarantie einer Planung (Bild 1.04, Bild 1.05).

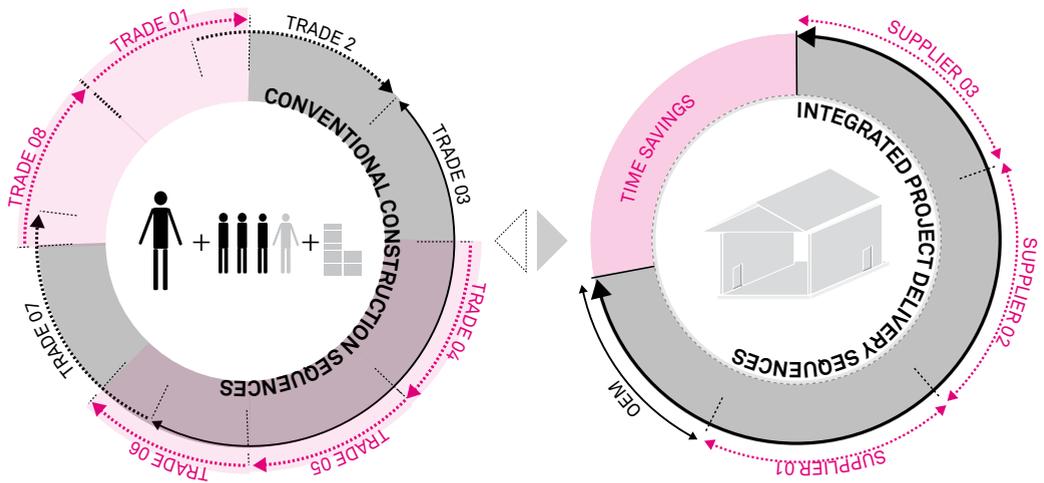


Bild 1.04: (Quelle: Albus 2017)



Bild 1.05: Produktionslinie ALHO GmbH (Quelle: Albus 2018)

Ein Phänomen der Vorfertigung ist und bleibt die weite begriffliche Auslegung. Egal auf welcher Grundlage die Herstellung der Teile und die Ausführung der Arbeiten stattfindet, eine definitive Aussage zur Art der Bauweise, Maßstab der produzierten Teile oder aber Konstruktionsmethode findet nicht statt. Mit welchem

Einsatz die Verrichtung der Arbeiten stattfindet bleibt ebenso offen. Ökonomische Kriterien legen strukturierte Ablaufszenarien und die serielle Herstellung von Bauteilen nahe. Inwieweit man eine Systematisierung oder sogar Standardisierung anstrebt und welche Parameter hierfür in den Vordergrund treten, bleibt zu klären.

1.1.3 Systematisierung, Typisierung und System

Ein System beschreibt ein aus mehreren Teilen bestehendes Ganzes, dessen Einheiten miteinander in Verbindung stehen. Im Bauen besteht ein System aus Elementen, deren Bezug zueinander geplant und festgelegt wird.

Diese Elemente oder durch Vorfertigung hergestellte Bauteile können unterschiedliche Fertigungsgrade erreichen. Sie werden je nach Herangehensweise unterschieden. Girmscheid kategorisiert Fertigteile nach folgender Systemtheorie [Girmscheid, 2006]:

- »Halbfertig-Rohbauelemente, die als verlorene Schalung oder Verbundbauteile wie z. B. Filigrandecken eingesetzt werden
- Fertighalbfertigbauelemente, die als vorgefertigte Elemente, wie z. B. Treppenläufe, Stützen, Wandplatten, zum Einbauort transportiert und vor Ort verbaut werden.
- Fertigelemente werden komplettiert und funktionsfähig zum Einbauort transportiert und nach Herstellung der Anschlüsse vor Ort verbaut.

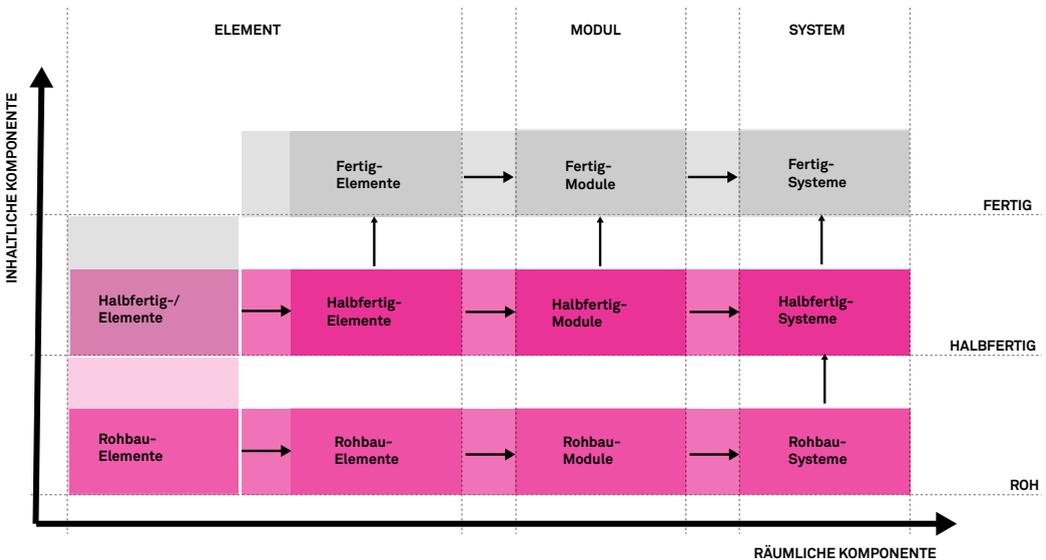


Bild 1.06: Systematisierung und begriffliche Differenzierung der Fertigteile in Bezug auf die inhaltliche Integration von konstruktiven Elementen sowie Ausbauelementen und des räumlichen Integrationsgrads (Quelle: Albus/Kopec, 2020 nach Girmscheid [Girmscheid, 2006])

- *Rohbauräummodule sind räumlich abgegrenzte Einheiten, die im Vergleich zu Fertigräummodulen noch nicht funktionsfertig und Ausbauarbeiten noch nicht abgeschlossen sind*
- *Fertigräummodule sind räumlich abgegrenzte, funktionsfertige funktionale Einheiten, die aus mehreren Bauteilen bestehen und komplett installiert verbaut werden können*
- *Gebäudesysteme bestehen aus vorgefertigten Elementen, wie z. B. Stütze und Träger einer Industri-*

elhalle oder dreidimensionale Raummodule, deren Anordnung im Verbund erst zur beabsichtigten Wirkung führt« [Girmscheid, 2006].

Diese Einteilung der Elemente führt zu einer Systematisierung, der sowohl eine inhaltliche und eine räumliche Integration zugrunde liegt. Bild 1.06 stellt den Zusammenhang der inhaltlichen und räumlichen Integration in Bezug auf die vorgefertigten Elemente dar (Bild 1.06).

1.1.4 Serielles Bauen

Der Begriff »Serielles Bauen« ist auf den Einsatz von gleichen Teilen oder Komponenten am Bau bezogen. Vorteile durch eine Produktion von Elementen gleicher Art sind zum einen effiziente und wirtschaftliche Herstellungsszenarien, zum anderen trägt eine geringe Varianz der Teile (äußerst geringe Anzahl unterschiedlicher Teile) zu einheitlichen Füge- und Montageszenarien bei und verringert die Komplexität an der Schnittstelle. Aufgrund der Einheitlichkeit, die seriellen Herstellungsverfahren zugrunde liegt, bezeichnet die Zeitschrift »der architekt« *»[...] das serielle Bauen neben der industriellen Vorfertigung und typisierten Bauweisen als die generalisierendste und am wenigsten flexible Methode in der Gebäudeerstellung [...]«* [ARC, 2019].

Gebaute Beispiele der Vergangenheit, eindeutig ablesbar an der Großtafelbauweise der 50er- und 60er-Jahre des 20. Jahrhunderts, die große Veränderungen in der damaligen Wohnungsbauarchitektur herbeiführte, verweist auf die eingeschränkte Flexibilität der Gebäudestrukturen. Die auf eine hohe Wirtschaftlichkeit ausgerichtete Produktion von Bausystemen aus Stahlbeton, deren verheerenden Maßstäblichkeit einhergingen, einer oftmals unsensiblen Verortung in das gebaute (urbane) Umfeld sowie durch nicht adäquat eingebundene oder sogar nicht nutzbare Grünanlagen einer charakterlosen Großwohnsiedlung entsprachen, unterlagen in ihrer äußeren Erscheinung einer großen Monotonie.

Aktuelle Beispiele zeigen jedoch, dass gerade durch den Einsatz von seriell produzierten Bauteilen eine vielseitige und variable Formfindung in der Architektur stattfinden kann. Die Ausrichtung von Wettbewerbsverfahren, die sich mit seriellen Bauweisen im Wohnungsbau auseinandersetzen, sind nicht nur für Wohnungsbaugesellschaften von großem Interesse. Auch das Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes NRW, verschiedene Architektenkammern der Bundesländer in Deutschland oder einzelne Kommunen vertreten mit Nachdruck das Planen und Bauen auf Grundlage von seriellen Herangehensweisen. Mit dem Titel »Qualität in Serie« lobte das MHKBG NRW in Kooperation mit der Architektenkammer Nordrhein-Westfalen, der Stadt Essen und dem Bauindustrieverband Nordrhein-Westfalen den Landeswettbewerb 2017 aus, der aufzeigen sollte, dass neben einer erreichten Wirtschaftlichkeit außerdem eine hohe Flexibilität von Planungsaufgaben gewährleistet werden kann. Die intensive Auseinandersetzung mit den Anforderungen einer seriellen Bauweise und der Erkenntnisgewinn, der aus den Defiziten der damaligen Konzepte der Großwohnsiedlungen gewonnen werden konnte, hat zu einer erfreulichen Ergebnisvielfalt geführt, und wird durch die Realisierung des Projekts der ersten Preisträger beispielhaft umgesetzt (Bild 1.07, Bild 1.08).



Bild 1.07: Lageplan pbs architekten, 1. Preisträger des Wettbewerbs »Qualität in Serie« (pbs architekten mit RMP Stephan Lenzen Landschaftsarchitekten, 2017)

Um den Besonderheiten des Wettbewerbsgrundstücks entgegenzuwirken, wird von den Architekt*innen zuerst ein städtebauliches Konzept entwickelt, um auf die unterschiedlichen Anforderungen einzugehen. Als wesentliches Element entstehen so drei Platzflächen, die durch eine zentrale Wegeverbindung miteinander verbunden und durch sechs Gebäudegruppen gefasst werden, um zum einen die isolierte Lage durch die vorhandene Topografie und die bisher sehr geringe Wegeverknüpfung zu verbessern. Weiterhin werden auf diese Weise die Schallimmissionen der Gewerbesiedlung reduziert und der einzuhaltende Sicherheitsradius gewährleistet, der für eine sinnvolle Schachtentgasung notwendig ist. Durch die städtebauliche Figur wird eine bestmögliche Orientierung im Raum geschaffen und die Bereiche des zukünftigen Stadtraums harmonisch miteinander verbunden. Die Grundvoraussetzung eines funktionierenden Quartiers und die vielfältige Verknüpfung mit der Umgebung sind auf diese Weise gegeben.



Bild 1.08: »Auftaktplatz« mit Darstellung der Wohnbebauung des Quartiers (© rendertaxi, Aachen, für pbs architekten, 2017)



Bild 1.09: Innenhof der Quartiersbebauung (© rendertaxi, Aachen, für pbs architekten, 2017)

Der Aufbau der Gebäudezeilen für das Quartier basiert auf einem immer gleichen Haustypus oder einer Variante davon. Die Grundstruktur unterscheidet sich bei der Variante um eine zusätzliche Achse mehr oder weniger, sodass bei gleichbleibender Typologie unterschiedliche Hausbreiten für mehr Varianz sorgen. Eingänge liegen an der Nordseite und sind barrierefrei, private Grünflächen und Balkone sind auf der Südseite angeordnet. Insgesamt sind vier verschiedene Wohnungstypen unterschiedlicher Größe und Zimmeranzahl in den mehrgeschossigen Gebäuden untergebracht.

Wegen der Anforderungen des seriellen Bauens, die eine Grundvoraussetzung des Wettbewerbs war, wurden die Gebäude in Schottenbauweise entwickelt. Basierend auf einem Tragwerksraster von 5,00 m bei den Wohnriegeln und 3,50 m bei den Apartmenthäusern fungieren Betonfertigteile als tragende Wandschotten. Die Planung wird zum größten Teil so weiterentwickelt, dass vorgefertigte Elemente und eine standardisierte Entwurfsgrundlage dazu beitragen, einen zügigen Planungs- und Baufortschritt

zu ermöglichen. Neben Fertigteildecken und -treppen sind außerdem komplettierte Sanitäreinheiten sowie Fassadenelemente angedacht, die etagenweise und achsbreit als vorgefertigte Komponenten angeliefert werden. Die aus dem Konzept resultierenden Grundrisse belegen, dass trotz der seriellen Bauweise und dem Einsatz standardisierter Entwurfselemente eine hohe Wohnqualität geschaffen werden kann [pbs Architektur, 2020].

Nicht immer sind die Ergebnisse so zufriedenstellend, wie die Lösungen des o.a. Verfahrens. Aktuelle Entwicklungen zeigen allerdings, dass es eine starke Tendenz hin zu ökonomisch sowie ökologisch zukunftsfähigen Konzepten gibt, die sowohl architektonisch und funktional als auch im urbanen Gefüge einen Mehrwert bedeuten. Eine Herangehensweise, die ebensolche Prinzipien verfolgt und aufgrund dessen ein umfangreiches Anforderungsprofil beinhaltet, ist mit einem grundsätzlichen Anspruch aller am Bau beteiligten Akteure erreichbar und erfüllt diesen Bedarf ausreichend (Bild 1.09).

1.2 Warum eignen sich Vorfertigung und systematisierte Bauweisen für einen Einsatz in der Architektur und im Bauwesen?

Die in Kapitel 1.1 erläuterten Herangehensweisen verweisen auf eindeutige Vorteile des vorgefertigten Bauens bei der Planung und Erstellung von Gebäuden. Wir sprechen in diesem Zusammenhang nicht explizit von industriellen Bauweisen, Bausystemen oder seriellem Bauen, da diese Begriffe entweder auf die eigentliche Umsetzung eingehen oder spezifische Konstruktionsmerkmale beschreiben. Im Wesentlichen soll aufgezeigt werden, dass Abläufe, die werksseitig und jenseits der Baustelle stattfinden, folgende Punkte durchgängig gewährleisten können:

- eine hohe Qualität in der Herstellung und Ausführung durch das witterungsgeschützte Umfeld,
- die Schaffung von hochwertigen Konstruktionen durch kontrollierte Abläufe,
- eine Reduzierung von Fehlerquellen mangels Vermeidung von beliebig vielen Schnittstellen durch Gewerke,
- eine nachhaltigere Prozessgestaltung durch ein kontrolliertes Arbeitsumfeld und
- ein hoher Einsatz von automatisierten Abläufen und neuen Werkzeugtechnologien.

Generell bieten Vorfertigungsstrategien folgende Vorteile:

- eine hohe Effizienz durch eine frühzeitig abgeschlossene Projektplanung und konkrete Leistungsvorgabe,
- eine weitreichende Transparenz in der Organisations- und Ablaufstruktur,
- eine sichere Zeit- und Kostenplanung durch prüfbare Prozesse und Gewährleistungspflicht der ausführenden Unternehmen.

Weiterhin können vorgefertigte Bauweisen dazu beitragen Ressourceneffizienz durch materialgerechte Werkstoffkreisläufe sowie Planungs- und Gestaltungsfreiheit je nach Bauweise und Konstruktionsart zu ermöglichen. Diese können durch Vor-Ort-Montageprozesse auf Basis von hochinstallierten Komponenten optimiert werden (Bild 1.10).

In den folgenden Kapiteln werden die Vorteile von vorgefertigten Bauweisen und Konstruktionen jeweils an exemplarischen Beispielen aufgezeigt, weshalb sie an dieser Stelle nur grob zusammengefasst werden.

Im Gegensatz zu den aufgeführten Vorteilen überwiegen bei den Planer*innen jedoch kontroverse Auffassungen. Im Zusammenhang mit vorgefertigten Bauweisen und dem Einsatz standardisierter Komponenten werden mangelnde architektonische Flexibilität und Gestaltungsfreiheit von einem Teil der Bauschaffenden häufig als besonders nachteilig angesehen. Oft ist der fehlende Überblick von Anwendungsmöglichkeiten und die Vielfalt der am Markt bereits vorhandenen Systeme ausschlaggebend dafür. Aus diesem Grund möchten wir diese Publikation als Chance sehen, um die Bandbreite von vorgefertigten Konstruktionen, standardisierten Bauweisen und einer bis zu einem gewissen Grad vereinheitlichten Herangehensweise aufzuzeigen. Auf diese Weise soll die Vielfältigkeit erkennbar gemacht werden, um die Potenziale voll ausschöpfen zu können.

| | |
|---|--|
| A WITTERUNGSGESCHÜTZTES UMFELD | +++ Steigerung der Qualität |
| | Optimierung von Bauteilherstellung, Fügung und Montageszenarien |
| B HOCHWERTIGE KONSTRUKTIONEN | +++ Integrative Planung |
| | Umsetzung komplexer Prozesse + Verbesserung von Abläufen in Planung und Produktion |
| C VERMEIDUNG VON FEHLERQUELLEN | +++ Schnittstellenreduktion |
| | Arbeitsausführung durch ein Unternehmen: Fehlervermeidung, Minimierung von Zeit- und Kostenaufwand |
| D NACHHALTIGE PROZESSGESTALTUNG | +++ Ressourceneffizienz |
| | Ressourcenschonung durch kontrolliertes Arbeitsumfeld und materialgerechte Werkstoffkreisläufe |
| D AUTOMATISIERUNG + TECHNOLOGIEN | +++ Innovative Planung/Produktion |
| | Verbesserung von Planungsprozessen, Produktions- und Herstellungsmethoden |

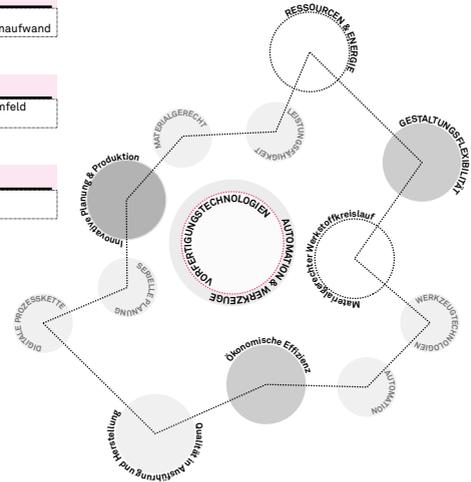


Bild 1.10: Schaubild: Vorteile von vorgefertigten Bauweisen und industriellen Produktionsmethoden (Albus, 2020)

1.3 Welche Treiber gab es (in der Vergangenheit) und welche Konsequenzen hatten diese auf heutige Entwicklungen?

1.3.1 Impuls – Manifestation – Effekt

Die Impulse für den Einsatz von vorgefertigten Systemen in Planungs- und Bauprozessen waren und sind auch heute noch als vielfältig anzusehen. Menschliche Lebensformen in all ihren Ausprägungen bringen die Notwendigkeit einer sinnhaft nutzbaren Behausung, politisch-weltanschaulicher Konzepte und Fortschrittsdenken mit sich, was oft mit der Entdeckung



Bild 1.11: Architekturtheoretische Vorstellung zu den ersten Hütten (Quelle: Nowak, Matthäus Johann nach Viollet-le-Duc, Eugène-Emmanuel [Viollet-le-Duc, 1875])

und Entwicklung von neuen Baumaterialien und ihren Einsatzgebieten sowie effizienteren Produktions- und Transportmethoden einhergeht. Aber auch akute Not-situationen, zum Beispiel infolge kriegerischer Auseinandersetzungen, führten und führen zu baulichen Manifestationen vom Prototyp bis zur Großserie, die sich jeweils wieder auf weitere Entwicklungen auswirken und somit ihrerseits wieder als Impulsgeber anzusehen sind. Dies hat Auswirkungen bis in die heutige Zeit, bedingt fortwährenden Wandel und beeinflusst damit die technologischen, logistischen, konstruktiven und materialtechnischen Möglichkeiten und prägt unser heutiges Bild und Verständnis vom Planen und Bauen mit vorgefertigten und elementierten Systemen (Bild 1.11).

Die Architekturgeschichte ist reich an herausragenden Konzepten, Ideen, Prototypen und realisierten (aber auch zerstörten oder zurückgebauten, ergo abgerissenen) Bauten, welche sich der Vorfertigung und der systematisierten Bauweise bedient und diese fortgeschrieben und -entwickelt haben. Ebenso ist sie aber auch geprägt durch Rückschläge und Fehlentwicklungen, möglicherweise auch durch die Fehleinschätzung, dass allein der technische Fortschritt alle Probleme lösen könne: »Es zeigt sich, welche Hoffnungen und Wünsche in Industrie und Technik projiziert wurden [...]« [Staub et. al., 2008]. So ist zu erkennen, wie unterschiedliche Einflüsse und Interessen, aber auch diverse Personengruppen, die Entwicklungen beeinflusst haben.

1.3.2 Das erste Haus oder der Mensch als Nomade

Vorgefertigte und elementierte Bausysteme sind seit jeher ein bedeutsamer Teil der menschlichen Suche nach Schutz und Obdach. Urtypische Prinzipien dieser Systeme lassen sich in der vor Jahrtausenden weit verbreiteten nomadischen Lebensweise sowie auch in den großen Migrationsbewegungen erkennen [Staub et. al., 2008]. Die Lebensumstände eines stetigen Ortswechsels brachten die Notwendigkeit mit sich, Behausungen so zu konstruieren, dass diese schnell und effektiv auf- und abgebaut werden konnten. Gleichzeitig musste – unter anderem aufgrund der überwiegend nicht vorhandenen bzw. schlichten Infrastruktur – ein einfacher Transport gewährleistet sein [Staub et. al., 2008].

Ausgehend von diesen Erfordernissen sowie den lokal verfügbaren Materialien, dem jeweiligen Klima und dem ursprünglichen Bedürfnis nach Schutz entstanden so meist leichte und textile Zeltkonstruktionen

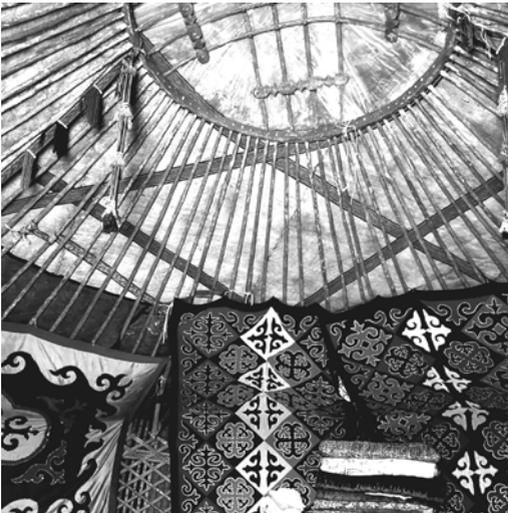


Bild 1.12: Jurte in Kochkor, Kirgistan (Quelle: Nowak, Matthäus Johann)

[Staub et. al., 2008]. Diese elementiert konstruierten Bauten finden sich auch heute noch unter bestimmten, (halb)nomadisch lebenden Bevölkerungsgruppen, unter anderen in Teilen Zentralasiens sowie in der Mongolei, wo sie Ger heißen. Der Aufbau einer Jurte bzw. Gers kann je nach Größe und Ausstattung in ein bis zwei Stunden erfolgen und die Konstruktion aus »Holzscherengittern, Woldecken, Seilen aus Yak- oder Pferdehaar und Leinwand« [Knaack et al., 2012] ist perfekt an die gegebenen und lokal verfügbaren Materialien bzw. Ressourcen sowie an die angestrebte Schutzfunktion angepasst: »Die runde Form bietet optimale Flächenausnutzung, und das aerodynamische Dach leistet Windschutz. Die Woldecken bieten Wärmeisolierung bei Temperaturen von bis zu -40°C und die äußere Lage aus Leinen Schutz vor Regen.« (Bild 1.12) [Knaack et al., 2012].

So lassen sich bereits hier Prinzipien erkennen, die auch heute noch für den Einsatz von vorgefertigten und elementierten Bausystemen prägend sind: die Effizienz beim Auf- und Abbau, eine Kosten- und Zeitersparnis gegenüber traditionellen Baumethoden, die Anpassung der einzelnen Elementgrößen auf die vorhandenen (lokalen) und zu den jeweiligen Zeiten bekannten Materialien sowie die vorherrschenden Produktions- und Transportmöglichkeiten. So kann zum Beispiel das Material einer Jurte auf zwei bis drei Kamelen transportiert werden.

Gleichzeitig beinhaltet das Bauen mit Systemen viele Potenziale für Strategien, die aktuell und zukünftig sinnvoll erscheinen und auch im Zuge der Auswirkungen des Klimawandels verstärkt in den Fokus des Bauwesens rücken, wie die Anpassung an lokale Klimagegebenheiten, der vermehrte Einsatz lokal verfügbarer Materialien und eine schnelle Anpassungsfähigkeit an sich verändernde äußere Parameter.